

کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهری مطالعه موردی: شهر کرد

محسن شاطریان^۱

سید حجت موسوی^۲

زهرا مومن بیک^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۶/۱۸

چکیده

داشتن آمار و اطلاعات به هنگام از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی و شهری است. با توجه به تغییرات گسترده کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و برنامه‌ریزان از چگونگی تحولات حادث شده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی جهت رفع معضلات موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند زمانی آنها ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین نقشه کاربری اراضی یکی از الزامات هرگونه برنامه‌ریزی توسعه ملی و منطقه‌ای است که مدیران، برنامه‌ریزان و کارشناسان را قادر می‌سازد با شناسایی وضع موجود و مقایسه قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها، در زمینه حل معضلات و رفع نیازهای حال و آینده اقدامات لازم را طراحی و اجرا نمایند. لذا هدف از این پژوهش تهیه نقشه‌های کاربری اراضی شهرستان شهرکرد و همچنین پایش تغییرات کاربری اراضی این منطقه در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشد. در این راستا تصاویر سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI ماهواره لندست در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ به‌عنوان پایگاه داده مورد بهره‌گیری قرار گرفت و جهت آنالیز داده‌ها از نرم افزارهای دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی ENVI 4.7 و ArcGIS 10.4 استفاده گردید. نتایج نشان داد که در این دوره ۳۲ ساله، مساحت کاربری‌های شهری، کشاورزی و صنعتی هر کدام به ترتیب ۲۶/۲، ۱۹۰/۳ و ۱۵/۶ کیلومتر مربع افزایش یافته‌است، درحالی‌که کاربری مرغزار و سایر کاربری‌ها به ترتیب ۴/۹ و ۲۳۰/۶ کیلومتر مربع کاهش وسعت داشته‌اند. این موضوع حاکی از تخریب سرزمین، به دلیل احداث فرودگاه و همچنین از بین رفتن مراتع به موجب افزایش اراضی شهری و کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، ماهواره لندست، شهرکرد، سنجش از دور، پایش تغییرات

۱- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران (نویسنده مسئول) Shaterian@kashanu.ac.ir

۲- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۱- مقدمه

دوره‌ای ماهواره لندست یکی از مهم‌ترین منابع داده‌ای برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش اراضی از قبیل جنگل‌زدایی، افزایش و گسترش کشاورزی و رشد شهری است (وربرگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۰۹). استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به وسیله طبقه‌بندی، از پرکاربردترین روش‌های موجود است (میرزایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۲). یکی از مهمترین موارد کاربرد داده‌های سنجش از دور استفاده از آن برای بررسی و کشف تغییرات به وجود آمده در پدیده‌هایی است که دارای ماهیت زمانی- مکانی بوده و یا به عبارتی موقعیت و وضعیت آنها در طول زمان دچار تغییر می‌شود. در واقع کشف تغییرات^۷ به فرایند شناسایی و تعیین نوع و وسعت پوشش یا کاربری زمین در یک دوره زمانی با استفاده از تصاویر سنجش از دور گفته می‌شود (سینگ^۸، ۱۹۸۹: ۹۹۳). روش‌های علمی پایش تغییرات شامل دورسنجی و تحلیل‌های مکانی و مدل‌سازی، همراه با مجموعه بین رشته‌ای از روش‌های علمی طبیعی و اجتماعی مورد نیاز برای بررسی علل و پیامدهای تغییرات پوشش زمین/ کاربری اراضی در طیف وسیعی از مقیاس‌های زمانی و مکانی می‌شود (رابرت پنتیوس^۹، ۲۰۱۳: یوما ماهیسواری^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵: ۲۸۶۷؛ راماموهانا رائو^{۱۱}، ۲۰۱۵: ۵۴۶۵).

تکنیک‌های زیادی برای کشف تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی توسط افراد مختلف توسعه داده شده است. برخی از این تکنیک‌ها عبارتند از: مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر^{۱۲}، روش تفاضل تصاویر^{۱۳}، آنالیز مؤلفه‌های اصلی^{۱۴}، روش اختلاف شاخص گیاهی^{۱۵} و روش آنالیز برداری^{۱۶} (لو^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۴: ۲۳۶۶).

آگاهی از نوع و درصد کاربری اراضی و پوشش‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (اسلمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳). با توجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (بیکر^۱، ۱۹۸۹: ۱۱۱؛ پارکر^۲ و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۱۴). از سوی دیگر، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات نیز برای آگاهی از کمیّت و کیفیت تغییرات احتمالی آتی اهمیت دارد. بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه است (لمبین^۳، ۱۹۹۷: ۳۷۵؛ استفان^۴، ۲۰۰۱: ۱۴۵).

تشخیص به موقع و دقیق تغییرات عوارض سطح زمین، پایه و اساسی برای درک بهتر روابط و تعاملات بین پدیده‌های انسانی و طبیعی به منظور مدیریت بهتر و استفاده بهینه از منابع را فراهم می‌آورد (قرائتی جهرمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۹). پایش تغییرات جهت ارزیابی اثرات ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل جنگل‌زدایی، کشاورزی و شهرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (آرخی و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۱). بنابراین با پایش تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های زمانی متعدد می‌توان به روند مسائل زیست محیطی نظیر تخریب اراضی، کاهش توان اکولوژیک و بیولوژیک و کاهش زیست توده اکوسیستم پی برد (قرائتی جهرمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۹).

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های تهیه نقشه کاربری است که در اختیار محققان قرار دارد (پال و مادر، ۲۰۰۵: ۱۰۰۷). در این میان تصاویر

6- Verburg

7- Change detection

8- Singh

9- Robert Pontius

10- Uma Maheswari

11- Ramamohana Rao

12- Post-classification comparison (PCC)

13- Image differencing

14- Principle components analysis

15- Vegetation index differencing

16- Spectral change vector analysis

17- Lu

1- Baker

2- Parker

3- Lambin

4- Stephenne

5- Pal & Mather

ETM⁺ در بازه‌های ۱۹۹۵، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ در شمال شرقی چین پایش نمودند و نتیجه گرفتند که مساحت اراضی کشاورزی و علفزار کاهش یافته و در مقابل وسعت مناطق شهری، نواحی آبی و جنگلی افزایش داشته‌است. گوان^۷ و همکاران (۲۰۱۱) سلول اتوماتا و زنجیره مارکوف را جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با هدف بررسی توازن رشد شهری و حفاظت از محیط‌زیست تا سال ۲۰۴۹ بکار بردند که از نتایج آن افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی کشاورزی و پوشش جنگلی بود. کولیوس و استیلیون^۸ (۲۰۱۳) از تصاویر لندست برای شناسایی تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی منطقه پروزا در پنینسولا یونان استفاده کردند. آنها برای طبقه‌بندی تصاویر از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و سیستم‌های پشتیبان بردار بهره گرفتند و توانستند تغییرات اراضی شهری، جنگلی، ساحلی و کشاورزی را شناسایی کنند. آروبلالاجی و گروگنانام^۹ (۲۰۱۴) در یک بازه زمانی ۱۶ ساله از طریق داده‌های دورسنجی به پایش تغییرات کاربری اراضی محدوده سالم در جنوب هند پرداختند و نتیجه گرفتند که توسعه اجتماعی-اقتصادی این منطقه به عنوان مؤلفه تأثیرگذار بر منابع آب و منابع معدنی، عامل اصلی این تغییرات است. ابطحی و پاک‌پرور (۱۳۸۱) برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه کاشان از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۱۳۷۷ - ۱۳۵۵)، ترکیب باندهای ۳، ۴، ۵ و روش حداقل فاصله استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که این تصاویر جهت پایش تغییرات کاربری اراضی این منطقه مناسب است. ربیعی و همکاران (۱۳۸۴) تحولات پوشش اراضی منطقه اصفهان را از طریق تصاویر TM (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۸) و الگوریتم حداکثر احتمال و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که تغییرات از نوع تغییر کاربری کشاورزی به مسکونی بوده است. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) تغییرات کاربری فضای سبز شهر تبریز را با استفاده

رید و لیو^۱ (۱۹۹۸) از طریق داده‌های تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست، به مقایسه روش‌های تفاضل تصویر، رگرسیون، تبدیلات کات توماس، تسلدکپ و کاسکوئر برای بررسی پایش تغییرات کاربری اراضی شهری پرداختند و دریافتند که روش تفاضل باندهای ۳ TM بهترین روش است. شی^۲ و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تصاویر چندزمانی لندست تغییرات خط ساحلی شهر شانگ‌یو در چین را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از این تصاویر برای پایش تغییرات سریع کاربری‌های ساحلی کارآمد و مناسب است. ریچارد^۳ (۲۰۰۳) تغییرات کاربری اراضی را در ایالت مونتانا آمریکا طی سال‌های ۱۸۶۰ تا ۲۰۰۰ به صورت خطی مدل‌سازی کرد.

