

# مروری بر روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در شناسایی تغییرات کاربری اراضی با تکیه بر سنجش از دور و GIS (با تاکید بر مطالعات صورت گرفته در کشور ایران)

مهدی خوش‌لهجه<sup>۱\*</sup>، بابک رنجگر<sup>۲</sup>، آرمین مقیمی<sup>۳</sup>، سارا بهشتی‌فر<sup>۴</sup>، یاسر مقصودی<sup>۵</sup>، علی محمدزاده<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
m.khoshlahjeh.azar@gmail.com

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
babak.ranjgar@gmail.com

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
moghimi.armin@gmail.com

<sup>۴</sup> استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تبریز  
sara\_beheshtifar@yahoo.com

<sup>۵</sup> دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
ymaghsoudi@kntu.ac.ir  
a\_mohammadzadeh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۸، تاریخ تصویب مهر ۱۳۹۸)

## چکیده

در دهه‌های اخیر با رشد جمعیت، توسعه صنعت، افزایش شهرنشینی، کاهش منابع طبیعی و گسترش حاشیه‌نشینی، مشکلات زیادی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منابع طبیعی پدید آمده است. از طرف دیگر با پیشرفت روزافزون علم و فناوری، بشر به راهکارهای جدیدی برای مقابله با مشکلات دست یافته است. کاربری اراضی به صورت کلی به مفهوم کاربرد زمین در شرایط کنونی است که با گذشت زمان این کاربری‌ها دستخوش تغییر می‌شوند در این راستا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که ابزار پیشرفته و مناسبی برای پایش تغییرات محیط پیرامون می‌باشند، می‌تواند ما را در بررسی این تغییرات کمک کند. تحقیقات زیادی در زمینه کاربری اراضی با رویکردها و هدف‌های مختلف صورت گرفته و همچنین روش‌های زیادی برای طبقه‌بندی تصاویر و آشکارسازی تغییرات کاربری‌ها ارائه شده‌اند. تحقیق حاضر از جنبه‌های مختلف، ابعاد و مسائل مطرح در مطالعات تغییرات کاربری اراضی انجام شده در کشورمان ایران را مورد بررسی قرار می‌دهد و به بررسی و مرور روش‌های مربوطه می‌پردازد. در هر یک از تحقیقات صورت گرفته الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی معرفی و پیاده‌سازی شده‌اند که منجر به جواب‌ها و صحت‌های گوناگونی شده است. صحت هر یک از روش‌ها متناسب با داده‌های ورودی و الگوریتم‌های مورد استفاده می‌باشد به عبارت دیگر هیچ روش و الگوریتمی را نمی‌توان به طور مطلق بر سایر روش‌ها و الگوریتم‌ها برتر دانست.

**واژگان کلیدی:** سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی تصاویر، شناسایی تغییرات، کاربری اراضی، سامانه اطلاعات مکانی

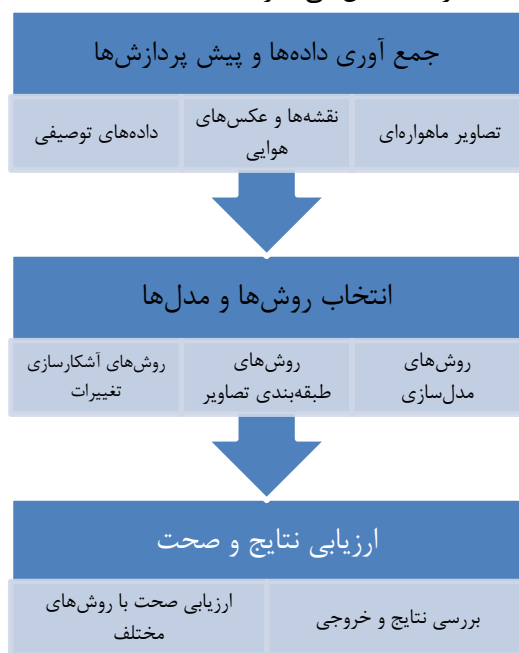
\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

افزایش روزافزون شهرنشینی باعث می‌شود که چهره شهر هر روز به صورت‌های متفاوت تغییر کند. در واقع افزایش شهرنشینی به این شکل، موجب افزایش وسعت شهرها به دور از اصول و برنامه ریزی های توسعه شهری می‌شود. همچنین، این مهم باعث از بین رفتن منابع طبیعی همچون پوشش گیاهی که شریان‌های تنفسی شهر و منابع آبی که حیات بخش زندگی می‌باشد، می‌شود. از این رو پایش تغییرات در طول بازه‌های زمانی مختلف به ما کمک می‌کند که به اطلاعات متعددی دست یابیم و پیشنهادهای لازم را جهت مدیریت بهتر منابع و کاربری اراضی ارائه دهیم [۷۶]. پوشش اراضی<sup>۱</sup>، پوشش فیزیکی و بیولوژیکی بر روی سطح زمین شامل آب، پوشش گیاهی، خاک لخت و سازه‌های مصنوعی است [۱] و همچنین کاربری اراضی<sup>۲</sup> شامل رفتاری است که ویژگی‌های بیوفیزیکی زمین در آن به کارگرفته می‌شود و هدفی که در پس آن به کارگیری وجود دارد [۲]. سنجش از دور با ویژگی‌هایی از قبیل عدم ارتباط مستقیم با زمین، سرعت بالا و پوشش منطقه وسیع زمین می‌تواند در تحقیقات پیرامون کاربری اراضی کمک شایانی کند. در این بین به دلیل مکانی بودن اطلاعات مربوط به کاربری اراضی، سامانه اطلاعات مکانی کمک بسیاری به حل مسائل خواهد نمود. امروزه با گسترش و پیشرفت مدل‌ها، الگوریتم‌ها و روش‌ها می‌توان اطلاعات بسیاری را از تصاویر ماهواره‌ای به دست آورد. از سوی دیگر محدودیت منابع طبیعی نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق می‌باشد [۷۷]. بی‌شک بدون استفاده از ابزارهای و روش‌های پیشرفته نمی‌توان با حجم بالای داده‌ها و اطلاعات، مدیریت مناسبی انجام داد. پس با مدل‌سازی و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری می‌توان درک درستی از آینده داشت. بررسی تغییرات کاربری می‌تواند جهت پیش‌بینی تغییرات و بررسی تناسب کاربری اراضی، تعیین تغییر سطوح جنگل‌ها، بررسی اثر جمعیتی بر تغییر کاربری‌ها، تغییرات هدررفت خاک، پایش دریاچه‌ها و تالاب‌ها و نیز سنجش گستردگی و رشد افقی شهری به کار رود [۲۰]. از پیامدهای تغییر کاربری اراضی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: الف. از دست دادن تنوع زیست‌بوم: تنوع زیست‌بوم به طور قابل توجهی توسط تغییر اراضی از بین رفته است [۷۷]. به عنوان مثال تبدیل کاربری جنگل به کشاورزی باعث از بین رفتن سریع و چشمگیر موجودات جنگل در آن محل می‌شود.

ب. تغییرات آب و هوا: تغییر کاربری اراضی پیامدهای نامطلوبی در تغییر آب و هوا در سطوح منطقه‌ای، محلی و جهانی دارد. برای مثال با افزایش زمین زراعی و کاربری کشاورزی، آزادسازی گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد که موجب گرمایش جهانی می‌شود [۷۸].

ج. آلودگی: با قطع درختان جنگل و تغییر کاربری منطقه جنگلی به محیط زیست آسیب می‌رسد که در نهایت باعث افزایش آلودگی هوا می‌شود. همچنین با از بین رفتن پوشش گیاهی مخصوصاً در مناطق پرشیب فرسایش خاک رخ خواهد داد [۱]. اولین گام در کشف تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه می‌باشد گر چه در برخی از تحقیقات از نقشه‌های موجود نیز استفاده شده است [۷۹]. روش مناسب برای شناسایی تغییرات شامل اطلاعاتی نظیر مناطق تغییر یافته، نرخ تغییرات، توزیع مکانی ماهیت تغییرات و ارزیابی نتایج حاصل از شناسایی تغییرات است [۳]. در تحقیقات متعدد کاربری اراضی، هر محقق متناسب با هدف خود توانسته است به نتایج مختلفی دست یابد. در اغلب تحقیقات صورت گرفته صحت خروجی ارزیابی شده است. صحت نتایج حاصل وابسته به عوامل متعددی از قبیل نوع داده‌های ورودی، صحت داده‌های ورودی، تصاویر مورد استفاده و تصحیحات انجام شده روی تصویر است. به طور کلی ارزیابی تغییرات کاربری اراضی به سه مرحله عمده قابل تقسیم است. جمع آوری داده‌ها و پیش‌پردازش تصاویر، انتخاب روش‌ها و مدل‌ها، بررسی نتایج و ارزیابی صحت. شکل ۱ فلوچارت فرایند کلی تحقیقات را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۱- فلوچارت کلی روند تحقیقات

<sup>۱</sup> Land cover

<sup>۲</sup> Land use

اطلاعات و میزان آشنایی عامل خبره با منطقه مورد مطالعه می‌باشد [۴]. Martínez و همکاران در سال ۲۰۱۵ مدل‌های کاربری اراضی را مورد بررسی قرار دادند؛ این تحقیق سه بخش کلی دارد. در بخش اول مدل‌های تاریخی تغییر کاربری اراضی، در بخش دوم مدل‌های فعلی برای تغییر کاربری اراضی و در نهایت در بخش آخر به مقایسه این دو نوع مدل پرداخته شده است [۵]. Kumar و Kumar در سال ۲۰۱۲ روش‌های طبقه‌بندی صورت گرفته در تغییرات کاربری اراضی را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق پس از ارائه مقدمه‌ای بر تکنیک‌های طبقه‌بندی در مدل‌های تغییر کاربری اراضی، نتایج چند روش متفاوت مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در حالت کلی استفاده از تکنیک ترکیب طبقه‌بندی کننده‌های نظارت شده و نظارت نشده نسبت به استفاده از آن‌ها به تنهایی منجر به حصول نتایج بهتر می‌شود [۶]. Patil و Vikhe نیز در سال ۲۰۱۴ به بررسی و مرور مدل‌های تلفیقی روش‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی در زمینه محصولات کشاورزی پرداخته‌اند [۷].

