نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال نوزدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸

پیش‌بینی تغییرات فضایی – زمانی تپه‌های ماسه‌ای ناشی از طوفان‌های دریایی(مطالعه موردی: سواحل مکران)

دریافت مقاله: ۹۶/۹/۳ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۳/۲۳

صفحات: ۷۵-۵۷

سلیمان پیروزاده: دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
Email: solymanpirozadhe@gmail.com
محمود خسروی: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.[۱]
Email: Khosravi@Gep.usb.ac.ir
صمد فتوحی: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
Email: fotohi@Gep.usb.ac.ir

چکیده

در دنیای امروز از فناوری سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد منابع طبیعی، کشاورزی، محیطزیست و مدیریت شهری استفاده فراوان می‌شود. مدل‌های پیش‌بینی کاربری و پوشش اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین در کشوری مثل ایران که بهره‌برداری از زمین با سرعت در حال تغییر است، یک نیاز ضروری است؛ که برای آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی دید کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی حاشیه سواحل و اتخاذ تدابیر سیاست‌های درازمدت بسیار مؤثر است. این مطالعه باهدف مدل‌سازی تغییرات و پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۵ با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکف و تصاویر ماهواره لندست در منطقه غرب زرآباد، استان سیستان و بلوچستان(سواحل مکران) انجام‌شده است. در این تحقیق، برای پیش‌بینی از قابلیت نرم‌افزارهای سنجش‌ازدور، مدل سلول‌های خودکار مارکف و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ مربوط به سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ میلادی استفاده شده است. خروجی‌های شبیه‌سازی به‌صورت آماری با یک روش ترکیبی جدید که بر پایه روش‌های تحلیل چندگانه است، ارزیابی گردید و نتایج مدل پیش‌بینی نشان داد که مساحت تپه-های ماسه‌ای در سال ۲۰۳۵ به ۵۹۲/۴۵ کیلومترمربع می‌رسد و این میزان افزایش مساحت تپه‌های ماسه‌ای در شرایطی رخ می‌دهد که مدیریت صحیح و کارآمد در جهت تثبیت ماسه‌های روان صورت نگیرد. این میزان افزایش حاصل از تغییر یافتن ۱۶۲ کیلومترمربع از مساحت زمین‌های بایر (۲۷ درصد) ، ۱۲ کیلومترمربع از پوشش گیاهی (۲ درصد) و ۲۳ کیلومترمربع از رسوبات رودخانه‌ای (۴/۳ درصد) خواهد بود. این افزایش باعث می‌شود که ۶ روستا منطقه موردمطالعه (کرتی، گنجک، سهرکی، پیوشک، ونک و کلیرک) به‌شدت با در معرض حرکت و جابجایی قرار گرفتن ماسه‌های روان آسیب ببینند.علاوه بر

۱- **نویسنده مسئول**: استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان بلوچستان، زاهدان ۰۹۱۵۱۴۱۲۲۸۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

آسیب‌پذیری سکونتگاههای روستایی، راههای مواصلاتی و محور اصلی کنارک به جاسک که ارزش‌های اقتصادی و استراتژیک زیادی دارد در مواقع بحران در معرض انسداد و تخریب قرار گیرند

کلیدواژگان: تپه‌های ماسه‌ای، مدل سلول‌های خودکار مارکف، دریای عمان، سنجش‌ازدور، طوفان.

مقدمه

مناطق ساحلی اراضی حساسی هستند که از دو سو تحت تأثیر اکولوژی دریا و خشکی قرار داشته و ازلحاظ تنوع اکوسیستمی نیز منحصربه‌فرد هستند. این مناطق را می‌توان یک آزمایشگاه بزرگ از توازن حاکم بر طبیعت تلقی نمود که قابلیت تغییرات بسیار شدید را در پاسخ به نیروهای آب و هوایی و اقیانوسی دارا است (شایان و همکاران،۱۳۹۱). تپه‌های ماسه‌ای در سواحل اکثر دریاها و اقیانوس‌ها به وجود می‌آیند. این تپه‌ها زاییده اثرات متقابل امواج دریا، جریانات دریایی، وزش باد و مواد رسوبی موجود در ساحل می‌باشند. آن‌ها تکمیل‌کننده اجزاء محیط ساحلی بوده و اساس اکوسیستمی را تشکیل می‌دهند که اجتماعات ارزشمندی از گیاهان و جانوران را در خود جای‌داده است (کید[1]،۲۰۰۲). گستردگی امواج توفانی و قطر ذرات بستر از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که بر میزان فرسایش تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تأثیرگذاراست. اگر امواج طوفانی کوتاه‌تر، ارتفاع موج کمتر، دوره بازگشت امواج کوتاه‌تر، زمان وزش توفان کمتر و قطر ذرات ماسه‌ای درشت‌تر باشد، فرسایش تپه‌های ماسه‌ای ساحلی کاهش می‌یابد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۲). ازاین‌رو می‌توان گفت که فرسایش بادی مسئله‌ی اساسی تمامی قاره‌ها است و در مقیاس جهانی شاید اهمیت و خطر فرسایش بادی کمتر از فرسایش آبی نباشد ۶۵ درصد از فلات ایران در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته که ازنظر طول و عرض جغرافیایی با کمربند بیابانی جهان انطباق دارد (نگارش و لطیفی ،۱۳۸۸). کشور ایران جزء کشورهای خشک و نیمه خشک دنیا قرار دارد (مقصودی،۱۳۸۵)؛ که رژیم بادی یا مقدار انرژی باد و تغییرپذیری آن، کنترل قابل‌توجهی روی مورفولوژی، حفظ تغییرات سطح زمین بر اثر بادها دارند (پیرس[2]،۲۰۰۴)؛ که تقریباً حدود ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران را مناطق تحت فرسایش بادی تشکیل می‌دهند که ۱۲-۱۵ میلیون هکتار از این اراضی در سیطره ماسه‌زارها و تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد (مهندسین مشاور تاک سبز، ۱۳۸۱). ازآنجایی‌که باد یکی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در سطح زمین، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، برای پیشگیری از خسارت ناشی از آن، مطالعه وضع و خصوصیات آن ضروری به نظر می‌رسد (رفاهی،۱۳۸۷). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهند که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای می باشند(محمودی،۱۳۷۰). حرکت و هجوم ماسه‌های روان از مهم‌ترین مخاطرات محیطی سواحل دریای عمان است که هم‌اکنون تعدادی زیاد از سکونتگاه‌های روستایی منطقه را مورد تهدید و آسیب قرار داده و خسارت‌های سنگینی بر جاگذاشته است (مقصودی،۱۳۹۱). ماسه‌های موجود در ساحل منشأ دریایی دارند و با دور شدن از دریا تپه‌های ماسه‌ای علاوه بر منشأ دریایی، منشأ خشکی نیز پیدا می‌کنند؛ که به دلیل کاهش پوشش گیاهی، کمی بارش، سست و دانه‌ریز بودن رسوبات،