پایگاه داده ایجاد شده برای مدل‌سازی شامل پارامترهای زیست‌محیطی، اقتصادی-اجتماعی و اطلاعات تغییرات مکانی بود که تلفیق این مجموعه عظیم داده‌ها تغییرات پیوسته اراضی کشاورزی و جنگلی به کاربری‌های شهری و یا سایر انواع کاربری‌های کشاورزی را بیان نمود. لی^۴ و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر TM، تغییر کاربری اراضی شمال غربی چین را طی سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ مطالعه نمودند و نشان دادند که کاهش معنی‌داری در سطح اراضی بایر به علت تبدیل شدن به علفزار رخ داده است و با تبدیل علفزار و اراضی بایر به کاربری کشاورزی، اراضی زراعی ۳/۳۹ درصد افزایش داشته است. واکیل^۵ و همکاران (۲۰۰۵) به کمک تصاویر لندست طی دوره ۱۹۹۷ - ۱۹۶۷ به بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه هیمالیای هند پرداختند و بیان داشتند که پوشش جنگلی با افزایش فشار جمعیت، فعالیت‌های کشاورزی و همچنین استخراج مواد خام تغییر کرده است. گائو^۶ و همکاران (۲۰۰۶) تغییرات کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و

1- Ridd & Liu

2- Shi

3- Richard

4- Li

5- Wakeel

6- Gao

7- Guan

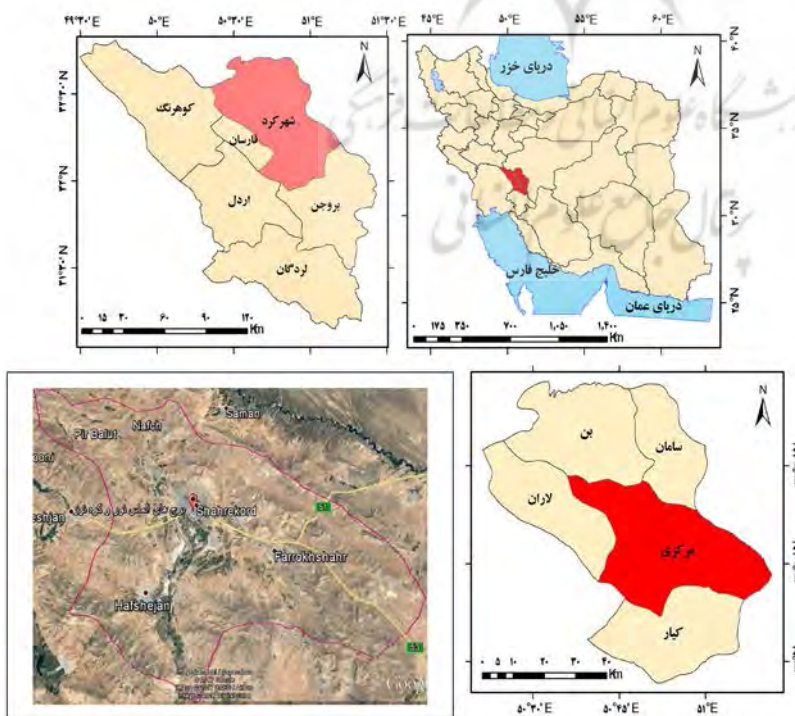
8- Stavros & Chrysostomos

9- Arulbalaji & Gurugnanam

در ۱۶ سال اول ۲۴ درصد افزایش و از آن پس تا سال ۲۰۱۰ نسبتاً ثابت باقی مانده است. اراضی کشاورزی و باغات نیز در ۱۶ سال اول ۲۱ درصد کاهش و پس از آن تا سال ۲۰۱۰ حدود ۵۷ درصد افزایش را نشان می‌دهد. زنگنه شهرکی و همکاران (۱۳۹۳) به پایش تغییرات کاربری اراضی و گسترش کالبدی شهر مشهد پرداختند و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲) طبقات پوشش و کاربری زمین برای شهر مشهد و اطراف آن استخراج شد و از طریق تکنیک کشف تغییرات به روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر، تغییرات اراضی کشاورزی و اراضی بایر به کاربری شهری شناسایی گردید. بر اساس نتایج ۳۳۴۳/۶۷ هکتار از اراضی کشاورزی و ۶۹۶۶/۱۱ هکتار از اراضی بایر به کاربری شهری تبدیل شده و جهات اصلی گسترش شهر به ترتیب جهات شمال غرب، غرب و شرق بوده است.

هدف از این پژوهش پایش تغییرات کاربری اراضی شهری شهرکرد در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ و همچنین تهیه نقشه‌های کاربری اراضی این منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشد.

از داده‌های TM و SPOT بررسی کردند. آنها در این مطالعه از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا استفاده کردند و توانستند میزان کاهش فضای سبز این شهر را به دست آورند. جعفری و همکاران (۱۳۹۰) به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی در بخش مرکزی شهرستان بویراحمد (یاسوج)، با استفاده از تصاویر سنجنده TM مدلی مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم توسعه دادند که با این روش توانستند تغییرات پوشش و کاربری اراضی را شناسایی کنند. روستا و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌های سنجنده ETM⁺ ۲۰۰۰، TM ۱۹۰۰ و IRS ۲۰۰۹ به تهیه نقشه کاربری در پنج کلاس برای شهر شیراز پرداختند که سطحی حدود ۷۹۰ هکتار از اراضی کشاورزی و سطحی معادل با ۶۷۰ هکتار از اراضی باغ به اراضی شهری تغییر کاربری داده‌اند. قرائتی جهرمی و همکاران (۱۳۹۳) از طریق تصاویر لندست و تکنیک‌های دورسنجی به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه کاشان در بازه ۳۶ ساله (۱۹۷۵-۲۰۱۰) پرداختند و نتیجه گرفتند که اراضی شهری، به صورت کاملاً خطی در کل بازه حدود ۹ برابر افزایش یافته، و همچنین اراضی مرتعی



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
 کاربرد داده‌های سنجنش از دور در آشکارسازی تغییرات ... / ۲۳۹

جدول ۱: مشخصات توان تفکیک مکانی و رادیومتریک سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI (منبع: www.usgs.gov)

ماهواره/ سنجنده	تفکیک رادیومتریک	تفکیک مکانی باندهای حرارتی	تفکیک مکانی باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی	تفکیک باند پان کروماتیک
لندست TM/5	۸ بیت	۱۲۰ × ۱۲۰ متر	۳۰ × ۳۰ متر	ندارد
لندست +ETM/7	۸ بیت	۶۰ × ۶۰ متر	۳۰ × ۳۰ متر	۱۵ × ۱۵ متر
لندست OLI/TIRS/8	۱۶ بیت	۱۰۰ × ۱۰۰ متر	۳۰ × ۳۰ متر	۱۵ × ۱۵ متر

گردید (جدول ۱). ابزار مورد استفاده برای آنالیز داده‌ها نیز نرم‌افزارهای دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی ENVI 4.7 و ArcGIS 10.4 است.

۳-۲- روش تحقیق

اطلاعات ماهواره‌ای در ابتدا دارای خطاهای ژئومتری و رادیومتریک هستند که این خطاها متأثر از وضعیت ماهواره، سنجنده، شرایط جوی و خطاهای هنگام ثبت، انتقال اطلاعات و دیگر موارد ناشی از آن می‌باشد.

بنابراین لازم است مراحل پیش پردازش به‌ویژه رفع خطا روی آن‌ها صورت گیرد تا قابل استفاده برای مرحله پردازش شوند (فرج‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۴: ۹). به همین منظور پس از تهیه داده‌های ماهواره‌ای به منظور آماده‌سازی داده‌ها برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید، عملیات تصحیح خطاهای رادیومتریک تصاویر، چپش باندهای تصاویر و در نهایت برش تصاویر براساس منطقه مورد مطالعه، برای سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ در نرم‌افزار ENVI 4.7 انجام شد.

۳-۲-۱- طبقه‌بندی تصاویر

به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی پس از رفع خطاها، با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده^۱ و الگوریتم حداکثر احتمال^۲ که بنابر نتایج تحقیقات پیشین از صحت و دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار است، تصاویر پردازش شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان شهرکرد با مرکزیت شهر شهرکرد در قسمت شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته است. از لحاظ موقعیت نسبی از سمت شمال، شرق و جنوب شرقی به اصفهان، از طرف غرب به شهرستان کوه‌رنگ و از طرف جنوب و جنوب شرقی به فارس و اردل منتهی می‌شود. این شهرستان در طول شرقی ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه است و از نظر عرض جغرافیایی در عرض شمالی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۱ دقیقه قرار گرفته است. به لحاظ وضعیت توپوگرافی این شهرستان در بخش شمالی رشته کوه‌های بختیاری از سلسله جبال زاگرس و در حاشیه گسل زاگرس قرار دارد. از ارتفاعات آن می‌توان به کوه جهان بین و کوه شیراز اشاره کرد که با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر آن را پوشانیده است.

