نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۵

صفحات۸۸- ۷۱

ارزیابی و پیش بینی تغییرات بیابان زایی در شرق و جنوب اصفهان با مدل CA-Markov

امیرحسین حلبیان[1]، دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

محمود سلطانیان، دانشجوی دکتری دانشگاه اصفهان، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۸/۰۴

چکیده

یکی از مهمترین بلایایی که مناطق خشک و نیمه خشک را تحت تاثیر قرار می دهد و در زمره عوامل تهدید کننده حیات بشری و تخریب منابع طبیعی محسوب می شود بیابان زایی است، بنابراین شناخت و پیش بینی این پدیده از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا به منظور بررسی وضعیت بیابان زایی منطقه شرق و جنوب اصفهان از تصاویر ماهواره لندست ۴ و ۷ و ۸ در ۵ دوره ۱۹۸۶، ۱۹۹۴، ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ استفاده گردید. شاخص NDVI برای شناسایی پوشش گیاهی و شاخص شوری خاک برای شناسایی مناطق بیابانی و شور به کار گرفته شد. به منظور شناسایی و تهیه نقشه کاربری‌های منطقه مطالعاتی مشتمل بر(اراضی بیابانی و شور، پوشش گیاهی، شهر، زمین‌های بایر و گاوخونی) از روش طبقه بندی نظارت شده Fuzzy ARTMAP و برای محاسبه تغییرات در کاربری‌های پهنه مورد بررسی در ۵ دوره فوق از مدل LCM بهره گرفته شد. در ادامه، مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلولهای خودکار (CA-Markov) برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده گردید. برای تعیین اعتبار پیش بینی نیز از شاخص انطباق کاپا بهره گرفته شد که میزان ۷۸ درصد را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین تغییرات در طی دوره مورد مطالعه را پوشش گیاهی داشته است. این حجم تغییر طی دوره ۱۹۸۶-۱۹۹۴ بوده است که ۱۰۶۲ کیلومتر مربع کاهش را نشان می دهد. از طرفی بیشترین شدت افزایش مناطق شور و بیابانی طی دوره ۱۹۹۴-۲۰۰۰ رخ داده که حدود ۴۹۵ کیلومتر مربع افزایش را نشان می-دهد. در نهایت مشخص گردید که بیشترین تغییرات طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۲۴ در پوشش گیاهی رخ خواهد داد که حدود ۶۰ درصد از پوشش گیاهی منطقه از بین خواهد رفت و اراضی بایر جایگزین آن خواهد شد. اراضی شور و بیابانی نیز جایگزین حدود ۳/۳ درصد از اراضی بایر، حدود ۱ درصد از پوشش گیاهی و کمتر از ۰/۰۱ درصد از شهر و تالاب گاوخونی می‌گردد.

واژه های کلیدی: بیابان زایی، زنجیره مارکوف، اصفهان، لندست، سلولهای خودکار، پوشش گیاهی.

[1]. نویسنده مسئول: **halabian_a@yahoo.com**

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

مقدمه

روند روزافزون تخریب منابع در بسیاری از نقاط جهان، تهدیدی جدی برای بشریت است. بیابان زایی که یکی از مظاهر این تخریب است، اکثر کشورها را تحت تاثیر قرار داده و سومین چالش قرن بیست و یکم معرفی شده است. (زهتابیان و رفیعی امامی، ۱۳۸۲). این پدیده مشتمل بر فرایندهایی است که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می گردد (Reynolds, ۲۰۰۸). در حال حاضر بیابان زایی بعنوان یک معضل گریبان گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه می باشد که نتیجه آن از بین رفتن منابع تجدید شونده در هر یک از این کشورهاست (احمدی، ۱۳۸۳). این عارضه به عنوان یکی از مظاهر تخریب اراضی در زمره مخاطرات طبیعی است که در دهه‌های اخیر با توجه به رشد روز افزون جمعیت در جهان به عنوان پدیده‌ای مخاطره آمیز زندگی ساکنین پهنه‌های مستعد بیابان‌زایی را بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله ایران تهدید می کند. بنابراین، توجه خاص به مقوله بیابان‌زایی برای کشوری همچون ایران که حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی آن در معرض پدیده بیابان‌زایی قرار دارد ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. زیرا، پیامدهای ناشی از بیابانی‌زایی، نظیر از بین رفتن اراضی بارور، کاهش زیست توده (بیوماس) در جنگل‌ها، مراتع و دشت‌های حاصلخیز، افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش آب‌های سطحی، شورشدن اراضی و کاهش کیفیت منابع آبی، خسارات غیرقابل جبرانی در کشور به دنبال دارد. بدین ترتیب، پایش و ارزیابی این پدیده مخاطره‌آمیز و تدوین برنامه‌های بلندمدت کنترل بیابان‌زایی، اجرای طرح‌های آمایش سرزمین و توسعه پایدار بیش از پیش ضروری می‌نماید. به منظور ارزیابی پدیده بیابان‌زایی تحقیقات گسترده ای در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است؛ از جمله، هاراشه و تاتاشی (Harasheh and Tatashi., ۲۰۰۰) در مطالعه ای در غرب آسیا با در نظر گرفتن عوامل تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی، بادی و شوری خاک به عنوان مهمترین عوامل بیابان زایی اقدام به تهیه نقشه شدت بیابان زایی نمودند. آنان نقشه حاصله را در ۴ طبقه بیابان زایی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه و ارائه دادند. لی و یا (Le and Yeh., ۲۰۰۰) چگونگی توسعه و ترکیب سلولهای خودکار را با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی برای کمک به برنامه ریزان، برای بهتر شدن فرم های شهری جهت توسعه پایدار را مورد بحث قرار داده اند. کوپین و همکاران (Coppin et al., ۲۰۰۴)، روشهای شناسایی تغییرات اکوسیستم را با استفاده از داده های چند طیفی و چند زمانه ماهواره ای مورد مطالعه قرار داده و بیان کردند که برای پایش تغییرات اکوسیستم، استفاده از تصاویر ماهواره ای از کارایی بالایی برخوردار است. کوئینگ و همکاران (Qiong, et al., ۲۰۰۶)، از ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای بررسی تغییرات کاربری زمین در پکن چین استفاده کردند. نتایج آنان مبین رشد قابل توجه کاربری شهری و کاهش مراتع طی سالهای ۱۹۸۶ و ۲۰۰۱ بوده است. چانگ چنگ و چانگ جویی (Chang, and Chang, ۲۰۰۶) برای بررسی پوشش گیاهی و پیش بینی تغییرات منطقه جیوجیو از روش CA-Markov و داده های ماهواره اسپات در دوره های زمانی ۱۹۹۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ استفاده کردند. نتایج آنان گویای قابلیت بالای مدل مذکور در پیش بینی روند تغییرات پوشش گیاهی است. واکلاویک و روگان (Vaclavik and Rogan., ۲۰۰۹) با روش LCM اقدام به آشکارسازی تغییرات در جمهوری چک کردند و به این نتیجه رسیدند که ۶٪ از جنگل‌های مخلوط به جنگل پهن برگ تبدیل شده و ۳/۵٪ افزایش در مناطق مسکونی رخ داده است. 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 در خطر نشان می دهد. لامچین و همکاران (Lamchin, et al., ۲۰۱۶) تغییرات کاربری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