[1] kidd
[2] Pearce

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

شیب کم، چرای بیش‌ازحد دام، نبود موانع ارتفاعی و درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه در این منطقه، زمینه‌ی حرکت ماسه‌ها را فراهم کرده است. این عامل باعث حرکت و جابجایی ماسه می‌شود که هرساله تعداد زیادی از روستا در معرض این جابجایی‌ها قرار می‌گیرند و اکنون باعث خسارات جبران‌ناپذیری شده و در آینده نیز خواهند شد (خسروی و همکاران ،۱۳۹۵). در دنیای امروز از فناوری سنجش‌ازدور و GIS جهت برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد منابع طبیعی، کشاورزی، محیط‌زیست و مدیریت شهری استفاده فراوان می‌شود. مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین یک نیاز ضروری است (کاموسوکو[1] و همکاران ،۲۰۰۹، سول[2] و کلاگت[3]، ۲۰۱۳، ۱؛ مس[4] و همکاران، ۲۰۱۴،۱). این مسئله به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه که فعالیت‌هایی، نظیر جنگل‌زدایی، توسعه بی‌رویه اراضی کشاورزی و تخریب مراتع موجب شدت بخشیدن به پدیده بیابان‌زایی شده، مورد نیاز است (امیر اسلانی و دراگویچ[5]، ۲۰۱۱)؛ که برای آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی دید کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی حاشیه سواحل و اتخاذ تدابیر سیاست‌های درازمدت بسیار مؤثر است روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمینی وجود دارد که می‌توان به مدل آماری، مدل هیبرید، مدل تکاملی، مدل سیستم و مدل بافت سلولی [6]اشاره کرد. مدل شامل مدل‌های مارکوف و CA است (پارکر[7]و همکاران، ۲۰۰۲). آنالیز زنجیره مارکوف ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به‌راحتی قابل توصیف نباشند. زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آنها در فاصله زمانی داده‌شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است(Fan, et al, 2007) برای پی بردن به اعتبار نقشه‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل از مؤلفه‌های توافق و عدم توافق استفاده می‌گردد. در این هنگام نقشه‌های پیش‌بینی‌شده با نقشه‌های مرجع در زمان خاص مقایسه شده و توانایی مدل بر اساس اعتبار نقشه‌های تولیدی بررسی می‌گردد (Pontius, et al, 2004). داولبیت و موراری(Dawelbaita and Morari., ۲۰۱۲)، بیابان زایی را در منطقه سودان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و تحلیل طیفی ترکیبی بررسی کردند. نتایج این پژوهش بیانگر این است که استفاده از تحلیل طیفی ترکیبی و تصاویر لندست نتایج سازگار، دقیق و کم هزینه را برای مناطق پر خطر نشان می دهد. بایتز و همکاران(۲۰۱۴) منشاء الگوهای تپه های ماسه ای در منطقه ماسه های سفید نیومکزیکو را خطوط ساحلی قدیمی تعیین نمودند(Baitis ,et al,2014). حمدان و همکاران(۲۰۱۵) منشاء تپه های ماسه ای بادی در منطقه توشکا در جنوب شرقی مصر را بررسی نموده‌اند. بر اساس نتایج پژوهش عوامل اصلی ماسه‌های بادی هوازدگی منطقه نوبیان و جریانات آبراهه ای ،دریاچه های مربوط به دوره‌های مرطوب گذشته می باشد(حمدان و همکاران، ۲۰۱۵). لامچین و همکاران(Lamchin, et al., ۲۰۱۶) تغییرات کاربری اراضی و بیابان زایی را

1 Kamusoko
2 Sohl
3 klagt
4mas
5 Dragovich
6 Cellular
7 Parker

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

در مغولستان با تکنیک سنجش از دور بررسی کردند .نتایج این تحقیق هیچ رابطه ای بین شاخص پوشش گیاهی و میزان آلبدو یا شاخص TGSI نشان نداد، اما رابطه زیادی بین میزان TGSI و آلبدو را آشکار ساخت .همبستگی بالا بین دو شاخص TGSI و آلبدو در مناطق فاقد بیابان زایی نیز قابل توجه بود. زهانگ و همکاران(۲۰۱۷) بر اساس مشاهدات میدانی حرکت ماسه های روان در تپه های ماسه ای بیابان تانگر در شمال غربی چین را با مدل های رگرسیونی بررسی نموده اند با توجه به متغیرهای تاثیرگذار بر حرکت،جهت و مکانیسم حمل ماسه اثرات آن بر تاج تپه‌های ماسه‌ای و ضرایب شارش حمل ماسه بررسی گردید. جهت باد بحرانی ۲۷۲ درجه تعیین گردید که تقریباً عمود بر خط تاج (۳۷ درجه)تپه‌های ماسه‌ای می باشد (Zhang et al,2017). فیتون و همکاران(۲۰۱۶) مدل ملی حساسیت به فرسایس ساحلی در اسکاتلند را طراحی نموده اند. این مدل با تعیین مناطق سیل خیز و بحرانی میزان تاب آوری در برابر فرسایش را مشخص نمود و راهکارهای مدیریت موثر در سواحل اسکاتلند را نشان داد(Fitton,et al,2016).تونیز و همکاران (۲۰۱۵) از دینامیک ماسه به عنوان ابزاری برای مدیریت فرسایش ساحلی در بندر داروین استرالیا استفاده نموده‌اند.با توجه به وجود فعالیت‌های جزر و مد و امواج و همچنین چرخندهای موثر بر منطقه فرایندهای ساحلی منجر به ایجاد فرسایش بادی و مدیریت آن مورد تاکید قرار گرفته است(Tonyes et al,2015).

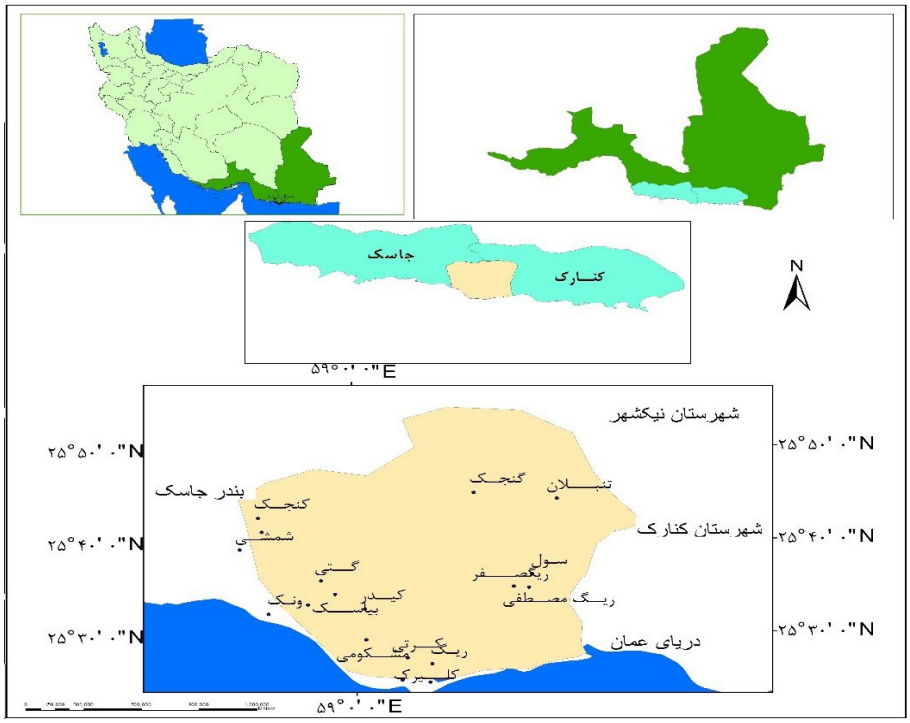
فلاحت کار و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در شهر اصفهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، در صورت ثابت ماندن فرآیندهای تغییر پوشش اراضی در منطقه، مدل فوق با اعتباری حدود ۷۰ %به‌پیش بینی تغییرات در ۲۴ سال آینده (۱۴۰۴) می‌پردازد. وانگ[1] و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات کاربری اراضی منطقه چانگ پینگ [2]در پکن را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست برای سال ۲۰۰۰ پیش‌بینی کردند. کاوه و ابراهیمی (۱۳۹۲) در پژوهشی به‌پیش بینی تغییرات کاربری، پوشش اراضی با مدل CA مارکف پرداختند و نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵، ۶۰ درصد حاشیه مرطوب، ۲۶/۶ درصد رودخانه، ۵۸/۸ درصد زمین‌های لخت و ۹۸/۱ درصد از اراضی کشاورزی بدون تغییر باقی بمانند. به بیان دیگر، کاربری کشاورزی پایدار زیاد و رودخانه پایداری کمی خواهد داشت. پیکوئر[3] و همکاران نیز (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای اثرهای تغییرات کاربری اراضی در گذشته و آینده را بر روی منطقه حفاظت شده‌ای در جنوب اسپانیا با استفاده از مدل زنجیرهای CA مارکف بررسی کردند. نتایج این مطالعه در منطقه توسعه کشاورزی و مناطق شهری و رهاسازی کاربری‌های گذشته را نشان داد. فیضی زاده و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷ کاربری اراضی شهرستان ملکان را استخراج نمودند. آنها برای طبقه بندی تصاویر از الگوریتم حداکثر مشابهت استفاده کرده و در نتیجه‌گیری قابلیت این روش را در طبقه بندی پوشش اراضی تائید نمودند.

