

## مقاله پژوهشی

# ارزیابی زیست محیطی کاربری اراضی به علت ریزگردها در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور و مدل CA مارکوف مطالعه موردی شهر اهواز

یحی عبدالکریم نیسی، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان ایران  
محمد ابراهیم عفیفی\*، استادیار، گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)  
مرضیه موغلی، دانشیار، گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

### چکیده:

یکی از مشکلات زیست محیطی، شاخص آلودگی هواست که مهم‌ترین شاخص آن، حجم ذرات معلق موجود در جو است و در شهرهای جنوبی و غربی کشور در سال‌های اخیر افزایش محسوسی یافته است. تحقیق حاضر باهدف، پایش تغییرات کاربری اراضی به علت ریزگردها در سه دهه گذشته با استفاده از سنجش از دور و CA-Markov در شهر اهواز انجام شد. روش تحقیق تحلیلی-میدانی بود. پس از انجام مطالعات اولیه و تهیه تصاویر ماهواره‌ای مناسب، با مقادیر مختلف نمونه‌های تعلیمی و با توجه به برداشت‌های زمینی، تحلیل و ارزیابی شد. تصاویر مورداستفاده، به ترتیب تصاویر ماهواره لندست ۷، ۵ و ۸ سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بوده است. طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی انجام و میزان صحت طبقه‌بندی ارزیابی و با استفاده از مدل CA-Markov نقشه پیش‌بینی محدوده مطالعاتی آماده شد. نتایج طبقه‌بندی نشان داد اراضی ساخته‌شده سال ۲۰۰۰ از ۱۰۶۳۷/۳۴ به ۱۰۹۲۵/۷۶ هکتار در سال ۲۰۱۰ رسیده و ۲۸۸/۴۲ هکتار مساحت آن افزایش یافته است. فضای سبز در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ از ۱۲۷۵/۴۱ هکتار به ۱۲۷۹/۹۹ رسیده یعنی ۵۸/۴ هکتار افزایش مساحت داشته که علت آن کاشت درختان دست کاشت در طی این سال‌ها جهت مقابله با ریزگردها بوده است. این تغییرات از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ روند کاهشی داشته و تغییرات مساحت آن از ۱۲۷۹/۹۹ هکتار به ۱۱۲۰/۴۹ رسیده یعنی ۱۵۹/۵۰ کاهش مساحت داشته است. نتایج نشان می‌دهد رشد و توسعه مناطق مسکونی اهواز و تبدیل فضای سبز به مسکونی همواره مثبت بوده است به طوری که نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ نیز گویای این مطلب است و پیش‌بینی شد مساحت اراضی ساخته‌شده در سال ۲۰۳۰ به ۱۲۷۴۴/۸۴ هکتار برسد. ضریب کاپا در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ به ترتیب ۹۱/۸۷، ۹۳/۲۹ و ۹۵/۴۰ به دست آمد. نتایج حاصل، نشان از بالا بودن ضریب کاپا و دقت کلی در تصاویر جدیدتر می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** تغییرات کاربری اراضی، ریزگردها، سنجش از دور، CA مارکوف.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۲/۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۱

## مقدمه

امروزه هر بحثی درباره توسعه بدون توجه به مفهوم پایداری زیست محیطی ناتمام تلقی می شود. موضوع پایداری زیست محیطی طی سه دهه پایانی قرن بیستم به طور ویژه ای مورد توجه بسیاری از افراد، بخصوص محققین و دولت ها می باشد. امروزه به طور فزاینده ای فرصت ها و چالش های اصلی جهان در شهرها متجلی گردیده و رشد شتابان شهرنشینی در چند دهه گذشته و گسترش فعالیت های صنعتی، زیرساخت های شهری را کاهش و در مقابل ضایعات زیست محیطی را به شدت افزایش داده است. شهرهایی که به سرعت رشد کرده به دلیل تخریب محیط طبیعی در حال حاضر، با بحران های زیست محیطی متعددی مواجه شده اند و کلان شهرها نمونه های بارز آن هستند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از مهم ترین بحران های زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک، پدیده ی مخرب بیابان زایی و فرسایش بادی است (بهرا و همکاران ۲۰۰۷،<sup>۱</sup>). فرسایش بادی می تواند در خاک های خشک لسی، بافت ماسه ای و سطح عاری از پوشش گیاهی در بادهای بالاتر از سرعت آستانه فرسایش به مشکلی جدی تبدیل شود (استرک و گوسنز<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). وقوع طوفان های گردوغبار ناشی از فرسایش بادی، فرآیندی است که به تخریب سرزمین منجر می شود و می تواند به عنوان یک شاخص بیابان زایی قابل توجه قرار گیرد (ایکسو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). در پدیده ی گردوغبار، خاک فرسایش یافته به وسیله ی باد حرکت داده می شود که بر حسب اندازه ی ذرات، حرکت به یکی از سه طریق تعلیق، خزیدن و جهش است (وانگ و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۵). آنچه امروزه در کشور ما تحت عنوان پدیده ی ریز گرد شناخته می شود، تحت تأثیر طوفان ها و جریان های هوایی ناشی از جابه جایی و حرکت ذرات ریز و بسیار ریز تشکیل دهنده ی خاک ها به صورت معلق شکل گرفته است (عزیزی و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲).

به طور کلی، تشکیل طوفان گردوغبار به سه عامل بستگی دارد: وجود بادهای قوی، سطح حساس به فرسایش بادی و شرایط ناپایدار جوی (یانگ و ایکسیا<sup>۶</sup>، ۱۹۹۶). از طرفی، انسان ها با تغییر کاربری اراضی در مناطق حساس به شکل گیری طوفان های شن و ماسه، در شکل گیری طوفان های گردوغبار نقش مهمی ایفا می کنند. بر اساس دستورالعمل سازمان جهانی هواشناسی، هرگاه سرعت باد در ایستگاهی از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کمتر از ۱ کیلومتر برسد، طوفان گردوغبار گزارش می شود. سرعت های بیش از ۷ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری، در ایجاد شرایط طوفانی و شکل گیری گردوغبار نقش مهمی دارد (گوهری و اختصاصی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳).