### ۳- روش‌های طبقه‌بندی تصاویر

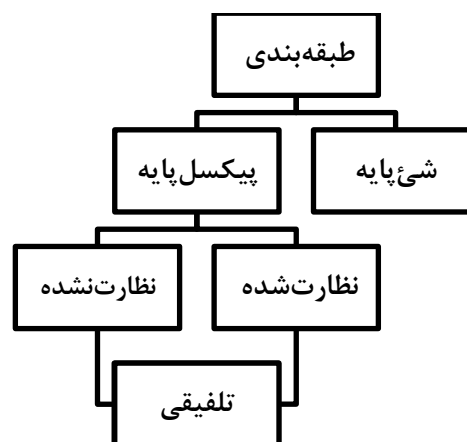
طبقه‌بندی، برچسب‌دهی به هر یک از پیکسل‌ها براساس خصوصیات طیفی و غیرطیفی آن پیکسل می‌باشد. طبقه‌بندی به دو نوع پیکسل‌پایه و شی‌پایه تقسیم می‌شود و نیز روش پیکسل‌پایه به دو نوع نظارت‌شده و نشده تقسیم می‌شود که گاهی از تلفیق این دو نیز استفاده می‌شود. از مهمترین روش‌های طبقه بندی پیکسل پایه می‌توان به بیشترین شباهت، درخت تصمیم گیری و کمترین فاصله اشاره کرد. از ویژگی‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه نظارت‌شده می‌توان نیاز به داده‌های آموزشی و اطلاعات جانبی و دخالت مستقیم عامل انسانی نام برد که فرآیند اتوماسیون را پایین می‌آورد. از ویژگی‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده می‌توان به تقریباً تمام اتوماتیک بودن و نیاز به تفسیر پس از طبقه‌بندی اشاره کرد. طبقه‌بندی نظارت‌نشده درجایی کاربرد دارد که اطلاعات ما از منطقه کم باشد یا خواهیم برآورد اولیه‌ای از منطقه داشته باشیم. شبکه عصبی مصنوعی و بیشترین شباهت از جمله روش‌های طبقه بندی نظارت‌شده هستند.

در این تحقیق به بررسی روش‌های مورد استفاده در تغییرات کاربری اراضی در کشور عزیزمان ایران و همچنین روش‌های ارزیابی صحت پرداخته می‌شود. برای این منظور تحقیقات کاربری اراضی به سه دسته کلی تقسیم بندی شده‌اند؛ دسته اول مربوط به تحقیقاتی است که تغییرات کاربری سال‌های گذشته یا حال را مورد بررسی قرار داده اند. دسته دوم تحقیقاتی هستند که به مدل سازی و پیش‌بینی آینده نیز مورد پرداخته است. دسته سوم نیز تحقیقات صورت گرفته در زمینه بهینه‌سازی و تناسب کاربری‌ها می‌باشند. قابل ذکر است به دلیل مشکلات عدیده در مسائل زیست‌محیطی از قبیل آلودگی هوا و کمبود آب در کشور ایران، پژوهش‌های داخلی بیشتر مورد تاکید قرار گرفته‌اند. با نگاه کلی به تحقیقات، لزوم چاره‌اندیشی و مدیریت منابع طبیعی احساس می‌شود. در ادامه هر کدام از این دسته‌بندی‌ها با توجه به ویژگی‌های خود مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

### ۲- پیشینه تحقیق

در راستای بررسی روش‌های شناسایی تغییرات تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. مدنیان و سفینیان در سال ۱۳۹۱ به ارایه بررسی برخی روش‌های شناسایی تغییرات با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداختند [۶۷]. فتحی زاده و همکارانش در سال ۱۳۹۲ به بررسی و روش‌های آشکارسازی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند [۶۸]. علی مهدوی و همکارانش در سال ۱۳۹۳ به ارزیابی و تحلیل انواع روش‌های آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی پرداختند [۶۹]. مقیمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی جامع به مرور روش‌های شناسایی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با رویکردهای پیکسل‌پایه و شی‌پایه پرداختند. بر اساس نتایج بیان شده در این تحقیق صحت نتایج وابسته به پاره‌ای از عوامل نظیر قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریکی، صحت تصحیح هندسی تصاویر، نرمالیزاسیون و کالیبراسیون، میزان دسترسی به داده‌های زمینی با قابلیت اعتماد بالا، رفتار پدیده‌ها در منطقه مورد مطالعه و چرخه تغییرات طبیعی در آنها، تکنیک‌های به کار رفته در شناسایی تغییرات، نوع طبقه بندی در روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی و نوع خوشه‌بندی در زمینه روش‌های مبتنی بر مقایسه مستقیم، تجربه و مهارت عامل خبره،

طبقه‌بندی به دو نوع پارامتریک و غیرپارامتریک نیز تقسیم می‌شود. مزیت استفاده از روش‌های غیرپارامتریک نسبت به روش‌های پارامتریک آن است که این روش‌ها به تابع توزیع احتمال کلاس‌ها بستگی نداشته و با معرفی کردن تعداد مناسبی از داده‌های آموزشی می‌توان به صحت خوبی رسید. ترکیب روش بیشترین شباهت و درخت تصمیم‌گیری نمونه‌ای از روش‌های تلفیقی است [۶۶]. در جدول ۱ پرکاربردترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی به کار رفته در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی آورده شده‌اند.



شکل ۲- روش‌های طبقه‌بندی

جدول ۱- مروری بر روش‌های طبقه‌بندی پر کاربرد در شناسایی تغییرات کاربری اراضی [۷۰]- [۷۳]

روش	اساس طبقه‌بندی	مزایا	معایب
متوازی السطوح <sup>۱</sup>	بیان داده‌های آموزشی مبتنی بر ساختارهای چندبعدی (متوازی السطوح‌ها)	✓ بسیار ساده و قابل فهم ✓ سرعت بالا	✓ عدم در نظر گرفتن احتمال اولیه کلاس‌ها ✓ احتمال رخداد یک فضای خالی قابل ملاحظه بین پیکسل‌ها
کمترین فاصله <sup>۲</sup>	دسته‌بندی داده‌های براساس نزدیکترین فاصله اقلیدسی به مراکز داده‌های آموزشی	✓ از نظر ریاضی ساده ✓ پیچیدگی محاسباتی کم و سریع	✓ دقت پایین ✓ عدم در نظر گرفتن شکل کلاس‌ها
بیشترین شباهت <sup>۳</sup>	بر مبنای تئوری بیز عمل کرده و تخصیص پیکسل به کلاسی با بیشترین احتمال تعلق	✓ ساده و قابل درک ✓ در نظر گرفتن شکل و توزیع کلاس‌ها	✓ جهت بهبود دقت نیاز به احتمالات اولیه کلاس‌ها می‌باشد ✓ نرمال در نظر گرفتن توزیع داده‌ها
K تا نزدیکترین همسایه <sup>۴</sup>	اساس پردازش این طبقه‌بندی بر مبنای کمترین فاصله داده‌ها از K تا نزدیکترین همسایه است.	✓ بسیار ساده ✓ نتایج قابل اعتماد	✓ هزینه محاسباتی و زمانی بالا ✓ عدم کارایی مناسب با داده‌های با ابعاد و فضای ویژگی بسیار بالا ✓ نیاز به تنظیم K مناسب
ماشین بردار پشتیبان <sup>۵</sup>	یک روش طبقه‌بندی خطی است، بر مبنای جستجو برای یافتن بهترین ابرصفحه <sup>۶</sup> با حداکثر فاصله <sup>۷</sup>	✓ عمومیت بالا ✓ عدم گیر افتادن در خطای افزونگی ✓ استفاده از یک تبدیل خطی	✓ ساختار به مراتب پیچیده الگوریتم ✓ وابستگی بالا به پارامترهای کرنل
شبکه عصبی مصنوعی <sup>۸</sup>	یک سیستم هوش مصنوعی است که از واحد‌های پردازشی به نام نرون و از لایه‌های مختلف (ورودی، میانی، خروجی) تشکیل شده است و از سیستم عصبی انسان تبعیت می‌کند	✓ انعطاف‌پذیری بالا ✓ صحت و دقت بالا	✓ وابسته به تعداد داده‌های آموزشی برای یادگیری شبکه ✓ نرخ محاسباتی بالا ✓ امکان خطای افزونگی
جنگل تصادفی <sup>۹</sup>	یک الگوریتم ترکیبی می‌باشد که از مجموعه‌ای از درخت‌های تصمیم‌گیری به صورت موازی برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند.	✓ دقت و صحت بالا ✓ قابلیت اجرا بر روی داده‌های با ابعاد بزرگ ✓ انعطاف‌پذیری بالا	✓ نیاز به تنظیمات پارامترها (عمق جنگل و تعداد درخت‌ها) ✓ افزایش همبستگی بین هر درخت‌ها موجب افزایش نرخ خطای کل ✓ امکان رخداد بیش‌برازش

<sup>۱</sup> parallelepiped

<sup>۲</sup> Minnum distance

<sup>۳</sup> Maximum likelihood

<sup>۴</sup> k-nearest neighbor

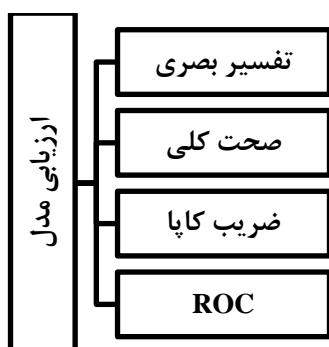
<sup>۵</sup> Support vector machin

<sup>۶</sup> Hyperplane

<sup>۷</sup> Maximum margin

<sup>۸</sup> Artificial neural network

<sup>۹</sup> Random forests



شکل ۴- روش‌های ارزیابی صحت [۱۴]

روش‌های ارزیابی صحت در مدل‌های تغییر کاربری زمین به صورت زیر می‌باشند:

الف. صحت کلی: صحت کلی به نزدیک بودن نتیجه مشاهدات، محاسبات و یا تخمین‌ها به مقادیر واقعی یا پذیرفته شده اطلاق می‌گردد [USGS].

ب. تفسیر بصری: تفسیر بصری می‌تواند ارزیابی کلی مناسبی به محققان راجع به کارکرد مدل دهد اگر چه ضعف مهم تفسیر بصری این است که نظر شخصی کاربر نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی خواهد داشت بدین ترتیب که ممکن است یک محقق نتایج را درست و دیگری آنها را نادرست بداند [۱۴].

