

## ارزیابی روند تغییرات و پیش‌بینی وضعیت اکوسیستم با استفاده از داده‌های لندست (مطالعه موردی: مرغزار شهر کرد)

- ❖ الهام کیانی سلمی؛ دانش‌آموخته کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد
- ❖ عطاءالله ابراهیمی\*؛ دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد

### چکیده

مرغزارها به عنوان اکوسیستم‌های طبیعی، نقش زیادی در پایداری طبیعت دارند ولی متأسفانه در سال‌های اخیر دچار تغییرات شدیدی شده‌اند. مرغزار شهرکرد علاوه بر تأمین علوفه، به دلیل مجاورت با شهر، از دیدگاه تفرجگاهی و تعدیل آب و هوا نیز بسیار ارزشمند است، که در سال‌های اخیر دستخوش تغییرات زیادی شده که هدف این تحقیق ارزیابی روند تغییرات و پیش‌بینی وضعیت آینده آن با استفاده از سنجش از دور می‌باشد. بدین منظور، با بررسی تصاویر ماهواره‌ای لندست TM5، ETM+7 و OIL/TIRS 8 در طی سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۳، ۱۳۸۰، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ و پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریکی مورد نیاز، اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی طی سال‌های مذکور با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال در نرم افزار TerrSet شد. سپس، از طریق انطباق تصاویر، روند تغییرات بررسی و از طریق CA-Markov نسبت به پیش‌بینی وضعیت آینده اقدام شد. نتایج نشان از تغییرات زیاد در محدوده مورد مطالعه دارد به طوری که در سال ۱۳۶۶ تمام مساحت ۱۱۵۰ هکتاری منطقه مورد مطالعه را مرغ پوشانده ولی تغییرات کاربری اراضی باعث کاهش شدید این اکوسیستم طبیعی گردیده، به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۸ درصد از مرغزار شهرکرد به اراضی دست ساخت (۳/۳۳ درصد)، کشاورزی (۲۵/۰۲ درصد) و فرودگاه (۱۹/۶۵ درصد) تغییر کاربری یافته است. با توجه به پیش‌بینی نقشه سال ۱۴۰۵ میزان ۵/۰۸ درصد دیگر از اراضی مرغ تبدیل خواهد شد. از این رو، توصیه می‌شود که نسبت به حفظ کاربری مرغزار شهرکرد، به دلیل کارکردها و خدمات قابل توجه این اکوسیستم ارزشمند، اقدام گردد.

کلید واژگان: سنجش از دور، حداکثر احتمال، ارزیابی تغییرات، مرغزار، زنجیره مارکوف

## ۱. مقدمه

مرغزار (Meadow) از جمله اکوسیستم‌های طبیعی مرطوب، با سطح سفره آب زیرزمینی بالایی هستند و با توجه به نوع گیاهان که ترکیبی غالباً از گیاهان گندمی و علفی و عمدتاً مقاوم به چرا هستند، در تأمین علوفه دامی به دلیل توان چرای جبرانی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این علفزارها در ایجاد ارزش‌های تفرجگاهی، تعدیل هوا، ترسیب کربن، تعدیل منابع آبی و ارزش‌های زیباشناختی نیز نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. با توجه به رشد فناوری، تخریب اراضی مرغزارها و تغییر کاربری آن‌ها در حال حاضر به سرعت در حال انجام می‌باشد و صدمات جدی را به این اکوسیستم‌های ارزشمند وارد می‌سازد. تغییرات پوشش اراضی باعث تغییر در شکل زمین و نوع کاربری زمین می‌شود، این تغییرات می‌تواند بر اثر عوامل مختلفی از جمله عوامل انسانی و عوامل طبیعی مانند اصلاحات اراضی، شهرنشینی، آتش‌سوزی و کشاورزی رخ دهد [۵]. به‌طور معمول رشد جمعیت و افزایش ضروریات اقتصادی و اجتماعی منجر به افزایش تغییر کاربری اراضی می‌گردد. افزایش پوشش گیاهی در محدوده شهرها باعث کاهش آلودگی و کاهش جزیره گرمایی شهری می‌شود [۴] ولی کاهش و از بین رفتن پوشش گیاهی نتیجه عکس دارد و خطر آلودگی و فرسایش و افزایش گرمای سطح زمین را دارد. بررسی تغییرات صورت گرفته بر روی اراضی و ارزیابی نتایج تغییرات می‌تواند کمک بزرگی به شناخت روند تغییرات داشته باشد. در این راستا مبحث تغییرات کاربری موردتوجه بسیاری قرار گرفته است ولی متأسفانه تغییرات مرغزارها و اراضی مرطوب خصوصاً در کشور ما علی‌رغم اهمیت زیاد آن‌ها موردتوجه قرار نگرفته است و تغییرات اراضی جنگلی و مرتعی بیشتر موردتوجه قرار گرفته است. مطالعه‌ای بر روی جنگل‌های گرمسیری در سال ۲۰۱۷ در جنگل‌های میومبو در جنوب آنگولا با توجه به نقش این درختان در اکوسیستم و تنوع زیستی انجام شد و طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۳ با بررسی روند تغییرات اراضی جنگلی با روش‌های سنجش از دور و شاخص پوشش گیاهی نرمال (NDVI) و با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست

۵ و ۸ نشان داد که در این مناطق تغییرات زیادی صورت گرفته است. تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی در این منطقه باعث شده است که جنگل‌زدایی در این مناطق موردتوجه جهانی قرار بگیرد. از مهم‌ترین دلایل این تغییرات در منطقه مورد مطالعه افزایش جمعیت و نیاز جامعه به اراضی قابل کشت و مصرف چوب ذکر شده است [۱۴]. در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۷ به بررسی اراضی شهری کلان‌شهر فونیکس ایالات متحده آمریکا با استفاده از سری تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌سازی آماری پرداخته‌اند، آن‌ها از تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰، شاخص‌های فضایی و تحلیل روند تغییرات استفاده کردند. نتایج نشان از کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی شهری داشت. همچنین تبدیل مزارع کشاورزی به اراضی شهری را یکی از مهم‌ترین عوامل زیست‌محیطی این تغییرات ارزیابی کردند [۶].

در مطالعه‌ای که در شرق و جنوب آفریقا برای ارزیابی تغییرات پوشش زمین در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر لندست و ماهواره MODIS انجام گرفت، تغییرات پوشش اراضی و کاربری اراضی (LCLU) را با استفاده از تغییراتی که در پوشش گیاهی و متغیرهای زیست‌محیطی (بارش و دما) صورت گرفته بود را در ۵ کشور در شرق و جنوب آفریقا (رواندا، بوتسوانا، تانزانیا، مالاوی و نامیبیا) ارزیابی کردند. آن‌ها با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و تصاویر دو ماهواره لندست و MODIS تغییرات LU/LC را اندازه‌گیری کردند. برای ارزیابی تغییرات، داده‌های بارش را از ایستگاه‌های هواشناسی و دمای سطح زمین<sup>۲</sup> (LST) را از تصاویر ماهواره‌ای استخراج و در بررسی تغییر کاربری اراضی مورد استفاده قرار دادند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که در تمامی کشورهای مورد مطالعه، کاهش جنگل اتفاق افتاده و عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاست‌های دولت‌ها به‌عنوان عامل اصلی ایجاد تغییرات LU/LC در آفریقا

1 land cover land use

2 Land Surface Temperature

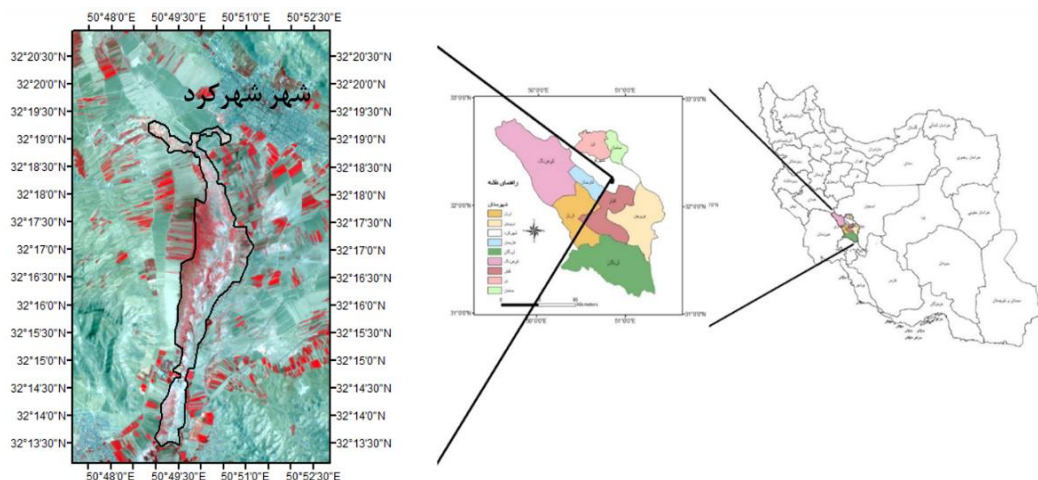
مطالعه و بررسی درباره سال‌های وقوع تغییرات، نوع تغییرات و عوامل احتمالی به وجود آورنده این تغییرات، کمک بزرگی به بررسی مسائل زیست‌محیطی و منابع طبیعی این اکوسیستم ارزشمند می‌کند.