اراضی و بیابان زایی را 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. در ایران، دادرسی سبزواری و پاکپرور، (۱۳۸۶)، روند بیابان زایی به روش سنجش از دور و نزدیک در اراضی دشت سبزوار را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان می دهد که تغییر قابل ملاحظه ای در سطح اراضی غیرشور حادث نگشته و تغییرات دسته های اراضی شور به گونه ای است که هیچ زمین شوری به غیرشور تبدیل نشده، ولی از وسعت دسته های با شوری متوسط به بالا به صورت پلکانی کاسته و بر مساحت اراضی با شوری کم افزوده شده است. مرادی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان زایی محدوده شهر اردکان با استفاده از سنجش از دور پرداختند. نتایج حاصل بیانگر کاهش وسعت مناطق بیابانی از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۷۶ به میزان ۲۰۰۰ هکتار و سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۱ به میزان ۱۶۰ هکتار و افزایش مساحت کاربری های دیگر می باشد. فتاحی (۱۳۸۸) روند بیابان زایی در استان قم را با استفاده از داده های سنجش از دور با تاکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب بررسی نمود. وی به این نتیجه رسید که فعالیت های انسانی و دستکاری او در طبیعت به ویژه احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه بر روی دو رودخانه قمرود و قره چای به عنوان دو عامل اصلی تغییر انواع استفاده از اراضی با کاهش پوشش گیاهی، شورشدن بیشتر اراضی و افت کمی وکیفی منابع آب در استان قم همراه بوده که می تواند تشدید بیابان زایی را به دنبال داشته باشد. فلاحتکار و همکاران (۱۳۸۸)، به بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش بینی تغییرات پوشش اراضی در شهر اصفهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، در صورت ثابت ماندن فرایندهای تغییر پوشش اراضی در منطقه، مدل فوق با اعتباری حدود ۷۰٪ به پیش بینی تغییرات در ۲۴ سال آینده (۱۴۰۴) می پردازد. علی‌محمدی و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه جنوب غربی تهران را با استفاده از مدل سلول های خودکار شبیه سازی کرده و کارایی این مدل را برای شرایط منطقه مورد مطالعه مناسب ارزیابی کردند. سرودی و جوزی (۱۳۹۰)، تغییرات پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران را با مدل مارکوف و تصاویر ماهواره بررسی و پیش بینی کردند. نتایج نشان داد؛ با بکارگیری مدل مارکوف در پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه تا افق ۱۴۰۴ بیشترین احتمال تخریب در اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف دیده می شود و مقدار عددی آن ۰/۰۱۶۷ می باشد. گلکار و همکاران (۱۳۹۱)، وضعیت بیابان زایی استان خراسان جنوبی را بررسی و اقدام به مقابله با آن با روش پیش بینی خشکسالی با زنجیره احتمالی مارکوف کردند. نتایج نشان داد که استان خراسان جنوبی بطور متوسط هر ۴ سال پتانسیل پشت سرگذاشتن یک دوره خشک با درجه خشکسالی متوسط را داراست. عسگریان و همکاران (۱۳۹۲)، رشد مکانی و توسعه پراکنده شهر ساری را با بکارگیری مدل سلولهای خودکار-مارکوف و شاخص آنتروپی شانون پیش بینی کردند. نتایج این پژوهش نشان از افزایش میزان پراکندگی شهر ساری دارد. کاوه و ابراهیمی (۱۳۹۲)، تغییرات کاربری/پوشش اراضی را با مدل CAمارکوف در منطقه رودخانه آقبلاغ بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش بیان می کند که کاربری کشاورزی، پایداری زیاد و رودخانه، پایداری کمی در منطقه خواهد داشت. موسوی و همکاران (۱۳۹۲) وضعیت بیابان زایی کویر حاج علیقلی را با تکنیک سنجش از دور در طی دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۶ پایش کردند. نتایج شناسایی وضعیت بیابان زایی این پژوهش حاکی از تغییرات گسترده در ویژگی های اکوژئومورفولوژی پهنه مطالعاتی است؛ به گونه ای که ۷۴۸ کیلومتر مربع از مساحت منطقه تحت تاثیر تغییر کاربری و کاهش توان اکولوژیک و بیولوژیک قرار گرفته است. صدری (۱۳۹۴) وضعیت بیابان زایی کویر درانجیر را طی دوره ۱۹۸۵ تا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

۲۰۱۴ بررسی کرد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربری شوری خاک در منطقه تغییر قابل توجهی داشته است؛ به گونه ای که شوری خاک منطقه افزایش زیادی را نشان می دهد. صیدی‌لو و امینی (۱۳۹۵)، گسترش فیزیکی شهر رباط کریم و تأثیر آن بر روی اراضی کشاورزی بر مبنای روش ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار را بررسی کردند. در این پژوهش برای جلوگیری از تخریب اراضی کشاورزی در سال ۱۴۰۴ بر اثر گسترش فیزیکی شهر، رشد هوشمند شهری پیشنهاد شد. عزیزی قلاتی (۱۳۹۵) روند تغییرات مکانی کاربری اراضی را با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA در منطقه کوهمره سرخی استان فارس بر اساس تصاویر ماهواره ای پیش بینی کردند. نتایج نشان داد که بیش ترین تغییر کاربری برای چشم-انداز ۱۴۰۳ نسبت به سال ۱۳۹۱ در ناحیه جنگل صورت می‌گیرد که به کاربری های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل می‌شود. این موضوع می تواند در برنامه ریزی آینده مسئولان مورد استفاده قرار گیرد.

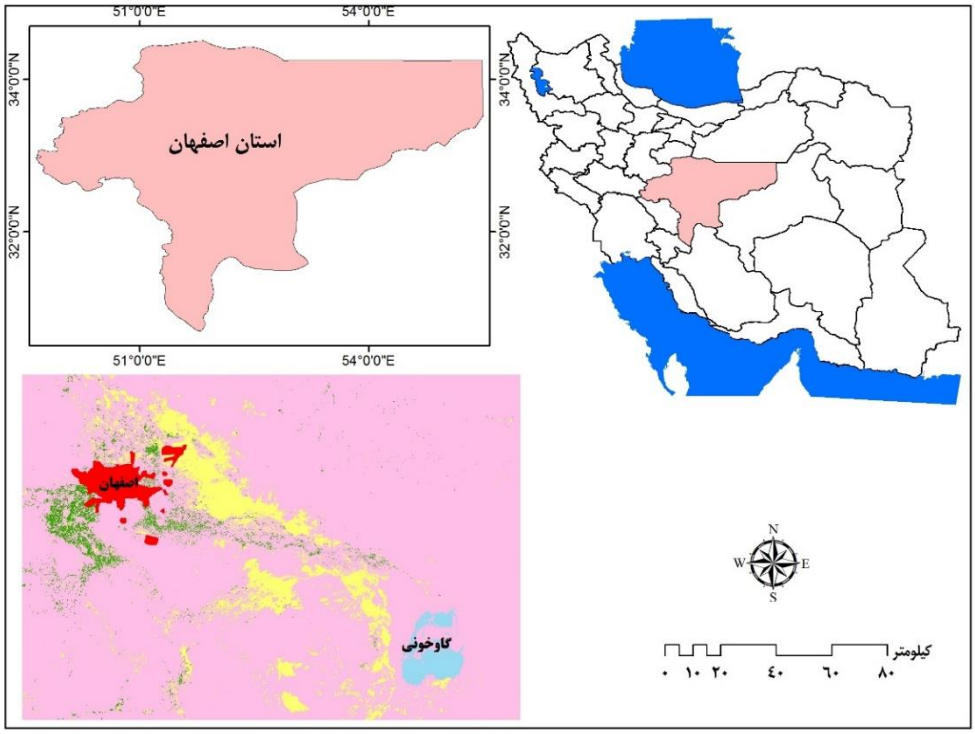
اساساً فرایند شناخت تفاوت ها در وضعیت یک پدیده با مشاهده آن در زمان های مختلف، پایش تغییرات نام دارد (Singh, ۱۹۸۹) و تشخیص به هنگام تغییرات ویژگی های عوارض سطح زمین، پایه و اساس برای درک بهتر روابط بین پدیده های انسانی و طبیعی به منظور مدیریت بهتر و استفاده از منابع را فراهم می آرود. به طور کلی، پایش تغییرات، شامل استفاده از مجموعه داده های چند زمانه برای تجزیه و تحلیل کمی اثرهای موقتی یک پدیده است (Lu, et al., ۲۰۰۴). با توجه به مطالب فوق، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و پیش بینی تغییرات پدیده بیابان‌زایی در منطقه اصفهان با استفاده از تصاویر ماهواره ای و بهره‌گیری از مدل تلفیقی نوین زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار است.