ج. ضریب کاپا: ضریب کاپا نخستین بار توسط کنگالتن و همکاران در سال ۱۹۸۳ مطرح شد و در اوایل دهه ۸۰ میلادی وارد جوامع سنجش از دور شد. ضریب کاپا علاوه بر اینکه صحت کلی را با استفاده از عناصر قطر اصلی محاسبه می‌کند، عناصر غیر قطری را نیز در نظر می‌گیرد. در حقیقت ضریب کاپا نسبت توافق را پس از حذف توافق تصادفی محاسبه می‌کند. ضریب کاپا هم اکنون به یک شاخص اندازه‌گیری صحت کلاس‌بندی رایج تبدیل شده است [۱۵].

د. ROC: پونتیس و همکاران در سال ۲۰۰۴ یک تکنیک مقایسه پیشنهاد داده‌اند که توافق بین دو جفت نقشه را بررسی می‌کند. مقایسه اول بین نقشه مرجع در زمان t1 و نقشه مرجع در زمان t2 انجام می‌شود. مقایسه ثانویه بین نقشه پیش‌بینی شده در زمان t2 و نقشه مرجع در زمان t2 صورت می‌پذیرد. در نهایت مقایسه اول در مقابل مقایسه دوم ارزیابی می‌شود. ROC دقیقاً برای دو نوع کاربری کاربرد دارد و چنانچه بیش از دو نوع کاربری داشته باشیم باید برای هر کاربری یک ROC تشکیل شود. همچنین می‌تواند صحت پیش‌بینی را در چندین حد آستانه متفاوت بررسی کند [۱۶].

#### ۴- روش‌های آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی تغییرات، روند تشخیص اختلاف‌ها در یک شیء یا پدیده می‌باشد که توسط پایش آن در زمان‌های متفاوت حاصل می‌شود. مهم‌ترین وجه آشکارسازی تغییرات مقاردهی به میزان تغییرات است [۸-۱۱].

استفاده از داده‌های سنجش از دوری برای آشکارسازی تغییرات زمانی امکان پذیر است که تغییر در پوشش اراضی منجر به تغییر در مقادیر طیفی شده باشد [۹]. این تغییرات بایستی نسبت به تغییرات سایر فاکتورها شامل، اختلاف در شرایط اتمسفری، اختلاف در زاویه تابش خورشید و تفاوت در رطوبت خاک قابل توجه باشد [۱۲]. شکل ۳ نمای کلی از تقسیم بندی روش‌های آشکارسازی تغییرات را نشان می‌دهد.

لازم بذکر است هر یک از نویسندگان مقالات مروری در زمینه شناسایی تغییرات از جنبه‌های مختلف به تقسیم‌بندی روش‌های آشکارسازی تغییرات پرداخته اند [۸۰]. بنابراین در زمینه تقسیم بندی روش‌های شناسایی تغییرات با استفاده از داده‌های سنجش از دوری اختلاف سلیقه‌های زیادی بین رویکردهای نویسندگان مشاهده می‌شود.



شکل ۳- روش‌های آشکارسازی تغییرات [۳]

#### ۵- روش‌های ارزیابی صحت و دقت

تا بحال یک توافق جهانی در مورد ارزیابی صحت و عملکرد مدل‌های شناسایی تغییر کاربری اراضی وجود ندارد [۷۷]. حتی متخصصان فعال در زمینه تغییر کاربری اراضی ممکن است به این نتیجه برسند که ارزیابی مدل‌ها ضعف‌هایی دارد [۱۳].

## ۶- دسته اول تحقیقات

این تحقیقات عمدتاً به شناسایی تغییرات در گذشته پرداخته‌اند و مدل‌سازی نسبت به پیش‌بینی آینده انجام نداده‌اند. هدف اصلی این تحقیقات نشان دادن نتایج آماری و بصری تغییرات صورت پذیرفته در طی سالیان متمادی بوده تا یک دید کلی از روند تغییرات به دست

بدهد. در این پژوهش‌ها اغلب پیشنهاداتی نیز برای آینده داده شده است که با توجه به عدم مدل‌سازی آینده نمی‌توان به طور مطلق به این پیشنهادات تکیه کرد. در جدول ۲ روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده مربوط به دسته اول آورده شده است. با مطالعه کلی این جدول تحقیقات آتی محققان می‌توانند به جهتی هدایت شود که منجر به نتایج بهتر و جدیدتر گردد.

جدول ۲- دسته اول تحقیقات

نویسنده (نویسندگان)	عنوان	روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده	بررسی صحت	مزایا	محدودیت‌ها
محمد رضا حاجی حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۲ [۱۷]	بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین‌دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان با استفاده از طبقه‌بندی کنندهٔ بیشترین شباهت، درخت تصمیم‌گیری و ماشین‌های بردار پشتیبان	احتمال بیشترین شباهت درخت تصمیم‌گیری ماشین بردار پشتیبان	صحت کلی ضریب کاپا صحت تولیدکننده صحت کاربر	استفاده از داده‌های جانبی	مشکل در انتخاب بهترین کرنل svm عدم مقایسه مناسب سه روش تاثیر نویز بر مدل‌ها
وحید راهداری و همکاران ۱۳۹۰ [۱۸]	پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش هامون، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی	طبقه‌بندی اندرسون مقایسه پس از طبقه‌بندی	صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از داده‌های جانبی اخصاص ویژگی به کاربری‌ها در نظر گرفتن همبستگی باندها	نیاز به نمونه‌های تعلیمی تفاوت در حد تفکیک مکانی و طیفی ورودی‌ها
محسن قلوبی و همکاران ۱۳۹۳ [۱۹]	طبقه‌بندی کاربری اراضی بر مبنای ویژگی‌های مفهومی و مدل گام‌به‌گام طبقه‌بندی پوشش اراضی	نزدیکترین همسایگی الگوریتم فازی	صحت کلی ضریب کاپا صحت تولیدکننده صحت کاربر	استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی در طبقه بندی حل مشکل اختلالات طیفی	سختی برچسب‌دهی به کلاس‌های دارای هم‌پوشانی پیچیدگی روش به دلیل قوانین زیاد
مهدی قربانی و همکاران ۱۳۸۹ [۲۰]	بررسی تغییرات جمعیتی و اثرگذاری‌های آن بر تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: منطقه بالاطالقان)	احتمال بیشترین شباهت	-	استفاده از داده‌های جانبی دخالت تغییرات طیفی برای طبقه‌بندی ارائه ماهیت تغییرات <sup>۱</sup>	نیاز به عملیات صحرائی مشکل در انتخاب تابع عدم بررسی صحت
احمد پوراحمد و همکاران ۱۳۹۰ [۲۱]	بررسی اثر مهاجرت بر تغییر کاربری اراضی شهر اسلامشهر	احتمال بیشترین شباهت	ضریب کاپا	ارائه راهکار توسعه پایدار شهری سادگی درک و اجرا	عدم بررسی مناسب صحت تحلیل به صورت کیفی عدم ارائه ماهیت تغییرات
لیلا واحدیان بیکی و همکاران ۱۳۹۰ [۲۲]	اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵	احتمال بیشترین شباهت	-	ارائه راهبردهای فراشه‌ری	زمانبر بودن جمع آوری داده عدم بررسی صحت تجزیه و تحلیل کیفی عدم ارائه ماهیت تغییرات

۱ ارائه ماهیت تغییرات: مشخص کردن تغییر نوع کلاس‌ها

سختی در برچسب‌دهی به کلاس‌های دارای هم‌پوشانی عدم اعتمادپذیری به صحت نتایج	انتخاب مناسب‌ترین ترکیب رنگی ایجاد نمونه‌های آموزشی به صورت فازی	ضریب کاپا	احتمال بیشترین شباهت مقایسه پس از طبقه‌بندی	کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	حمیدرضا ربیعی و همکاران ۱۳۸۴ [۲۳]
حد تفکیک مکانی و طیفی مختلف تصاویر نیاز به عملیات صحرائی	استفاده از داده‌های جانبی استفاده از سنجنده‌های مختلف	ضریب کاپا صحت تولیدکننده صحت کاربر	احتمال بیشترین شباهت جداول متعامد	بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجنش از دور و GIS مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۱۹۸۷ - ۲۰۰۵	مجید رضایی بنفشه و همکاران ۱۳۸۶ [۲۴]
نیاز به عملیات صحرائی عدم اطمینان از تفکیک‌پذیری صحیح عدم ارائه ماهیت تغییرات	استفاده از داده‌های جانبی سادگی درک و اجرا	صحت کلی	احتمال بیشترین شباهت	بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS و ارزیابی اقتصادی آن در مقایسه با تغییرات هدررفت خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد آزاد)	معروف امامقلی و همکاران ۱۳۹۳ [۲۵]
نیاز به مفسر و فرد خبره	روش مناسب صحت‌سنجی طبقه‌بندی استفاده از داده‌های جانبی	صحت کلی ضریب کاپا صحت کاربر صحت تولیدکننده	شبکه عصبی مصنوعی طبقه‌بندی نظارت‌نشده مقایسه پس از طبقه‌بندی	بررسی تغییرات پوشش درختی استان گلستان به روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های سنجنده TM و ETM+ ماهواره لندست	عبدالرسول سلمان ماهینی و همکاران ۱۳۸۷ [۲۶]
نیاز به عملیات صحرائی	ارائه ماهیت تغییرات استخراج ویژگی‌ها و شاخص‌ها ارائه ماهیت تغییرات	صحت تولیدکننده صحت کاربر	احتمال بیشترین شباهت مقایسه پس از طبقه‌بندی	بررسی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حوضه آبریز ليقوان در استان آذربایجان شرقی	محمد جواد وحیدی و همکاران ۱۳۹۴ [۲۷]
حد تفکیک مکانی و طیفی مختلف تصاویر عدم ارائه ماهیت تغییرات	استفاده از سنجنده‌های مختلف در نظر گرفتن همبستگی باندها	صحت کلی ضریب کاپا	احتمال بیشترین شباهت	برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز	محمد کاظمی و همکاران ۱۳۹۰ [۲۸]
حد تفکیک مکانی و طیفی مختلف تصاویر	استفاده از سنجنده‌های مختلف انتخاب مناسب باندها ارائه ماهیت تغییرات	صحت کلی ضریب کاپا	احتمال بیشترین شباهت مقایسه پس از طبقه‌بندی	بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر عوامل فیزیوگرافیک در توزیع تغییرات با استفاده از سنجنش از دور و GIS	حمیده آلیانی و همکاران ۱۳۹۰ [۲۹]
قدرت تفکیک مکانی و طیفی مختلف تصاویر نیاز به عملیات صحرائی عدم ارائه ماهیت تغییرات	استفاده از سنجنده‌های مختلف استفاده از داده‌های جانبی	صحت کلی ضریب کاپا	احتمال بیشترین شباهت	بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده رود در محدوده شهری اصفهان	پگاه بهنام و همکاران ۱۳۹۲ [۳۰]
مقادیر صحیح اختلافات در سطح تصویر تولیدی وابستگی به صحت طبقه‌بندی در هر مرحله عدم بررسی صحت	ارائه روش‌های مختلف برای تحلیل ارائه ماهیت تغییرات	-	تفاضل تصاویر مقایسه پس از طبقه‌بندی	بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان نقده با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی	سیامک تقی زاده قلعه‌جوقی و منوچهر معصومی ۱۳۹۱ [۳۱]