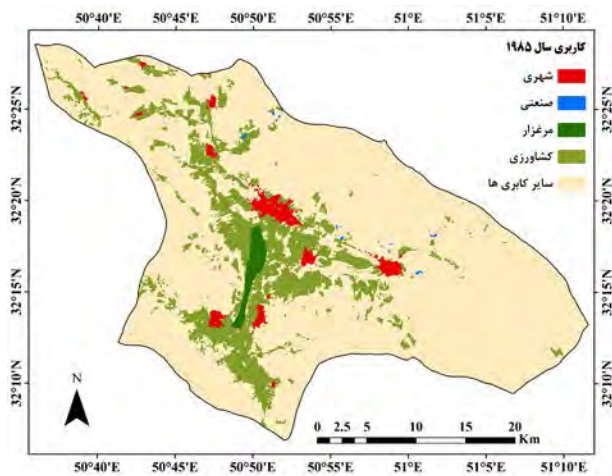
فواصل بین رشته‌کوه‌ها را دشت‌های وسیعی فرا گرفته است که از عمده‌ترین دشت‌های منطقه می‌توان به دشت شهرکرد، دشت بن، دشت هفشجان اشاره نمود. این شهرستان دارای سه بخش مرکزی، فرخ‌شهر و لاران می‌باشد که منطقه مورد مطالعه دو بخش مرکزی و فرخ‌شهر را در بر می‌گیرد (معاونت برنامه‌ریزی و پژوهش شهرداری شهرکرد، ۱۳۹۱).

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

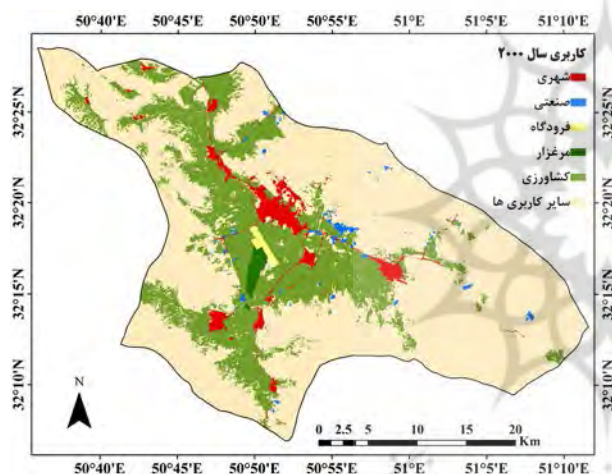
پایگاه داده پژوهش حاضر شامل تصاویر سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI ماهواره لندست به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ می‌باشد که از پایگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا (www.usgs.gov) استخراج

1- Supervised classification

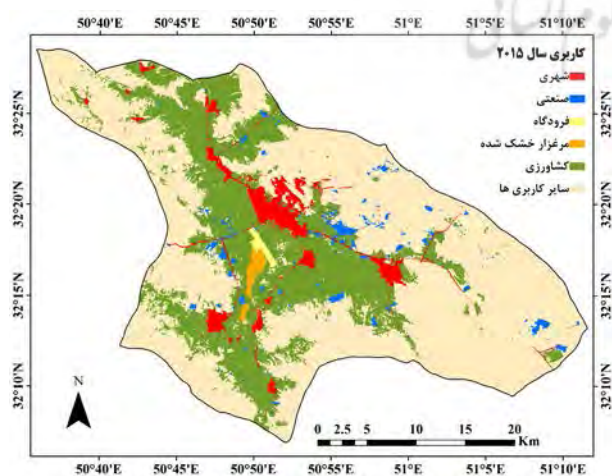
2- Maximum likelihood



نگاره ۲: نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ شهرکرد



نگاره ۳: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ شهرکرد



نگاره ۴: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ شهرکرد

ماهیت طبقه‌بندی حداکثر احتمال اختصاص یک پیکسل به طبقه‌ای است که احتمال طبقه‌بندی بر اساس اطلاعات موجود از داده‌های آموزشی در آن حداکثر میزان خود باشد. در این روش ابتدا میزان احتمال هر پیکسل به هر کلاس از قبل تعریف شده و محاسبه می‌شود و کلاسی که بیشترین میزان احتمال را داشته باشد، پیکسل تست را به خود اختصاص می‌دهد.

فرض روش حداکثر احتمال این است که آمارهای داده‌های آموزشی برای هر کلاس و در هر باند به صورت نرمال توزیع شده‌اند (جنسن^۱، ۲۰۰۵). به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه، براساس بررسی‌های میدانی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور، تصاویر حاصل از گوگل ارث و نیز مطالعه بصری تصاویر، به منظور جداسازی طبقات کاربری/پوشش سرزمین به تهیه نمونه‌های تعلیمی^۲ برای هر کاربری پرداخته شد. با توجه به اینکه نمونه‌های تعلیمی به عنوان نسبتی از کل تصویر، نمایانگر یک تا پنج درصد پیکسل‌ها هستند (ریچاردز و ژیا^۳، ۱۹۹۹: ۴۳)، در مجموع ۵ تا ۱۰ درصد از کل پیکسل‌های تصویر به عنوان نمونه‌های تعلیمی انتخاب شدند. سپس با استفاده از داده‌های کمکی، تفسیر بصری و دانش تجربی، نتایج طبقه‌بندی از طریق تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی اصلاح گردید. وجود آشنایی اولیه با منطقه، مطالعه بصری تصویر، تجربه قبلی و نیز انجام عملیات صحرایی مشخص کرد که کاربری‌های زیر در منطقه وجود داشته و بر روی تصویر نیز بصورت بصری قابل جدا شدن هستند. این کاربری‌ها عبارتند از: الف) شهری، ب) کشاورزی، پ) صنعتی، ت) مرغزار، ث) فرودگاه و ج) سایر کاربری‌ها (که شامل کاربری مرتع، صخره‌ها و اراضی بدون پوشش می‌باشد). نتایج حاصل از این طبقه‌بندی برای شش کلاس مورد نظر در هر چهار دوره در نگاره‌های (۲) تا (۵) نمایش داده شده است.

1- Jensen
 2- Training samples
 3- Richards & Jia

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
 کاربرد داده‌های سنجنش از دور در آشکارسازی تغییرات ... / ۲۴۱

صحت کلی^۲: با تقسیم تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های تحت طبقه‌بندی، صحت کلی به دست می‌آید.

صحت تولیدکننده^۳: از تقسیم تعداد پیکسل‌هایی که در هر طبقه به درستی طبقه‌بندی شده‌اند بر تعداد پیکسل‌های واقعیت زمینی (نمونه آموزشی) مورد استفاده آن طبقه (جمع ستون)، دقت تولیدکننده بدست می‌آید. این معیار بیان‌کننده این است که واقعیت زمینی (پیکسل‌های نمونه آموزشی) به چه نسبتی، درست طبقه‌بندی شده‌اند.

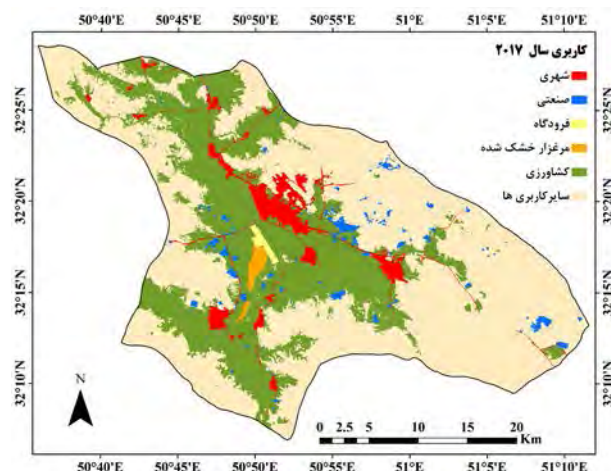
صحت کاربر^۴: از تقسیم تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌هایی که در یک طبقه جای گرفته‌اند (جمع ردیف) حاصل می‌شود (لیلسند و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۸۴).

ضریب کاپا^۵ یکی دیگر از پارامترهای دقت است که از ماتریس خطا استخراج می‌شود و دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۲۴۰ به نقل از ریچارد، ۱۹۹۵). نتایج حاصل از ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده به صورت جدول (۲) می‌باشد که در آن مقدار دقت کل و ضریب کاپا گزارش شده است. مقادیر بالای ضرایب مذکور نشان از دقت قابل قبول جهت تعیین کاربری با استفاده از داده‌های دورسنجی تصاویر لندست می‌باشد. در این میان، بالاترین مقادیر ضریب کاپا ۰/۹۵ و دقت کل ۹۷/۴ مربوط به تصاویر سال ۲۰۱۵ و کمترین مقادیر ضریب کاپا ۰/۷۰ و دقت کل ۸۰/۸ به تصاویر سال ۱۹۸۵ اختصاص دارد.