## ۲. روش شناسی

### ۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

اراضی مرغ شهرکرد در جنوب غربی شهر شهرکرد، مرکز استان چهارمحال و بختیاری، واقع شده‌اند. این اراضی بین ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۰۹ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۱۳ دقیقه و ۵۹ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه و ۲۳ ثانیه عرض جغرافیایی واقع شده است، کمترین ارتفاع منطقه ۲۰۳۱ متر و بیشترین ارتفاع ۲۰۵۰ متر می‌باشد و مساحت این اراضی در حدود ۱۱۵۰/۲۹ هکتار می‌باشد. شکل شماره ۱ موقعیت تقریبی این اراضی را در استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد. اراضی مرغ شهرکرد از لحاظ اکولوژیکی اهمیت بسیار زیادی دارند، به‌گونه‌ای که نقش مهمی در تأمین علوفه، تأمین منابع آبی، تعدیل آب‌وهوا، ترسیب کربن و ارزش‌های تفرجگاهی دارند.

بیان شد [۳]. در سال ۲۰۱۷ تغییرات کاربری اراضی دانباد مورد بررسی قرار گرفت، در این تحقیق از تصاویر لندست ۵ TM در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ استفاده شد. نتایج نشان داد که تغییرات گسترده‌ای در پوشش منطقه رخ داده است و افزایش سریع فعالیت معدن باعث افزایش قابل توجه مناطق شهری، کاهش پوشش جنگلی متراکم و اراضی کشاورزی شده است و عواملی مانند رشد جمعیت و رشد اقتصادی، به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر روی پوشش اراضی و کاربری اراضی دانست و فناوری سنجش‌ازدور را ابزاری مفید برای نظارت بر تغییرات کاربری اراضی معرفی گردید [۲]. تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت‌شده‌ای در شمال شرقی مکزیک، با هدف تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در طی ۴۲ سال مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که در منطقه مورد مطالعه گیاهان گرمسیری و جنگل‌ها دستخوش تغییرات زیادی شده‌اند و مناطق شهری نیز افزایش پیدا کرده است. در این مطالعه از بین رفتن پوشش گیاهی، به‌عنوان یکی از عواملی که تنوع زیستی را به مخاطره می‌اندازد، قلمداد شد [۱۳]. اراضی مرغزار شهرکرد در مجاورت و محدوده شهر شهرکرد قرار دارند و تحت تأثیر محیط شهری و توسط دخالت‌های بشری دچار تغییرات زیادی شده‌اند، با توجه به اهمیت بررسی تغییرات اراضی در مسائل زیست‌محیطی،



شکل ۱. موقعیت مرغ شهرکرد (منطقه مورد مطالعه) در استان چهارمحال و بختیاری و در ایران

## ۱.۱.۲. داده‌های مورد استفاده

جهت انجام این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ی لندست با توجه به وضوح بالا و قدرت تفکیک مکانی بالا استفاده شد، تصاویر مورد استفاده مربوط به ماهواره‌های لندست ۵

TM، ۷ ETM+ و لندست ۸ OIL/TIRS (خط برداشت ۱۶۴ و ردیف ۰۳۸) می‌باشند. در جدول ۱ مشخصات تصاویر و تاریخ تصویربرداری هر تصویر مشخص شده است.

جدول ۱. تصاویر مورد استفاده از ماهواره‌های لندست ۵.۷ و ۸ در سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ به منظور بررسی تغییرات پوشش اراضی

ردیف	تاریخ تصویربرداری (میلادی)	تاریخ تصویربرداری (هجری شمسی)	ماهواره	سنجنده	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۱۹۸۷/۰۹/۰۹	۶۶/۰۶/۱۸	لندست ۵	TM	۷	۳۰
۲	۱۹۹۴/۰۹/۰۴	۷۳/۰۶/۱۳	لندست ۵	TM	۷	۳۰
۳	۲۰۰۱/۰۹/۰۷	۸۰/۰۶/۱۶	لندست ۷	+ETM	۸	۳۰
۴	۲۰۱۰/۰۹/۱۶	۸۹/۰۶/۲۵	لندست ۷	+ETM	۸	۳۰
۵	۲۰۱۶/۰۹/۰۸	۹۵/۰۶/۱۸	لندست ۸	OIL/TIRS	۱۱	۳۰