داده ها و روش کار

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش منطقه اصفهان است که در قسمت شرق آن تالاب گاوخونی قرار گرفته و در بخش غربی آن شهر اصفهان واقع شده است. این منطقه در طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه ۱۷ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳ دقیقه شمالی گسترده شده است. (شکل شماره ۱)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی

یکی از منابع اطلاعات موثر، مفید و قابل کاربرد در شناسایی پوشش های زمین و تغییرات آن، داده های سنجش از دور است (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۸، نیازی و همکاران، ۱۳۸۹). در این میان، تصاویر دوره ای ماهواره لندست یکی از مهمترین منابع برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش اراضی است. در عین حال، استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای به وسیله طبقه بندی از پرکاربردترین روش‌های موجود است (میرزایی زاده و همکاران، ۱۳۹۴) و از آن جایی که داده های سنجش از دور به سادگی در محیط GIS وارد می شود، می توان از آنها به طور خیلی گسترده در مدل‌سازی GIS استفاده کرد (آذرمهر و همکاران، ۱۳۸۹). در واقع، مدل‌سازی یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل پویایی نظام کاربری اراضی است که با استفاده از آن، چارچوب علمی آنالیز سیستم های تغییر کاربری اراضی از حالت توصیفی به سمت کمی تغییر پیدا می کند (Eastman, ۲۰۰۶). بدین ترتیب، مدل‌هایی که برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می گیرند، ابزارهای مفید، تکرارپذیر و مکمل توانایی های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم گیری آگاهانه تر هستند (Costanza ,۱۹۹۸). مدلی که در این پژوهش جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی و پیش بینی آن استفاده شده، مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار است. مدل زنجیره مارکوف به تنهایی قادر به شرح کمیت حالت های تبدیل بین انواع کاربری نیست، اما توانایی آشکارسازی میزان تبدیل بین انواع کاربری های گوناگون را دارد (Sang , ۲۰۱۱). از طرفی مدل سلول‌های خودکار یک تکنیک مدل سازی است که در فضای رستری تعریف می شود. وضعیت سلول معمولا پوشش و کاربری اراضی آن سلول را ارائه می دهد و تغییر در نوع کاربری یک سلول به کاربری دیگر، وابسته به وضعیت کاربری سلول در زمان حال و وضعیت سلول های همسایه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

است(جباری و احمدی، ۱۳۹۱). در عین حال، استفاده از مدل تلفیقی با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکوف، کاربری اراضی را برای آینده شبیه سازی می نماید (زارع و همکاران، ۱۳۹۰).

در این پژوهش از ۴ سین تصویر در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است. جدول شماره ۱ ویژگی‌های تصاویر مزبور را نشان می‌دهد.

جدول۱: تاریخ تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده

سنجنده	شماره تصویر	میلادی	خورشیدی
TM ۵	۱۶۳۰۳۷	۱۹۸۶/۶/۱۱	۱۳۶۵/۳/۲۱
TM ۵	۱۶۳۰۳۸	۱۹۹۴/۶/۱۷	۱۳۷۳/۳/۲۷
ETM+ ۷	۱۶۴۰۳۷	۲۰۰۰/۷/۰۲	۱۳۷۹/۳/۱۲
TM ۵	۱۶۴۰۳۸	۲۰۰۸/۶/۲۳	۱۳۸۷/۴/۳
LDCM ۸		۲۰۱۶/۶/۱۳	۱۳۹۵/۳/۲۴

همچنین، مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM) ۱۰ متری نیز برای شناسایی تغییرات مورد استفاده قرار گرفت(سازمان زمین شناسی ایالات متحده). از نظر رادیومتریک تصاویری که از سازمان زمین شناسی امریکا اخذ می شوند در سطح ۱ اصلاح شده هستند. از آن جایی که این تصاویر دارای مقادیر DN بین ۰ تا ۲۵۵ هستند بنابراین برای پردازش این تصاویر باید این مقادیر به تابش تبدیل گردند. برای محاسبه تابش طیفی تصاویر لندست TM و +ETM و OLI از رابطه شماره ۱ استفاده شده است.

$$L_\lambda = \frac{(LMAX_\lambda - LMIN_\lambda)}{QCALMAX - QCALMIN} \times (DN - QCALMIN) + LMIN_\lambda$$

در این رابطه L_λ بیانگر تابش طیفی در روزنه سنسور و LMIN حداقل تابش طیفی و LMAX بیانگر حداکثر تابش طیفی برای هر باند است. QCALMAX بیانگر حداکثر مقدار هر یاخته واسنجی شده در واحد DN و QCALMIN بیانگر حداقل مقدار هر یاخته واسنجی شده در واحد DN است. DN مقدار عددی هر یاخته است و بیانگر λ طول موج است. این مقادیر به همراه هر تصویر ماهواره‌ای موجود است. (Haibin, et al, ۲۰۱۰).

در ادامه از شاخص پوشش گیاهی برای شناسایی پوشش گیاهی استفاده گردید.

$$NDVI = \frac{(\rho NIR - \rho RED)}{(\rho NIR + \rho RED)}$$

برای محاسبه شاخص NDVI از باند قرمز برای محدوده مرئی و از باند مادون قرمز نزدیک استفاده شد(کرکنل، ۱۹۹۷).

از آن جایی که شورشدگی خاک یکی از فرایندهای بیولوژیکی ناشی از بیابان‌زایی است و برعکس، افزایش شوری خاک می-تواند یکی از دلایل کاهش توان بوم شناختی و زیست شناختی یک منطقه و به نوع عامل تخریب اراضی و رخداد بیابان‌زایی باشد. بنابراین با استفاده از ارزیابی شاخص شورشدگی خاک در دوره‌های زمانی مختلف می‌توان به روند بیابان‌زایی یک منطقه پی‌برد(زارعانی و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش از شاخص‌های زیر برای تعیین مقدار شوری خاک استفاده گردید. (Douaouietal, ۲۰۰۶)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

$$S1 = \sqrt{b2 \times b3}$$
$$S2 = \sqrt{b2^2 + b3^2 + b4^2}$$
$$S3 = \sqrt{b2^2 + b3^2}$$

در ادامه، نقشه کاربری‌های منطقه به صورت طبقه‌بندی نظارت شده به روش Fuzzy ARTMAP تهیه گردید(Mannan amd Roy, ۱۹۹۸). به منظور آشکارسازی تغییرات در منطقه نیز از مدل LCM بهره گرفته شد.

- **مدل زنجیره مارکوف**

بنیان گذار این روش آندره آندرویچ مارکوف، آماردان و ریاضی دادن بزرگ روسی است که این روش را در سال ۱۹۰۵ برای توصیف اصل حرکت سیکلوئیدی (زنجیره ای) به صورت سلسله آزمایشهای زنجیره ای انجام داده است (قهرمان، ۱۳۸۳). آنالیز زنجیره مارکوف ابزارهای مناسب جهت مدلسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم اندازها به راحتی قابل توصیف نباشد. زنجیره مارکوف مجموعه ای از مقادیر تصادفی است که احتمال آنها در فاصله زمانی داده شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است (فان و همکاران، ۲۰۰۷). مدل مارکوف به طور معمول در پیش بینی ویژگی های جغرافیایی بدون هیچ اثر ثانوی استفاده می شود و در حال حاضر به یک روش پیش بینی مهم در تحقیقات جغرافیایی تبدیل شده است (Sang, et al, ۲۰۱۱). زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر را بیان کرده و از آن به عنوان پایه ای برای نقشه سازی تغییرات آینده استفاده می کند. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می گیرد که بعنوان پایه ای برای نقشه سازی دوره های زمانی آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۹). بر اساس احتمال شرطی رابطه بیز، پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در مدل مارکوف با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد (Sang et al, ۲۰۱۱).

$$S(t+1) = p_{ij} \times s(t)$$

در این رابطه؛ $S(t)$ و $S(t+1)$ حالت های سیستم در زمان t و t+۱ هستند، و p_{ij} ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$p_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\left(0 \le p_{ij} < 1 \; and \sum_{j=1}^{N} P_{ij} = 1. \; (i.j = 1.2. \ldots . n)\right)$$