جدول ۲: ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده

سال	۱۹۸۵	۲۰۰۰	۲۰۱۵	۲۰۱۷
دقت کل	۸۰/۸	۸۸/۱	۹۷/۴	۹۶
ضریب کاپا	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۹۵	۰/۹۲

- 2- Overall accuracy
- 3- Product accuracy
- 4- User accuracy
- 5- Kappa Coefficient
- 6- Richard



نگاره ۵: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ شهرکرد

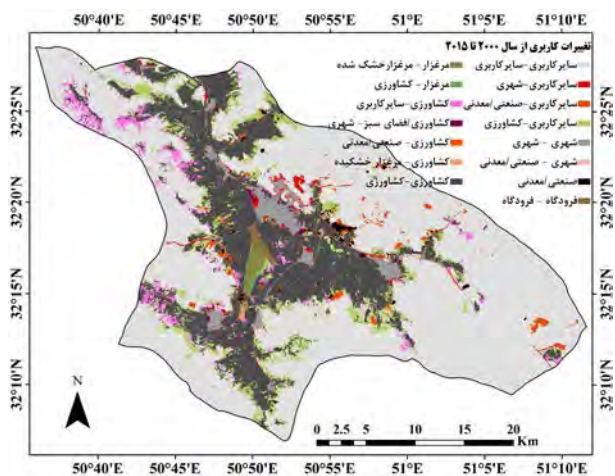
۲-۳-۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

برای بیان و ارزیابی صحت طبقه‌بندی از ماتریس خطا استفاده شد. ماتریس خطا روابط میان داده‌های یک منبع مشخص با نتایج مربوط به طبقه‌بندی خودکار را به صورت طبقه به طبقه مقایسه می‌کند. این ماتریس مربعی شکل بوده و تعداد سطر و ستون آن با تعداد طبقاتی که صحت طبقه‌بندی آنها ارزیابی می‌شود، برابر است (لیلسند و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۸۴). در این ماتریس میزان صحت طبقه‌بندی پیکسل‌هایی که به عنوان نمونه آموزشی تعریف شده‌اند، تعیین می‌شود. خواننده با مشاهده ماتریس خطا می‌تواند از انواع خطاهای حذف و اضافه آگاه شود. تفسیر این ماتریس بدین شرح است: پیکسل‌های نمونه آموزشی که به صورت صحیح و مطابق با پوشش زمین طبقه‌بندی شده‌اند، در امتداد قطر بزرگ ماتریس خطا قرار دارند. همه عناصر غیرقطری ماتریس، نشان‌دهنده خطاهای حذف و اضافه هستند. خطای حذف به عناصری که در ستون عمودی غیر از قطر بزرگ قرار دادند، مربوط می‌شود و خطای اضافه نیز به وسیله عناصری که در سطر افقی غیر از قطر بزرگ واقع شده‌اند، نشان داده می‌شوند (لیلسند و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۸۴). با استفاده از اطلاعات این ماتریس می‌توان پارامترهای زیر را برای طبقه‌بندی به دست آورد:

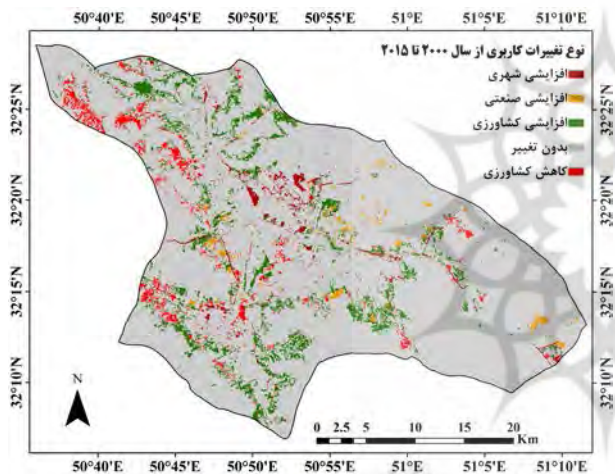
1- Error Matrix

۲-۳-۳- تفاضل تصاویر

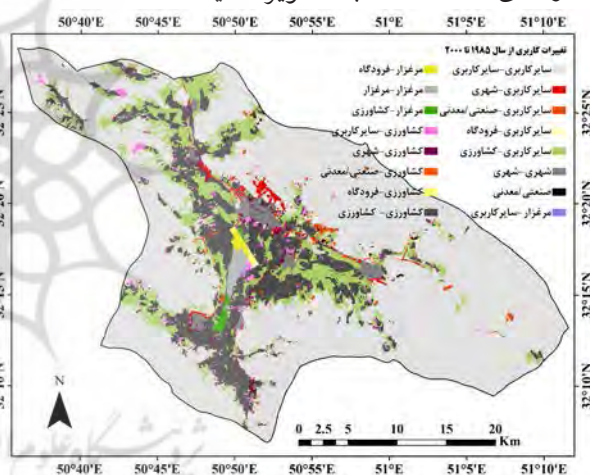
هدف از تفریق دو تصویر قابل انطباق از یک ناحیه که مربوط به دو زمان متفاوت هستند، ارزیابی درجه تغییرهای حادث شده در فاصله زمانی دو نوبت تصویربرداری است (رسولی، ۱۳۱۷: ۱۶۳). در این پژوهش نیز از آنجایی که داده‌های چند زمانه سنجنده‌های لندست برای استخراج نوع کاربری / پوشش زمین به کار گرفته شدند، از طریق توابع تفاضل تصاویر مبادرت به پایش تغییرات کاربری شهری گردید. پس از ایجاد نقشه‌های تکمیل شده سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷، به مقایسه و پایش تغییرات بین کاربری‌های موجود در این نقشه پرداخته شد که نتایج حاصل از آن در نگاره‌های (۶) تا (۱۳) به تصویر کشیده شده است.



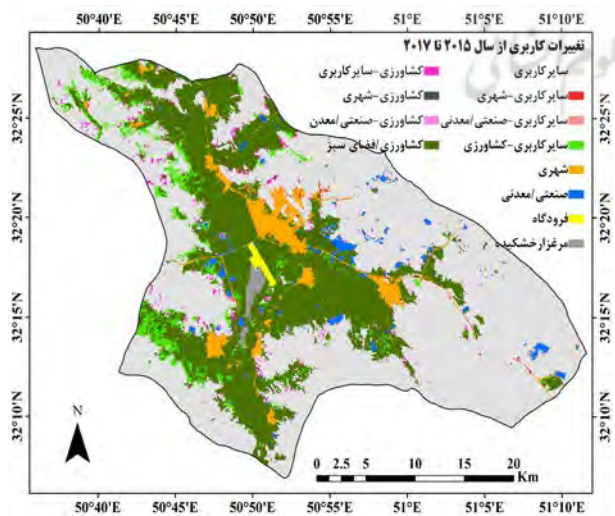
نگاره ۸: نقشه تبدیل کاربری‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵



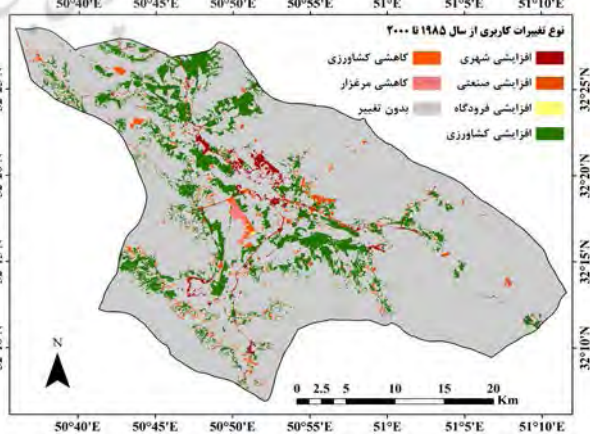
نگاره ۹: نقشه نوع تغییرات کاربری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵



نگاره ۶: نقشه تبدیل کاربری‌ها از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰



نگاره ۱۰: نقشه تبدیل کاربری‌ها از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷

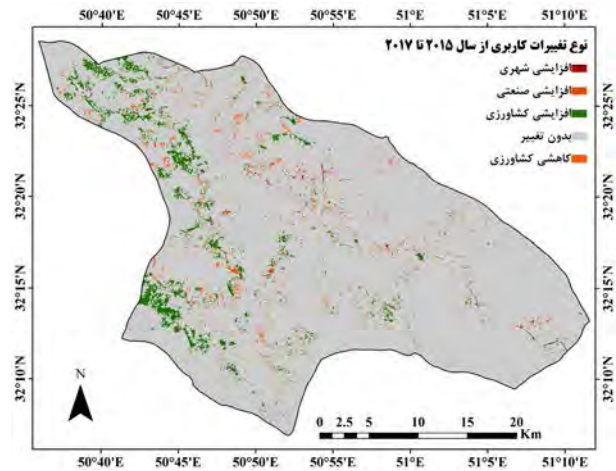


نگاره ۷: نقشه نوع تغییرات کاربری از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰

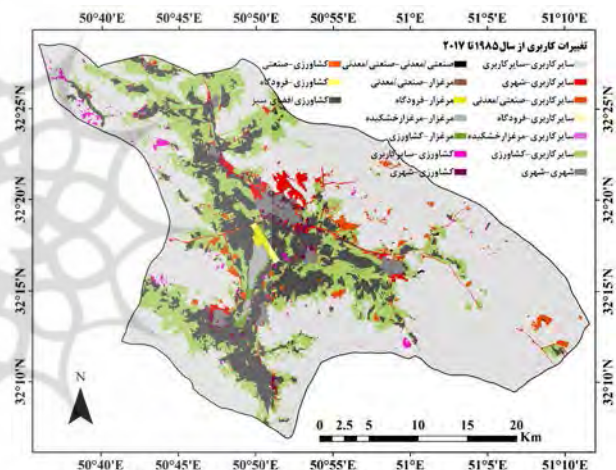
۳- بحث

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷، مساحت شش کلاس پوشش اراضی به دست آمد. نتایج تغییرات رخ داده در این چهار دوره نشان می‌دهد که طی بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ وسعت کاربری‌های شهری، کشاورزی، صنعتی و فرودگاه به ترتیب به میزان ۱۳، ۱۱۱/۷، ۵/۲ و ۳/۴ کیلومترمربع (۱/۱۶، ۱/۲۶، ۰/۵۱ و ۰/۴ درصد)، افزایش یافته است. درحالی که مرغزار و سایر کاربری‌ها با روند کاهش به ترتیب برابر با ۴/۶ و ۱۲۸/۷ کیلومترمربع (۰/۴ و ۱۰/۱ درصد) روبرو هستند. به بیان دیگر می‌توان گفت که در این دوره ۱۵ ساله بیشترین تغییرات مربوط به کاربری مرغزار و سایر کاربری‌ها است، بویژه کاربری مرغزار که با اضافه شدن فرودگاه و تخریب بخش زیادی از آن بیشترین تغییرات را نشان می‌دهد.