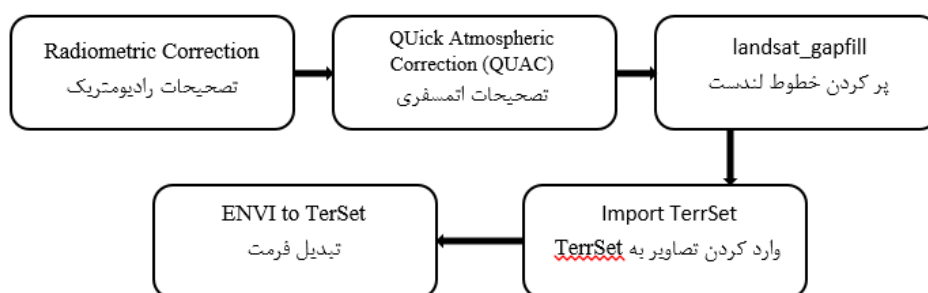
## ۲.۲. روش مورد استفاده

## ۲.۲.۱. تصحیحات تصاویر

فنون ترمیم و تصحیح تصاویر عبارتند از فرآیندهای پردازشی از قبیل حذف اختلالات تصویری و یا خطاهای موجود در تصاویر که ممکن است در اثر خطای سنجنده و اشکالات طبیعی حاصل از آلودگی اتمسفر ایجاد گردند از جمله این تصحیحات، تصحیحات اتمسفری و تصحیحات هندسی می‌باشند.

- **تصحیحات اتمسفری:** تصحیحات اتمسفری بر روی کلیه تصاویر مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از نرم افزار TerrSet و به صورت خودکار و بر مبنای اطلاعات فراداده‌های تصاویر و بر مبنای روش حذف

تیرگی اشباع (Dark-object subtraction) صورت گرفت. - **تصحیحات رادیومتریکی:** در این تحقیق با توجه به کیفیت بالا و نداشتن هیچ نوع خطای تصاویر لندست ۸ به دلیل ارتقاء کیفی اخذ تصاویر، نیاز به هیچ‌گونه تصحیحات رادیومتریکی و هندسی نبود ولی در تصویر سال ۱۳۸۰ (۲۰۰۱) ماهواره لندست ۷ به علت داشتن اختلالات در تصویر، تصویر مورد نظر با استفاده از gapfill و نرم افزار ENVI5.3 اصلاح گردید و به فرمت نرم افزار TerrSet برگردانده شد. در شکل زیر مراحل تصحیح رادیومتریکی بر روی تصویر سال ۱۳۸۰ نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل تصحیح رادیومتریکی تصاویر لندست ۷ [منبع: ۱۱و۱۲و۱۵و۱۹]

ارزیابی قرار گرفت. در ادامه، نقشه پیش‌بینی اراضی با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ و در مدل CA-Markov<sup>۵</sup> برای سال ۱۴۰۵ برآورد شد. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ با مقایسه تصاویر تهیه شده میزان تغییرات طی سال‌های مورد بررسی ارزیابی شد و مورد بحث قرار گرفت.

### ۳. نتایج

نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۵، ۷ و ۸) در شکل‌های ۳ تا ۷ مشخص شده است. نتایج جدول ۲ نشان داد که طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال از دقت خوبی برخوردار است به گونه‌ای که کلیه نقشه‌ها دارای دقت کلی بالای ۹۰ درصد می‌باشند. از نقشه‌های تهیه شده می‌توان مقدار مساحت هر طبقه کاربری اراضی را تهیه و همچنین مقدار تغییرات صورت گرفته در هر طبقه کاربری اراضی را در فاصله زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ بررسی کرد. به غیر از نقشه سال ۱۳۶۶ که به دلیل پوشش کامل منطقه از مرغ دارای دقت کلی ۱۰۰ درصد می‌باشد، نقشه سال ۱۳۹۵ به دلیل اطلاعات بهنگام‌تر و به‌روزتر از سایر نقشه‌ها دقت بیشتری دارد و دارای دقت کلی ۹۴/۵ درصد می‌باشد.

### ۲.۲.۲. تهیه نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی در تحقیق حاضر از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده<sup>۱</sup> و الگوریتم حداکثر احتمال<sup>۲</sup> استفاده گردید، در این روش، احتمال تعلق یک پیکسل به هر کلاس کاربری انتخابی بررسی می‌شود و در نهایت یک تصویر طبقه‌بندی شده که هر کلاس دارای کد مربوطه می‌باشد، ساخته می‌شود. برای ارزیابی طبقه‌بندی نیز از روش الگوریتم نمونه‌برداری و نمونه‌های تصادفی استفاده گردید. جهت بررسی صحت نقشه نیز از ضرایب صحت کلی<sup>۳</sup> و ضریب کاپا<sup>۴</sup> استفاده شد. به منظور بالا بردن دقت نقشه‌های نمونه‌های تعلیمی در الگوریتم حداکثر احتمال و همچنین ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر، از نقشه‌های کاربری اراضی قدیمی و برداشت نقاط شاهد از منطقه مورد مطالعه با استفاده از GPS و استفاده از تصاویر گوگل ارث موبوط به منطقه مورد مطالعه استفاده گردید.