بادهای شدید و گردوغبار، مقدار خاک زیادی را از روی زمین های خشک بدون پوشش گیاهی با خود بلند و هوا را تاریک می کند. انتشار گردوغبار به صورت وقایعی پراکنده که در اندازه، زمان و غلظت ذرات متفاوت است، در جو زمین رخ می دهد. متوسط ارتفاع طوفان گردوغبار بین ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است (تان و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۱۴). در سالیان اخیر، میزان پدیده ی گردوغبار در شهرهای جنوبی و غربی کشور افزایش محسوسی یافته است.

از عمده ترین دلایل این پدیده علاوه بر مشکلات داخلی، منشأ فرامرزی آلودگی و نقش ضعیف راهبردهای مربوط به تثبیت شن های روان در کشورهای همسایه و تخریب پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی این مناطق است (قطرسمانی<sup>۹</sup>، ۲۰۱۸). در این زمینه تحقیقات بسیاری انجام پذیرفته است.

1. Behera
2. Sterk & Goossens
3. Xu
4. Wang et al
5. Azizi et al
6. Xia & Yang
7. Ekhtesasi & Gohari
8. Tan et al
9. Ghatresamani

بوچانی و فاضلی (۱۳۹۰)، بیان داشتند که عامل اصلی زوال درختان بلوط نفوذ ریزگردهای عربی و گردوغبار است. آدام و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) و تاکسون و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۱)، اظهار داشتند که پوشش گیاهی نقش مهمی در نگهداری و کنترل تغییرات اکوسیستم دارد و تغییرات آن با تهیه نقشه از تصاویر ماهواره‌ای ارزیابی می‌شود که در دو دهه اخیر به ابزار مهمی تبدیل شده است. کلی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۱)، تغییرات پوشش گیاهی تالابی در حال احیاء را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کوچک‌ترین واحد مطالعاتی نقش مهمی در تعیین تغییرات دارد. عزیزی قلاتی و همکاران (۱۳۹۵)، در پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی و احمدی و نارنگی فرد (۱۳۹۵)، برای برآورد کیفیت و آشکارسازی تغییرات پهنه‌های جنگلی از تصاویر ماهواره‌ای بیان کردند این فن‌آوری ابزاری مناسب در این زمینه است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و مدل حمل‌ونقل جوی گردوغبار برای ارزیابی فنولوژی و پراکندگی گرده *Junipairusa* sp. توسط لوال و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) استفاده شد تا بتوان پیش‌بینی‌های لازم برای پیشگیری از آسیب‌های ناشی از پراکنش گرده‌ها بر سلامت انجام شود. عقیفی (۱۳۹۶)، به پایش ریزگردها با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره مادیس در جنوب غربی ایران پرداختند. با بررسی نتایج طبقه‌بندی تصاویر مشاهده شد از بین روش‌های تحقیقات پیشین الگوریتم طبقه‌بندی کننده ماشین بردار در منطقه جنوب غربی ایران دارای دقت مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌هاست.

همچنین در سال ۲۰۱۴، پراچی و پراوین<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) برای تشخیص و پایش دو طوفان گردوغبار، شاخص NDVI و MNDVI حاصل از تصاویر چند طیفی سنجنده MODIS بکار گرفتند. میرحسینی و همکاران (۱۳۹۷)، بررسی تأثیر کاربری اراضی بر غلظت گردوغبار و میزان هدر رفت خاک در مناطق بیابانی را در عین خوش دهلران، ایلام مورد بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج، همبستگی و مؤلفه‌های PC<sub>1</sub> تأثیر کنترلی بیشتری بر فرسایش بادی دارد. عقیفی (۱۳۹۹)، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و مدل LCM در شهر شیراز انجام دادند. بنا بر نتایج به‌دست آمده، کشاورزی آبی پویاترین کاربری موجود در منطقه بوده که وسعت این اراضی طی ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ روندی صعودی را در پی داشته است.

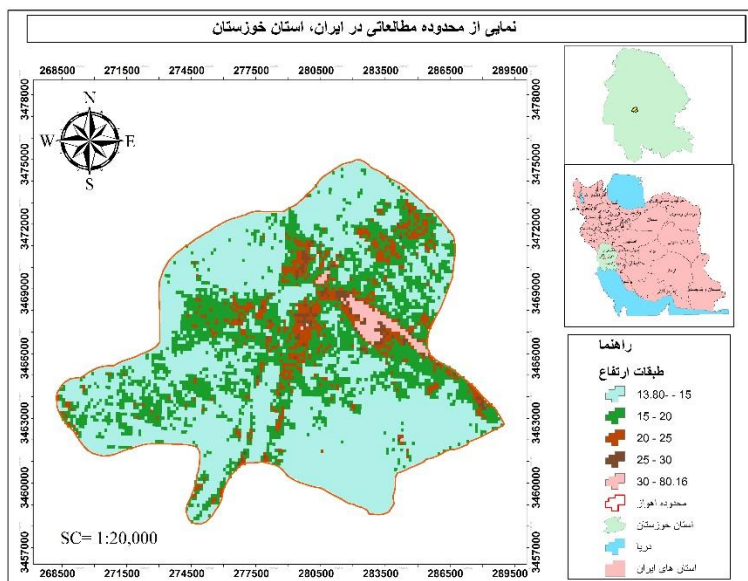
بکائیان و همکاران (۱۳۹۹)، پایش روند تغییرات کاربری اراضی را با تأکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران انجام دادند. نتایج پردازش و طبقه‌بندی تصاویر نشان داد که اراضی شهری به‌طور پیوسته با رشد همراه بوده و اراضی بایر نیز در مقیاس بسیار کم و آرام، در حال افزایش است. عقیفی و همکاران (۱۳۹۹)، در ارزیابی پایداری با استفاده از فن چند معیاره شبکه عصبی مصنوعی در شهر بابک نتیجه گرفتند که در مقیاس سالانه شش ماهه بیشتر خشک‌سالی‌های آن از نوع خشک‌سالی‌های ضعیف تا متوسط است؛ اما در مقیاس بلندمدت ۴۸ ماه ۷۵ درصد خشک‌سالی‌ها از نوع شدید و بسیار شدید است. در منابع بررسی شده اثرات ریزگردها بر پوشش گیاهی و همچنین قابلیت‌های تصاویر ماهواره‌ای بر شناخت پوشش گیاهی بحث گردیده است. در بررسی منابع به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر افزایش یا کاهش ریزگردها پرداخته نشده است. هدف از انجام پژوهش حاضر پایش تغییرات کاربری اراضی به علت ریزگردها در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و مدل CA مارکوف در شهر اهواز است. با توجه به اینکه مسئله ریزگردها معضل جهانی است و شهر اهواز در سال‌های اخیر توسط سازمان بهداشت جهانی آلوده‌ترین شهر جهان شناخته شده است لذا انجام تحقیقات این چنین در مقیاس‌های مختلف می‌تواند در مدیریت شهر اهواز در آینده کارساز باشد.