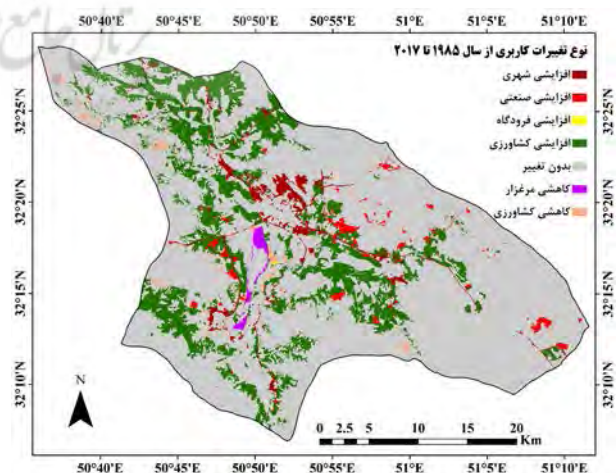
نتایج حاصل از تغییرات بین دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که روند تغییرات همانند دوره اول (۲۰۰۰-۱۹۸۵) است. به این صورت که وسعت کاربری‌های شهری، کشاورزی، صنعتی به میزان ۱۲/۳، ۴۳/۸ و ۱۰/۱ کیلومترمربع افزایش یافته است، درحالی‌که مرغزار و سایر کاربری‌ها با روند کاهش به ترتیب برابر با ۰/۳ و ۶۵/۹ کیلومترمربع روبرو است. به بیان دیگر می‌توان گفت که در این دوره ۱۵ ساله نیز بیشترین تغییرات مربوط به کاربری مرغزار و سایر کاربری‌ها می‌باشد. همچنین کاربری‌های شهری، کشاورزی و صنعتی این دوره نیز همانند دوره زمانی اول (۲۰۰۰-۱۹۸۵) با همان روند اما با شدت کمتر (به جز کاربری صنعتی) در حال افزایش است. بررسی تغییرات بین دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ نشان می‌دهد که روند تغییرات همانند دوره‌های پیشین است. به این صورت که وسعت کاربری‌های شهری، کشاورزی، صنعتی به میزان ۰/۹، ۳۴/۸ و ۰/۳ کیلومترمربع افزایش یافته و کاربری مرغزار و فرودگاه طی این دوره نیز بدون تغییر است. درحالی‌که سایر کاربری‌ها همانند دوره قبل کاهش به میزان ۳۶ کیلومترمربع داشته‌اند (جدول ۳ و نگاره ۱۴).



نگاره ۱۱: نقشه نوع تغییرات کاربری از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷



نگاره ۱۲: نقشه تبدیل کاربری‌ها از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷



نگاره ۱۳: نقشه نوع تغییرات کاربری از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷

جدول ۳: مساحت طبقه‌های مختلف کاربری و مقدار تغییرات آنها در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷

نوع کاربری	مساحت ۱۹۸۵		مساحت ۲۰۰۰		تفاضل (۱۹۸۵-۲۰۰۰)		مساحت ۲۰۱۵		تفاضل (۲۰۰۰-۲۰۱۵)		مساحت ۲۰۱۷		تفاضل (۲۰۱۵-۲۰۱۷)	
	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد	Km ²	درصد
شهری	۲۱/۳	۱/۹۴	۳۴/۳	۳/۲	۱۳	۱/۲۶	۴۶/۶	۴/۳	۱۲/۳	۱/۱	۴۷/۵	۴/۴	۰/۹	۰/۱
کشاورزی	۱۶۹/۹	۱۵/۴۴	۲۸۱/۶	۲۵/۶	۱۱۱/۷	۱۰/۱۶	۳۲۵/۴	۲۹/۶	۴۳/۸	۴	۳۶۰/۲	۳۲/۸	۳۴/۸	۳/۲
صنعتی	۰/۹	۰/۰۹	۶/۱	۰/۶	۵/۲	۰/۵۱	۱۶/۲	۱/۵	۱۰/۱	۰/۹	۱۶/۵	۱/۵	۰/۳	۰
مرغزار	۱۱/۱	۱	۶/۵	۰/۶	-۴/۶	-۰/۴	۶/۲	۰/۶	-۰/۳	۰	۶/۲	۰/۶	۰	۰
فرودگاه	-	-	۳/۴	۰/۴	۳/۴	۰/۴	۳/۴	۰/۴	۰	۰	۳/۴	۰/۴	۰	۰
سایر کاربری‌ها	۸۹۷/۴	۸۱/۶	۶۷۷/۷	۷۱/۵	-۱۲۸۷	-۱۰/۱	۷۰۲/۸	۶۳/۹	-۶۵/۹	-۷/۶	۶۶۶/۸	۶۰/۶	-۳۶	-۳/۳
مجموع	۱۱۰۰/۶	۱۰۰	۱۱۰۰/۶	۱۰۰	---	---	۱۱۰۰/۶	۱۰۰	---	---	۱۱۰۰/۶	۱۰۰	---	---

جدول ۴: نوع تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰

کاربری سال ۱۹۸۵	کاربری سال ۲۰۰۰	نوع تغییرات	مساحت (Km ²)	کاربری تغییر یافته
شهری	شهری	بدون تغییر	۱۹/۷۴۱۵۰۴	شهری - شهری
کشاورزی/فضای سبز	شهری	افزایشی شهری	۵/۵۱۳۵۵۱	کشاورزی/فضای سبز - شهری
کشاورزی/فضای سبز	کشاورزی/فضای سبز	بدون تغییر	۱۴۵/۲۴۱۲۷۷	کشاورزی/فضای سبز - کشاورزی/فضای سبز
کشاورزی/فضای سبز	سایر کاربری‌ها	کاهشی کشاورزی	۱۷/۴۲۲۴۹۵	کشاورزی/فضای سبز - سایر کاربری‌ها
کشاورزی/فضای سبز	فرودگاه	کاهشی کشاورزی	۱/۰۸۴۳۵۶	کشاورزی/فضای سبز - فرودگاه
کشاورزی/فضای سبز	صنعتی/معدنی	افزایشی صنعتی	۰/۶۰۶۲۶۵	کشاورزی/فضای سبز - صنعتی/معدنی
سایر کاربری‌ها	شهری	افزایشی شهری	۱۰/۵۵۴۷	سایر کاربری‌ها - شهری
سایر کاربری‌ها	کشاورزی/فضای سبز	افزایشی کشاورزی	۱۳۲/۲۱۸۰۹۱	سایر کاربری‌ها - کشاورزی/فضای سبز
سایر کاربری‌ها	سایر کاربری‌ها	بدون تغییر	۷۴۹/۹۹۹۲۴۱	سایر کاربری‌ها - سایر کاربری‌ها
سایر کاربری‌ها	فرودگاه	افزایشی فرودگاه	۰/۱۷۰۵۲	سایر کاربری‌ها - فرودگاه
سایر کاربری‌ها	صنعتی/معدنی	افزایشی صنعتی	۵/۰۹۳۴۹۲	سایر کاربری‌ها - صنعتی/معدنی
مرغزار	کشاورزی/فضای سبز	افزایشی کشاورزی	۲/۸۴۸۱۱۴	مرغزار - کشاورزی/فضای سبز
مرغزار	سایر کاربری‌ها	کاهشی مرغزار	۰/۳۱۲۴۹۶	مرغزار - سایر کاربری‌ها
مرغزار	فرودگاه	کاهشی مرغزار	۲/۰۴۵۵۳۹	مرغزار - فرودگاه
مرغزار	مرغزار	بدون تغییر	۵/۸۲۴۹۸۷	مرغزار - مرغزار
صنعتی/معدنی	صنعتی/معدنی	بدون تغییر	۰/۸۵۵۴۹۹	صنعتی/معدنی - صنعتی/معدنی

کلی در منطقه و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. از طرف دیگر اینکه، طی این دوره زمانی میزان اراضی کشاورزی، شهری و صنعتی روند صعودی داشته و نشان‌دهنده افزایش فشار انسانی در عرصه مورد مطالعه است. همچنین برای هر دوره نقشه‌های حاصل از تفریق تصاویر و بیان اختلافات با دوره قبل به دست آمد که نتایج

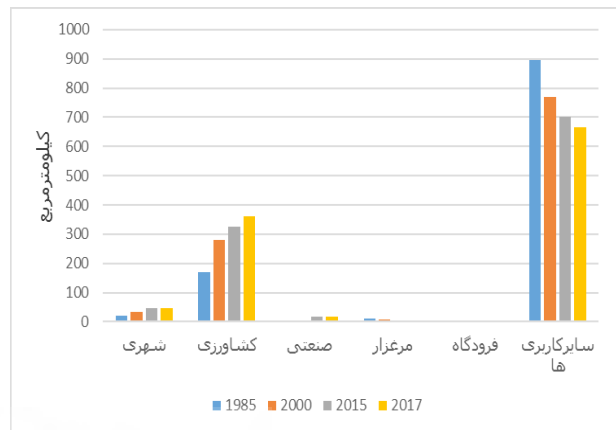
روند تغییرات کاربری‌ها بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مرغزار و سایر کاربری‌ها (شامل انواع مراتع، صخره‌ها و اراضی بدون پوشش) توسط فرودگاه، اراضی کشاورزی، اراضی شهری و صنعتی می‌باشد. کاهش وسعت مرغزار و سایر کاربری‌ها بیانگر تخریب

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات ... / ۲۴۵

به سایر کاربری‌ها تبدیل شده و در واقع از بین رفته است. همچنین ۱۰/۵ کیلومترمربع از سایر کاربری‌ها به کاربری شهری، ۱۳۲/۲ کیلومترمربع به کاربری کشاورزی، ۰/۱۷ به کاربری فرودگاه و ۵/۰۹ کیلومترمربع به کاربری صنعتی تبدیل شده است. ۲/۸ کیلومترمربع از مرغزار به کاربری کشاورزی، ۰/۳ کیلومترمربع به سایر کاربری‌ها و ۲/۰۴ کیلومترمربع به واسطه تغییر کاربری به فرودگاه تخریب شده است (جدول ۴).