سیده مانده شنائی هویزه و حیدر زارعی ۱۳۹۵ [۳۲]	بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس	شبکه عصبی مصنوعی طبقه‌بندی نظارت‌نشده	صحت کلی ضریب کاپا صحت تولیدکننده صحت کاربر	سادگی درک و اجرا تعیین بهینه معماری شبکه	عدم ارائه ماهیت تغییرات
علی اکبر مهرابی و همکاران ۱۳۹۲ [۳۳]	بررسی نیروهای محرک انسانی مؤثر بر تغییرات کاربری سرزمین مطالعه موردی: روستاهای سیدمحلّه و دراسرا- تنکابن		صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از داده‌های سنجنده‌های مختلف	توان تفکیک مکانی و طیفی متفاوت تصاویر نیاز به عملیات صحرائی عدم ارائه ماهیت تغییرات
سمیه میرزایی و همکاران ۱۳۹۵ [۳۴]	شبیه‌سازی رسوب معلق روزانه و بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر آن در حوزه آبخیز گلگل، ایلام	ماشین بردار پشتیبان	صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از داده‌های جانبی	عدم ارائه ماهیت تغییرات مشکل در انتخاب بهترین کرنل SVM
جواد فارسی و مریم یوسفی ۱۳۹۲ [۳۵]	آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: دشت بجنورد)	نزدیکترین همسایه مقایسه پس از طبقه‌بندی	صحت کلی ضریب کاپا	سادگی درک و اجرا	انجام عملیات میدانی عدم ارائه ماهیت تغییرات
الهه اکبری و همکاران ۱۳۹۵ [۳۶]	پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های مختلف تئوری آموزش آماري منطقه نیشابور	احتمال بیشترین شباهت حداقل فاصله ماشین بردار پشتیبان	صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از داده‌های جانبی سادگی درک و اجرا در نظر گرفتن همبستگی بین باندها	انجام عملیات صحرائی عدم ارائه ماهیت تغییرات
صالح ارخی ۱۳۹۴ [۳۷]	آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌های با استفاده از نرم افزار (مطالعه موردی: منطقه آبدانان) Idrisi selvi	طبقه‌بندی شیء‌گرا	صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از تمامی عوارض در دسترس	خطاهای مربوط به جستجوی عوارض استخراج شده عدم ارائه ماهیت تغییرات
زهرا گیویی اشرف و علی سرکارگر اردکانی ۱۳۹۰ [۳۸]	پایش کاربری اراضی با استفاده از سنجنش از دور به منظور ارزیابی بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت مروست، استان یزد)	حداکثر احتمال تفاضل تصاویر مقایسه پس از طبقه‌بندی	صحت کلی ضریب کاپا	سادگی درک و اجرا قابلیت اطمینان بالا در شناسایی تغییرات	مقادیر صحیح اختلافات در سطح تصویر
علی شجاعیان ۱۳۹۲ [۳۹]	کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ماتریس ضرب کاربری‌ها (مطالعه موردی: منطقه دزفول)	مدل ماتریس ضرب کاربری‌ها احتمال بیشترین شباهت	-	ارائه ماهیت تغییرات سادگی درک و اجرا	عدم ارزیابی صحت
محمد نصرالهی و همکاران ۱۳۹۳ [۴۰]	بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی/ پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: دشت گیلانغرب	احتمال بیشترین شباهت	صحت تولیدکننده صحت کاربر	ارزیابی مناسب صحت	انجام عملیات میدانی عدم ارائه ماهیت تغییرات
علی شجاعیان و همکاران ۱۳۹۴ [۴۱]	مقایسه کارآیی روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک در طبقه‌بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مطالعه موردی: بخشی از شهرستان دزفول	کمترین فاصله مدل جعبه‌ای ماشین بردار پشتیبان	صحت کلی ضریب کاپا	سادگی درک و اجرا	مشکل در انتخاب بهترین کرنل SVM زمانبر بودن روش پیشنهادی
بختیار فیضی زاده و همکاران ۱۳۹۴ [۴۲]	ارزیابی استفاده از الگوریتم‌های فازی در افزایش صحت نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پردازش شیء‌گرا	الگوریتم فازی نزدیکترین همسایه	صحت کلی ضریب کاپا	برخورد مناسب با اختلاط کلاس‌ها	مشکل در انتخاب روش کلاس‌بندی عدم ارائه ماهیت تغییرات



عدم ارائه ماهیت تغییرات	سادگی درک و اجرا استفاده از ویژگی های طیفی	صحت کلی ضریب کاپا	درخت تصمیم گیری	ارائه یک رویکرد ترکیبی برپایه ی تئوری مجموعه ناهموار- درخت تصمیم در پیش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده ی TM (مطالعه موردی: شهرستان شوشتر)	حسنعلی فرجی سبکبار و همکاران ۱۳۹۴ [۴۳]
عدم برخورد مناسب در جهت نرمالیزاسیون رادیومتریکی تصاویر	کاهش فضای جستجو و کاهش پیچیدگی محاسباتی	صحت کلی ضریب کاپا	ترکیب حداستانه گذاری و طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان	آشکارسازی تغییرات تصاویر ماهواره ای چند زمانه با استفاده از ترکیب روش های ماسک باینری و مقایسه پس از طبقه بندی (مطالعه موردی: آزاد شهر تهران)	سعیدزاده و همکاران ۱۳۹۵ [۷۳]
عدم ارائه روشی مناسب جهت انتخاب بهترین ویژگی های MAD ها	افزایش اعتمادپذیری عدم نیاز به تصحیح رادیومتریکی	صحت کلی ضریب کاپا دقت تولید کننده دقت کاربر	تلفیق الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و روش شناسایی تغییرات چند متغیره با وزن دهی تکراری (IR-MAD)	ارایه روشی نوین جهت پیش تغییرات کاربری اراضی با تلفیق الگوریتم های پردازش تصویری (مطالعه موردی: حوزه مرکزی دریاچه ارومیه)	مقیم و همکاران ۱۳۹۷ [۷۴]
پیچیدگی محاسباتی بالا و وابسته به توزیع داده های در شاخص تغییرات تولید شده	افزایش اعتمادپذیری دقت و صحت بالا	صحت کلی ضریب کاپا نرخ هشدارهای اشتباه هزینه محاسباتی	الگوریتم های تفاضل گیری، اتسو و جداسازی طیفی	ارایه روشی جهت شناسایی تغییرات زیر پیکسلی کاربری اراضی در تصاویر ابرطیفی مبتنی بر جداسازی طیفی و پس پردازش (مطالعه موردی: مزارع کشاورزی اطراف شهر جیانگسو)	حسنلو و سیدی ۱۳۹۷ [۷۵]

## ۷- دسته دوم تحقیقات

کاربری های متناسب و نامتناسب را با توجه به عوامل متعدد مشخص می کنند. این پژوهش ها می توانند جهت تعیین بهترین مکان برای کاربری های مشخص و یا برنامه ریزی برای منطقه ای خاص مناسب باشد.

دسته بعدی مربوط به پژوهش هایی است که به بررسی و ارزیابی تناسب و بهینه سازی کاربری ها پرداخته اند. در این تحقیقات مدل ها و روش هایی استفاده می شوند که

جدول ۲- دسته دوم تحقیقات

محدودیت ها	مزایا	بررسی صحت و صحت	روش ها و مدل های مورد استفاده	عنوان	نویسنده (نویسندگان)
مشکل در گزینش صحیح وزن ها	رویکرد ارزیابی چند معیاره استفاده از داده های جانبی	-	تحلیل سلسله مراتبی آنالیز تصمیم گیری چند معیاره	ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی: اراضی حاشیه شهر تبریز	فریده نقدی و همکاران ۱۳۹۰ [۴۴]
زمانگیر بودن عدم توجه کامل به جنبه های توسعه پایدار شهری	استفاده از عملگرهای ضرب و جمع فازی و ژئومورفولوژیکی	-	مدل تلفیقی فازی AHP	مکان یابی بهینه توسعه شهری با تاکید بر پارامترهای طبیعی با استفاده از مدل تلفیقی فازی / AHP مطالعه موردی: شهرستان بروجرد	عزت اله قنوتی و فاطمه گودرزی ۱۳۹۲ [۴۵]
انتخاب نامناسب نقاط	سهولت نسبی پیاده سازی سرعت مناسب	-	آنالیز خوشه بندی الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه الگوریتم ژنتیک NSGA-II	مدل سازی مکانی تغییر کاربری های شهری با استفاده از الگوریتم NSGA-II و خوشه بندی جواب های بدهستان در طرح های سیال شهری	زهره معصومی و محمد سعدی مسگری ۱۳۹۴ [۴۶]
انجام عملیات مکرر زمینی	ارائه جدول کاربری های فعلی	-	طبقه بندی نظارت نشده روش «مخدوم»	بررسی و مقایسه توان اکولوژیکی و کاربری های فعلی در اراضی جنوب ارومیه بر اساس اصول آمایش سرزمین	ثانی و همکاران ۱۳۹۳ [۴۷]

## ۸- دسته سوم تحقیقات

این دسته از تحقیقات با نظر به کاربری‌های گذشته و فعلی، شرایط کاربری اراضی را برای آینده مدل‌سازی

می‌کنند و با جریئات و صحت بالایی مشخص می‌کنند که گسترش کاربری‌های خاص در کدام مناطق ادامه خواهند یافت. بررسی این تحقیقات برای چاره‌اندیشی و برنامه‌ریزی برای آینده مناسب می‌باشد.