در مباحث مربوط به زنجیره های مارکوف، بر اساس یک روش احتمالاتی و با در نظر گرفتن گذشت زمان بر کاربری‌ها (یاخته های تصویر) تغییرات ایجاد شده را نشان می دهند و بر اساس این تحلیل مشخص می کنند که در زمان مورد نظر، کاربری های مورد نظر به چه میزان تغییر می یابند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

- **مدل سلولهای خودکار** (CA[۲])

در این مدل فضا به صورت یک شبکه تعریف می گردد که به هر خانه آن یک سلول گفته می شود. سلولهای خودکار در زمان های گسسته به طور همزمان و بر طبق یک قانون محلی بهنگام می شوند. مقدار هر سلول بر اساس مقادیر سلولهای همسایه و خود آن سلول تعیین می گردد (اسلمی و همکاران، ۱۳۹۳). مدل سلول های خودکار را می توان از رابطه زیر بدست آورد (Sang, et al, ۲۰۱۱):

$$S(t,t+1)=f(S(T),N)$$

در این رابطه؛ S مجموعه محدود و مجزا از حالت های سلولی، N زمینه سلولی، t و t+۱ نشاندهنده زمانی های مختلف و f قوانین انتقال حالت های سلولی در فضای محلی است.

- **مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلولهای خودکار**

با اجرای مدل زنجیره مارکوف چند تصویر احتمال ایجاد می شود. این تصاویر که از ماتریس احتمال انتقال بدست آمده اند، احتمال اینکه هر نوع از پوشش زمین در هر موقعیت مکانی در آینده پیدا شود را بیان می کنند. اگرچه احتمالات انتقال در هر کاربری دارای دقت زیادی است، اما اطلاعاتی از توزیع مکانی مربوط به کاربری ها وجود ندارد. بنابراین، مدل تصادفی مارکوف فاقد هر گونه اطلاعات وابستگی مکانی است و در مقابل شبکه خودکار عاملی است که توانایی تغییر وضعیتش را بر اساس بکارگیری قانونی که وضعیت جدید را مطابق با وضعیت قبلی و وضعیت همسایگانش نشان می دهد داراست. از فیلتر CA نیز برای توسعه یک فاکتور وزندهی-مجاورت مکانی برای تغییر وضعیت سلول ها بر اساس وضعیت همسایه اش استفاده خواهد شد. بنابراین برای مرتفع ساختن مشکلات این دو روش، از روش ترکیبی CA-MARKOV استفاده می-شود(ماهینی و کامیاب، ۱۳۹۰).

- **صحت سنجی و اعتبار پیش بینی**

برای تعیین اعتبار پیش بینی از شاخص انطباق کاپا استفاده گردید که هر چه به عدد یک یا بر حسب درصد به عدد صد نزدیک تر باشد نشان دهنده اعتبار بالای مدل در پیش بینی مورد نظر است.

$$K=\frac{\sum_{i=1}^{T}Xii-\sum_{i=1}^{T}(Xi^{+}\times X^{+}i)}{N^{2}-\sum_{i=1}^{T}(Xi^{+}\times X^{+}i)}$$

در این رابطه: T تعداد سطرهای ماتریس خطا، Xii تعداد مشاهدات در سطر i و ستون، Xi^{+} جمع کل درایه های سطری غیر از درایه های قطر اصلی، $X^{+}i$ جمع کل درایه های ستونی غیر از درایه های قطر اصلی، N تعداد کل یاخته های موجود در ماتریس است (Cangalton, ۱۹۹۱).

شرح و تفسیر نتایج

در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره لندست (۵ و ۷ و ۸) و روش طبقه بندی نظارت شده Fuzzy ARTMAP جهت تهیه نقشه کاربری منطقه استفاده گردید. شکل های ۲ تا ۶ نقشه های کاربری اراضی برای ۵ تاریخ ارائه شده را نشان

[۲] - Cellular Automa

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

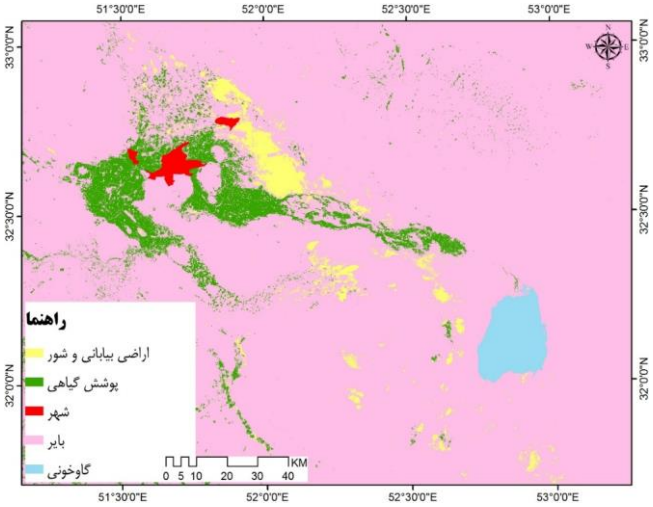
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

می‌دهد. بر این اساس منطقه مطالعاتی به پنج کاربری اراضی بیابانی و شور، پوشش گیاهی، شهر، اراضی بایر و منطقه گاوخونی تقسیم بندی گردید. پس از تهیه نقشه کاربری ها اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره های زمانی مورد مطالعه گردید. این تغییرات شامل کاهش ها، افزایش ها و تغییرات خالص برای هر کاربری و انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر می شود. طبق نتایج بدست آمده در جدول شماره ۲ بیشترین شدت تغییرات را می توان در پوشش گیاهی سال ۱۹۹۴ نسبت به سال ۱۹۸۶ مشاهده کرد به گونه ای که در طی این دوره ۸ ساله حدود ۱۰۶۳ کیلومتر مربع از وسعت پوشش گیاهی کاسته شده است. اما در طی همین دوره اراضی بایر حدود ۷۲۸ کیلومتر مربع افزایش داشته است. در عین حال، اراضی شور و بیابانی در همین دوره ۸ ساله حدود ۲۳۳ کیلومتر مربع افزایش را نشان می دهد. همچنین محدوده گاوخونی کاهش ۳۰ کیلومتر مربعی را در وسعت خود در طی ۸ سال فوق نشان می دهد که حکایت از کاهش ورودی آب به این تالاب و خشکی شدید منطقه دارد. در عین حال، وسعت شهر اصفهان رشد حدود ۱۳۰ کیلومتر مربعی را به همراه داشته است که گسترش شهرنشینی را در این دوره نسبت به دیگر دوره ها نشان می دهد. در طی دوره ۲۰۰۰ نسبت به دوره ۱۹۹۴ اراضی بیابانی و شور ۴۹۵ کیلومتر مربع افزایش وسعت داشته و محدوده اراضی بایر ۵۲۷ کیلومتر مربع کاهش را نشان می دهد. به عبارت دیگر، بیشترین افزایش اراضی بیابانی و شور در طی ۵ تاریخ مورد مطالعه در طی دوره ۲۰۰۰ نسبت به دوره ۱۹۹۴ رخ داده است؛ به گونه ای که افزایش شدیدی در حدود ۴۹۵ کیلومتر مربع را آشکار می‌سازد. این بدان معنا است که وسعت این بخش از ۷۷۰ کیلومتر مربع به ۱۰۰۳ کیلومتر مربع افزایش یافته است. البته این افزایش در اراضی بیابانی و شور با کاهش شدید محدوده اراضی بایر همراه بوده است؛ به گونه ای که ۵۲۷ کیلومتر مربع کاهش را در این اراضی در طی حدود ۶ سال مزبور شاهد هستیم. همچنین محدوده شهر در طی این دوره ۶ ساله در رده سوم تغییرات قرار دارد که با ۵۷ کیلومتر مربع افزایش همراه بوده است؛ به طوری که وسعت آن به ۲۶۲ کیلومتر مربع رسیده است. اما محدوده گاوخونی کماکان همانند دوره قبلی با کاهش مساحت همراه بوده؛ به گونه ای که وسعتی در حدود ۲۴ کیلومتر مربع از این تالاب مهم و حیاتی در طی این دوره ۶ ساله کسر شده است. در دوره هشت ساله ۲۰۰۸ نسبت به سال ۲۰۰۰ بیشترین تغییرات کماکان در اراضی بیابانی و شور دیده می شود که ۲۴۳ کیلومتر مربع افزایش را نشان می دهد. بیشترین تغییرات افزایشی در رده دوم در محدوده شهر دیده می شود که افزایشی حدود ۴۵ کیلومتر مربع را نشان می دهد. این میزان افزایش حدود ۲۹۰ کیلومتر مربعی در اراضی شور و بیابانی و محدوده شهر با کاهش ۲۱۱ کیلومتر مربعی اراضی بایر و ۶۵ کیلومتر مربعی کاهش محدوده گاوخونی در طی ۸ سال همراه بوده است. در عین حال، در طی همین دوره پوشش گیاهی نیز ۱۲ کیلومتر مربع کاهش را نشان می دهد. در نهایت در دوره ۸ ساله آخر بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ شدیدترین تغییرات با افزایش ۲۹۰ کیلومتر مربعی اراضی شور و بیابانی و کاهش ۲۳۶ کیلومتر مربعی اراضی بایر اتفاق افتاده است. شهر نیز در طی همین دوره ۸ ساله افزایش وسعت ۲۵ کیلومتر مربع را نشان می دهد. همانند سه دوره قبلی همچنان وسعت محدوده باتلاق گاوخونی با کاهش همراه بود، به گونه ای که ۷۷ کیلومتر مربع نسبت به سال ۲۰۰۸ از وسعت این تالاب ارزشمند کاسته شده است. به طور کلی می توان گفت که وسعت اراضی بیابانی و شور در طی دوره ۳۰ ساله مورد بررسی حدوده ۱۲۶۰ کیلومتر مربع در منطقه افزایش یافته