### ۳.۲.۲. بررسی انطباق تصاویر و پیش‌بینی آینده

#### تغییرات کاربری اراضی

تغییرات حاصله بر روی کاربری اراضی در طی سال‌های مورد بررسی از طریق روی هم اندازی دو تصویر و تفاضل آن‌ها از طریق انطباق تصاویر (Cross Tabulation) و تعیین تغییرات صورت گرفته و تبدیل نوع و مقادیر کاربری اراضی، مشخص و نتایج، مورد

جدول ۳. مقایسه دقت طبقه‌بندی نقشه کاربری‌های اراضی مرغ در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۷۳	سال ۱۳۶۶	نقشه کاربری
۹۴/۴۶	۹۳/۲۴	۹۱/۶۸	۹۲/۹۷	۱۰۰	درستی طبقه‌بندی کل.٪
۹۲/۱۶	۸۹/۸۴	۸۷/۷۹	۸۹/۳۳	۱۰۰	ضریب کاپا.٪

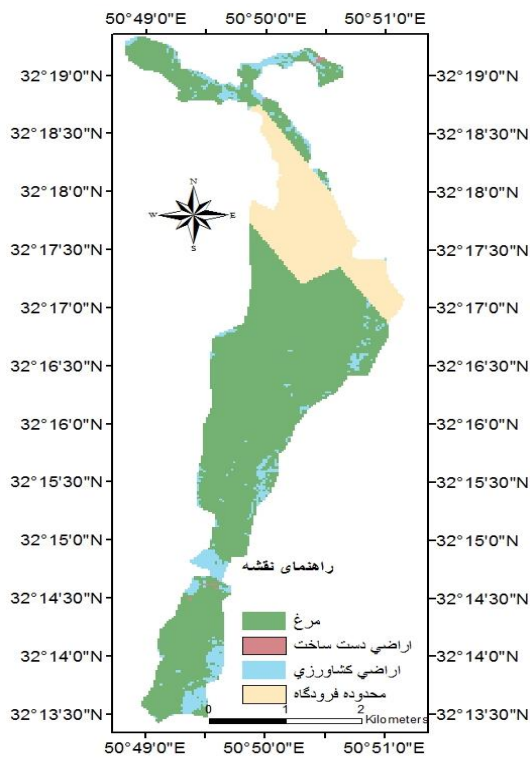
1 supervised classification

2 Maximum Likelihood

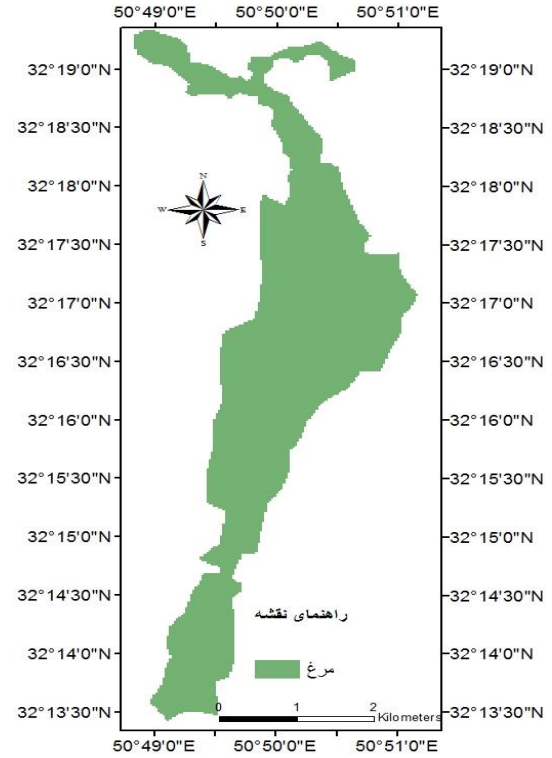
3 Overall accuracy

4 Kappa coefficient

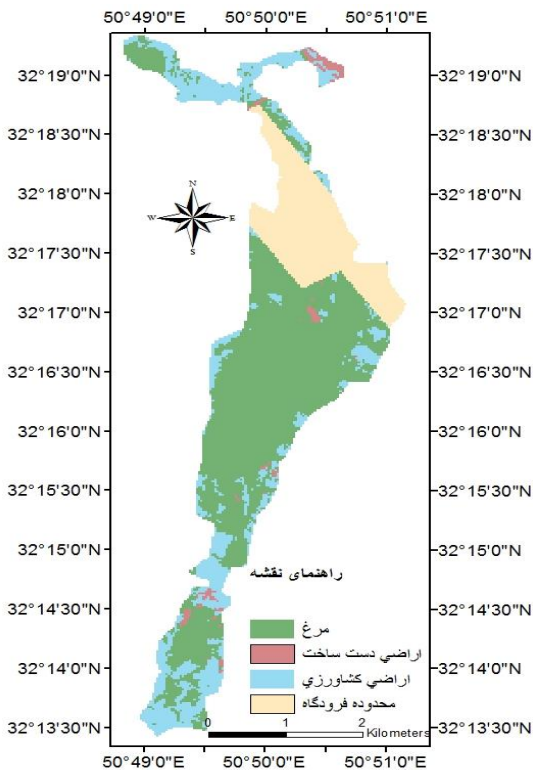
5 cellular automata-Markov model



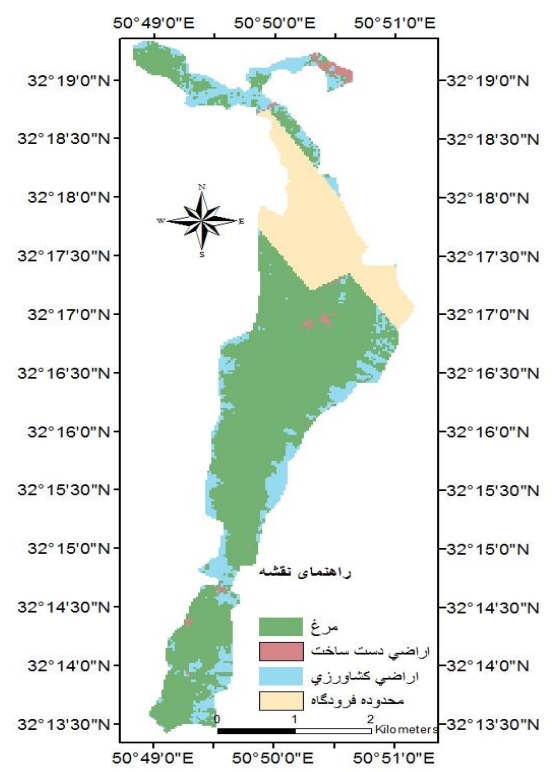