جدول ۳- دسته سوم تحقیقات

نویسنده (نویسندگان)	عنوان	روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده	بررسی صحت و صحت	مزایا	محدودیت‌ها
سید علی جوزی و افسانه علیپور اقدم ۱۳۹۴ [۴۸]	تحلیل تغییرات کمی و کیفی فضای سبز منطقه یک شهر تبریز در فاصله سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۹ شمسی با استفاده از سامانه سنجش از دور	نسبت باندها تفریق باندها مدل زنجیره‌ای مارکوف	-	ارائه ماتریس ارزیابی عوامل استفاده از ویژگی‌های طیفی سادگی درک و اجرا	عدم قطعیت در انتخاب باند تحت تاثیر نویز تصاویر
محمد احمدلو، محمودرضا دلاور ۱۳۹۴ [۴۹]	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی چندگانه با استفاده از رگرسیون انطباقی چند متغیره اسپلاین و سیستم اطلاعات مکانی	احتمال بیشترین شباهت مقایسه پس از طبقه‌بندی	صحت کلی ضریب کاپا شاخص عامل نسبی شاخص عامل کلی	تحلیل حساسیت بر روی پارامترها انعطاف پذیری مدل قابلیت تفسیر	مشکل در انتخاب حد آستانه
ابوالفضل مشکینی و اصغر تیموری ۱۳۹۵ [۵۰]	سنجش گستردگی شهری و تاثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از RS و GIS مطالعه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۶۳ - ۱۳۹۱	طبقه‌بندی فازی روش ترکیبی مارکوف - سلول‌های خودکار	-	تخصیص تابع عضویت به هر کلاس مدل‌سازی مناسب برای تحلیل ارائه ماهیت تغییرات	سختی در برجسب دهی کلاس‌ها
غلامعباس سهولی و همکاران ۱۳۹۵ [۵۱]	بررسی چشم انداز تغییرات سطح کشت اراضی کشاورزی در افق ۲۰۲۰ در حوضه زربنه رود با استفاده از روش ترکیبی مارکوف سلول‌های خودکار	احتمال بیشترین شباهت روش ترکیبی مارکوف - سلول‌های خودکار	صحت کلی ضریب کاپا صحت تولیدکننده صحت کاربر	انتخاب مناسب تصاویر ارائه نقشه ماهیت تغییرات	-
پرهام پهلوانی و حسین عسکریان عمران ۱۳۹۵ [۵۲]	مدل‌سازی و پیش‌بینی گسترش شهری بر اساس شبکه عصبی پیش‌خورانده بهینه شده و فیلتر همسایگی با حدود آستانه مختلف، منطقه مورد مطالعه: شهر تهران	ماشین بردار پشتیبان	صحت کلی ضریب کاپا ROC	استفاده از داده‌های جانبی مقایسه حدود آستانه	مشکل در انتخاب صحیح کرنل SVM مدل‌سازی دو متغیره
فرهاد حسینی و همکاران ۱۳۹۲ [۵۳]	شناسایی گزینه‌های مناسب توسعه آبی کاربری اراضی شهر قزوین به روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها	هم‌پوشانی وزن دار نقشه‌ها روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها	-	در نظر گرفتن شرط پیوستگی استفاده از فاکتورهای جانبی در نظر گرفتن قیود	مشکل در انتخاب پارامترها مشکل در اجرایی کردن به دلیل تعدد پارامترها
اصغر تیموری و همکاران ۱۳۹۲ [۵۴]	ارزیابی و پیش‌بینی گسترش افقی شهر قزوین با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی، طی دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)	زنجیره مارکوف جداول متعامد	-	ارائه راهکار مناسب توسعه شهری	عدم ارائه نقشه ماهیت تغییرات عدم ارزیابی صحت
حسین عسکریان عمران، پرهام پهلوانی ۱۳۹۴ [۵۵]	استفاده از زنجیره مارکوف، MOLA و فیلتر همسایگی به منظور توسعه و افزایش کارایی رگرسیون منطقی در پیش‌بینی تغییرات چندگانه کاربری اراضی؛ مطالعه موردی: شهر تهران	ماشین بردار پشتیبان مدل زنجیره‌ای مارکوف	صحت کلی ضریب کاپا کاپای مکانی ROC	در نظر گرفتن فاکتورهای تاثیرگذار مقایسه حدود آستانه	مشکل در انتخاب کرنل مناسب SVM
سامره فلاحتکار و همکاران ۱۳۹۵ [۵۶]	پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM	روش طبقه‌بندی ترکیبی هیبرید مقایسه پس از طبقه‌بندی	صحت کلی ضریب کاپا کاپای کمیت کاپای موقعیت نسبت Hits	بررسی سناریوهای مختلف ارائه ماهیت تغییرات اعتبار سنجی مناسب مدل‌سازی	عدم قطعیت سناریوها

ساسان وفایی و همکاران ۱۳۹۲ [۵۷]	پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM مطالعه موردی: منطقه مریوان	شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل زنجیره‌ای مارکوف مدل LCM	صحت کلی ضریب کاپا	بررسی متغیرهای مختلف روش غیرپارامتریک	وابسته به فرد خبره و مفسر زمانبر بودن روش پیشنهادی
محمد طاهری و همکاران ۱۳۹۲ [۵۸]	مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف	احتمال بیشترین شباهت شبکه عصبی مصنوعی مدل زنجیره‌ای مارکوف	ضریب کاپا	انتخاب مناسب تصاویر توانایی قبول الگوهای پیچیده	تعیین بهینه معماری شبکه عدم ارائه ماهیت تغییرات
صالح ارخی ۱۳۹۳ [۵۹]	پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS منطقه موردی: منطقه سراپله	احتمال بیشترین شباهت شبکه عصبی مصنوعی مدل زنجیره‌ای مارکوف	صحت کلی ضریب کاپا	استفاده از متغیرها استفاده از داده‌های جانبی ارائه ماهیت تغییرات	عدم آماده‌سازی مناسب داده‌ها
رسول قربانی و همکاران ۱۳۹۲ [۶۰]	رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌های چند زمانه‌ای، ارزیابی چند معیاری و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف (۱۴۱۷ - ۱۳۶۳)	ارزیابی چند معیاری زنجیره مارکوف - سلول‌های خودکار طبقه‌بندی شیء‌گرا روش ترکیب خطی وزنی	-	استفاده از ویژگی‌های بافتی در نظر گرفتن همبستگی باندها فازی سازی داده‌ها ارائه ماهیت تغییرات	سختی در انتخاب شاخص‌های مناسب
محمدی و همکاران ۱۳۹۴ [۶۱]	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان	طبقه بندی تلفیقی رگرسیون لجستیک مدل CLUE - S	صحت کلی ضریب کاپا ROC	-	صحت پایین ورودی‌ها
زمانی و همکاران ۱۳۹۵ [۶۲]	ارزیابی تحلیلی گسترده فضا-کالبدی مناطق شهری و تاثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از GIS و RS	سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف LCM Fuzzy artmap جداول متعامد طبقه‌بندی نظارت‌شده	-	ارائه نقشه ماهیت تغییرات	زمانبر بودن جمع‌آوری داده و عملیات صحرایی

## ۹- ارزیابی

در بیشتر تحقیقاتی که مورد بررسی قرار گرفته است عمده روشی که برای طبقه‌بندی صورت گرفته، روش‌های بیشترین شباهت، ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد. نتایج کمی در این تحقیقات نشان می‌دهد که روش ماشین بردار پشتیبان در مناطقی که دارای کلاس‌های کاربری اراضی با مشابهت طیفی بالا هستند دارای صحت طبقه‌بندی بیشتری نسبت به سایر روش‌ها بود. البته در اکثر تحقیقات به دلیل وابستگی این طبقه‌بندی به پارامترهای کرنل، روش‌هایی نظیر جستجوی شبکه‌ای و یا الگوریتم‌های فراابتکاری در جهت بهینه‌سازی به کار برده می‌شد. استفاده از این ابزار اگرچه موجب افزایش صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی شده است اما زمان محاسباتی را به شکل قابل توجهی افزایش داده است. طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی و مصنوعی در برخورد با کلاس‌های کاربری اراضی با مشابهت بسیار بالا،

از انعطاف پذیری مناسبی برخوردار بود. با وجود این مزیت، ماهیت تصادفی بودن وزن‌ها و همچنین نیاز به طراحی معماری شبکه مناسب باعث شده است که شناسایی تغییرات با استفاده از این روش کمتر مورد توجه قرار گیرد.

در میان تحقیقات ارائه شده، تعداد کمی از تحقیقات به بکارگیری طبقه‌بندی نظارت‌نشده در جهت بهبود دقت شناسایی تغییرات کاربری اراضی پرداخته‌اند. به عنوان مثال، در تحقیق [۲۶] جهت بهبود نتایج به پالایش داده‌های آموزشی شبکه عصبی و مصنوعی پرداخته شد و این امر موجب بهبود کیفیت نقشه موضوعی حاصل از این طبقه‌بندی‌کننده شد. می‌توان این‌طور ارزیابی کرد که استفاده از روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی یا طبقه‌بندی نظارت‌نشده چون ماهیتاً برچسب کلاس کاربری اراضی را مشخص نمی‌کنند، به طور مستقیم نمی‌توانند در بحث مربوط به تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی استفاده شوند.

استفاده از اطلاعات همسایگی موجب بهبود نتایج حاصل از شناسایی تغییرات شده است. چرا که رفتار یک پیکسل متأثر از رفتار همسایگانش می‌باشد. به این دلیل، واضحاً استفاده از اطلاعات همسایگی نظیر اطلاعات بافتی و طیفی می‌تواند موجب بهبود نتایج حاصل تولید نقشه کاربری اراضی و در نتیجه شناسایی تغییرات کاربری اراضی شود.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی شیء‌گرا، گسسته بوده و مناسب برای تهیه نقشه‌های موضوعی و شناسایی تغییرات می‌باشد. اگرچه نتایج روش‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا از صحت بالاتری برخوردار است، اما در تحقیقات کمتری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این امر ممکن است به دلیل دشواری روش مذکور و سادگی درک و اجرای روش‌های پیکسل پایه باشد که نزدیکترین گزینه برای پیاده‌سازی روش‌های شناسایی تغییرات است. همچنین، استخراج عوارض در روش‌های شیء مبنا کاملاً وابسته به پارامتر مقیاس است. به دلیل ابعاد مختلف عوارض، ارزیابی نتایج روش‌های شیء مبنا به صورت باینری کاری بس دشوار بوده و چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. کارایی این روش‌ها بیشتر در تصاویر با رزولیشن مکانی بالا که دارای کلاس‌های کاربری متنوعی هستند، جلوه می‌کند.