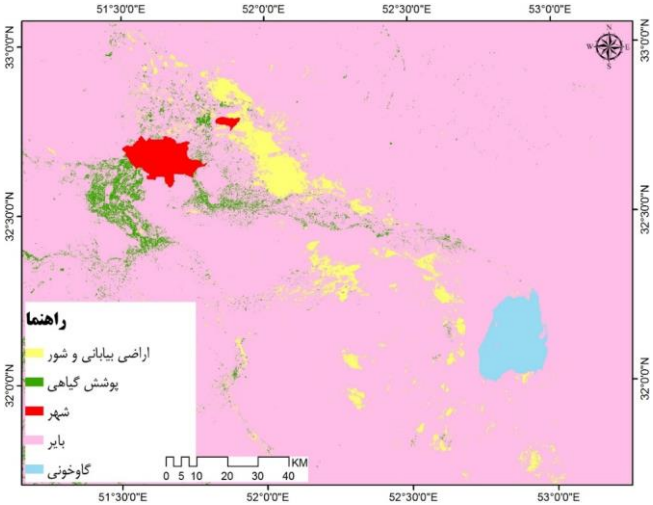
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

است. این میزان رشد اراضی بیابانی و شور در طی ۳۰ سال باعث کاهش حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع از اراضی تالاب گاوخونی و حدود ۲۵۰ کیلومتر مربع از اراضی بایر شده است. در عین حال، وسعت پوشش گیاهی نیز در بازه زمانی مطالعاتی با کاهش حدود ۱۰۷۹ کیلومتر مربعی همراه بوده است. در حالی که رشد شهر در همین ۳۰ سال افزایشی در حدود ۲۶۰ کیلومتر مربع را نشان می دهد(جدول شماره ۲).



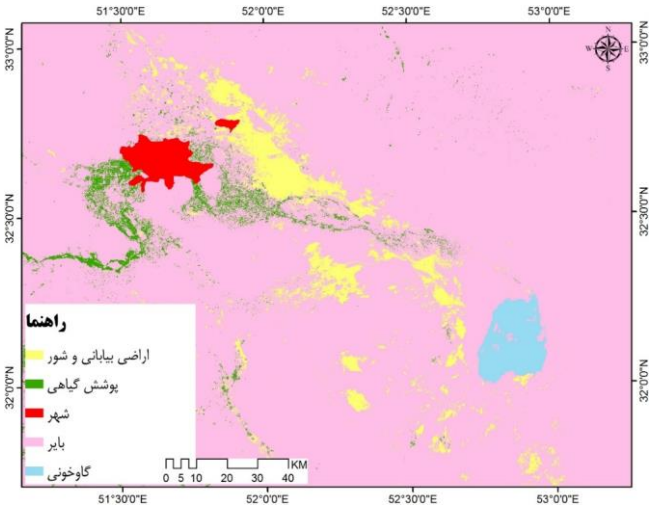
شکل ۲: کاربری اراضی در سال ۱۹۸۶



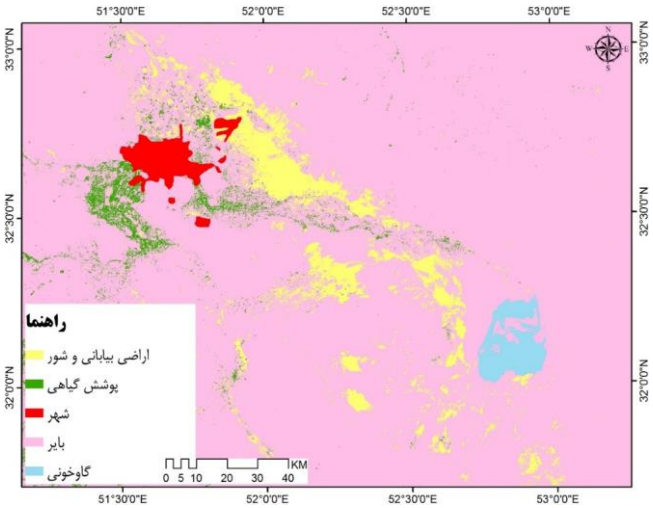
شکل ۳: کاربری اراضی در سال ۱۹۹۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

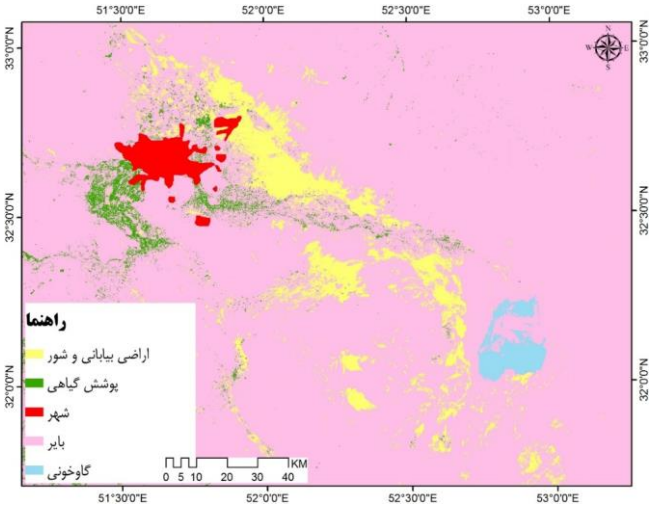
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]



شکل ۴: کاربری اراضی در سال ۲۰۰۰



شکل ۵: کاربری اراضی در سال ۲۰۰۸



شکل ۶: کاربری اراضی در سال ۲۰۱۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

جدول ۲: مساحت کاربری ها (کیلومتر مربع)

کاربری	سال ۱۹۸۶	سال ۱۹۹۴	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۰۸	سال ۲۰۱۶
پوشش گیاهی	۱۶۹۵	۶۳۲	۶۳۱	۶۱۹	۶۱۶
اراضی بیابانی و شور	۷۷۰	۱۰۰۳	۱۴۹۸	۱۷۴۲	۲۰۳۲
گاوخونی	۴۹۴	۴۶۴	۴۴۰	۳۷۴	۲۹۷
اراضی بایر	۲۷۹۶۳	۲۸۶۹۱	۲۸۱۶۴	۲۷۹۵۲	۲۷۷۱۶
شهر	۱۳۰	۲۶۲	۳۱۹	۳۶۵	۳۹۰