1. Adam et al
2. Tuxen
3. Kelly
4. Luvall
5. Prachi & Pravin

## مواد و روش‌ها

### • معرفی محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی پژوهش شهر اهواز می‌باشد که کی از کلان‌شهرهای ایران است، که در بخش مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و از سال ۱۳۰۳ تاکنون به‌عنوان مرکز استان خوزستان شناخته می‌شود. جمعیت این شهر طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۱,۱۸۴,۷۸۸ نفر می‌باشد. که به‌عنوان هفتمین شهر پرجمعیت ایران به شمار می‌آید. شهر اهواز با مساحت ۱۸۶۵۰ هکتار، به‌عنوان یکی از شهرهای وسیع ایران (چهارمین شهر بزرگ ایران)، محسوب می‌شود (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).



شکل (۱): نمایی از محدوده مطالعاتی

### • روش تحقیق

روش انجام تحقیق تحلیلی\_میدانی بوده، بدین صورت بوده است که پس از انجام مطالعات اولیه و تهیه تصاویر ماهواره‌ای مناسب، با مقادیر مختلف نمونه‌های تعلیمی و با توجه به برداشت‌های زمینی، تحلیل و ارزیابی شد. تصاویر مورد استفاده در پژوهش، تصاویر ماهواره لندست ۷ به تاریخ ۱۲/۰۵/۲۰۰۰ و لندست ۵ به تاریخ ۰۳/۰۵/۲۰۱۰ و لندست ۸ به تاریخ ۰۱/۰۵/۲۰۲۰ بوده است. به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفته و میزان صحت طبقه‌بندی ارزیابی گردید. سپس با استفاده از مدل CA-Marcive نقشه پیش‌بینی محدوده مطالعاتی آماده گردید.

جدول (۱): خصوصیات تصاویر مورد استفاده در پژوهش

ماهواره	نوع سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	شماره گذر تصویر	قدرت تفکیک مکانی	قدرت تفکیک رادیومتری
لندست ۷	ETM <sup>+</sup>	۲۰۰۰/۰۵/۱۲	P165,R38	۳۰ متر	۸ بیت
لندست ۵	TM	۲۰۱۰/۰۵/۰۳	P165,R38	۳۰ متر	۸ بیت
لندست ۸	OLI	۲۰۲۰/۰۵/۰۱	P165,R38	۳۰ متر	۱۲ بیت

## پیش پردازش تصویر

### - تصحیح هندسی

با استفاده از نقشه راه‌ها از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و تطابق آن‌ها با تصاویر سال ۲۰۲۰، ابتدا تصویر سال ۲۰۲۰ نسبت به نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ کنترل و از نظر صحت هندسی مناسب تشخیص داده شد. سپس تصویر سال ۲۰۱۱ و ۲۰۰۰ با روش تصویر به تصویر تصحیح هندسی شد. در هر دو مرحله از روش تبدیل چندجمله‌ای و روش نزدیک‌ترین همسایه برای نمونه‌برداری مجدد استفاده گردید.

### پردازش تصویر

#### - انتخاب بهترین ترکیب بانندی

می‌توان با روش رقومی از پارامتری به نام فاکتور شاخص مطلوب<sup>۱</sup> برای دو منظور زیر استفاده کرد:

الف) تعیین مناسب‌ترین ترکیب بانندی برای ایجاد FCC

ب) تعیین مناسب‌ترین باندها برای طبقه‌بندی رقومی (چاوز<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸)

تعداد ترکیب‌های بانندی متعددی که حاصل از باندهای طیفی‌اند، باید ساخته شده و مقایسه شوند. بر اساس رابطه زیر، می‌توان تعداد ترکیب‌های  $r$  تایی حاصل از باندهای مورد استفاده را محاسبه کرد

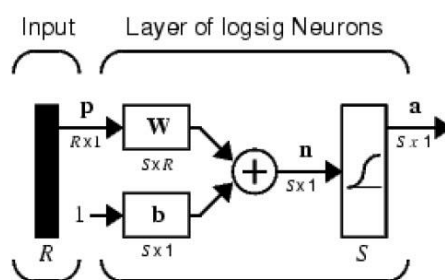
$$\binom{N}{r} = \frac{N!}{r!(N-r)!} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$\binom{N}{r}$  تعداد ترکیب  $r$  تایی باندها و  $N$  تعداد باندهاست.

### - طبقه‌بندی تصویر

#### شبکه عصبی مصنوعی

ایده اصلی استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در انجام محاسبات، که از همان سلول‌ها یا واحدهای پردازش مغز انسان نشئت گرفته است، اولین بار در سال ۱۹۵۰ مطرح و در سال ۱۹۷۰ به صورت عملی اجرا شد (فلاحی و منشادی، ۱۳۹۴). این شبکه دارای چند لایه بین لایه ورودی و خروجی است که به آن‌ها لایه‌های پنهان می‌گویند. همچنین تابع فعال‌سازی در این شبکه‌ها غیرخطی و از نوع sigmoid است. این شبکه به دلیل استفاده از تابع غیرخطی، در برابر مسائل گوناگون توانایی بیشتری نسبت به شبکه‌های دیگر نظیر پرسپترون ساده و خطی دارد و می‌تواند برای حل مسائل مختلفی از جمله توابع تقریب، تخمین الگو و طبقه‌بندی آموزش ببیند. معماری شبکه MLP در شکل ۵، نشان داده شده است. شبکه شامل  $S$  لایه می‌باشد که با  $R$  ورودی در ارتباط هستند و مقدار این ارتباط را مقادیر وزن‌های WSR مشخص می‌کنند. مقادیر  $S$  و  $R$  به ترتیب تعداد نرون‌ها و تعداد ورودی‌ها است (فلاحی و منشادی، ۱۳۹۴).