[1] Weng
[2] Changping
[3] Piquer

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

روش تحقیق

سواحل دریای عمان یکی از منطقه‌های سواحل جنوب شرقی ایران است که با مساحت در حدود ۵۸۷۱ کیلومترمربع بین طول جغرافیایی ″۴۸ ′۲۹ °۵۸ تا ″۱۸′۲۲ °۵۹ طول شرقی و عرض جغرافیایی "۱۸ ′۲۷ °۲۵ تا ″۵۹ ′۱۰ °۲۶ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه از نظر تقسیمات سیاسی در سواحل مکران (جنوب شرق استان هرمزگان و منطقه جنوبی استان سیستان و بلوچستان) در واقع در محدوده شهرستان جاسک و شهرستان کنارک می‌باشد. شکل(۱).



شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از سواحل مکران در مجاورت دریای عمان و از رودخانه سدیچ در هرمزگان، شهرستان جاسک شروع و به رودخانه راپچ در استان سیستان بلوچستان، شهرستان کنارک ختم می‌شود. در شمال منطقه کوه‌های مکران و در جنوب آن دریای عمان قرار گرفته است. این محدوده مشتمل بر دهستان-های سورک و پی وشک در شهرستان جاسک و دهستان زرآباد غربی در شهرستان کنارک است که به طور کلی ۱۰ روستای غالباً صیادی و کشاورزی با جمعیتی در حدود ۵۵۴۵ نفر را در بر می‌گیرد (مرکز آمار ایران،۱۳۹۰). طول فاصله بین دو منطقه ۴۵ کیلومتر می‌باشد. بالاترین ارتفاع این حوضه از سطح دریا ۱۰۰ متر می‌باشد که مربوط به ارتفاعات گتی است. پایین‌ترین آن به صفر متر است. منطقه مورد مطالعه از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

ناشناخته‌ترین محیط‌های جغرافیایی ایران و اساساً روستایی است. روستاهای منطقه عمدتاً در امتداد ساحل و جاده جاسک – کنارک استقرار یافته‌اند و بافت کلان حاصل از استقرار آن‌ها به صورت خطی است.

ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای مربوط به موضوع تحقیق پرداخته شد و همزمان با آن مطالعات میدانی صورت گرفت. پس از آن برای بررسی تغییرات میزان جابجایی در تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی بیست و سه سال (۱۹۹۱-۲۰۱۴)، از GPS و تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷ و ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ و ۱۵ متر است، مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر مورد استفاده با فواصل ۱۰ و ۱۳ سال، به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ میلادی و مربوط به ماه آگوست بوده و از پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شده‌اند. شماره ردیف (Row) و ستون (Path) تصاویر با توجه به ایندکس مربوط به تصاویر، ETM^+ به ترتیب ۴۲ و ۱۵۸ است. سپس برای نقشه پیش‌بینی برای سال (۲۰۳۵) هم از مدل مارکف و سلول های‌خودکار مارکف در نرم افزار (IDRISI) استفاده گردید.

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

در این تحقیق با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور (تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه ماهواره لندست) به تعیین و ارزیابی تغییرات پوشش زمینی منطقه ساحلی دریای عمان پرداخته شده است. برای تهیه تصاویر ماهواره‌ای از منطقه مورد مطالعه از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده تهیه شد. بعد از اخذ تصاویر ماهواره‌ای، این تصاویر برای بازسازی و تصحیحات هندسی و تصحیحات رادیومتریک و غیره به نرم‌افزار ENVI منتقل شدند، بعد از ایجاد تصاویر کاذب طبقه‌بندی از روش نظارت شده صورت گرفت که ابتدا نقاط آموزشی از بخش‌های مختلف تصویر به نرم افزار معرفی می‌شود و سپس پیکسل‌های تصویر بر اساس بیشترین شباهت به بخش‌های تعریف شده و کمترین فاصله از میانگین ارزش پیکسلی بخش‌های تعریف، طبقه بندی می‌شوند.

مدل زنجیره‌های مارکف[1]

مدل مارکوف در سال 1907 توسط فردی روسی به نام آندری آندریویچ[2] مارکوف ارائه شده است. زنجیره مارکوف مبین توالی متغیرهای تصادفی مانند X_1 ، X2، X3 و غیره است. به بیانی دیگر اگر مجموعه‌ای از حالات را به صورت رابطه(۱):

$$S=\{s_1,s_2, s_3\dots . s_r\}$$ رابطه(۱)

داشته باشیم، رابطه(۲) چگونگی به دست آمدن P_{ij} را نشان می‌دهد:

$$p_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^{r} p_{ik}p_{kj}$$ رابطه(۲)

در رابطه(۲)، P_{ij}^n احتمال رفتن از حالت i به حالت j را پس از n گام نشان می‌دهد.

1 Markov Chain
2 Andrei Andreyevich Markov

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که بر اساس حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود (Eastman, 2006). روش زنجیره‌های مارکف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می‌دهد (Ahadnejad and Rabet, 2010). ماتریس احتمال تغییر نشان می‌دهد که به احتمال هر کلاس از کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در آینده به کدام کاربری تغییر خواهد یافت. در این روش ماتریس تغییرات ناحیه نشان می‌دهد تغییر تعداد پیکسل‌هایی از یک کلاس کاربری اراضی به کلاس دیگر در یک دوره مشخص به چه میزان خواهد بود.

پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از ترکیب روش زنجیره‌های مارکف و مدل سلول‌های خودکار[1]

این روش بر اساس تلفیق مدل اتوماسیون سلولی و زنجیره‌های مارکف و مکان‌یابی براساس تحلیل‌های چند معیاره برای پیش‌بینی روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی می‌پردازد. از مزایای این روش استفاده از روش مجاورت فضایی و بعلاوه از دانش توزیع فضایی احتمالی به تحلیل زنجیره‌های مارکف و در نهایت پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی می‌پردازد (شیرکلایی، ۱۳۸۷).

مدل سلول‌های خودکار[2]

سلول‌های خودکار، یک سیستم پویای گسسته است که از لحاظ فضایی، به سلول‌های منظم فضایی تقسیم شده و از لحاظ زمانی، طی مراحل مختلف زمانی قابل تحقق است. هر سلولی دارای یک خصیصه از مجموع خصیصه‌های سیستم می‌باشد. خصیصه‌ی هر سلولی با توجه به توابع محلی به روز می‌شود و تابعی است از خصیصه‌های خود سلول و سلول‌های همجوارش در مرحله‌ی زمانی قبل (Wolfarm, 1984). به طور کلی مدل سلول های خودکاردر دو مرحله به علم جغرافیا معرفی شد یک بار در اواخر دهه۵۰ میلادی که در آن زمان پدیده های جغرافیایی به عنوان شبکه ای از سلول های مشابه فرض شد و از رایانه‌ها نیز در این میان کمک گرفته شد . هر چند در این مطالعات به یکی از مهم ترین ویژگی‌های مدل سلول های خودکار که تأثیر همسایگی است توجه نشده بود با ورود نظریه سیستم های پیچیده و پذیرفته شدن آن به وسیله جغرافیدانها ،دوباره در اواخر دهه ۸۰ میلادی ، مدل سلول‌های خودکار مشابه مدل‌های کنونی مطرح شدند. این مدل‌ها طراحی شده برا ی شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی و گسترش اراضی شهری از تنوع زیادی در جهان برخوردار است(علیمحمدی سراب و همکاران،۱۳۸۷). سلول‌های خودکار مدل‌های هستند که در آن سلول‌های مجاور و پیوسته، از قبیل سلول‌هایی که ممکن است شامل شبکه چهارگوش نیز باشند، حالت یا خصیصه‌های آنها را از طریق کاربرد تکراری قوانین ساده تغییر می‌دهند. مدل‌های CA می‌توانند مبتنی بر سلول‌های باشند که در چندین بعد تعریف می‌شوند. قواعد تغییر حالت سلول از یک حالت به حالت دیگر می‌توانند به صورت