بر اساس جدول ۳ تا ۶ که ماتریس درصد تغییرات را در کاربری ها نشان می دهد، طی دوره ۸ سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۴، کاربری پوشش گیاهی بیشترین کاهش را به سمت کاربری شهر داشته، به گونه ای که حدود ۶۷ درصد از این کاهش به نفع رشد شهر بوده است. اراضی بایر و شور و بیابانی نیز در رده های بعدی هستند که کاهش ۳/۵ درصدی و ۱/۳ درصدی را نشان می دهد. همچنین اراضی شور و بیابانی بیشترین پیشروی را به سمت اراضی بایر آشکار می سازد که باعث کاهش حدود ۳۰ درصدی این اراضی شده است. در دوره ۲۰۰۰ نسبت به ۱۹۹۴ پوشش گیاهی همچنان به نفع رشد شهر کاهش را نشان می دهد. در این بازه زمانی اراضی شور و بیابانی همانند دوره قبلی بیشترین پیشروی را به سمت اراضی بایر داشته که این میزان حدود ۴۹ درصد بوده است. در عین حال، بیشترین رشد شهر نیز به سمت اراضی بایر بوده که با کاهش حدود ۱۸ درصدی اراضی بایر همراه بوده است. همچنین این افزایش رشد شهری کاهش حدود ۳/۳ درصدی پوشش گیاهی را نیز نشان می دهد. در طی دوره سوم منتهی به سال ۲۰۰۸ رشد شهر همراه با کاهش وسعت اراضی بایر بوده است، به گونه ای که کاهشی در حدود ۱۱/۵ درصد را آشکار می سازد. اراضی شور و بیابانی نیز در این دوره ۸ ساله بیشترین پیشروی را به سمت اراضی بایر داشته است؛ کاهش حدود ۱۶/۷ درصدی اراضی بایر به نفع زمین‌های شور و بیابانی این موضوع را نشان می دهد. در دوره ۸ ساله آخر ۲۰۰۸ به ۲۰۱۶ نیز کماکان گسترش اراضی شور و بیابانی منجر به کاهش وسعت اراضی بایر شده است. این پیشروی نیز رقمی در حدود ۱۶/۷ درصد را نشان می دهد. به عبارت دیگر، در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ اراضی شور و بیابانی حدود ۳۳ درصد از وسعت اراضی بایر را اشغال و به تصرف خود در آورده است. در عین حال در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۸ اراضی بایر نیز به سمت تالاب گاوخونی پیشروی قابل توجهی را نشان می دهد.

جدول ۳: ماتریس درصد تغییرات کاربری های در دوره ۱۹۸۶-۱۹۹۴

	پوشش گیاهی	اراضی شور و بیابانی	بایر	گاوخونی	شهر
پوشش گیاهی	۰	-۱/۲۶	-۳/۴۷	۰	-۶۷/۵۴
اراضی بیابانی و شور	۰/۵۶	۰	۰/۸۲	-۰/۰۵	-۰/۱۲
بایر	۵۷/۰۴	-۲۹/۹۴	۰	۵/۹۱	-۳۳/۱۴
گاوخونی	۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۱	۰	۰
شهر	۵/۱۸	۰/۰۲	۰/۱۵	۰	۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

جدول ۴: ماتریس درصد تغییرات کاربری های در دوره ۱۹۹۴-۲۰۰۰

	پوشش گیاهی	اراضی شور و بیابانی	بایر	گاوخونی	شهر
پوشش گیاهی	۰	-۰/۴۹	۰/۰۴	۰	-۳/۳۴
اراضی بیابانی و شور	۰/۷۸	۰	۱/۷۱	-۰/۰۱	-۰/۱۶
بایر	-۱/۹	-۴۹/۲	۰	۵/۱۵	-۱۸/۳
گاوخونی	۰	۰/۰۱	-۰/۰۸	۰	۰
شهر	۱/۳۸	۰/۰۴	۰/۱۷	۰	۰

جدول ۵: ماتریس درصد تغییرات کاربری های در دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۸

	پوشش گیاهی	اراضی شور و بیابانی	بایر	گاوخونی	شهر
پوشش گیاهی	۰	۰/۱۲	-۰/۰۳	۰	-۰/۱۷
اراضی بیابانی و شور	-۰/۲۹	۰	۰/۸۹	-۰/۰۱	-۲/۶۱
بایر	۱/۳۸	-۱۶/۶۹	۰	-۱۴/۹۶	-۱۱/۵۸
گاوخونی	۰	۰	-۰/۲۳	۰	۰
شهر	۰/۰۹	۰/۵۶	۰/۱۳	۰	۰

جدول ۶: ماتریس درصد تغییرات کاربری های در دوره ۲۰۰۸-۲۰۱۶

	پوشش گیاهی	اراضی شور و بیابانی	بایر	گاوخونی	شهر
پوشش گیاهی	۰	۰	۰	۰	-۰/۳۴
اراضی بیابانی و شور	۰	۰	۱/۰۴	۰	-۰/۲۵
بایر	۰	-۱۶/۶۹	۰	۲۰/۵	-۶/۴۷
گاوخونی	۰	۰	-۰/۲۷	۰	۰
شهر	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۸	۰	۰

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی از مدل زنجیره مارکوف و سلولهای خودکار استفاده گردید. زنجیره مارکوف بر روی دو نقشه کاربری اراضی که از تصاویر ماهواره ای بدست آمده و ماتریس احتمال انتقال اجرا شد. بر این اساس، وضعیت کاربری زمین و تغییرات کاربری ها در سال ۲۰۰۸ متکی به دوره ۸ ساله قبلی است. در ادامه نقشه احتمال تغییر برای ۸ سال دوم منتهی به سال ۲۰۱۶ ایجاد گردید و سپس این نقشه با نقشه واقعی که از تصویر ماهواره ای سال ۲۰۱۶ حاصل گردید مقایسه شد. یکی از مسائل شایسته توجه پس از پردازش تصویر ماهواره ای و طبقه بندی و نهایتاً پیش بینی، ارزیابی دقت است. با توجه به تطابق نتایج تحلیل کاربری ها با واقعیت، ضریب کاپای حاصل از ماتریس خطا بین نقشه بدست آمده از مدل‌سازی و نقشه کاربری اراضی به دست آمده از تصویر ماهواره ای سال ۲۰۱۶، عدد ۷۸ درصد را نشان داد. در ادامه، اقدام به ساخت سناریوی آینده در دوره ۸ سال بعدی (۲۰۲۴- ۲۰۱۶) شد. این کار با توجه به تغییرات رخ داده در دوره (۲۰۱۶-۲۰۰۸) بر اساس مدل CA-Markov اجرا گردید. نتایج بدست آمده به صورت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

ماتریس احتمال انتقال ارائه گردید. بر اساس نتایج جدول شماره ۷ بیشترین میزان تغییر در پوشش گیاهی منطقه دیده می‌شود، که حدود ۶۰٪ از پوشش گیاهی منطقه از بین خواهد رفت و به اراضی بایر تبدیل خواهد شد. از طرفی حدود ۱٪ از پوشش گیاهی منطقه نیز به اراضی شور و بیابانی بدل خواهند شد و شهر نیز حدود کمتر از یک درصد از پوشش گیاهی را خواهد گرفت. فقط ۳۷٪ از پوشش گیاهی منطقه در ۸ سال آینده بدون تغییر خواهد بود. از طرفی اراضی شور و بیابانی علاوه بر هجوم به سمت پوشش گیاهی، حدود ۳/۳٪ از اراضی بایر را نیز تحت سلطه خود در می آورد و کمتر ۰/۰۱٪ از شهر و گاوخونی را نیز اشغال می کند. بیشترین میزان ثبات و پایداری در کاربری های اراضی با حدود ۹۸/۹٪ در شهر دیده می شود. گاوخونی نیز حدود ۳۲٪ از وسعت خود را نسبت به سال ۲۰۱۶ از دست خواهد داد و به اراضی بایر تبدیل می-گردد.