مقایسه پس از طبقه‌بندی، در بین تحقیقات بررسی شده از عمومیت بیشتری نسبت به سایر روش‌های آشکارسازی تغییرات برخوردار است، چرا که این روش، واضح‌ترین روش شناسایی تغییرات کمی است و روشی است که به طور صریح اطلاعات مربوط به نوع تغییر کاربری اراضی "از - به" را ارائه می‌دهد [۷۷]. در این روش پس از آنکه پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر به صورت جداگانه صورت پذیرفت، طبقه‌بندی (شیء‌گرا یا پیکسل مبنا) انجام می‌شود. سپس از مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده جهت تعیین تغییرات استفاده می‌شود. از مزایای این روش می‌توان به کاهش اثرات اتمسفری، محیطی و سنجنده، به همراه کمینه کردن اثر استفاده از تصاویر سنجنده‌های مختلف می‌باشد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که نتایج نهایی این روش به شدت تحت تأثیر دقت طبقه‌بندی مورد استفاده می‌باشد چرا که تمام قیاس‌های صورت گرفته بر روی عوارض پس از طبقه‌بندی انجام می‌شود که این امر نیز خود متأثر از دقت طبقه‌بندی است.

استفاده از داده‌های مختلف در کنار یکدیگر که هر یک، بخشی از خصوصیات عوارض را نمایان می‌سازد، استخراج اطلاعات را دقیق‌تر می‌سازد. برای بهره‌برداری از این داده‌ها روش تلفیق داده ارائه شده است. هدف از تلفیق داده، ترکیب داده‌های مختلف جهت استخراج اطلاعات بیشتر، نسبت به استفاده از هر کدام از داده‌های منفرد می‌باشد بگونه‌ای که مزایای حاصل از ترکیب داده‌ها، مفیدتر از استفاده از تک تک داده‌ها بصورت جداگانه باشد. بطور کلی تلفیق داده‌ها در سه سطح متفاوت از پردازش داده‌ها انجام می‌شود که شامل تلفیق در سطح پیکسل، عارضه و تصمیم‌گیری می‌باشد. تلفیق اطلاعات بافتی و طیفی به منظور شناسایی تغییرات معمولاً در سطح تصمیم‌گیری انجام می‌گردد. در اکثر تحقیقات مرتبط با شناسایی تغییرات از تصاویر هوایی و ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا، بدلیل متأثر بودن عوارض از اطلاعات بافتی از ادغام اطلاعات طیفی و بافتی به عنوان ورودی الگوریتم استفاده شده است.

به دلیل وجود عدم قطعیت در اختصاص دادن یک پیکسل به یک کلاس و همچنین وجود شباهت طیفی بین برخی کلاس‌ها، نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای گاهاً با خطا همراه است. در این راستا استفاده از مجموعه‌های فازی به دلیل انعطاف پذیری بالا، می‌تواند گزینه مناسبی برای محققان در تحقیقات آتی باشد. در تحقیقات زیادی که نوع شناسایی تغییرات مربوط به ارزیابی خسارت ناشی از بلاهای طبیعی است استفاده از روش‌های مبتنی بر منطق فازی کمک شایانی در شناسایی تغییرات کرده است [۸۱].

استفاده از روش‌هایی که مستقیماً تغییرات کاربری اراضی را مشخص می‌کنند نظیر روش‌های طیفی و زمانی و روش ماسک باینری کمتر در زمینه شناسایی تغییرات استفاده شده است. چرا که استفاده از این روش نیازمند کالیبراسیون رادیومتریک تصاویر می‌باشد که گاهاً یک مرحله به فرایند شناسایی تغییرات استفاده می‌کند و هر گونه خطا در این کالیبراسیون باعث بروز تغییرات کاربری کاذب و یا نادیده گرفتن برخی تغییرات کاربری اراضی می‌شود.

جهت ارزیابی کیفیت یک مدل شناسایی تغییرات بهتر است: الف. یک شاخص دیگر علاوه بر درصد موفقیت به کاربریم، ب. عملکرد مدل در سناریوهای مختلف با تغییرات در ابعاد گوناگون اندازه‌گیری شود، ج. صحت با یک نمودار نشان داده شود تا اختلاف بین سناریویی که

وابسته به عواملی نظیر قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریکی، دقت تصحیح هندسی تصاویر، داده‌های زمینی با اعتمادپذیری بالا، نوع رفتار پدیده‌ها و تغییرات فصلی و زمانی آن‌ها، روش‌های بکار گرفته شده در شناسایی تغییرات، نوع طبقه‌بندی مورد استفاده در جهت تولید نقشه کاربری اراضی با هدف شناسایی، تجربه و مهارت عامل انسانی و میزان دانش او از منطقه مورد مطالعه می‌باشد [۷۷]. بنابراین با توجه به پارامترهای ذکر شده، نمی‌توان با قطعیت گفت یک روش واحد می‌تواند در مناطق مختلف دارای پاسخ مناسب باشد. به عنوان مثال نمی‌توان انتظار داشت که روشی که در شناسایی تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه غیر شهری دارای جواب مناسب بوده است در یک منطقه شهری دارای جواب مناسب است.

همچنین، جنبه دیگری که در بررسی روش‌های شناسایی تغییرات بسیار مهم می‌باشد، بحث مربوط به ارزیابی نتایج است. در واقع نبود داده‌های مبنا در جهت شناسایی تغییرات با استفاده از روش‌های مورد استفاده در مطالعات، باعث شده که نتوان با قطعیت کامل راجع به نتایج مطالعات ارایه شده نظر داد. اغلب روش‌های ارزیابی صحت به کارگرفته شده در تحقیقات صورت گرفته شامل روش‌های صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشد. در هر یک از تحقیقات صورت گرفته الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی معرفی و پیاده‌سازی شده‌اند که منجر به جوابها و صحت‌های گوناگونی شده است. در واقع، دقت حاصله از هر یک از روش‌های شناسایی تغییرات تابعی از همخوانی بین الگوریتم‌ها و داده‌های ورودی است که ممکن است مرتبط با مزیت ذاتی خود الگوریتم نباشد. از این رو بنابراین روش و الگوریتمی را نمی‌توان به طور مطلق بر سایر روش‌ها و الگوریتم‌ها برتر دانست. در این راستا پیشنهاد می‌گردد داده‌هایی با دقت بالا به عنوان داده‌های ارزیابی در نظر گرفته شوند و تمامی روش‌ها جهت بررسی کارایی با این داده‌ها مورد سنجش قرار گیرند.

مدل بیشترین و کمترین انطباق را دارد مشخص شود. تمام این موارد را می‌توان با شاخصی نظیر ROC برآورده کرد. البته ضعف این روش در عدم در نظر گرفتن موفقیت و یا خطای مدل در صحت مکانی می‌باشد بنابراین بهتر است با مقایسه بصری و یا دیگر روش‌های ارزیابی صحت مکانی ترکیب شود [۱۶]. اغلب روش‌های ارزیابی صحت به کارگرفته شده در تحقیقات صورت گرفته شامل روش‌های صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشد؛ که صحت کلی از نظر تئوری احتمالات نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است [۶۴].

## ۱۰ - نتیجه گیری

در این تحقیق سعی شده است که با مطالعه جامع روش‌های مختلف شناسایی تغییرات کاربری اراضی انجام شده در ایران، ابعاد مختلف این مهم سنجیده شود تا در مواقع ضروری بتوان برخورد مناسبی را مورد بکارگیری موضوع شناسایی کاربری اراضی در ایران انجام داد. همانطور که در بخش‌های قبل بررسی شد روش‌های متعددی در زمینه شناسایی تغییرات کاربری اراضی در کشور ایران پیاده‌سازی شده‌اند. با توجه به مطالعات زیادی که در زمینه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی در ایران صورت پذیرفته گرفته است، این تحقیقات به سه دسته کلی تقسیم‌بندی شدند. دسته اول به بررسی تغییرات کاربری اراضی در زمان گذشته، دسته دوم به بررسی و ارزیابی تناسب و بهینه‌سازی کاربری‌ها و دسته سوم به مدل‌سازی آینده پرداخته‌اند. در این پژوهش‌ها عمده روش‌هایی که برای طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده قرار گرفته‌اند روش‌های بیشترین شباهت، ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند. روش آشکارسازی کاربری اراضی که اغلب در تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته است روش مقایسه پس از طبقه‌بندی بوده که علت آن را می‌توان در عدم وابستگی به تصحیحات رادیومتریکی و سادگی مفهوم دانست.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در زمینه شناسایی تغییرات با استفاده از روش‌های مختلف، می‌توان آن‌ها را براساس جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار داد. از نظر پارامترهای تاثیرگذار، کارایی روش‌های شناسایی تغییرات