1 CA Markov
2 Cellular Automata

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

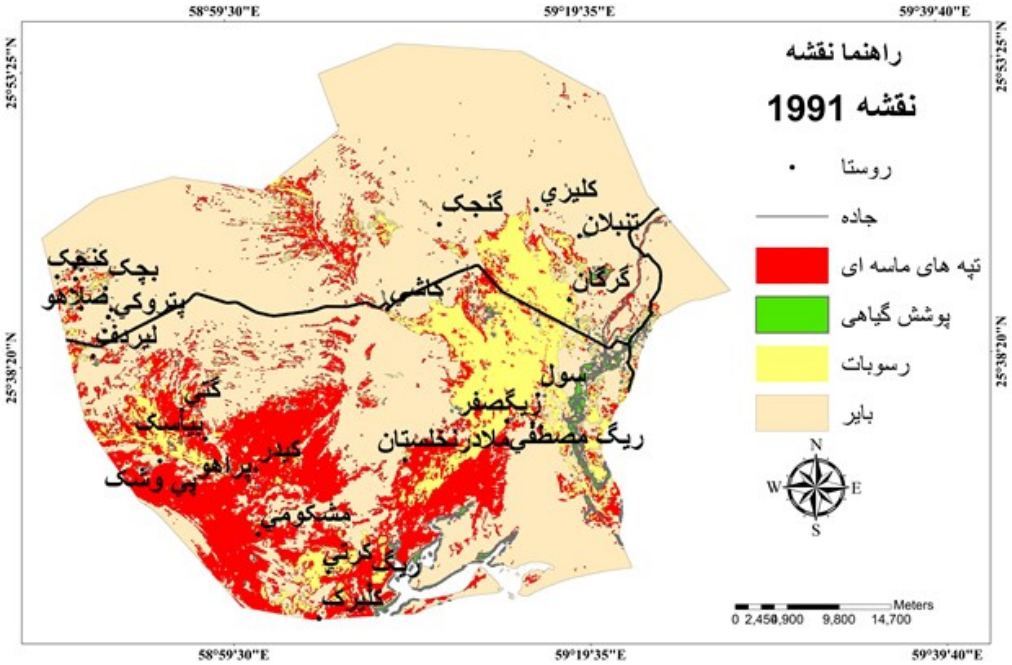
ترکیباتی از رشد و یا کاهش، از قبیل تغییر به یک سلول توسعه یافته و یا بدون توسعه باشند. این تغییر تابع و منبع، تغییراتی است که در سلول مجاور رخ می‌دهد. همسایگی معمولاً به صورت سلول‌های مجاور و یا سلول-هایی که نزدیک هم می‌باشند، تعریف می‌شوند (فردوسی،۱۳۸۴:۶۴).

نتایج

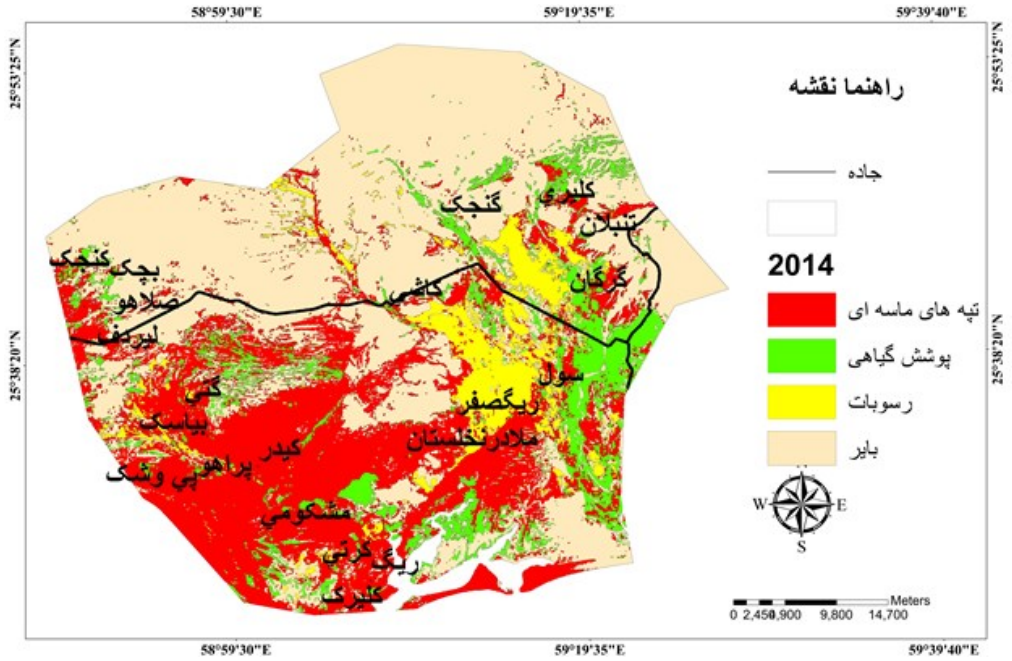
نتایج حاصل از شکل (۲) در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴ میزان حرکت و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای و روستاهای که در معرض مخاطره با آسیب بالا و متوسط قرار داشته را نشان می‌دهند؛ که دلیل اصلی آسیب پذیری روستاهای مورد مطالعه در طی سال‌های آماری ناشی از وزش توفان دریایی، کاهش پوشش گیاهی، کمی بارش، سست و دانه ریز بودن رسوبات، شیب کم، چرای بی‌رویه، فعالیت‌های انسانی، نبود موانع ارتفاعی، افزایش ساعات آفتابی باعث شده که زمینه حرکت ماسه‌ها در روستاهای منطقه فراهم گردد. براساس نتایج روستاهای ونک، کلیرک و پیوشک که در طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ در معرض حرکت تپه‌های ماسه‌ای بوده‌اند؛ که با انجام طرح تثبیت ماسه‌های روان در سال (۲۰۰۵) میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای به سمت روستاها (ونک، کلیرک و پیوشک) کاهش پیدا کرده و در سال ۲۰۱۴ در درجه دوم آسیب پذیری از مخاطره ماسه‌های روان قرار گرفتند؛ که بقیه روستاهای منطقه غرب زرآباد در سال ۲۰۱۴ به‌شدت در معرض این مخاطره قرار داشتند.

شکل(۲). هجوم ماسه‌های روان به طرف روستاهای مورد مطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]



شکل(۳). نقشه تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۹۹۱



شکل (۴). نقشه تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۱۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