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۳ (۱۹۹۴)



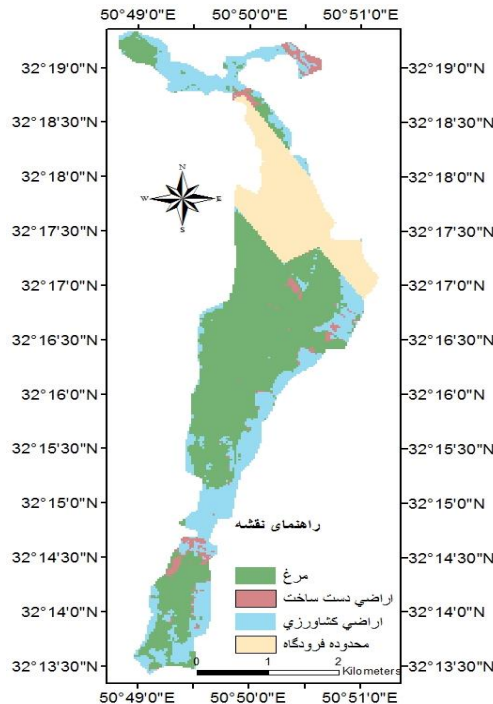
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۶ (۱۹۸۷)



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۹ (۲۰۱۰)



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۰ (۲۰۰۱)



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶)

سال ۱۳۷۳ به ۷۰/۶۳ درصد مساحت اولیه خود رسیده و در سال ۱۳۸۰ به ۶۲/۵۸ درصد مساحت اولیه تقلیل یافته، در حالی که در سال ۱۳۸۹ به ۵۶/۱۲ درصد و در سال ۱۳۹۵ به ۵۱/۹۹ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را تنها مرغزار تشکیل داده و مابقی سطح مذکور تغییر کاربری یافته است. مساحت تغییر کاربری یافته از مرغزار شهرکرد شامل ۳/۳۳ درصد (۳۸/۳۴ هکتار) به کاربری دست ساخت، حدود ۲۵ درصد به اراضی کشاورزی (۲۸۷/۸۲ هکتار) و ۱۹/۶۵ درصد از منطقه (۲۲۶/۰۸ هکتار) را محدوده فرودگاه پوشش داده است.