جدول ۷: ماتریس احتمال انتقال

	پوشش گیاهی	اراضی شور و بیابانی	گاوخونی	بایر	شهر
پوشش گیاهی	۰/۳۷۶۲	۰/۰۱۰۱	۰	۰/۶۰۶۲	۰/۰۰۷۵
اراضی بیابانی و شور	۰/۰۰۴۵	۰/۹۸۷۸	۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۶۱
گاوخونی	۰	۰/۰۰۰۱	۰/۶۷۶۰	۰/۳۲۳۹	۰
بایر	۰/۰۲۳۵	۰/۰۳۳۵	۰	۰/۹۳۹۲	۰/۰۰۳۸
شهر	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۱	۰	۰/۰۰۷۵	۰/۹۸۹۶

نتیجه گیری

اساسا شناخت و ارزیابی روند بیابان زایی و پیش بینی تغییرات کاربری ها در هر منطقه می تواند زمینه را برای مدیریت بهینه محیط مهیا نماید. از مهمترین دستاوردهای بیابان زایی در هر پهنه جغرافیایی می توان به کاهش توان اکولوژیکی و بیولوژیکی زمین اشاره نمود که ممکن است به صورت طبیعی و یا غیرطبیعی رخ دهد. با توجه به گسترش بیابان‌زایی در منطقه اصفهان بویژه در سال‌های اخیر، این پژوهش با هدف پایش روند این پدیده مخاطره‌آمیز و تغییرات کاربری های منطقه شرق و جنوب اصفهان طی ۳۰ سال اخیر و در عین حال پیش بینی این تغییرات در آینده صورت گرفت. بدین منظور از داده های رقومی ماهواره لندست ۵ و ۷ و ۸ در ۵ تاریخ مختلف استفاده گردید. تاریخ ها به گونه ای انتخاب شدند که دارای حداقل پوشش ابر باشند. از طرفی چون پیش بینی به عنوان هدف در این پژوهش مدنظر قرار گرفت از مدل ترکیبی CA-Markov استفاده گردید. در این راستا ابتدا بر مبنای روش Fuzzy-ARTMAP اقدام به شناسایی کاربری اراضی در تاریخ های ۵ گانه شد. سپس بر مبنای روش LCM تغییرات کاربری های منطقه تعیین گردید. طبق نتایج بدست آمده در طی دوره ۱۹۹۴-۱۹۸۶ اراضی بایر بیشترین افزایش را نشان می دهد که باعث تخریب ۵۷٪ از پوشش گیاهی منطقه شده است. ولی اراضی شور و بیابانی حدود ۳۰٪ از اراضی بایر را اشغال کرده است. در دوره بعدی(۲۰۰۰-۱۹۹۴) اراضی شور حدود ۴۹٪ از اراضی بایر را اشغال کرده و باعث تخریب حدود ۰/۵ کیلومتر مربع از پوشش گیاهی نسبت به دوره قبل شده است. در دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۰ اراضی شور و بیابانی افزایش ۱۶٪ را نشان می دهد. در دوره آخر(۲۰۱۶-۲۰۰۸)، شهر فقط باعث کاهش پوشش گیاهی شده، ولی اراضی بایر حدود ۲۰٪ به سمت گاوخونی پیشروی داشته است. با توجه به اجرای مدل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

پیش بینی CA-Markov مشخص گردید که فقط ۳۷٪ از پوشش گیاهی منطقه در ۸ سال آینده(۲۰۲۴-۲۰۱۶) بدون تغییر خواهد بود. در عین حال، اراضی شور و بیابانی علاوه بر هجوم به سمت پوشش گیاهی، حدود ۳/۳٪ از اراضی بایر را نیز تحت تسلط خود در می آورد و کمتر از ۰/۰۱٪ از شهر و گاوخونی را نیز اشغال می کند. گاوخونی نیز حدود ۳۲٪ از مساحت خود را در مقایسه با سال ۲۰۱۶ از دست خواهد داد و اراضی بایر جایگزین آن می‌گردد.

منابع

احمدی، حسن؛ ۱۳۸۳. بررسی عوامل موثر در بیابان زایی. *جنگل و مرتع*،**۶۲**: ۷۱-۶۶.

اسلمی، فرنوش؛ اردوان قربانی، بهروز سبحانی و محسن پناهنده. ۱۳۹۳. مقایسه ی روش های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیءگرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. *کاربرد سنجش از دور و* GIS *در علوم منابع طبیعی*،**۳**: ۱-۱۴.

آذرمهر، محمدرضا؛ محمدسعدی مسگری و محمد کریمی. ۱۳۸۹. مدل سازی مکانی زمانی بیماری مالاریا با استفاده از Geographic Information System و روش Cellulαr Automαtα . *بیماریهای عفونی و گرمسیری ایران*، **۴۸**: ۶۱-۶۹.

جباری، کاظم و سیمین احمدی. ۱۳۹۱. *مدلسازی توسعه شهری با استفاده از* GIS *و سلولهای خودکار. چاپ اول*. انتشارات آذرکلک. زنجان.

دادرسی، سبزواری و ابوالقاسم پاکپرور. ۱۳۸۶. بررسی روند بیابان زایی به روش سنجش از دور و نزدیک در اراضی دشت سبزوار. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، **۱۴**: ۳۳-۵۲.

زارع گاریزی، آرش؛ سعدالدین امیر شیخ واحدبردی و عبدالرسول سلمان ماهینی. ۱۳۹۰. شبیه سازی مکانی- زمانی تغییرات گستره جنگل در آبخیز چهل چای استان گلستان با استفاده از مدل تلفیقی سلول های خودکار و زنجیره مارکف. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*،**۲**: ۲۷۳-۲۸۵.

زارعانی ارنانی، محمد؛ محمدعلی حکیم زاده، زهرا گیوئی اشرف و زهره ابراهیمی خوسفی. ۱۳۹۰. روندیابی شوری خاک با استفاده از سنجش از دور به منظور ارزیابی بیابان زایی مطالعه موردی دشت مروست استان یزد. *مجموعه مقالات دومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالابهای کویری ایران*. تهران.

زهتابیان، غلامرضا و عمار رفیعی امام. ۱۳۸۲. ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به بیابان زایی. *بیابان*، **۸**: ۱۲۰-۱۲۶.

سرودی، منا و سیدعلی جوزی. ۱۳۹۰. پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از مدل مارکوف (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری تهران). *کاربرد سنجش از دور و* GIS *در علوم منابع طبیعی*، **۲**: ۸۳-۹۶.

سلمان ماهینی، عبدالرسول و حمیدرضا کامیاب. ۱۳۹۰. *سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ادریسی. چاپ اول*. نشر مهر مهدیس.

صدری، سجاد. ۱۳۹۴، *پایش بیابان زایی کویر درانجیر*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

صیدی لو، محمود؛ الهام امینی و فرهاد حمزه. ۱۳۹۵. ارزیابی گسترش فیزیکی شهر رباط کریم و تأثیر آن بر روی اراضی کشاورزی با استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *کنفرانس بین المللی مهندسی معماری و شهرسازی*. تهران.

ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ علیرضا شکیبا. علی اکبر متکان و علی صادقی. ۱۳۸۸. سنجش از دور(RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل سلول های خودکار (CA) به عنوان ابزاری برای شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: شهر شهرکرد). *علوم محیطی*،**۱**: ۱۳۳-۱۴۸.

عزیزی قلاتی، سارا؛ کاظم رنگزن، جواد سدیدی، پیمان حیدریان و ایوب تقی زاده. ۱۳۹۵. پیش بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس). *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، **۱**: ۵۹-۷۱.