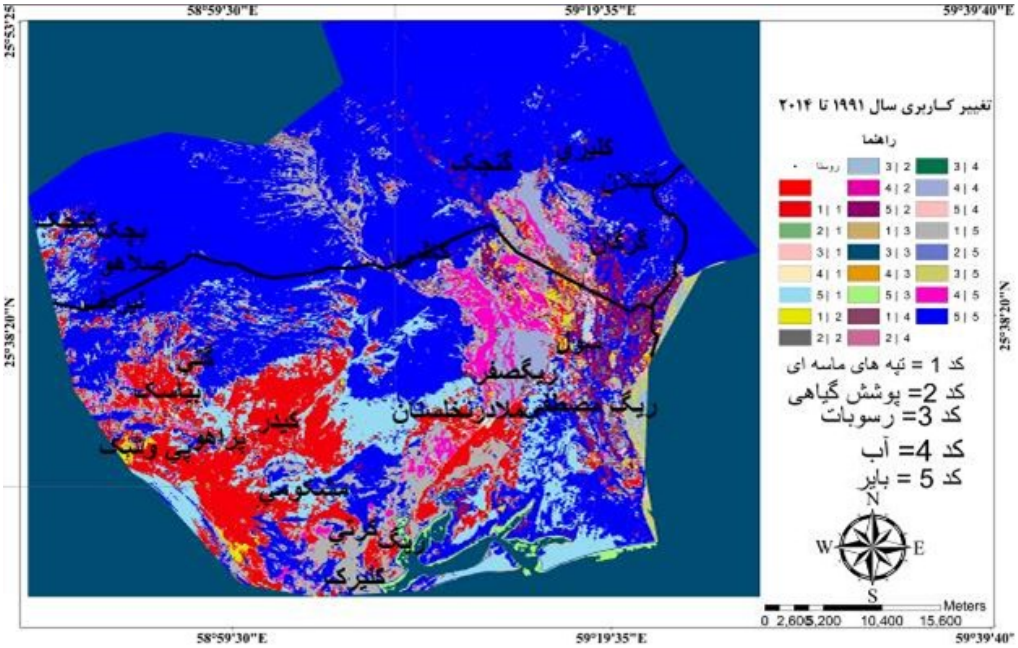
پایش تغییرات

پس از انجام تصحیحات بر روی داده‌ها و تهیه نقشه کاربری در دو بازهٔ زمانی ۲۳ ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۴) جهت صحت سنجی نقشه‌های تولیدی با اعمال فیلتر اکثریت، نقشه‌های طبقه‌بندی شده و در چهار کاربری شامل: اراضی تپه‌های ماسه‌ای، پوشش گیاهی، رسوبات بایر طبقه‌بندی شدند. در این تحقیق به منظور آشکار سازی تغییرات با به کارگیری روش مقایسه پس از طبقه بندی، از روش جدول بندی افقی استفاده شد و در نهایت ضریب کاپای ۹۲٪ به دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تفسیر مقایسه‌ای روند تغییرات اشکال (۳و ۴) میزان جابجایی فضایی- زمانی تپه‌های ماسه‌ای در سالهای ۱۹۹۱- تا ۲۰۱۴ به میزان ۱۷/۱۹۸ کیلومترمربع رسیده و باعث حرکت ماسه‌ها به سمت سکونتگاه‌های روستایی و زمین‌های کشاورزی منطقه شده‌اند. عامل اصلی افزایش و جابجایی تپه‌های ماسه‌ای، درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه (۶/۵ متر بر ثانیه) در منطقه است. ارزیابی تغییرات کاربری زمین بین سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴ نشان داد که افزایش مساحت در تپه‌های ماسه‌ای از (۵۶۱/۲۶ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۱به ۵۷۸/۴۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۴)، پوشش گیاهی ۳۲/۵۴ به ۴۵/۳۸ کیلومتر مربع، رسوبات از ۹۸/۴ به ۱۱۴/۸ کیلومتر مربع و همچنین کاهش مساحت در زمین های بایر (۱۹۲۰/۶ به ۱۷۶۴/۵ کیلومتر مربع) رخ داده است. همانطور که در نقشه زیر آمده، بیشترین افزایش سطح کاربری در اراضی تپه های ماسه‌ای می‌باشد و بیشترین کاهش سطح کاربری در اراضی بایر است که طی دوره ۲۳ ساله مساحت کاربری که به نفع تپه‌های ماسه‌ای تغییر کاربری یافته‌اند، عبارت‌اند از پوشش گیاهی حدود ۰/۱۰۸ کیلومترمربع، رسوبات رودخانه‌ای ۱۰/۶۰ کیلومترمربع و زمین‌های بایر ۲۶۴/۳۵ کیلومترمربع بودند. مساحت کاربری که به نفع پوشش گیاهی تغییر کاربری یافته‌اند، عبارت‌اند از تپه‌های ماسه‌ای ۲۴/۸۸ کیلومترمربع، رسوبات رودخانه‌ای ۱/۱۳ کیلومترمربع و زمین‌های بایر ۵/۱ کیلومتر به پوشش گیاهی تبدیل شدند میزان کاربری‌های که به نفع رسوبات رودخانه‌ای تغییر کاربری یافته‌اند حدود ۲۸/۱۸ کیلومترمربع از تپه‌های ماسه‌ای و ۰/۰۱۴ از پوشش گیاهی، ۱۱/۰۷ کیلومترمربع از زمین‌های بایر به رسوبات رودخانه‌ای تبدیل شده‌اند. همان‌طور که اشاره شد این افزایش و تغییرات کاربری شرق هرمزگان، به واسطه نزدیکی به سواحل و کمی بارش، خشکسالی های اخیر سست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شیب کم، چرای بیش از حد دام، نبود موانع ارتفاعی که در این بازه زمانی در منطقه اتفاق افتاده باعث تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه گردیده است جدول(۱).

جدول (۱). مساحت کاربری ها در سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۵ (به کیلو متر مربع)

	تپه های ماسه ای	پوشش گیاهی	رسوبات	بایر
مساحت در سال ۱۹۹۱	۵۶۱/۲۵	۳۲/۵۴	۹۸/۴۲	۱۴۸۴/۷۱
مساحت در سال ۲۰۱۴	۵۷۸/۴۵	۴۵/۳۸	۱۱۴/۸۲	۱۷۶۴/۵۷
تغییرات مساحت هر کاربری	۱۷/۲	۱۲/۸۴	۱۶/۴	۱۷۹/۸۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]



شکل(۵). نقشه ماتریس تغییرات کاربری اراضی ۱۹۹۱-۲۰۱۴

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سواحل دریای عمان تا سال (۲۰۳۵ میلادی)

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی تغییرات پوشش زمینی وجود دارد که در مطالعه حاضر از روش‌های زنجیره‌ای مارکف و سلول‌های خودکار استفاده گردید. برای این منظور در نرم‌افزار IDRISI با مقایسه پوشش زمینی (۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ م) و مدل‌های مورد استفاده به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمینی برای سال ۲۰۳۵ پرداخته می‌شود.

نتایج حاصل از مدل زنجیره‌ای مارکف (Markov Chain)

برای پیش‌بینی روند تغییرات پوشش زمینی، ابتدا نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۴ با استفاده از زنجیره‌های مارکف مورد تحلیل قرار گرفت. بدین منظور تصویر دو دوره، فاصله زمانی آنها و سالی که پوشش زمینی می‌خواهد برای آن پیش‌بینی انجام گیرد معرفی می‌شود؛ که با انجام این مراحل و با توجه به روندی که هر یک از کاربری‌ها درگذشته داشته است؛ نتیجه نهائی به صورت ماتریس نشان داده می‌شود. در زنجیره مارکف احتمال تغییر پوشش زمینی به همدیگر بین ارزش‌های ۰ تا ۱ متغیر است، یعنی مناطقی که دارای ارزش نزدیک به صفر هستند از احتمال کمتری برای تغییر برخوردار بوده و مناطقی که به عدد ۱ نزدیک باشند از احتمال بیشتری برای تغییر در آینده برخوردار می‌باشند. با توجه به نتایج حاصله می‌توان بیان نمود که احتمال تغییر پوشش زمینی از جمله کاربری بایر به کاربری تپه‌های ماسه‌ای بیش از دیگر کاربری‌ها است و این به خاطر روندی است که در مقاطع زمانی گذشته اتفاق افتاده است.

جدول (۲). میزان احتمال تغییر در پوشش زمینی سواحل دریای عمان تا سال ۲۰۳۵ با استفاده از زنجیره‌های مارکف

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

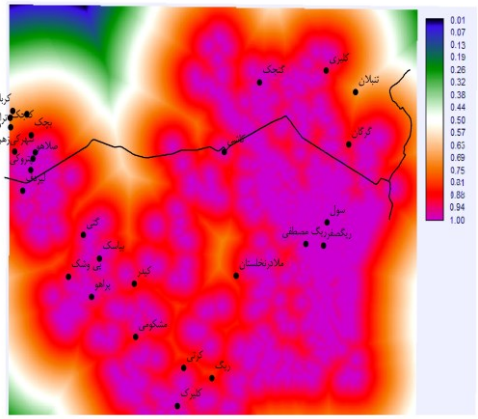
کاربری	تپه ماسه	پوشش گیاهی	رسوبات	بایر
تپه ماسه	۰/۶۵	۰/۰۲	۰/۰۴۲	۰/۲۷
پوشش گیاهی	۰/۰۰۰	۰/۹۰	۰/۰۰۷	۰/۰۸۹
رسوبات	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۶۳	۰/۳۲
بایر	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۸۶

براساس نتایج به دست آمده از جدول (۲) بیشترین سطوح پوشش زمینی که به کاربری تپه‌های ماسه‌ای تبدیل شده سطوح کاربری بایر بوده با ۲۷ درصد (۱۶۲ کیلومترمربع) و ۶۵ درصد تپه‌های ماسه‌ای هیچ‌گونه تغییر در آنها ایجاد نمی‌شود و ثابت هستند و احتمال دارد ۲ درصد از کاربری پوشش گیاهی (۱۲ کیلومترمربع) و رسوبات رودخانه‌ای ۰/۶۳ (۲۳ کیلومترمربع) منطقه به کاربری تپه‌های ماسه‌ای تبدیل شوند. کاربری پوشش گیاهی ۹۰ درصد ثابت بوده و نزدیک به ۹ درصد احتمال دارد از کاربری بایر به پوشش گیاهی تغییر پیدا کنند. رسوبات رودخانه‌ای ۶۳ درصد تغییر در آنها ایجاد نمی‌شود و احتمال دارد ۳۲ درصد از زمین‌های بایر به کاربری رسوبات رودخانه‌ای تبدیل شوند و ۵ درصد از میان کاربری پوشش گیاهی و تپه‌های ماسه‌ای به این کاربری تبدیل می‌شوند. زمین‌های بایر منطقه غرب زرآباد احتمال دارد ۸۶ درصد ثابت مانده و ۱۰ درصد تپه-های ماسه‌ای و ۲ درصد از پوشش گیاهی به این کاربری تبدیل شوند. بر اساس کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های بایر و تبدیل شدن آنها به تپه‌های ماسه‌ای باعث می‌شود که زمین‌های کشاورزی و سکونتگاه‌های روستایی منطقه غرب زرآباد در سال ۲۰۳۵ مورد هجوم این ماسه‌های قرار گیرند.