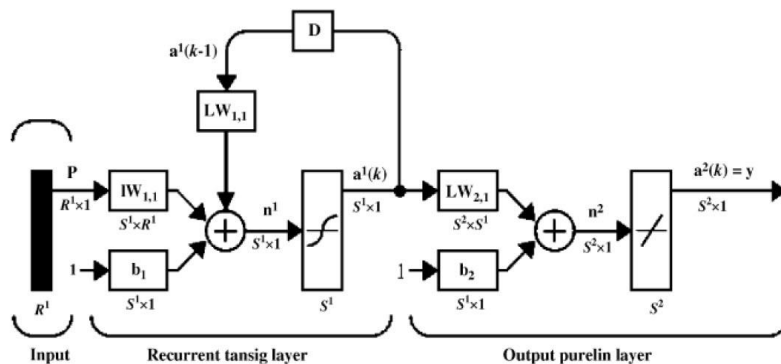
$$a = \text{logsig}(Wp + b)$$

شکل (۲): معماری MLP

1. Optimum Index Factor (OIF)

2. Chavez

شکل ۶، نمونه‌ای از ساختار یک شبکه پرسپترون سه لایه را ارائه می‌نماید. این ساختار شامل یک لایه ورودی، یک لایه مخفی و نهایتاً یک لایه خروجی خواهد بود (بانژاد و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۳- نمونه‌ای از ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون سه لایه

عناصر اصلی یک شبکه عصبی، عصب‌ها یا نرون‌های مصنوعی هستند. الگوی ورودی به یک گره شبیه دندریت یک سلول بیولوژیک است که می‌توان آن را با برداری با  $n$  متغیر یا نرون به صورت  $(X=X_1, X_2, \dots, X_n)$  نشان داد. مجموع حاصل ضرب ورودی‌ها در وزن‌های نظیرشان را نیز می‌توان با کمیت اسکالر  $s$  نمایش داد. در بسیاری از مسائل پیچیده ریاضی که به حل معادلات بغرنج غیرخطی منجر می‌شود، یک شبکه پرسپترون چندلایه می‌تواند به سادگی با تعریف اوزان و توابع مناسب مورد استفاده قرار گیرد. توابع فعالیت مختلفی به فراخور اسلوب مسئله در نرون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه ورودی جهت اعمال ورودی‌های مسئله یک لایه پنهان و یک لایه خروجی که نهایتاً پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌نمایند، استفاده می‌شود. در این شبکه‌ها وزن‌های داده‌شده به نرون به نحوی تنظیم می‌شود که نزدیک‌ترین مقدار خروجی را نسبت به مقدار مشاهده‌ای تولید کند. این کار آموزش شبکه نام دارد. الگوریتم‌های آموزش، روندهایی هستند که توسط آن‌ها وزن‌های شبکه تنظیم می‌گردد. هدف از آموزش شبکه این است که شبکه قانون کار را یاد بگیرد و پس از آموزش به ازای هر ورودی، خروجی مناسب را ارائه دهد. تاکنون بیش از ۱۰۰ نوع الگوریتم یادگیری به وجود آمده است. یکی از معروف‌ترین الگوریتم‌های آموزشی، الگوریتم پس انتشار خطا<sup>۱</sup> می‌باشد. همچنین به منظور بررسی دقت شبکه آموزش یافته، عمل آزمون یا صحت یابی شبکه با ارایه داده‌های مجموعه صحت یابی به شبکه انجام می‌گیرد.

$$s = \sum_{n=1}^N w_n \cdot x_n = W^T \cdot X \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن  $(W = w_1, w_2, \dots, w_n)$  بردار وزن نرون‌ها است. کمیت  $s$  سپس وارد یک تابع غیرخطی  $f$  می‌شود تا خروجی را نتیجه دهد:

$$y = f(s) \quad \text{رابطه (۳)}$$

تابع غیرخطی انتقال معمولاً به فرم یک تابع حلقوی به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

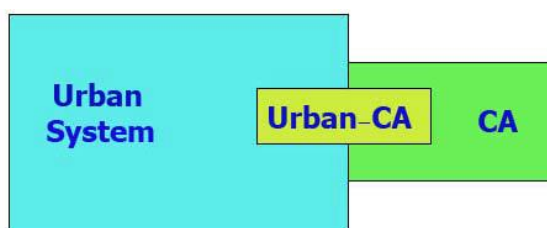
$$f(s) = (1 + \exp(-s))^{-1} \quad \text{رابطه (۴)}$$

## 1. Back Propagation algorithm

خروجی  $\lambda$  می‌تواند نتیجه مدل و یا ورودی لایه بعدی در شبکه‌های چندلایه باشد. الگوریتم‌های مختلفی جهت محاسبه وزن‌های بهینه ارائه شده است که در این میان الگوریتم پس انتشار خطا پرکاربردترین آن‌هاست (بانژاد و همکاران، ۱۳۹۲). برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی در پژوهش حاضر از روش برآورد دقت کلی و شاخص کاپا استفاده شده است. در نهایت پس از تهیه نقشه کاربری اراضی نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ آماده گردید.

### مدل سلول‌های خودکار - مارکوف مدل‌های CA و Urban-CA

مدل سلول‌های خودکار یا به اختصار CA در سال‌های اخیر کارایی زیادی برای شبیه‌سازی توسعه اراضی شهری در مناطق مختلف جهان نشان داده است. طبق نظریه سیستم‌های پیچیده، فعل و انفعالاتی که در سطح کوچک‌ترین اجزاء یک سیستم رخ می‌دهد، که اساس رفتار کل سیستم را شکل می‌دهد. در نتیجه مدل‌های Urban-CA که شهرها را به صورت اجزاء کوچک‌تری به نام پیکسل تقسیم می‌کنند و قوانین خاصی را برای تک‌تک این اجزاء اعمال می‌کنند؛ می‌توانند به عنوان ابزاری برای ارزیابی توسعه شهری مورد استفاده قرار گیرند. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، مدل Urban-CA از تلاقی سیستم‌های شهری و سیستم CA به وجود می‌آید و در واقع ویژگی‌های هر دو آن‌ها را در برمی‌گیرد.