## مراجع

- [1] Ellis, E., Pontius Jr, R.G. (2006). "Land-use and land-cover change—encyclopedia of earth". Environ.Protect, 2, 142-153.
- [2] Turner II BL, Skole D, Sanderson S, Fischer G, Fresco L, Leemans R (1995). "Land-use and landcover change science/research plan", IGBP report no. 35, HDP report no. 7, Stockholm and Geneva
- [3] D. Lu, P. Mausel, E. Brondizio, and E. Moran, (2004). "Change detection techniques," International journal of remote sensing, vol.25, pp. 2365-2401
- [4] مقیمی، آرمین؛ عبادی، حمید؛ صادقی، وحید؛ ۱۳۹۵. مروری بر روش‌های شناسایی تغییرات از تصاویر ماهواره ای چند زمانه با رویکرد پیکسل پایه و شیء پایه، نشریه علمی - ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره هفتم، شماره ۱، ص ۹۹ - ۱۱۰
- [5] Chang-Martínez, Laura, Mas, Jean-François, Valle, Nuria, Torres, Pedro, Folan, William. (2015). " Modeling Historical Land Cover and Land Use: A Review from Contemporary Modeling", ISPRS International Journal of Geo-Information, vol.4, pp1791
- [6] Swapan Kumar Deb, Rajiv Kumar Nathr, 2012. " Land use/cover classification- An introduction review and comparison", Global Journal of researches in engineering Civil And Structural engineering, Volume 12 Issue 1 Version 1.0 January
- [7] S.D. Vikhe and Dr. K.A. Patil, State of the Art of Land Use Planning Using Remote Sensing and GIS(2014), IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Volume 11, Issue 5
- [8] ANDERSON, J. R., (1977). "Land use and land cover changes. A framework for monitoring". Journal of Research by the Geological Survey, 5, 143-153.
- [9] INGRAM, K., KNAPP, E., and ROBINSON, J. W., (1981). "Change detection technique development for improved urbanized area delineation", technical memorandum CSCITM-81/6087, Computer Sciences Corporation, Silver Springs, Maryland, U.S.A.
- [10] NELSON, R. F., (1983). "Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49, 1303-1314.
- [11] ASHBINDU SINGH (1989). "Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data", International Journal of Remote Sensing, 10:6, 989-1003
- [12] JENSON, J. R. (editor), (1983). "Urban/suburban land use analysis". Manual of Remote Sensing, Vol. 2, second edition (Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry), pp: 1571-1666.
- [13] Kok K, Veldkamp A (2001). "Evaluating impact of spatial scales on land use pattern analysis in central America". Agric Ecosyst Env 85(1-3):205-221
- [14] Arsanjani J J (2012). "Dynamic Land-Use/Cover Change Simulation: Geosimulation and Multi Agent-Based "Modelling Springer Theses Book Series (Verlag Berlin Heidelberg: Springer) p 139
- [15] Huang C, Davis LS, Townshend JRG (2002) An assessment of support vector machines for landcover classification. Int J Remote Sens 23(4):725-749
- [16] R.Gil Pontius, Laura C Schneider, (2001). "Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts", USA, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 85, Issue 1, , Pages 239-248, ISSN 0167-8809
- [۱۷] حاجی حسینی، محمدرضا؛ حاجی حسینی، حمیدرضا؛ شایگان، مهران؛ مرید، سعید؛ وطن‌فدا، جبار؛ مرحوم نجفی، علیرضا، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان با استفاده از طبقه‌بندی کنندهٔ بیشترین شباهت، درخت تصمیم‌گیری و ماشین‌های بردار پشتیبان، سنجش از دور و GIS ایران، سال پنجم، شماره چهارم، ص ۸۸ - ۶۹
- [۱۸] راهداری، وحید؛ ملکی نجف آبادی، سعیده؛ افسری، خسرو؛ آبتین، الهام؛ پیری، حلیمه؛ فخره، اکبر؛ ۱۳۹۰. پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش هامون، طی سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و GIS ایران، سال سوم، شماره دوم، ص ۷۰ - ۵۹
- [۱۹] قلوبی، محسن؛ رمضان خانی، سعید؛ ولدان زوج، محمد جواد؛ مختارزاده، مهدی؛ ساعتی، حامد؛ ۱۳۹۳. طبقه‌بندی کاربری اراضی بر مبنای ویژگی‌های مفهومی و مدل گام‌به‌گام طبقه‌بندی پوشش اراضی، سنجش از دور و GIS ایران، شماره اول، ص ۶۸ - ۴۹
- [۲۰] قربانی، مهدی؛ مهربانی، علی اکبر؛ ثروتی، محمدرضا؛ نظری سامان، علی اکبر؛ ۱۳۸۹. بررسی تغییرات جمعیت و اثرگذاری های آن بر تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی : منطقه بالاطالقان)، نشریه مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۳، شماره ۱، ص ۸۸ - ۷۵

- [۲۱] پوراحمد، احمد؛ سیف الدینی، فرانک؛ پرنون، زیبا؛ ۱۳۹۰. بررسی اثر مهاجرت بر تغییر کاربری شهر اسلامشهر، آرمان شهر، شماره ۶، ص ۶۱ - ۴۹
- [۲۲] واحدیان بیکی، لیلیا؛ پوراحمد، احمد؛ سیف الدینی، فرانک؛ ۱۳۹۰. اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵، فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش های نو در جغرافیای انسانی، سال چهارم، شماره اول، ۴۶ - ۲۹
- [۲۳] ربیعی، حمیدرضا؛ ضیائیان، پرویز؛ علیمحمدی، عباس؛ ۱۳۸۴. کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، ص ۵۴ - ۴۱
- [۲۴] رضایی بنفشه، مجید؛ رستم زاده، هاشم؛ فیضی زاده، بختیار؛ ۱۳۸۶. بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و (GIS مطالعه موردی جنگل های ارسباران (۱۹۸۷-۲۰۰۵)، دوره ۳۹، شماره ۶۲، ص ۱۴۳ - ۱۵۹
- [۲۵] امامقلی، معروف؛ شاهدی، کاکا؛ فرهودی، محمد حسین؛ خسروی، خه بات. (۱۳۹۳). بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک های GIS و RS و ارزیابی اقتصادی آن در مقایسه با تغییرات هدررفت خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد آزاد). اکوسیستم های طبیعی ایران، ۱۵-۲۸
- [۲۶] سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ فقهی، جهانگیر؛ نادعلی، آزاده؛ ریاضی، برهان؛ ۱۳۸۷. بررسی تغییرات پوشش درختی استان گلستان به روش طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از تصاویر ماهواره ای TM و ETM+ لندست ( مطالعه موردی : استان گلستان)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۶، شماره ۳، ص ۵۰۵ - ۴۹۵
- [۲۷] وحیدی، محمدجواد؛ جعفرزاده، علی اصغر؛ فاخری فرد، احمد؛ صادقی، سید حمیدرضا؛ رضایی مقدم، محمد حسین؛ ولی زاده کامران، خلیل؛ ۱۳۹۴. بررسی تغییرات پوشش و کاربری اراضی حوضه آبریز ليقوان در استان آذربایجان شرقی، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۵، شماره ۴۹، ص ۱۰۰ - ۷۵
- [۲۸] کاظمی، محمد؛ مهدوی، یداله؛ نوحه گر، احمد؛ رضایی، پیمان؛ ۱۳۹۰. برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ( مطالعه موردی : حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره ۱، ص ۱۱۲ - ۱۰۱
- [۲۹] آلیانی، حمیده؛ نوراللهی، یونس؛ بابایی کفاکی، ساسان، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر عوامل فیزیوگرافیک در توزیع تغییرات با استفاده از سنجش از دور و GIS، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، سال ۲، شماره ۳، ص ۲۳ - ۹
- [۳۰] بهنام، پگاه؛ صمدی، حسین؛ شایان نژاد، محمد؛ ابراهیمی، عطاله؛ ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده رود در محدوده شهری اصفهان، آب و فاضلاب، سال ۴، ص ۱۱۲ - ۱۰۳
- [۳۱] تقی زاده قلعه جوقی، سیامک؛ معصومی، منوچهر؛ ۱۳۹۱. بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان نقده با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه سپهر، دوره بیست و یک، شماره هشتاد و چهارم، ص ۶۵ - ۵۹
- [۳۲] شنانی هویزه، سیده مائده؛ زارعی، حیدر؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس، پژوهش نامه مدیریت حوضه آبخیز، سال هفتم، شماره چهارده، ص ۲۴۴ - ۲۳۷
- [۳۳] مهرابی، علی اکبر؛ محمدی، محمد؛ محسنی ساروی، محسن؛ جعفری، محمد؛ قربانی، مهدی؛ ۱۳۹۲. بررسی نیروهای محرک انسانی مؤثر بر تغییرات کاربری سرزمین مطالعه موردی: روستاهای سیدمحل و داسرا- تنکابن، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۲، ص ۳۲۰ - ۳۰۷
- [۳۴] میرزایی، سمیه؛ زینی وند، حسین؛ حقی زاده، علی؛ ۱۳۹۵. شبیه سازی رسوب معلق روزانه و بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر آن در حوزه آبخیز گلگل، ایلام، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۴، ص ۵۹ - ۴۸
- [۳۵] فارسی، جواد؛ یوسفی، مریم؛ ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بجنورد)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دوم، شماره هفتم، ص ۱۰۶ - ۹۵
- [۳۶] اکبری، الهه؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ تقوی مقدم، ابراهیم؛ ۱۳۹۵. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش های مختلف تئوری آموزش آماری منطقه نیشابور، مجله آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی - پژوهشی دانشگاه گلستان، سال ششم، شماره مسلسل بیستم، ص ۵۰ - ۳۵