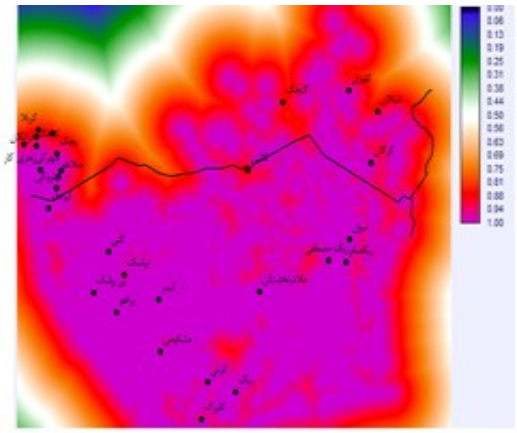
تحلیل نتایج حاصل از مدل سلول‌های خودکار- مارکف (CA- MARKOV)

مکانیزم کار سلول‌های خودکار به این صورت است که اصل اساسی و اولیه هر تغییرات که اصطلاحاً همسایگی یا مجاورت گفته می‌شود؛ بیانگر این است، کاربری‌هایی که در مجاورت هم و به هم نزدیک‌اند دارای بیشترین تغییرات بوده و حاشیه هر کاربری و یا به مجاورت هر کاربری بیشترین امتیاز داده شود و هرچه به مرکز کاربری نزدیک می‌شوند امتیاز کمتری بگیرد؛ که خروجی آن به صورت نقشه شایسته خواهد بود؛ که برای این کار از ابزارهای Edit و ASSIGN کلاس‌ها را جدا کرده و فاصله اقلیدسی به آنها داده شد و به این صورت مرز کلاس‌ها دارای کمترین امتیاز و مرکز کلاس بیشترین امتیاز را دارا بودند؛ و برای اینکه نقشه‌ها بنابر قانون همسایگی یا مجاورت سلول‌های خودکار (حاشیه دارای بیشترین امتیاز و مرکز دارای کمترین امتیاز) باشد، از منطق فازی و از رابطه خطی افزایشی استفاده شد اشکال(۶،۷،۸،۹).

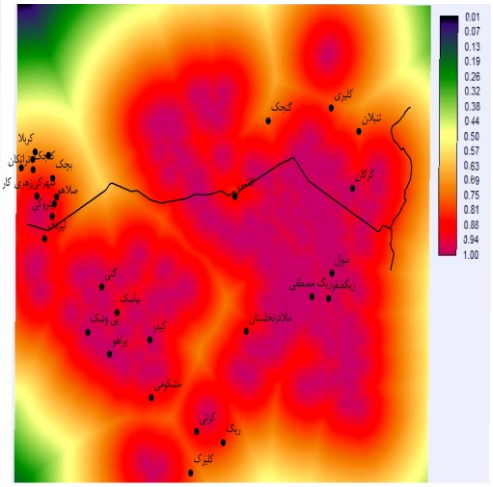
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]



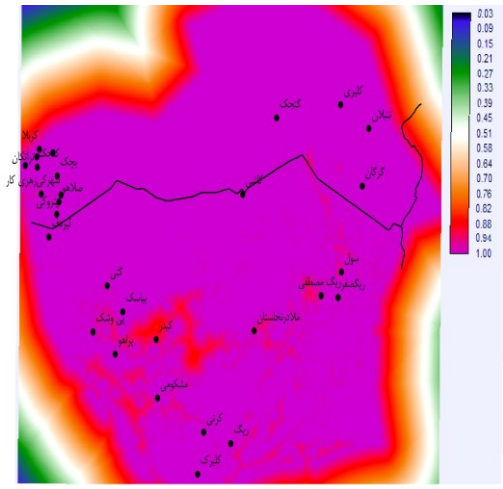
شکل (۶). مطلوبیت فاصله از تپه ماسه‌ای با استفاده از فازی



شکل(۷). مطلوبیت فاصله از پوشش گیاهی با استفاده از فازی



شکل (۸). مطلوبیت فاصله از رسوبات با استفاده از منطق فازی



شکل(۹). مطلوبیت فاصله از بایر با استفاده از منطق فازی

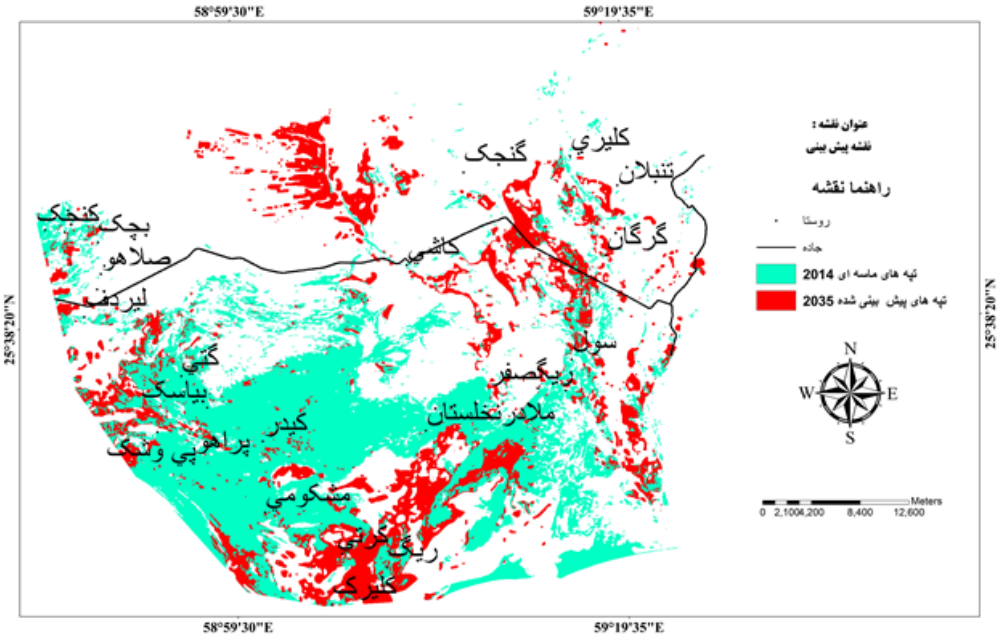
پس از اجرای مدل سلول‌های خودکار مارکف، از جدول مساحت انتقال یافته هر یک از کاربری‌ها برای پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین در دوره زمانی مورد نظر، در تحلیل از زنجیره مارکف استفاده می‌کند. در نهایت یک فیلتر CA جهت تغییر حالت سلول‌ها بر اساس همسایگی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فیلتر، یک فیلتر مجاورت ۵×۵ به صورت زیر است:

جدول (۳). فیتلر اعمال شده روی تصویر

۰	۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۱	۰
۱	۱	۱	۱	۱
۰	۱	۱	۱	۰
۰	۰	۱	۰	۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

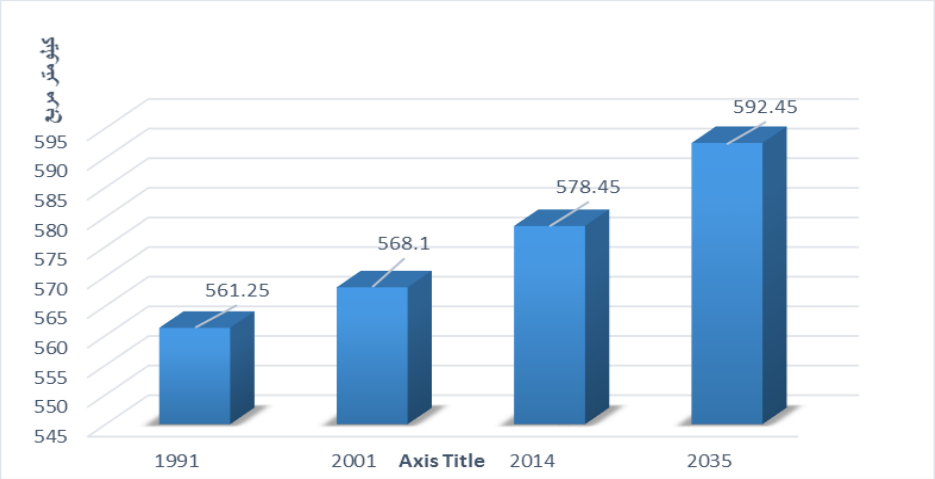
این فیلتر به صورت پیش‌فرض در نرم افزار ادریسی طراحی شده است؛ که این فیلتر را روی تصویر انداخته و جاهایی که عدد صفر هستند را نادیده گرفته و بر اساس عدد یک محاسبه می‌کند شکل(۱۰).