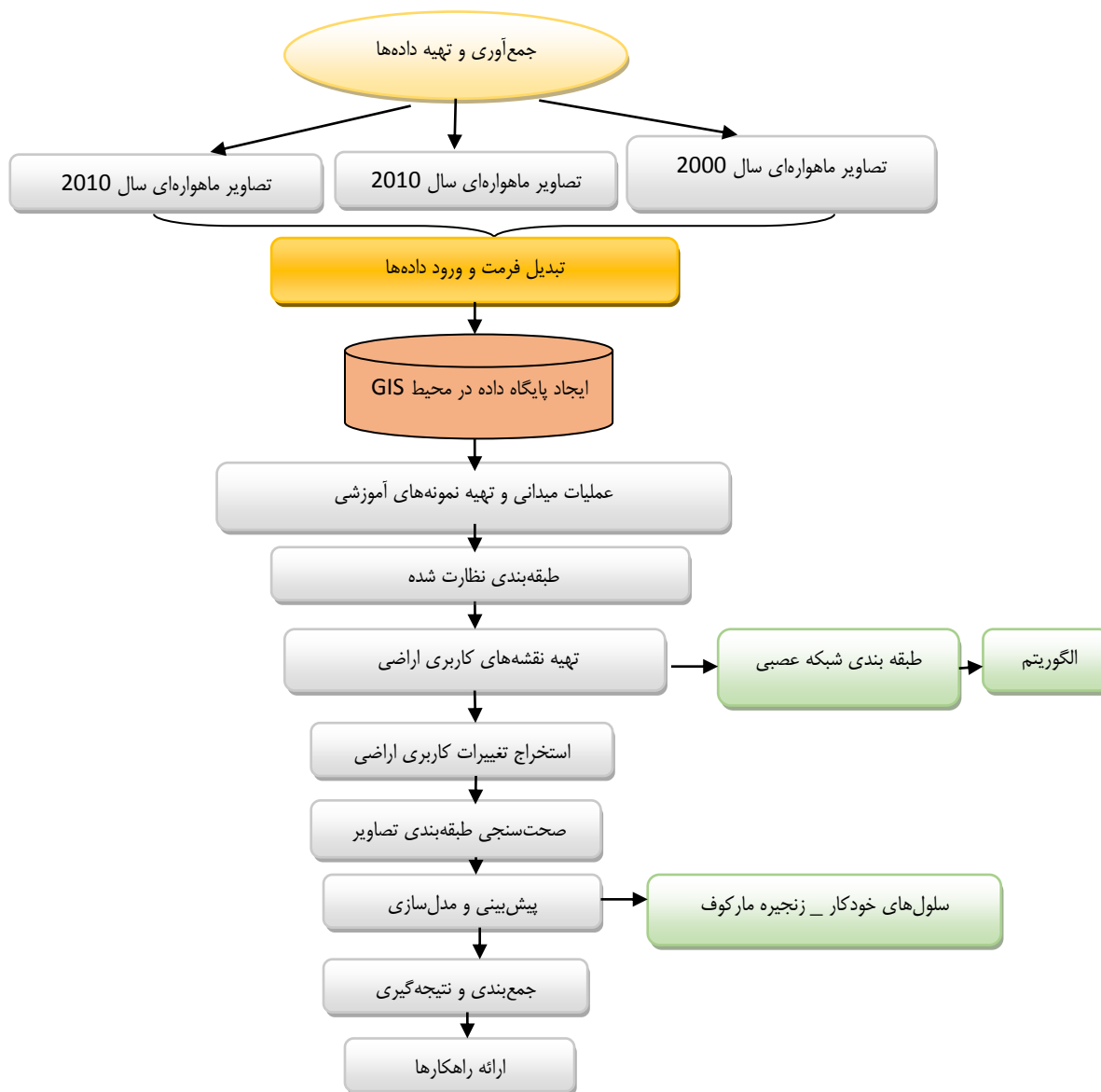
شکل (۴): رابطه بین سیستم شهری، سیستم CA و Urban-CA

در بین مدل‌های دینامیکی، مدل سلول‌های خودکار - مارکوف با تعیین احتمال تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین در فرآیند زنجیره‌ی مارکوف و نیز شبیه‌سازی تغییرات مکانی آن از راه تعیین قوانین محلی با استفاده فیلتر مکانی سلول‌های خودکار و نقشه‌های شایستگی کاربری‌ها به مدل‌سازی دینامیک تغییرات زمانی و مکانی کاربری/ پوشش سرزمین می‌پردازد. در شکل ۵، فلوچارت مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است.

### یافته‌ها

خطای تصحیح هندسی، برای تصاویر سال ۲۰۰۰ برابر ۰/۴۲ و برای تصاویر سال ۲۰۱۰ برابر ۰/۳۶ بدست آمد. بالاترین رتبه بندی شاخص OIF تصاویر ETM<sup>+</sup> از بین ۲۰ ترکیب باندی ۱۵۷، TM از بین ۲۰ ترکیب ۱۴۵ و OLI از بین ۳۵ ترکیب ساخته شده ۵۶۷ به شرح جدول ۲ می‌باشد.

در این تحقیق پس از انجام تصحیحات، جمع‌آوری نقاط نمونه‌برداری طی دو مرحله صورت گرفته است؛ یکی قبل از طبقه‌بندی که با عنوان نقاط آموزشی شناخته شده و دیگری نقاط آموزشی که بعد از طبقه‌بندی و برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی برداشت شده و بر روی تصویر اعمال گردیده است. لازم به ذکر است بخشی از نمونه‌های آموزشی از طریق مطالعات میدانی و بخشی دیگر از طریق استفاده از تصاویر گوگل ارث به دست آمده است. سپس طبقه‌بندی تصویر با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه صورت گرفت و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های مختلف لندست کاربری اراضی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استخراج شده است که در شکل‌های ۶ تا ۸ دیده می‌شود.