نتایج تغییرات کاربری‌های دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که از زمین‌های کشاورزی وسعت ۵/۲ کیلومترمربع به کاربری شهری، ۲/۱ کیلومترمربع به کاربری صنعتی، ۰/۸ کیلومترمربع به کاربری مرغزار خشک شده و ۳۰/۱ کیلومترمربع به سایر کاربری‌ها تغییر یافته است. همچنین ۱۰/۲ کیلومترمربع از سایر کاربری‌ها به کاربری شهری، ۷۸/۱ کیلومترمربع به کاربری کشاورزی و ۹/۰۶ کیلومترمربع به کاربری صنعتی تبدیل شده است. ۱/۳ کیلومترمربع از مرغزار نیز به کاربری کشاورزی تبدیل شده و کاربری‌های شهری و صنعتی نیز بدون تغییر مانده‌اند (جدول ۵).

حاصل از مساحت سنجی آن در جدول‌های (۴) تا (۷) گزارش شده است.



نگاره ۱۴: مساحت کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷

نتایج تغییرات کاربری‌های دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ نشان می‌دهد که از زمین‌های کشاورزی وسعت ۵/۵ کیلومترمربع به کاربری شهری، ۰/۶ کیلومترمربع به کاربری صنعتی، ۱/۰۸ کیلومترمربع به کاربری فرودگاه و ۱۷/۴۲ کیلومترمربع

جدول ۵: نوع تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

کاربری سال ۲۰۰۰	کاربری سال ۲۰۱۵	نوع تغییرات	مساحت (Km2)	کاربری تغییر یافته
شهری	شهری	بدون تغییر	۳۳/۵۶۱۹۷۵	شهری - شهری
کشاورزی/فضای سبز	شهری	افزایشی شهری	۵/۲۰۷۴۰۲	کشاورزی/فضای سبز - شهری
کشاورزی/فضای سبز	کشاورزی/فضای سبز	بدون تغییر	۲۴۳/۱۰۴۳۵۹	کشاورزی/فضای سبز - کشاورزی/فضای سبز
کشاورزی/فضای سبز	سایر کاربری‌ها	کاهش کشاورزی	۳۰/۱۰۲۹۶۹	کشاورزی/فضای سبز - سایر کاربری‌ها
کشاورزی/فضای سبز	مرغزار خشک شده	کاهش کشاورزی	۰/۸۹۲۳۶۴	کشاورزی/فضای سبز - مرغزار خشک شده
کشاورزی/فضای سبز	صنعتی/معدنی	افزایشی صنعتی	۲/۱۶۹۹۴۹	کشاورزی/فضای سبز - صنعتی/معدنی
سایر کاربری‌ها	شهری	افزایشی شهری	۱۰/۲۱۸۹۵۴	سایر کاربری‌ها - شهری
سایر کاربری‌ها	کشاورزی/فضای سبز	افزایشی کشاورزی	۷۸/۱۲۳۸۱۱	سایر کاربری‌ها - کشاورزی/فضای سبز
سایر کاربری‌ها	سایر کاربری‌ها	بدون تغییر	۶۷۲/۴۲۵۹۳۱	سایر کاربری‌ها - سایر کاربری‌ها
سایر کاربری‌ها	صنعتی/معدنی	افزایشی صنعتی	۹/۰۶۱۴۱۱	سایر کاربری‌ها - صنعتی/معدنی
فرودگاه	فرودگاه	بدون تغییر	۳/۳۰۰۴۱۵	فرودگاه - فرودگاه
مرغزار	کشاورزی/فضای سبز	افزایشی کشاورزی	۱/۳۱۶۸۱۹	مرغزار - کشاورزی/فضای سبز
مرغزار	مرغزار خشک شده	بدون تغییر	۵/۲۴۲۲۱۲	مرغزار - مرغزار خشک شده
صنعتی/معدنی	صنعتی/معدنی	بدون تغییر	۵/۲۳۶۰۹۲	صنعتی/معدنی - صنعتی/معدنی

جدول ۶: نوع تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷

کاربری سال ۲۰۱۵	کاربری سال ۲۰۱۷	مساحت (Km ²)	نوع تغییرات	کاربری تغییر یافته
شهری	شهری	۴۶/۵۵۷۱۰۸	بدون تغییر	شهری-شهری
کشاورزی/فضای سبز	شهری	۲/۳۸۸۲۱۸	کاهش کشاورزی	کشاورزی/فضای سبز-شهری
کشاورزی/فضای سبز	کشاورزی/فضای سبز	۳۰۹/۲۵۰۷۴۵	بدون تغییر	کشاورزی/فضای سبز-کشاورزی/فضای سبز
کشاورزی/فضای سبز	سایر کاربری ها	۱۲/۴۸۲۴۸۸	کاهش کشاورزی	کشاورزی/فضای سبز-سایر کاربری ها
کشاورزی/فضای سبز	صنعتی/معدنی	۱/۲۲۵۵۹۳	افزایشی صنعتی	کشاورزی/فضای سبز-صنعتی/معدنی
سایر کاربری ها	شهری	۲/۳۲۶۴۰۱	افزایشی شهری	سایر کاربری ها-شهری
سایر کاربری ها	کشاورزی/فضای سبز	۴۶/۲۹۸۸۳۶	افزایشی کشاورزی	سایر کاربری ها-کشاورزی/فضای سبز
سایر کاربری ها	سایر کاربری ها	۶۵۱/۶۷۹۹۷۳	بدون تغییر	سایر کاربری ها-سایر کاربری ها
سایر کاربری ها	صنعتی/معدنی	۲/۰۶۵۶۵۴	افزایشی صنعتی	سایر کاربری ها-صنعتی/معدنی
فرودگاه	فرودگاه	۳/۳۰۱۵۰۴	بدون تغییر	فرودگاه-فرودگاه
مرغزار خشک شده	مرغزار خشک شده	۶/۱۰۹۶۷۱	بدون تغییر	مرغزار خشک شده-مرغزار خشک شده
صنعتی/معدنی	صنعتی/معدنی	۱۶/۱۱۲۶۱۸	بدون تغییر	صنعتی/معدنی-صنعتی/معدنی

صنعتی و ۲/۰۴ کیلومترمربع به فرودگاه تبدیل شده است. کاربری های شهری و صنعتی نیز در این دوره بدون تغییر بوده اند (جدول ۷).

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

نقشه های کاربری اراضی یکی از الزامات هرگونه برنامه ریزی توسعه ملی و منطقه ای است که مدیران و برنامه ریزان را قادر می سازد با شناسایی وضع موجود و مقایسه قابلیت ها و پتانسیل ها، در زمینه رفع نیازهای حال و آینده اقدامات لازم را طراحی و اجرا نمایند. در واقع نتایج چنین مطالعاتی بیانگر نوع مدیریت اعمال شده در منطقه و همچنین نشان دهنده نقاط ضعف و قوت آن در طول دوره مطالعاتی می باشد که می تواند بعنوان یک ابزار مدیریتی قدرتمند برای مدیریت بهینه اراضی در جهت نیل به توسعه پایدار و درخور در اختیار مدیران و مسئولان محلی قرار گیرد. در پژوهش حاضر، تغییرات کاربری اراضی در بخش مرکزی شهرستان شهرکرد از استان چهارمحال و بختیاری به وسعت ۱۱۰۰/۶ کیلومترمربع در چهار مقطع زمانی ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

نتایج تغییرات کاربری های دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ نشان می دهد که وسعت ۲/۳ کیلومترمربع از زمین های کشاورزی به کاربری شهری، ۱/۲ کیلومترمربع به کاربری صنعتی و ۱۲/۴۸ کیلومترمربع به سایر کاربری ها تبدیل تغییر کرده است. همچنین ۲/۳ کیلومترمربع از سایر کاربری ها به کاربری شهری، ۴۶/۲۹ کیلومترمربع به کاربری کشاورزی و ۲/۰۶ کیلومترمربع به کاربری صنعتی تبدیل شده است. کاربری های شهری، صنعتی، فرودگاه، مرغزار خشک شده و صنعتی معدنی نیز بدون تغییر بوده اند (جدول ۶).