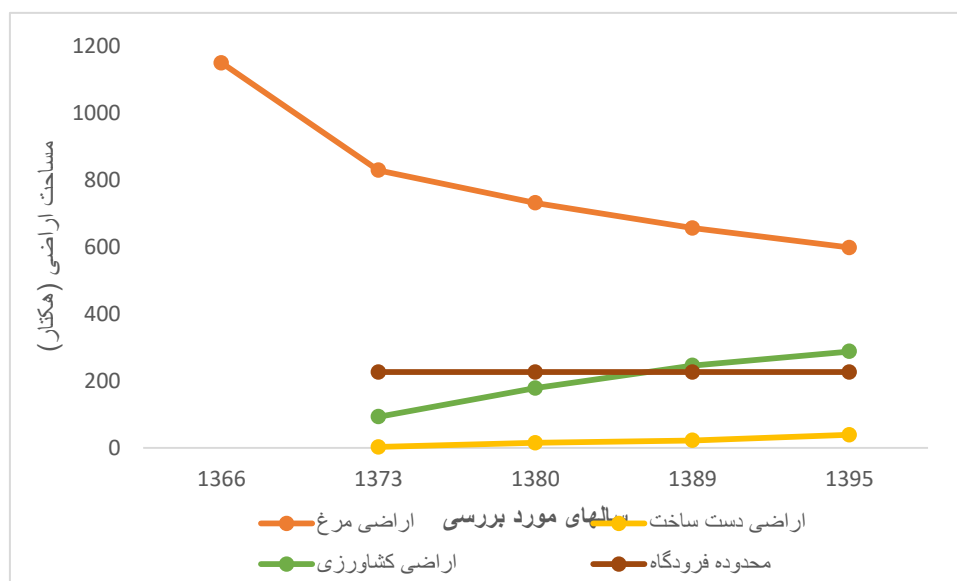
با توجه به نتایج جدول ۴، در سال ۱۳۶۶ محدوده مورد مطالعه را فقط اراضی مرغزار پوشش داده است ولی در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ علاوه بر پوشش مرغزار منطقه مورد مطالعه اراضی دست ساخت و کشاورزی و قسمتی از محدوده فرودگاه شهرکرد به این اراضی اضافه شده‌اند و در محدوده مورد مطالعه مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۷۳ با تأسیس فرودگاه شهرکرد، به مساحت ۳۵۰ هکتار، قسمت زیادی از فرودگاه در اراضی مرغ قرار گرفته و حدود ۲۰ درصد از محدوده مورد مطالعه را تغییر پوشش اراضی و کاربری داده است، مقدار اراضی مرغ در

جدول ۴. میزان مساحت طبقات کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

سال ۱۳۹۵		سال ۱۳۸۹		سال ۱۳۸۰		سال ۱۳۷۳		سال ۱۳۶۶		نوع کاربری
درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	
۵۱/۹۹	۵۹۸/۰۵	۵۷/۰۹	۶۵۶/۷۳	۶۳/۵۹	۷۳۱/۵۲	۷۲/۰۹	۸۲۹/۲۶	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	مرغ
۳/۳۳	۳۸/۳۴	۱/۹۱	۲۱/۹۶	۱/۲۵	۱۴/۴	۰/۲۰	۲/۲۵	-	-	دست ساخت
۲۵/۰۲	۲۸۷/۸۲	۲۱/۳۴	۲۴۵/۵۲	۱۵/۵۰	۱۷۸/۲۹	۸/۰۶	۹۲/۷	-	-	کشاورزی
۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	-	-	محدوده فرودگاه
۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	جمع کل

دست ساخت و اراضی کشاورزی نیز روند افزایشی را طی کرده‌اند. به گونه‌ای که همه این افزایش در محدوده اراضی مرغزار و با تبدیل این نوع از کاربری صورت پذیرفته است (شکل ۷).

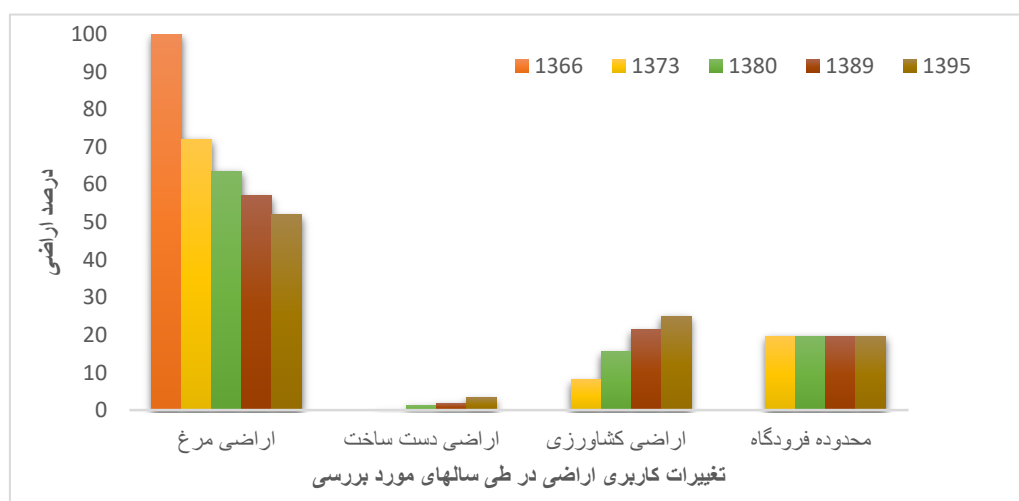
شکل ۸ نمودار روند تغییرات صورت گرفته در طی سال‌های مورد بررسی (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵) در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل ۸ مشاهده می‌شود، اراضی مرغ روند کاهشی داشته‌اند، محدوده فرودگاه از سال ۱۳۷۳ به بعد ثابت بوده است و اراضی



شکل ۸. بررسی روند تغییرات مساحت اراضی مرغ شهرکرد طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

داشته ولی اراضی دست ساخت و کشاورزی افزایش پیدا کرده‌اند در حالی که بخشی از محدوده فرودگاه که در مرغزار توسعه یافته بود ثابت باقی ماند.