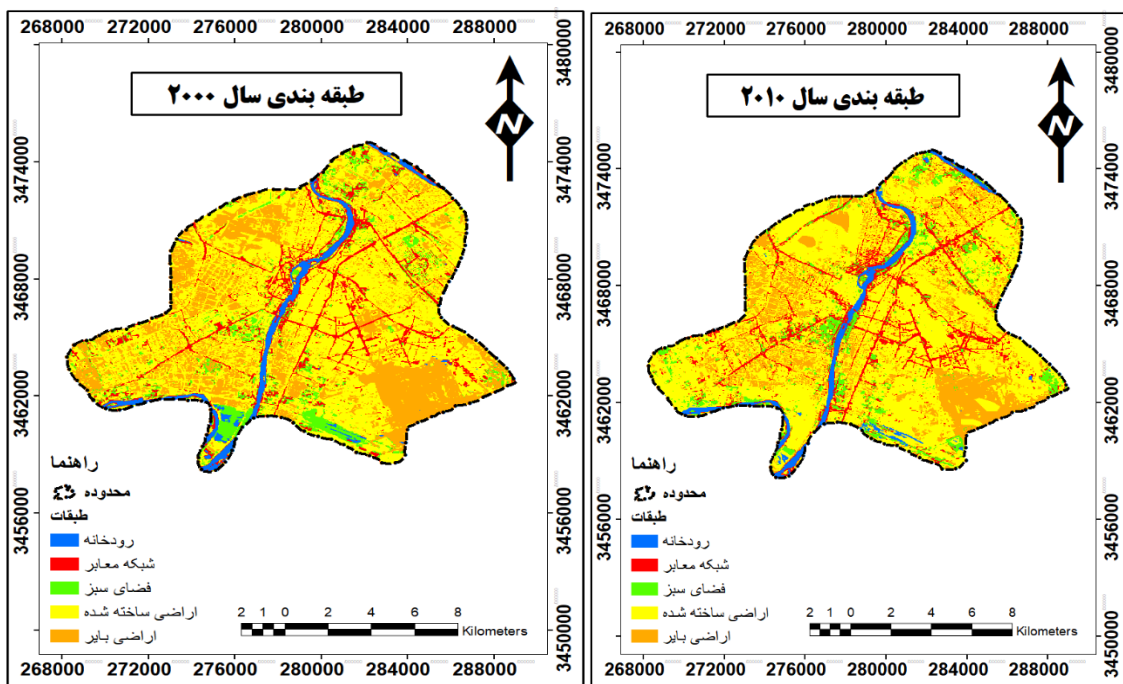


شکل (۵): فلوچارت مراحل انجام پژوهش

جدول (۲): نتایج تحلیل شاخص OIF در سال‌های مطالعاتی

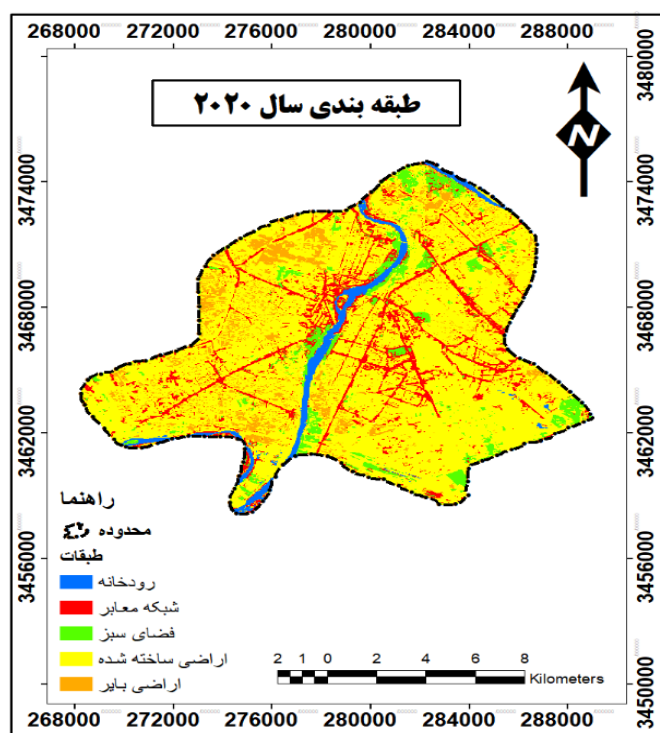
شاخص OIF	نام باندها	تصویر
(۶۹/۶۹)	باند ۱ باند ۵ باند ۷	ETM <sup>+</sup>
(۶۱/۰۶)	باند ۱ باند ۴ باند ۵	TM
(۹۶۱۷/۴۵)	باند ۵ باند ۶ باند ۷	OLI





شکل (۶): نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰

شکل (۷): نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ با روش شبکه عصبی



شکل (۸): نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ با روش شبکه عصبی

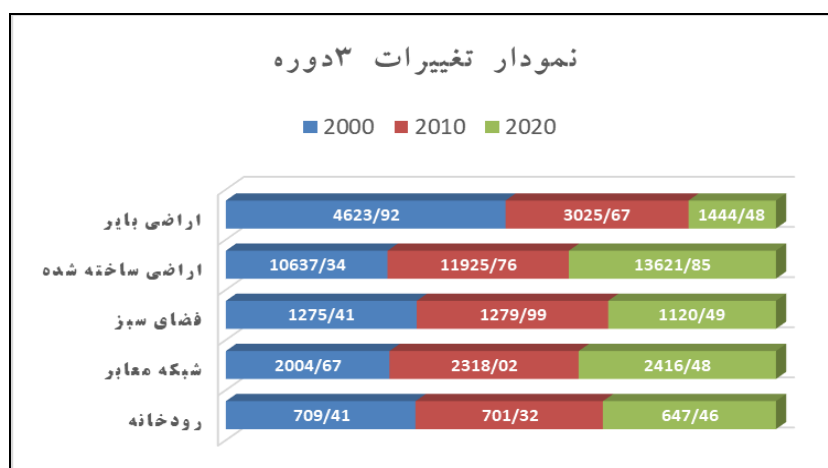
مساحت کلاس‌ها و تغییرات کاربری‌های بدست آمده آن در بازه زمانی مورد مطالعه محاسبه شده که به صورت جدول (۲) بود. با استفاده از Markov و CA\_Markov نقشه پیش بینی سال ۲۰۳۰ تهیه شد. بر اساس عوامل دخیل در تغییرات کاربری اراضی شهری در منطقه مورد مطالعه ورودی‌های مدل سلول‌های خودکار به صورت جدول (۳) انتخاب شده و پیش‌بینی صورت گرفته تابعی از ورودی‌های مدل می‌باشد. مساحت کلاس‌های نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ نیز در جدول (۴) و نقشه خروجی آن در شکل ۱۰، نشان داده شده است.