نتایج تغییرات کاربری های دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ نشان می دهد که وسعت ۷/۸ کیلومترمربع از زمین های کشاورزی به کاربری شهری، ۱/۴ کیلومترمربع به کاربری صنعتی، ۱/۰۸ کیلومترمربع به کاربری فرودگاه و ۷/۴ کیلومترمربع به سایر کاربری ها تبدیل شده است. همچنین ۲۰/۵ کیلومترمربع از سایر کاربری ها به کاربری شهری، ۲۰۳/۱ کیلومترمربع به کاربری کشاورزی، ۰/۰۳ کیلومترمربع به مرغزار خشک شده، ۰/۱۷ به کاربری فرودگاه و ۱۴/۵ کیلومترمربع به کاربری صنعتی تغییر کرده و ۲/۸ کیلومترمربع از مرغزار نیز به کاربری کشاورزی، ۰/۰۵ کیلومترمربع به کاربری

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات ... / ۲۴۷

زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که روند تغییرات همانند دوره ۱۹۸۵-۲۰۰۰ بوده است. به اینصورت که وسعت مرغزار ۰/۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ کاهش داشته و سایر کاربری‌ها نیز ۶۵/۹ کیلومتر مربع کاهش یافته‌اند. در حالی که کاربری شهری با ۱۲/۳، کاربری کشاورزی با ۴۳/۸ و کاربری صنعتی با ۱۰/۱ کیلومتر مربع افزایش روبرو بوده‌اند. روند تغییرات بین دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ نشان‌دهنده تغییرات مشابه دوره‌های پیشین (۱۹۸۵-۲۰۰۰ و ۲۰۱۵-۲۰۰۰)، ولی با شدت کمتر (به دلیل کوتاهتر بودن زمان بازه) است. به اینصورت که وسعت مرغزار و فرودگاه تغییری ندارد، اما همچنان سایر کاربری‌ها به میزان ۳۶ کیلومتر مربع کاهش، و کاربری شهری با ۰/۹، کاربری کشاورزی با ۳۴/۸ و کاربری صنعتی با ۰/۳ کیلومتر مربع افزایش روبرو بوده‌اند. این وضعیت همچنان نشان از رشد زیاد جمعیت و افزایش فشار انسانی بر زمین را دارد. بر اساس نتایج،

مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های مطالعاتی نشان‌دهنده تغییر سطح همه کاربری‌ها است. به این صورت که در دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰، درصد وسعت مرغزار از ۱ درصد در سال ۱۹۸۵ به ۰/۶ در سال ۲۰۰۰ رسیده است. از طرف دیگر مساحت سایر کاربری‌ها از ۸۱/۶ درصد در سال ۱۹۸۵ به ۷۱/۵ درصد در سال ۲۰۰۰ تغییر یافته است، به عبارتی نزدیک به ۱۰/۱ درصد کاهش وسعت داشته است. از جمله دلایل اصلی این تغییرات می‌توان به ایجاد فرودگاه شهرکرد در محدوده مرغزار و از بین بردن زمین‌های وسیع آن به دلیل بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های سطحی مرغزار در این منطقه اشاره کرد. همچنین با افزایش جمعیت و نیاز به تأمین غذا، شاهد افزایش چشمگیر وسعت زمین‌های شهری، صنعتی و کشاورزی همراه با کاهش سایر کاربری‌ها هستیم. از طرفی تغییرات بین دوره

جدول ۷: نوع تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷

کاربری سال ۱۹۸۵	کاربری سال ۲۰۱۷	مساحت (Km2)	نوع تغییرات	کاربری تغییر یافته
شهری	شهری	۲۱/۴۵۱۲۹	بدون تغییر	شهری-شهری
کشاورزی/فضای سبز	شهری	۷/۸۵۵۹۳۳	افزایشی شهری	کشاورزی/فضای سبز-شهری
کشاورزی/فضای سبز	کشاورزی/فضای سبز	۱۵۲/۰۵۵۳۵۶	بدون تغییر	کشاورزی/فضای سبز-کشاورزی/فضای سبز
کشاورزی/فضای سبز	سایر کاربری‌ها	۷/۴۲۷۰۳۵	کاهشی کشاورزی	کشاورزی/فضای سبز-سایر کاربری‌ها
کشاورزی/فضای سبز	فرودگاه	۱/۰۸۵۴۰۶	کاهشی کشاورزی	کشاورزی/فضای سبز-فرودگاه
کشاورزی/فضای سبز	صنعتی/معدنی	۱/۴۴۴۸۹۶	کاهشی کشاورزی	کشاورزی/فضای سبز-صنعتی/معدنی
سایر کاربری‌ها	شهری	۲۰/۵۲۶۳۴۲	افزایشی شهری	سایر کاربری‌ها-شهری
سایر کاربری‌ها	کشاورزی/فضای سبز	۲۰۳/۱۴۶۴۹	افزایشی کشاورزی	سایر کاربری‌ها-کشاورزی/فضای سبز
سایر کاربری‌ها	سایر کاربری‌ها	۶۵۷/۶۴۹۹۲	بدون تغییر	سایر کاربری‌ها-سایر کاربری‌ها
سایر کاربری‌ها	فرودگاه	۰/۱۷۰۵۴۵	افزایشی فرودگاه	سایر کاربری‌ها-فرودگاه
سایر کاربری‌ها	مرغزار خشک شده	۰/۰۳۵۲۴	کاهشی مرغزار	سایر کاربری‌ها-مرغزار خشک شده
سایر کاربری‌ها	صنعتی/معدنی	۱۴/۵۶۹۹۵۶	افزایشی صنعتی	سایر کاربری‌ها-صنعتی/معدنی
مرغزار	کشاورزی/فضای سبز	۲/۸۷۱۰۸۶	کاهشی مرغزار	مرغزار-کشاورزی/فضای سبز
مرغزار	فرودگاه	۲/۰۴۵۸۹	کاهشی مرغزار	مرغزار-فرودگاه
مرغزار	مرغزار خشک شده	۶/۱۱۰۵۰۹	بدون تغییر	مرغزار-مرغزار خشک شده
مرغزار	صنعتی/معدنی	۰/۰۵۸۴۶۳	افزایشی صنعتی	مرغزار-صنعتی/معدنی
صنعتی/معدنی	صنعتی/معدنی	۰/۷۸۷۳۴۷	بدون تغییر	صنعتی/معدنی-صنعتی/معدنی

این منطقه و افزایش آن و همچنین تداوم جریان مهاجرت روستاییان به شهرکرد، به منظور اسکان و نیز اشتغال این جمعیت از طریق مکان‌یابی مناطق جدید جهت توسعه شهری و صنعتی باید روند توسعه شهر با مدیریت صحیح و اهداف توسعه پایدار صورت گیرد.

۵- پیشنهادات

با تغییرات شدید کاربری که در طول مدت سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ در محدوده شهرکرد مشاهده می‌شود در ابتدا پیشنهاد به مدیریت و مطالعه با برنامه جهت بررسی نوع و روند تغییرات، قبل از انجام هرگونه پروژه‌های عمرانی، صنعتی و زیرساختی جدید می‌شود تا دوباره شاهد تبعات ناگوار حاصل از ایجاد بی‌برنامه آنها نباشیم. همچنین در مورد پیشنهادات کاربردی می‌توان به جلوگیری از تخریب بیش‌تر مراتع، مرغزار و زمین‌های کشاورزی با رعایت اصول توسعه پایدار و الزامات مدیریتی سازگار با اکوسیستم منطقه و لحاظ ظرفیت تحمل آن اشاره کرد. با توجه به گسترش شهر به سمت شمال و غرب منطقه که انطباق مکانی با ارتفاعات و زمین‌های بایر دارد، می‌بایست مطالعات و برنامه‌ریزی‌های کاربردی جهت اسکان و اشتغال جمعیت روبه رشد محدوده شهرکرد و در عین حال توسعه زیرساخت‌های منطقه رویکرد توسعه پایدار با اولویت حفظ محیط زیست و انتقال آن به نسل آتی داشته باشد.

۶- منابع و مآخذ

۱. آرخی، نیازی، ارزانی؛ صالح، یعقوب، حسین؛ ۱۳۹۰؛ مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی/ پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه دره شهر-استان ایلام)، مجله علوم محیطی، سال ۸، شماره ۳، صفحات ۸۱-۹۶.
۲. ابطحی، پاک‌پرور؛ مرتضی، مجتبی؛ ۱۳۸۱؛ بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه کاشان، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۶، صفحات ۸۵-۱۰۴.

میزان تخریب مرغزار در طی دوره‌های اول (۲۰۰۰-۱۹۸۵) و دوم (۲۰۱۵-۲۰۰۰) به ترتیب ۴/۶ و ۰/۳ کیلومتر مربع بوده و همچنین سایر کاربری‌ها در طی سه دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۵، ۲۰۱۵-۲۰۰۰ و ۲۰۱۷-۲۰۱۵ به ترتیب ۱۲۸/۷، ۶۵/۹ و ۳۶ کیلومتر مربع کاهش داشته‌اند.