شکل (۱۰). نقشه پیش بینی توسعه فضایی – مکانی غرب زرآباد برای سال ۲۰۳۵ با مدل سلول های خودکار مارکف

حرکت و پیشروی ماسه‌های بادی سکونتگاه‌های روستایی منطقه سواحلی دریای عمان را تهدید و خطر عمده‌ای در زندگی مردم محسوب می‌شوند. با توجه به شرایط جغرافیایی و محیطی منطقه فرسایش، جابه‌جایی و پیشروی ماسه‌های بادی، منابع زیستی، تأسیسات اقتصادی و زیربنایی و به ویژه سکونتگاه‌های روستایی منطقه را تهدید و خطر عمده‌ای در زندگی مردم محسوب می‌شوند. فعال و پویا بودن تپه‌های ماسه‌ای باعث می‌شود سالیانه، اراضی کشاورزی روستاها و جاده‌ها در زیر خاک مدفون شوند و فقدان واکنش واقع بینانه و علمی در برابر این پدیده مزید بر علت شده و دامنه آسیب‌ها و خسارت‌ها را گسترده‌تر نموده است. سالانه حجم عظیمی از ماسه‌های بادی، مناطق مسکونی و روستاها را مورد هجوم قرار می‌دهند در روستاهای که در مسیر حرکت ماسه‌ها قرار دارند، مقدار حجم رسوبات به‌گونه‌ای است که سبب دفن واحدهای مسکونی شده و بعضی از روستاییان به ناچار مجبور به ترک روستاها و خانه‌های خود می‌شوند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]



شکل (۱۱). مساحت تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه

میزان تپه‌های ماسه‌ای در سال پیش‌بینی شده (۲۰۳۵) به حدود ۵۹۲/۴۵ کیلومترمربع می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۱۴ که میزان تپه‌های ماسه‌ای ۵۷۸/۴۵ کیلومترمربع است رشدی معادل ۱۴ کیلومترمربعی را نشان می‌دهد شکل (۱۱). بر اساس نقشه پیش‌بینی شده در شکل (۸) برای سال ۲۰۳۵ میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای، علاوه بر روستاهای که در سال ۲۰۱۴ در معرض حرکت ماسه‌های روان بوده‌اند حدود ۶ روستا دیگر از جمله بیاهی، سول، کلیرک، کرتی، گتی و گنجک در سال پیش‌بینی شده (۲۰۳۵) به شدت در معرض هجوم تپه‌های ماسه‌ای قرار می‌گیرند(شکل۱۰). عواملی همچون کمی بارش، سست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شیب کم، چرای بیش از حد دام، افزایش میزان ساعت آفتابی، کاهش پوشش گیاهی، نبود موانع ارتفاعی و درصد بالای وزش بادهای بیش از آستانه در منطقه (۸/۵ متر بر ثانیه) نقش اساسی دارند و اگر همین روند ادامه داشته باشد، زمینه‌ی حرکت ماسه‌ها فراهم شده و روستاهای مذکور مورد هجوم ماسه‌ها قرار می‌گیرند.انسداد و قطع راههای روستایی و محور اصلی ارتباطی استان سیستان و بلوچستان به هرمزگان از مخاطرات اصلی ناشی از این پیشروی خواهد بود.با توجه به آسیب‌های ناشی از سیل و ضعف زیر ساخت‌های ارتباطی این آسیب‌ها می‌تواند بر اقتصاد و توسعه آینده این منطقه محروم تاثیرات منفی زیادی داشته باشد.

نتیجه‌گیری

روند یابی تغییرات مورفومتریک اشکال ژئومورفولوژیکی مناطق خشک و بیابانی، به دلیل تأثیرات منفی ماسه-های روان بر زندگی مردم و همچنین امکان پیش‌بینی وضعیت آینده، به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب در راستای کاهش حرکت یا تثبیت شن‌ها و حتی ارزیابی طرح‌های قبلی اجرا شده، اهمیت خاصی دارد. در این زمینه روش‌های سنجش از دور به دلیل توانایی بالا در آشکارسازی تغییرات کوچک مقیاس در طول زمان، کاربرد گسترده‌ای دارند. براساس نتایج بدست آمده تپه‌های ماسه‌ای سواحل دریای عمان طی چند دهه اخیر با رشد شتابان به سمت روستاهای منطقه پیش می‌رود. همچنین با استفاده از نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و ترکیب آن با مدل‌های فضایی زنجیره‌های مارکف و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

اتوماسیون سلولی به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات فیزیکی آتی تپه‌های ماسه‌ای سواحل دریای عمان پرداخته شد. خروجی‌های شبیه‌سازی به‌صورت آماری با یک روش ترکیبی جدید که بر پایه روش‌های تحلیل چندگانه است، ارزیابی گردید و مشخص شد اگر توسعه تپه‌های ماسه‌ای بدون برنامه‌ریزی صحیح و با این روند توسعه پیدا کند مساحت تپه‌های ماسه‌ای در سال ۲۰۳۵ به ۵۹۲/۴۵ کیلومترمربع خواهد رسید و این میزان افزایش مساحت تپه‌های ماسه‌ای در شرایطی رخ می‌دهد که مدیریت صحیح و کارآمد در جهت تثبیت ماسه-های روان صورت نگیرد. این میزان افزایش ناشی از تغییر یافتن ۱۶۲ کیلومترمربع از مساحت زمین‌های بایر (۲۷ درصد) و ۱۲ کیلومترمربع از پوشش گیاهی (۲ درصد) و ۲۳ کیلومترمربع از رسوبات رودخانه‌ای (۴/۳ درصد) می‌باشد. این افزایش باعث می‌شود که سکونتگاه‌های روستای منطقه مورد مطالعه به‌شدت در معرض حرکت و جابجایی ماسه‌های روان قرار گیرند. بر اساس نتایج سال پیش‌بینی شده (۲۰۳۵) ۶ روستا از جمله بیاهی، سول، کلیرک، کرتی، گتی و گنجک به شدت در معرض حرکت این مخاطره قرار خواهند گرفت. در طی سال‌های اخیر (۱۳۵۵ تا ۱۳۹۳) ۱۵ روستا تخلیه و حدود ۵ روستا در معرض تخلیه قرارگرفته‌اند. به طوری که جبران این همه خسارت، هزینه بر و زمان زیادی را بر جامعه تحمیل کرده است؛ که در نتیجه حرکت تپه‌های ماسه‌ای به طرف روستاهای مورد مطالعه، روستاهای مشکوهی، عبد، ریگ مصطفی، کرتی، گتی، جهلو، ریگ و که در نواحی ساحلی و روستاهای، تنبلان، زهری کار، پچک، کیدر، شمشی و زیگدف که با فواصل زیادی از ساحل قرار دارند بیشترین حجم تپه‌های ماسه‌ای و بحرانی ترین منطقه از نظر میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در سال ۲۰۱۴ می باشند علاوه بر آسیب‌پذیری سکونت‌گاههای روستایی، راههای مواصلاتی و محور اصلی کنارک به جاسک که ارزش‌های اقتصادی و استراتژیک زیادی دارد در مواقع بحران در معرض انسداد و تخریب است.نتایج این پژوهش علاوه بر پیش‌بینی نحوه گسترش تپه های ماسه ای در نواحی ساحلی می تواند نتایج تحقیقات فلاحت کار و همکاران(۱۳۸۸)،کاوه و ابراهیمی(۱۳۹۲) و پارکر و همکاران(۲۰۰۲) را در رابطه با استفاده از مدل سلول های خودکار مارکف در پیش بینی گسترش اراضی را تایید نماید.