جدول (۳): متغیرهای ورودی در مدل شبیه‌سازی سلول‌های خودکار

شناسه	متغیر مؤثر در کاربری اراضی	ردیف
Slope	شیب	۱
EU Road	فاصله از جاده‌های موجود	۲
EU River	فاصله از رودخانه	۳
EU City	فاصله از کاربری‌های ساخته‌شده دوره‌های قبلی	۴

جدول (۴): مساحت طبقات (ha) بر اساس روش شبکه عصبی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰

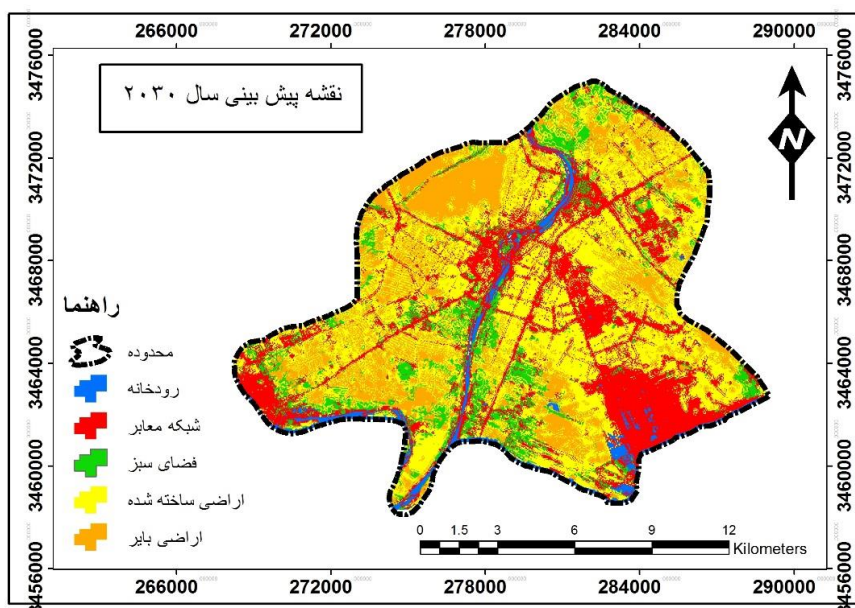
تغییرات سطوح از ۲۰۰۰ به ۲۰۲۰	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۲۰۰۰	کلاس‌های کاربری	ردیف
-۶۱,۹۵	۶۴۷/۴۶	۷۰۱/۳۲	۷۰۹/۴۱	رودخانه	۱
۱۹۱۱,۸۱	۴۰۱۶/۴۸	۲۳۱۸/۰۲	۲۱۰۴/۶۷	شبکه معابر	۲
-۱۵۴,۹۲	۱۱۲۰/۴۹	۱۲۷۹/۹۹	۱۲۷۵/۴۱	فضای سبز	۳
۱۳۸۴,۵۱	۱۲۰۲۱/۸۵	۱۰۹۲۵/۷۶	۱۰۶۳۷/۳۴	اراضی ساخته شده	۴
-۳۳۷۹,۴۴	۱۴۴۴/۴۸	۴۰۲۵/۶۷	۴۸۲۳/۹۲	اراضی بایر	۵



شکل (۹): نمودار تغییرات ۳ دوره ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ محدوده مطالعاتی شهر اهواز

جدول (۵): مساحت طبقات (ha) نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ به روش CA\_Markov

ردیف	کلاس‌های کاربری	۲۰۳۰
۱	رودخانه	۵۴۲/۵۰
۲	شبکه معابر	۴۶۳۸/۵۱
۳	فضای سبز	۴۱۴/۴۸
۴	اراضی ساخته شده	۱۲۷۴۴/۸۴
۵	اراضی بایر	۸۹۹/۹۶



شکل (۱۰): نقشه پیش بینی سال ۲۰۳۰ محدوده مطالعاتی شهر اهواز

پس از طبقه بندی تصویر ارزیابی صحت طبقه بندی با استفاده از ۲۰۰ نقطه کنترل که ۱۰۰ نقطه در طبقه بندی و ۱۰۰ نقطه در ارزیابی صحت طبقه بندی استفاده شد، انجام گرفت. نتایج ارزیابی صحت طبقه بندی در جدول ۶، نشان داده شده است.

جدول (۶): ضریب کاپا و دقت کلی طبقه بندی منطقه مورد مطالعه

سال	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۲۰۰۰	پارامتر آماری
۹۵/۴۰	۹۳/۲۹	۹۱/۸۷	ضریب کاپا	
۹۶/۹۱	۹۴/۳۸	۹۲/۵۳	دقت کلی	

## نتیجه گیری

نتایج طبقه بندی تصویر نشان داد که اراضی ساخته شده در سال ۲۰۰۰ برابر با ۱۰۶۳۷/۳۴ هکتار بوده که با تغییرات کاربری و تبدیل سایر کاربری ها به کاربری مسکونی در سال ۲۰۱۰ به ۱۰۹۲۵/۷۶ هکتار رسیده یعنی ۲۸۸/۴۲ هکتار مساحت آن افزایش یافته است. فضای سبز در سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۰ از ۱۲۷۵/۴۱ هکتار به ۱۲۷۹/۹۹ رسیده یعنی ۵۸/۴ هکتار افزایش مساحت داشته است که علت آن کاشت درختان دست کاشت در طی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ جهت مقابله با ریزگردها بوده است. این تغییرات از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ روند کاهشی داشته است و تغییرات مساحت آن از ۱۲۷۹/۹۹ هکتار به ۱۱۲۰/۴۹ رسیده یعنی ۱۵۹/۵۰ کاهش مساحت داشته است. همچنین نتایج طبقه بندی نشان می دهد رشد و توسعه مناطق مسکونی اهواز و تبدیل فضای سبز به مسکونی همواره مثبت بوده است به طوری که نقشه پیش بینی سال ۲۰۳۰ نیز گویای این مطلب است و پیش بینی شد مساحت اراضی ساخته شده در سال ۲۰۳۰ به ۱۲۷۴۴/۸۴ هکتار برسد. پس از طبقه بندی و ارزیابی تغییرات، ضریب کاپا و دقت کلی حاصل از طبقه بندی به منظور ارزیابی روش پیشنهادی تحقیق محاسبه گردید که در جدول (۳) نتایج آن مشاهده می شود. ضریب کاپا در سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۹۱/۸۷، ۹۳/۲۹ و ۹۵/۴۰ به دست آمد. نتایج حاصل نشان از بالا بودن ضریب کاپا و دقت کلی در تصاویر جدیدتر می باشد که علت آن را می توان وجود نمونه های کنترل زمینی نزدیک تر از نظر زمانی به این سال ها و قدرت تفکیک بیشتر این تصاویر دانست.