عسگریان، علی؛ بهمن جباریان امیری، افشین علیزاده شعبانی و جهانگیر فقهی. ۱۳۹۲. پیش بینی رشد مکانی و توسعه پراکنده شهر ساری با بکارگیری مدل سلولهای خودکار-مارکوف و شاخص آنتروپی شانون. *بوم شناسی کاربردی*، **۶**: ۱۳-۲۵.

علی محمدی 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)*، **۲**: ۸۱-۱۰۲.

فتاحی، محمدمهدی. ۱۳۸۸. بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور با تاکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، **۱۶**: ۲۳۴-۲۵۳.

فلاحتکار، سامره؛ علیرضا سفیانیان، سیدجمال الدین خواجه الدین و حمیدرضا ضیایی. ۱۳۸۸. بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش بینی نقشه پوشش اراضی (مطالعه موردی: شهر اصفهان). *همایش ژئوماتیک ۸۸*. تهران. سازمان نقشه برداری کشور.

قهرمان، جعفر. ۱۳۸۳. کاربرد زنجیره های مارکوف در برنامه ریزی نیروهای انسانی(رویکرد کاربردی برای مدیران منابع انسانی در سازمان های اجتماعی). *تحول اداری*،**۴۳-۴۴**: ۷۵-۹۳.

کاوه، ندا و عطاالله ابراهیمی. ۱۳۹۲. پیش بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با مدل CA مارکوف (مطالعه موردی: رودخانه آقبلاغ). *کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی*،**۲**: ۴۱-۵۱.

گل کار، حمیدرضا؛ مجتبی طاووسی و ایوب صداقتی. ۱۳۹۱. مقابله با بیابان زایی با استفاده ازپیش بینی خشکسالی. *سومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب های کویری ایران*. اراک. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

مرادی، حمیدرضا؛ محمدرضا فاضل پور، حمیدرضا صادقی و زین الدین حسینی. ۱۳۸۷. بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان-زایی محدوده شهر اردکان با استفاده از سنجش از دور. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، **۱۵**: ۱-۱۲.

موسوی، حجت؛ عباسعلی ولی، مسعود معیری و ابوالفضل رنجبر. ۱۳۹۲. پایش وضعیت بیابان زایی کویر حاج علی قلی (۱۹۸۷، ۲۰۰۶). *پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی*، **۴**: ۸۵-۱۰۲.

میرزایی زاده، وحید؛ مریم نیک نژاد و جعفر اولادی. ۱۳۹۴. ارزیابی الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیهٔ نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی*،**۳**: ۲۹-۴۴.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

نیازی، یعقوب؛ محمدرضا اختصاصی، حسین ملکی نژاد، سیدزین العابدین حسینی و جعفر مرشدی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه سد ایلام)، *جغرافیا و توسعه*، **۲۰**: ۱۱۹-۱۳۲.

Chang, CL. and J. Chang. ۲۰۰۶. Markov model and cellular automata for vegetation. Journal of Geographical Research, **۴۵**: ۴۵-۵۷.

Congalton, RG. ۱۹۹۱. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, **۳۷**: ۳۵-۴۶. Doi ۱۰,۱۰۱۶/۰۰۳۴-۴۲۵۷(۹۱)۹۰۰۴۸-B.

Coppin, P.; I, Jonckheere. K. Nackaerts, and B. Muys. ۲۰۰۴. Digital Change Detection Methodsin Ecosystem Monitoring: A Review, International Journal of Remote Sensing, **۲۵**: ۱۵۶۵-۱۵۹۶. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۰۳۱۰۰۰۱۰۱۶۷۵

Costanza, R, and M, Ruth. ۱۹۹۸. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. Environmental Management, **۲۲**: ۱۸۳-۱۹۵. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۲۶۷۹۹۰۰۰۹۵.

Cracknell, A.P. ۱۹۹۷. The Advanced Very High Resolution Radiometer. Taylor & Francis, London.

Dawelbaita.; F. Morari, ۲۰۱۲. Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis, Journal of Arid Environments, **۸۰**: ۴۵–۵۵. DOI ۱۰,۱۰۱۶/j.jaridenv.۲۰۱۱,۱۲,۰۱۱.

Douaoui, A.E.K.; H, Nicolas, and Walteer, Ch. ۲۰۰۶, Detecting Salinity Hazards within a Semiarid Context by Means of Combining Soil and Remote Sensing Data, Journal of Geoderma, **۱۳۴**: ۲۱۷-۲۳۰. DOI ۱۰,۱۰۱۶/j.geoderma.۲۰۰۵,۱۰,۰۰۹.

Eastman, J.R. ۲۰۰۶. IDRISI Andes. Tutorial. Clark-Labs, Clark University, Worcester.

Fan, F.; Q, Wang, and Y, Wang. ۲۰۰۷, land use and land cover change in Guangzhou, Chaina, from ۱۹۹۸ to ۲۰۰۳, based on land sat TM/ETM+ imagery, Sensors., **۷**: ۱۳۲۳-۱۳۴۲. DOI ۱۰,۳۳۹۰/s۷۰۷۱۳۲۳

Haibin, S.; Z, Jin, Y, Shuqing, and L, Liang. ۲۰۱۰. Study of regional evapotranspiration of Hetao irrigation district based on TM Images. In: Proceedings of the ۱۷th World Congress of the International Commission of Agriculture and Bio systems Engineering (CIGR), Quebec City, Canada, June.

Harasheh,and R.Tatashi. ۲۰۰۰. desertification mapping of west ASIA –GIS and Remote sensing applicione available at http;//www.gis. development.net/aars

Lamchin, M.; JY, Lee, K, Lee, eun, Lee, M, Kim, H, Lim, H, Choi and S, Kim, ۲۰۱۶, Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia, advances in space research, **۵۷**: ۶۴–۷۷. DOI ۱۰,۱۰۱۶/j.asr.۲۰۱۵,۱۰,۰۰۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]

Li.; X and AG-O Yeh, ۲۰۰۰. Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. International Journal of Geographical Information Science, **۱۴**: ۱۳۱-۱۵۲. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۱۳۶۵۸۸۱۰۰۲۴۰۸۸۶

Lu.; D, P, Mausel, E, Brondizio and E, Moran, ۲۰۰۴, Change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, **۲۵**: ۲۳۶۵-۲۴۰۱, DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۰۳۱۰۰۰۱۳۹۸۶۳.

Mannan.; B. and Roy, J, ۱۹۹۸, Fuzzy ARTMAP supervised classification of multi-spectral remotely-sensed images. International Journal of Remote Sensing, **۱۹**: ۷۶۷-۷۷۴. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۹۸۲۱۵۹۹۱. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۹۸۲۱۵۹۹۱.

Qiong.; W, H, Li, R, Wang, J, Paulussen, H, Yong, M, Wang, B, Wang and Z, Wang, ۲۰۰۶. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS, Landscape and Urban Planning, **۷۸**: ۳۲۲-۳۳۳. DOI ۱۰,۱۰۱۶/j.landurbplan.۲۰۰۵,۱۰,۰۰۲

Reynolds J. F. ۲۰۰۸, Cutting through the confusion: Desertification, an old problem viewed through the lens of a new framework, the Dry lands Development Paradigm (DDP), Dry lands, Deserts & Desertification Conference December ۱۴-۱۷. SedeBoque Campus, Israel.

Sang, L.; C, Zhang, J, Yang, D, Zhu, and W, Yun. ۲۰۱۱. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model. Mathematical and Computer Modelling, **۵۴**: ۹۳۸-۹۴۳. DOI ۱۰,۱۰۱۶/j.mcm.۲۰۱۰,۱۱,۰۱۹

Singh, A, ۱۹۸۹, Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data, International Journal of Remote Sensing, **۱۰**: ۹۸۹-۱۰۰۳. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۱۴۳۱۱۶۸۹۰۸۹۰۳۹۳۹

Vaclavik.; T, and J, Rogan. ۲۰۰۹. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic, GIScience & Remote Sensing, **۴۶**: ۵۴-۷۶. DOI: ۱۰,۲۷۴۷/۱۵۴۸-۱۶۰۳,۴۶,۱,۵۴.

.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.4.71]