- [۳۷] ارخی، صالح؛ ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi ( مطالعه موردی: منطقه آبدانان )، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( سپهر )، دوره ۲۴، شماره ۹۵، ص ۵۱ - ۶۲
- [۳۸] گیویی اشرف، زهرا؛ سرکارگر اردکانی، علی؛ ۱۳۹۰. پایش کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور به منظور ارزیابی بیابان زایی (مطالعه موردی : دشت مروست، استان یزد)، همایش ملی ژئوماتیک ۱۳۹۰
- [۳۹] شجاعیان، علی؛ ۱۳۹۲. کاربرد تصاویر ماهواره ای در تشخیص تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ماتریس ضرب کاربری ها ( مطالعه موردی : منطقه دزفول )، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۲، شماره ۸۶، ص ۶۲ - ۵۵
- [۴۰] بنصر الهی، محمد؛ مبینی، مریم؛ ولی زاده، سارا؛ خسروی، حسن؛ ۱۳۹۳. بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی / پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: دشت گیلانغرب، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۳، شماره ۹۱، ص ۹۷ - ۸۹
- [۴۱] شجاعیان، علی؛ مختاری چلچله، صادق؛ کشتکار، لیلا؛ سلیمانی راد، اسماعیل؛ ۱۳۹۴. مقایسه کارآیی روشهای پارامتریک و ناپارامتریک در طبقه‌بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مطالعه موردی: بخشی از شهرستان دزفول، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۴، شماره ۹۳، ص ۶۴ - ۵۳
- [۴۲] فیضی زاده، بختیار؛ پیرنظر، مجتبی؛ زندکرمی، آرش؛ عابدی قشلاقی، حسن؛ ۱۳۹۴. ارزیابی استفاده از الگوریتمهای فازی در افزایش صحت نقشه های کاربری اراضی استخراج شده با روشهای پردازش شیء‌گرا، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۴، شماره ۹۴، ص ۱۱۷ - ۱۰۹
- [۴۳] فرجی سبکبار، حسنعلی؛ مطیعی لنگرودی، سیدحسن؛ نصیری، حسین؛ ۱۳۹۵. ارائه یک رویکرد ترکیبی بر پایه تئوری مجموعه ناهموار - درخت تصمیم در پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM (مطالعه موردی : شهرستان شوشتر)، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۵، شماره ۹۸، ص ۱۵۵ - ۱۴۱
- [۴۴] نقدی، فریده؛ حسینی، سید محسن؛ صدر، شقایق؛ ۱۳۹۰. ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: اراضی حاشیه شهر تبریز)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره ۱، ص ۱۰۰ - ۹۱
- [۴۵] قنواتی، عزت‌اله؛ دلفانی گودرزی، فاطمه؛ ۱۳۹۲، مکان یابی بهینه توسعه شهری با تاکید بر پارامترهای طبیعی با استفاده از مدل تلفیقی فازی / AHP مطالعه موردی: شهرستان بروجرد، دوفصلنامه ژئوفورمولوژی کاربردی ایران، سال اول، شماره اول، ص ۶۰ - ۴۵
- [۴۶] معصومی، زهره؛ مسگری، محمد سعدي؛ ۱۳۹۴. مدل‌سازی مکانی تغییر کاربری‌های شهری با استفاده از الگوریتم NSGA-II و خوشه‌بندی جواب‌های بده بستان در طرح‌های سیال شهری، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری ص ۱۳۹-۱۵۷
- [۴۷] احمدی ثانی، ناصر؛ بالیغی، سوران؛ جوانمرد، عبدالله؛ سهرابی، منصور، ۱۳۹۳. بررسی و مقایسه توان اکولوژیکی و کاربری های فعلی در اراضی جنوب ارومیه بر اساس اصول آمایش سرزمین دوره ۲۴، شماره ۱، صفحه ۱۲۷-۱۳۷
- [۴۸] جوزی، سید علی؛ علیپور اقدم، افسانه؛ ۱۳۹۴. تحلیل تغییرات کمی و کیفی فضایی منطقه یک شهر تبریز در فاصله سالهای ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۹ شمسی با استفاده از سامانه سنجش از دور، سال ۶، شماره ۱۱، ص ۱۵۸ - ۱۴۵
- [۴۹] احمدلو، محمد؛ دلاور، محمودرضا؛ ۱۳۹۴. مدل سازی تغییرات کاربری اراضی چندگانه با استفاده از رگرسیون انطباقی چند متغیره اسپلاین و سیستم اطلاعات مکانی، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره پنجم، شماره ۲، ص ۱۴۶-۱۳۱
- [۵۰] مشکینی، ابوالفضل؛ تیموری، اصغر؛ ۱۳۹۵. سنجش گستردگی شهری و تاثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS نمونه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۱)، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۷، ص ۳۸۷ - ۳۷۵
- [۵۱] سهولی، غلامعباس؛ دلاور، مجید؛ قمری اصل، محسن؛ ۱۳۹۵. بررسی چشم انداز تغییرات سطح کشت اراضی کشاورزی در افق ۲۰۲۰ در حوضه زربنه رود با استفاده از روش ترکیبی مارکوف - سلول های خودکار، نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال چهارم، شماره سوم، ص ۱۵ - ۱



- [۵۲] پهلوانی، پرهام؛ عسکریان عمران، حسین؛ . ۱۳۹۵ مدل سازی و پیش بینی گسترش شهری بر اساس شبکه عصبی پیش خورنده بهینه شده و فیلتر همسایگی با حدود آستانه مختلف؛ منطقه مورد مطالعه: شهر تهران، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری ص ۸۷-۱۰۰
- [۵۳] حسینعلی، فرهاد؛ آل‌شیخ، علی اصغر؛ نوریان، فرشاد؛ ۱۳۹۲. شناسایی گزینه های مناسب توسعه آتی کاربری اراضی شهری در قزوین به روش مدلسازی ایجاد گزینه ها، نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره سوم، شماره ۲، ص ۱۱۶ - ۱۰۱
- [۵۴] تیموری، اصغر؛ ربیعی فر، ولی الله؛ هادوی، فرامرز؛ هادوی، محمدرضا؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و پیش‌بینی گسترش افقی شهر قزوین با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی، طی دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶)، فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، شماره پنجم، ص ۲۷ - ۱۵
- [۵۵] عسکریان عمران، حسین؛ پهلوانی، پرهام؛ ۱۳۹۴. استفاده از زنجیره مارکوف، MOLA و فیلتر همسایگی به منظور توسعه و افزایش کارایی رگرسیون منطقی در پیش‌بینی تغییرات چندگانه کاربری اراضی؛ مطالعه موردی: شهر تهران. ۳.۱ (۲): ۸۹-۱۰۹
- [۵۶] فلاحتکار، سامره؛ حسینی، سید محسن؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ایوبی، شمس اله؛ پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، پژوهش های محیط زیست، سال ۷، شماره ۱۳، ص ۱۷۴ - ۱۶۳
- [۵۷] وفایی، سامان؛ درویش صفت، علی اصغر؛ پیر باوقار، مهتاب؛ ۱۳۹۲. پایش و پیش بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: منطقه مریوان)، دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۳۲۳-۳۳۶
- [۵۸] طاهری، محمد؛ غلامعلی فرد، مهدی؛ ریاحی بختیاری، علیرضا؛ رحیم اوغلی، شاهین؛ ۱۳۹۲. مدل سازی تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکف، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۴، ص ۹۷ - ۱۲۱
- [۵۹] ارخی، صالح؛ ۱۳۹۳. پیش بینی روند تغییرات مکانی و کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سرابله)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل ها و مراتع ایران، جلد ۱۲، شماره ۱، ص ۱۹ - ۱
- [۶۰] قربانی، رسول؛ پورمحمدی، محمد رضا؛ محمودزاده، حسن؛ ۱۳۹۲. رویکرد زیستمحیطی در مدلسازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌های چند زمانه‌ای، ارزیابی چند معیاری و سلولهای خودکار زنجیره مارکوف (۱۴۱۷ - ۱۳۶۳)، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات شهری، شماره ۸، ص ۳۱ - ۱۳
- [۶۱] محمدی، مجید؛ امیری، مجتبی؛ دستورانی، جعفر؛ ۱۳۹۴. مدل سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره نوزدهم، شماره ۴، ص ۱۵۸ - ۱۴۱
- [۶۲] اصغری زمانی، اکبر؛ احدنژاد روشتی، محسن؛ خداوندی، عبدالله؛ ۱۳۹۵. ارزیابی تحلیلی گستردگی فضایی - کالبدی مناطق شهری و تاثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS، سال شانزدهم، شماره ۵۳، ص ۷۶ - ۵۷
- [63] Robert Gilmore Pontius, Diana Huffaker, Kevin Denman, (2004). "Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models", Ecological Modelling, Volume 179, Issue 4, , Pages 445-461, ISSN 0304-3800
- [۶۴] احسانی، امیر هوشنگ؛ علوی پناه، سید کاظم؛ ۱۳۸۴. تشخیص تغییرات و بیابانزایی با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی داده های ماهواره ای چند طیفی، پژوهش های جغرافیایی ۱، ۵۱ (۱۳۸۴): ۵۰-۶۲.
- [65] ASHBINDU SINGH (1989) Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing, 10:6, 989-1003
- [66] D. Lu & Q. Weng (2007): A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, International Journal of Remote Sensing, 28:5,823-870
- [۶۷] مدنیان، ملیحه سادات، & سفیانیان. (۲۰۱۲). مروری بر برخی از روش های آشکارسازی تغییرات با استفاده از داده های سنجش از دور. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۲۱(۸۲)، ۴۴-۴۹.
- [۶۸] فتحی زاد، آرخی، & تازه. (۲۰۱۳). بررسی روش های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: منطقه خشک مهران). خشکبوم، ۳(۱)، ۵۶-۶۸.

- [۶۹] مهدوی، فتحی زاد، شتایی، & شعبان. (۲۰۱۵). ارزیابی و تحلیل انواع روش‌های آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی/پوشش گیاهی (مطالعه موردی: جنگل‌های حفاظت شده مانشت استان ایلام). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۱(۴)، ۱۸۷-۲۱۰
- [70] Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International journal of Remote sensing*, 28(5), 823-870 .
- [71] Caetano, M. (2009). Image classification. *ESA Advanced training course on Land Remote Sensing*,.
- [72] Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., & Wu, C. (2014). A review of remote sensing image classification techniques: The role of spatio-contextual information. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 389-411.
- [۷۳] سعیدزاده فاطمه، صاحبی محمودرضا، عبادی حمید، صادقی وحید (۱۳۹۴). آشکارسازی تغییرات تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با استفاده از ترکیب روش‌های ماسک باینری و مقایسه پس از طبقه‌بندی. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، ۵ (۳) ۱۱۱-۱۲۸.
- [۷۴] مقیمی آرمین، عبادی حمید، صادقی وحید (۱۳۹۷). پایش تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه با بکارگیری الگوریتم شناسایی تغییرات چند متغیره با وزن‌دهی تکراری (IR-MAD) و طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (SVM). مهندسی فناوری اطلاعات مکانی. ۶ (۲): ۲۳-۴۱
- [۷۵] حسنلو مهدی، سیدی سید تیمور (۱۳۹۷). آشکارسازی تغییرات زیر پیکسلی کاربری اراضی در تصاویر ابرطیفی مبتنی بر جداسازی طیفی و پس‌پردازش. مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۶ (۴): ۹۷-۱۱۷.
- [76] Lu, D., Li, G., & Moran, E. (2014). Current situation and needs of change detection techniques. *International Journal of Image and Data Fusion*, 5(1), 13-38.
- [77] Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12), 2365-2401.
- [78] Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*, 10(6), 989-1003.
- [79] Jianya, G., Haigang, S., Guorui, M., & Qiming, Z. (2008). A review of multi-temporal remote sensing data change detection algorithms. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B7), 757-762.
- [80] Zhu, Z. (2017). Change detection using landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130, 370-384.
- [81] Janalipour, M., & Mohammadzadeh, A. (2017). A fuzzy-ga based decision making system for detecting damaged buildings from high-spatial resolution optical images. *Remote Sensing*, 9(4), 349.