در مجموع نتایج بیان‌کننده این موضوع است که سطح اراضی شهری، صنعتی و کشاورزی با گذشت زمان تغییرات افزایشی داشته و این اراضی همواره دارای رشد مثبت بوده‌اند. درحالی‌که اراضی مرغزار و سایر کاربری‌ها دارای تغییرات کاهشی و رشد منفی هستند. کاهش میزان وسعت مرغزار به دلیل احداث فرودگاه شهرکرد در محدوده آن، بهره برداری‌های بی رویه، حفر چاه‌های آبی و پدیده خشکسالی بوده است که منجر به کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و از بین رفتن اکوسیستم طبیعی این اراضی شده و باعث گردیده تا مرغزار به منشاء تولید گرد و غبار شدید در مجاور شهرکرد تبدیل شود که خود از نشانه‌های بروز تخریب سرزمین و نابودی اکوسیستم است. در سال‌های اخیر متأسفانه به دلیل خشکسالی و کمبود آب، باوجود شرایط بحرانی این مرغزار، همچنان حفر چاه‌های عمیق جدید در آن به منظور تأمین آب ادامه دارد که با اعتراض کشاورزان و دامداران هم مواجه بوده است. با وجود اینکه در سال ۱۳۹۲ اخباری مبنی بر اجرای طرح احیای این مرغزار منتشر شد اما با توجه به شواهد موجود اقدام مؤثری صورت نگرفته است. همچنین کاهش وسیع سایر کاربری‌ها که شامل از بین رفتن مراتع نیز می‌شود را می‌توان به خشکسالی‌های اخیر در کشور ایران و وجود گردوغبارهای فراوان مرتبط دانست. همچنین عامل دیگر را نیز می‌توان به افزایش جمعیت و افزایش فشار انسان بر روی منابع طبیعی و توسعه اراضی کشاورزی دانست.

باتوجه به نقشه‌های موجود و تصاویر ماهواره‌ای منطقه، شهرکرد به سمت شمال و شمال غربی روندی رو به رشد دارد که در بعضی قسمت‌ها در اراضی مرتعی گسترش یافته است. بنابراین با توجه به تراکم جمعیت بسیار بالا در

۳. اسلمی، قربانی، سبحانی، پناهنده؛ فرنوش، اردوان، بهروز، محسن؛ ۱۳۹۳؛ مقایسه روش های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبانی و شیء گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۶، شماره ۳، صفحات ۱-۱۴.
۴. جعفری، حمزه، نصیری، رفیعی؛ حمیدرضا، محمد، حسین، یوسف؛ ۱۳۹۰؛ توسعه مدل مفهومی مبتنی بر الگوریتم Decision Tree داده کاوی به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM و داده های کمکی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان بویراحمد)، نشریه علوم محیطی، سال ۸، شماره ۳، صفحات ۲۰-۱.
۵. حیدری زاده، محمدی؛ زهرا، عبدالرضا؛ ۱۳۹۵؛ پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در دشت مهران با استفاده از مدل سلول های خودکار مارکوف، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، شماره ۱۰، صفحات ۵۷-۶۸.
۶. ربیعی، ضیائیان، علیمحمدی؛ حمیدرضا، پرویز، 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، صفحات ۴۱-۵۴.
۷. رسولی، علی اکبر؛ ۱۳۸۷؛ مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول، تبریز، ۷۷۷ صفحه.
۸. روستا، منوری، درویشی، فلاحتی؛ زهرا، سید مسعود، مهدی، فاطمه؛ ۱۳۹۱؛ کاربرد داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در استخراج نقشه های کاربری اراضی شهر شیراز، مجله آمایش سرزمین، شماره ۶، صفحات ۱۴۹-۱۶۴.
۹. زنگنه شهرکی، کاظم زاده، هاشمی دره بادامی؛ سعید، علی، سیروس؛ ۱۳۹۳؛ تحلیل زمانی- مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی اطراف، پژوهش های جغرافیای برنامه ریزی شهری، دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۴۸۳-۴۹۹.
۱۰. فاطمی، رضایی؛ سید باقر، یوسف؛ ۱۳۸۹؛ مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، چاپ دوم، تهران، ۲۸۸ صفحه.
۱۱. فرج الهی، عسگری، اونق، محبوبی، سلمان ماهینی؛ اصغر، حمیدرضا، مجید، محمدرضا، عبدالرسول؛ ۱۳۹۴؛ پایش و پیش بینی روند تغییرات مکانی و زمانی کاربری/ پوشش اراضی (مطالعه موردی: منطقه مراوه تپه، گلستان)، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۶، شماره ۴، صفحات ۱-۱۴.
۱۲. فیضی زاده، جعفری، نظم فر؛ بختیار، فیروز، حسین؛ ۱۳۸۷؛ کاربرد داده های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صفحات ۲۴-۱۷).
۱۳. قرائتی جهرمی، ولی، موسوی، پناهی، خسروی؛ مجتبی، عباسعلی، سیدحجت، فاطمه، حسن؛ ۱۳۹۳؛ پایش تغییرات کاربری اراضی دشت کاشان با استفاده از داده های دور سنجی، مجله بین المللی علمی - تحقیقاتی زمین پویا، جلد ۴، شماره ۲، صفحات ۱۲۹-۱۳۷.
۱۴. لیلیند، توماس م.، کیفر، رالف و.؛ ۱۳۸۷؛ سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، ترجمه جعفر اولادی قادیکلایی، انتشارات دانشگاه مازندران، چاپ اول، بابلسر، ۸۳۵ صفحه.
۱۵. معاونت برنامه ریزی و پژوهش شهرداری شهرکرد؛ ۱۳۹۱؛ آمارنامه های سال ۹۱ شهر شهرکرد، جلد اول، سرزمین و آب و هوا، شهرکرد، صفحات ۱۱-۲۵.
۱۶. میرزایی زاده، نیک نژاد، اولادی قادیکلایی؛ وحید، مریم، جعفر؛ ۱۳۹۴؛ ارزیابی الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۲۹-۴۴.
17. Arulbalaji, P., Gurugnanam, B., 2014, Geospatial Science for 16 Years of Variation in Land Use/Land Cover Practice Assessment around Salem District, South

- Image Analysis: An Introduction, *Journal of Landscape and Urban Planning*, 59(1), pp 43-57.
30. Ridd, M.K., Liu, J., 1998, A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment, *Journal of Remote Sensing Environment*, 63, pp 95-100.
31. Robert Pontius, 2013, Land use and Land cover changes in climate changes, *The encyclopedia of Earth.*, Article 154143.
32. Shi, Z., Wang, R., Huang, MX., 2002, Detection of Coastal Saline Land Uses with Multi Temporal Landsat Images in Shangyu City China, *Environmental Management*, 30, pp 142-150.
33. Singh, A., 1989, Digital change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6), pp 989-1003.
34. Stavros, K., Chrysostomos, D.S., 2013, Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data, *Applied Geography*, 40, pp 150-160.
35. Stephenne, N., Lambin, E., 2001, A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU), *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1), pp 145-161.
36. Uma Maheswari, R., Rajkumar, R.OM., Surendran, A., Krishnamoorthy, B.S., 2015, Monitoring changes in land use/ land cover using multi temporal/sensor satellite data (a case study in palani). *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(2), pp 2867- 2870.
37. Verburg, P.H., Schot, P.P., Dijst, M.J., Veldkamp, 2004, Land use change modeling: current practice and research priorities, *Geo Journal*, 61(4), pp 309-324.
38. Wakeel, A., Rao, K.S., Maikhuri, R.K., Saxena, K.G., 2005, Forest management and land use/cover changes in a typical micro watershed in the mid elevation zone of Central Himalaya, India, *Forest Ecology and Management*, 213, pp 229-242.
- India, *Journal of Geosciences and Geomatics*, 2(1), pp 17-20.
18. Baker, WL., 1989, A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2(2), pp 111-133.
19. Gao, J., Liu, Y., Chen, Y., 2006, Land cover changes during agrarian restructuring in Northeast China, *Applied Geography*, 26, pp 312-322.
20. Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., Hokao, K., 2011, Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model, *Ecological Modelling*, 222(20), pp 3761-3772.
21. Jensen, J.R., 2005, *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective (3rd Edn)*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
22. Lambin, E.F., 1997, Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21(3), pp 375-393.
23. Li, Z., Li, X., Wang, Y., Ma, A., Wang, J., 2004, Land-use change analysis in Yulin prefecture, northwestern China using remote sensing and GIS, *International Journal of Remote Sensing*, 23(24), pp 5691-5703.
24. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004, Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), pp 2365-2407.
25. Pal, M., Mather, P.M., 2005, Support vector machines for classification in remote sensing, *International Journal of Remote Sensing* 26 (5), pp 1007-1011.
26. Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffmann, M.J., Deadman, P., 2003, Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review, *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), pp 314-337.
27. Ramamohana Rao, P., Hathiram, G., Bhakta Thukaram, G., Anand Kumar, S., 2015, Landuse and land cover analysis using remote sensing and GIS, a case study of Khammam District, Telengana State, India, *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(7), pp 5465-5468.
28. Richard, A., 2003, Modelling of landuse change in Montana from 1860 to 2000, *Applied Geography*, 25, pp 47-63.
29. Richards, J.A., Jia, X., 1999, *Remote Sensing Digital*