## منابع

- احمدی، ا. م. ر. طاطیان، ر. تمرناش، ح. یگانه و ی. عصری، (۱۳۹۵)، بررسی پوشش گیاهی اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۱)۷، ۱-۱۲.
- بانزاد، حسین، محب زاده، حمید، علیائی، احسان، (۱۳۹۲)، کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و GIS در تخمین پارامترهای موثر در تعیین الگوی کشت (مطالعه موردی: شهرستان نهاوند)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره یک.
- بکائیان، فاطمه، شمسی پور، علی اکبر، علی خواه اصل، مرضیه، (۱۳۹۸)، پیش روند تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یک، صص ۶۱-۷۸.
- بوچانی، م. ح. و د. فاضلی، (۱۳۹۰)، چالش های زیست محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران. رهنامه سیاستگذاری، (۳)۲، ۱۲۵-۱۴۶.
- حسین زاده دلیر، کریم، ملکی، سعید، (۱۳۸۸)، تبیین شاخص های پایداری مناطق شهری با رویکرد توسعه پایدار در شهر ایلام، جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۲۶، از صفحه ۲۹ - ۶۰.
- عزیزی قلاتی، س. ک. رنگزن، ج. سدیدی، پ. حیدریان و ا. 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)۷، ۵۹-۷۱.
- عقیفی، محمدابراهیم، منگلی میدوک، احمد، و خشوری، علی، (۱۳۹۹)، ارزیابی پایداری زیست محیطی با تأکید بر خشکسالی و منابع آب با استفاده از فن چند معیاره شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهر بابک)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۸، صص ۱۰۵-۱۲۷.
- عقیفی، محمدابراهیم، (۱۳۹۷)، مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف و مدل LCM، مطالعه موردی: شهر شیراز، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۶، صص ۱۴۱-۱۵۸.
- عقیفی، محمدابراهیم، (۱۳۹۶)، پایش ریزگرها با استفاده از تصاویر چندطیفی ماهواره مادیس در جنوب غربی ایران، جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال پانزدهم، شماره ۵۵، صص ۱۸۳-۱۹۵.
- فلاحی، غلامرضا، دهقان منشادی، اسماعیل، (۱۳۹۵)، کاربرد منطق فازی و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه رودخانه چالوس، نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره ۷ شماره ۲ صفحات ۴۷-۵۹.
- میرحسینی، مرضیه، رستمی، نورالدین، بازگیر، مسعود، توکلی، محسن، (۱۳۹۷)، بررسی تأثیر کاربری اراضی بر غلظت گرد و غبار و میزان هدررفت خاک در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: عین خوش دهلران، ایلام)، پژوهش های فرسایش محیطی، (۲۹)۸:۱، صص ۱-۲۰.
- Adam E, Mutanga O, Rugege D. 2010. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 18(3): 281-296.
- Azizi, G.; Shamsipour, A. A.; Miri, M.; & T. Safarrad, 2012. Statistic and Synoptic Analysis of Dust Phenomena in West of Iran, *Journal of Environmental Studies*, 38 (3), 123-134. (in Persian).
- Behera, B.; Mohanty, S. K.; & A. K. Behura, 2007. Effect of Mulches on Production Potential, Economics and Soil Fertility Status of Maize + Pigeonpea Intercropping under Rainfed Conditions of Eastern Ghats, Orissa, *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 22 (1), 37-40.
- Chavez, P.S. (1988). An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data, remote Sensing of Multispectral Data, remote Sensing of Environment, Vol.24,no.3,1988.pp.459-479.
- Ekhatesasi, M. R., & Z. Gohari, (2013). Determining area affected by dust storms in different wind speeds, using satellite images (case study: Sistan plain, Iran). *Desert*. 17, 193-202.

- Ghatresamani, M., 2018. Increasing the Dust t in Iran and Its Dimensions in International Law, The 2nd International Conference on Dust, Ilam University, Ilam, Iran. (in Persian).
- Kelly M, Tuxen KA, Stralberg D. 2011. Mapping changes to vegetation pattern in a restoring wetland: Finding pattern metrics that are consistent across spatial scale and time. *Ecological Indicators*, 11(2): 263-273.
- Luvall JC, Sprigg WA, Levetin E, Hueted A, Nickovic S, Pejanovic GA, Vukovic A, Vande Water PK, Myers OB, Budge AM, Zelicoff AP, Bunderson L, Crimmin TM. 2011. Use of MODIS Satellite Images and an Atmospheric Dust Transport Model to Evaluate Juniperus spp. Pollen Phenology and Dispersal to
- Prachi MS, Pravin KD. 2014. Detection and monitoring of two dust storm events by multispectral MODIS images. *Journal of Environmental Research and Development*, 8(4): 974-982.
- Sterk, G., & D. Goossens, (2007). Emissions Of Soil Dust And Related Problems In Europe: An Overview. Support Public Health Alerts. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 127(2): AB19.
- Tan, M.; Li, X.; & L. Xin, 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition, *Atmospheric Environment*, 215-222.
- Tuxen K, Schile L, Stralberg D, Siegel S, Parker T, Vasey M, Callaway J, Kelly M. 2011. Mapping changes in tidal wetland vegetation composition and pattern across a salinity gradient using high spatial resolution imagery. *Wetlands Ecology and Management*, 19(2): 141-157.
- Wang, H.; Jia, X.; Li, K.; & Y. Li, 2015. Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms, *Catena*, 133, 373-384.
- Wolberg, G. 1990. Digital image warping. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 318p.
- Xia, X. C., & G. S. Yang, (1996). Sandstorm Disasters in Northwest China and Control. China Publishing House for Environmental Sciences. Beijing. (in Chinese).
- Xu, J., 2006. Sand-dust storms in and around the Ordos Plateau of China as influenced by land use change and desertification, *Catena*, 65 (3), 279-284. DOI: 10. 1016 /j. catena. 2005. 12.006