منابع

خسروی،محمود،صمد فتوحی و سلیمان پیروززاده،۱۳۹۴، **بررسی تغییرات زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور(RS) : مطالعه موردی: منطقه غرب زرآباد**،نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی،**۲(۴)**:۱۴-۱.

رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۸، فرسایش بادی و کنترل آن، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۲۰.

سازمان جنگلها،مراتع و آبخیزداری کشور،۱۳۸۱، **طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی در کشور**، دفترفنی تثبیت شن و بیابان زدایی، مهندسین مشاور تاک سبز، سازمان جنگلها ، مراتع و آبخیزداری کشور.

شایان، سیاوش، عبدالمجید احمدی، مجتبی یمانی و محمد شریفی کیا، ۱۳۹۱، **تحلیل مخاطرات فرایندهای جریانی خشکی مناطق ساحلی خلیج فارس مطالعه موردی از کنگان تا بوشهر**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیائی،**۲۴(۳۴)**: ۱۲۳-۱۳۸.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]

[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

شیرکلایی، ایوب، ۱۳۸۷، **سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییر کاربری اراضی سواحل جنوبی دریای مازندران با استفاده از GIS، مطالعه موردی: محور چالوس- نور ۱۳۶۷**- ۱۳۸۵، پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، با راهنمایی دکتر شهریور روستایی، دانشگاه زنجان، ص ۱۶۵.

علیمحمدی سراب،عباس،علی اکبر متکان و بابک میرباقری،۱۳۸۹، **ارزیابی کارایی مدل سلول های خودکار در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران**، برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، **۱۴(۲)**: ۱۰۲-۸۱.

فردوسی، بهرام، ۱۳۸۴، **اماکن سنجی و کاربرد سیستم پیشتیبانی تصمیم‌گیری در توسعه فیزیکی شهر،** نمونه موردی شهر سنندج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، با راهنمایی دکتر اکبر پرهیزگار، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۱۵.

فلاحت کار، سامره، علیرضا سفیانیان، سید جمال‌الدین خواجه الدین و حمیدرضا ضیایی، ۱۳۸۸، **بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش بینی نقشه پوشش اراضی (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان)**، همایش ملی ژئوماتیک، تهران، صص ۹-۱.

فیضی زاده، بختیار، حسین عزیزی و کامران ولیزاده، ۱۳۸۶، **استخراج کاربری‌های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷**، مجله آمایش محیط، **۲(۳)**: ۱۰-۱.

کاوه، ندا و عطاالله ابراهیمی، ۱۳۹۲، پیش بینی تغییرات کاربری – **پوشش اراضی با مدل CA مارکف (مطالعه موردی: رودخانه آق بلاغ)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS، مجله علوم منابع طبیعی**، ۴(۲):۵۲-۴۱.

محمودی، فرج الله، ۱۳۷۰، **ارگ مهم ایران**، گزارش‌های پژوهشی، معاونت پژوهشی دانشگاه تهران.

مقصودی، مهران و نگهبان باقری، ۱۳۹۱، **تحلیل مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان بر سکونتگاه‌های غرب دشت لوت**، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۱(۱)**: ۹۶-۸۳.

مقصودی، مهران، ۱۳۸۵، **شناخت فرآیندهای موثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای (مطالعه موردی عوارض ماسه‌ای چاله سیرجان)**، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، **۳۸(۵۶)**: ۱۶۰-۱۴۹.

نگارش، حسین و لیلا لطیفی، ۱۳۸۷، **تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر**، پژوهش‌های جغرافیا و توسعه، **۶(۱۲)**:۶۰-۴۳.

یمانی، مجتبی و محمد محمد نژاد، ۱۳۹۲، **ژئومرفولوژی ساحلی**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۶۲.

Ahadnejad, M., Rabet, A., 2010, **Evaluation and forecast of Haman impacts based on land use changes using multi temporal satellite imagery and GIS: a case study on Zanjan, Iran (1982-2009),** proceedings of the joint international conference on theory, Data Handling and modelling in Geo spatial information science, Hong Kong.and micromorphology analysis.

Amiraslani, F., Dragovich, D., 2011, **Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches**, Journal of Environmental Management, **92(1):**1-13.

Baitis,E., Kocurek,G., , Smith,G , Mohrig,D .,. Ewing R.C. ,Pyert,A.P.B.,2014, **Definition and origin of the dune-field pattern at White Sands, New Mexico**, Aeolian Research, **15** : 269–287.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

Batty, M., Couclelis, H.,Eichen, M., 1997, **Urban systems as cellular automata,**Environment and Planning, **24(2):** 159–164.

Dawelbaita. F. Morari, 2012. **Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis**, Journal of Arid Environments, **80**: 45-55.

Eastaman, R., J., 2001, **Guide to GIS and Image Processing**, Clark University, USA, Vol. 3, P. 144.

Fan, F., Wang, Q., Wang, Y., 2007., **Land Use and Land Cover Change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, Based on Landsat TM /ETM+ Imagery**, **7(7):** 1323–1342.

Fitton J.M, Hansom,J.D,, Rennie,A.F,2016. **A national coastal erosion susceptibility model for Scotland**, Ocean & Coastal Management.**132**:80-90.

Hamdan,M.A., Refaat, A.A., Anwar,E,A., Shallaly,N,A., **Source of the aeolian dune sand of Toshka area, southeastern Western Desert, Egypt**, Aeolian Research, **17**: 275-289.

Kamusoko, Courage, A., Masamu, A., B., Manjoro, M., 2009, **Rural sustainability under threat in Zimbabwe – Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model** , Applied Geography, **29**,435-447.

Kidd, R., 2001, **Coastal Done Management, A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques, NSW Department of Land and Water Conservation**, Repository Hydraulic Engineering Reports.NSW Government publication ISBN, 96p.

Lamchin, M.; JY, Lee, K, Lee, eun, Lee, M, Kim, H, Lim, H, Choi and S, Kim, 2016, **Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia**, Advances in Space Research, **57(1):** 64-77.

Mas, J. F., Klob,M., Paegelow,M., , Camacho Olmedo,M.T, ,and Houet,T., 2014, **Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages**, Environmental Modelling & Software, **51** ,94-111.

Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffmann, M.J., Deadman, P., 2002, **Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review**, Annals of the Association of American Geographers banner, **93(2),** 314-337.

Pearce, K. I, Walker, I. J., 2004, **Frequency and magnitude biases in the 'Fryberger' model, with implications for characterizing geomorphically effective winds**, Geomorphology, **68(1-2),**39- 55.

Rodríguez,M.P, Kuemmerle,T, Alcaraz-Segura,D, Zurita-Milla,R, Cabello,J.,2012, **Future land use effects on the connectivity of protected area networks in southeastern Spain**, Journal for Nature Conservation, 20(6), 326-336, doi.org/10.1016/j.jnc.2012.07.001

Pontius Jr, R.G., Huffaker, D., Denman, K., 2004, **Useful techniques of validation for spatially explicit land change models**. Ecological modeling, **179**(**4**), 445-461.

Pontius Jr, R.G., Spencer, J., 2005, **Uncertainty in extrapolations of predictive land cover models**, Environment and Planning B: Planning and Design, **32**:211-230.

Sohl T. L., Claggett, P.R., 2013, **Clarity versus complexity: Land-use modeling as a practical tool for decision-makers**, Journal of Environmental Management, **129**, 235-243.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]

Tonyes S.G., Wasson R.J., Munksgaard C.L., Evans, K.G., Brinkman,R., Williams,D.K.,2015. **Sand dynamics as a tool for coastal erosion management:A case study in Darwin Harbour, Northern Territory**, Australia, Procedia Engineering **125** : 220 – 228.

Zhang F, Tiyip T, Feng ZD, Kung H-T, Johnson VC, Ding JL, Tashpolat N, Sawut M, Gui DW. 2015. **Spatio-temporal patterns of land use/cover changes over the past 20 years in the middle reaches of the Tarim River, Xinjiang, China. Land Degradation and Development**, **26(3):**284- 299.

Zhang,Z., Dong,Z., Wu,G.,2017. **Field observations of sand transport over the crest of a transverse dune in northwestern China Tengger Desert**, Soil & Tillage Research, **166**: 67–75.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.7.3]

[DOI: 10.29252/jgs.19.52.57]