شکل ۹ نیز درصد مساحت هر یک از طبقات کاربری اراضی را در طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. اراضی مرغ از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ به شدت کاهش

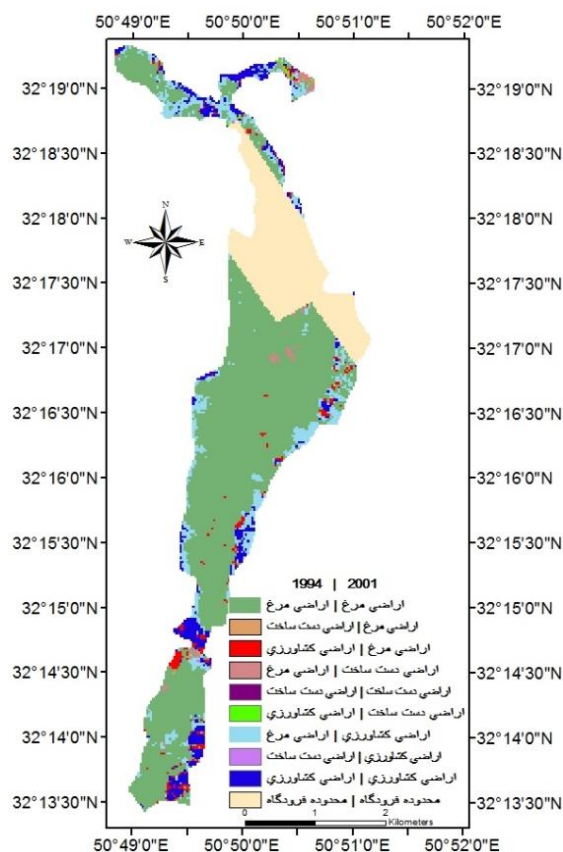


شکل ۹. بررسی درصد تغییرات اراضی مرغ شهرکرد و سایر کاربری‌های توسعه یافته در آن طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

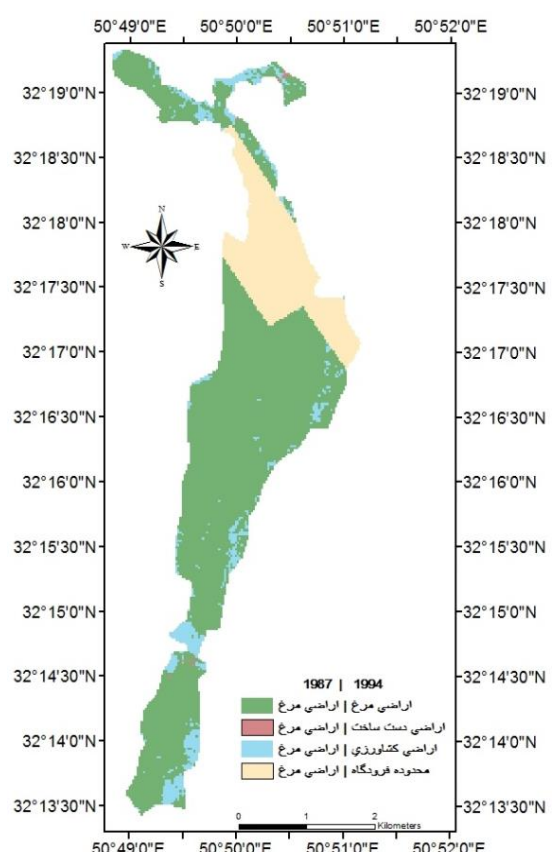


تصویر انطباق سال ۱۳۷۳-۱۳۸۰ و جدول ۶ با ثابت بودن مساحت محدوده فرودگاه شهرکرد همچنان تغییرات کاربری اراضی بر روی اراضی دست ساخت، کشاورزی و اراضی مرغ اتفاق افتاده و بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل اراضی مرغ به اراضی کشاورزی می‌باشد. در نقشه انطباق سال ۱۳۸۰-۱۳۸۹، اراضی مرغزاری که تغییر کاربری نیافته‌اند، تنها ۵۲/۴۴ درصد را شامل می‌باشند و مابقی اراضی مرغ دستخوش تغییر شده‌اند (شکل ۱۲ و جدول ۷) و در نقشه انطباق تصاویر سال ۱۳۹۵-۱۳۶۶ اراضی مرغ بدون تغییر به ۵۱/۹۹ درصد رسیده‌اند و نشان از تغییرات زیاد بر روی حدود نیمی از منطقه مورد مطالعه دارد (جدول ۹).

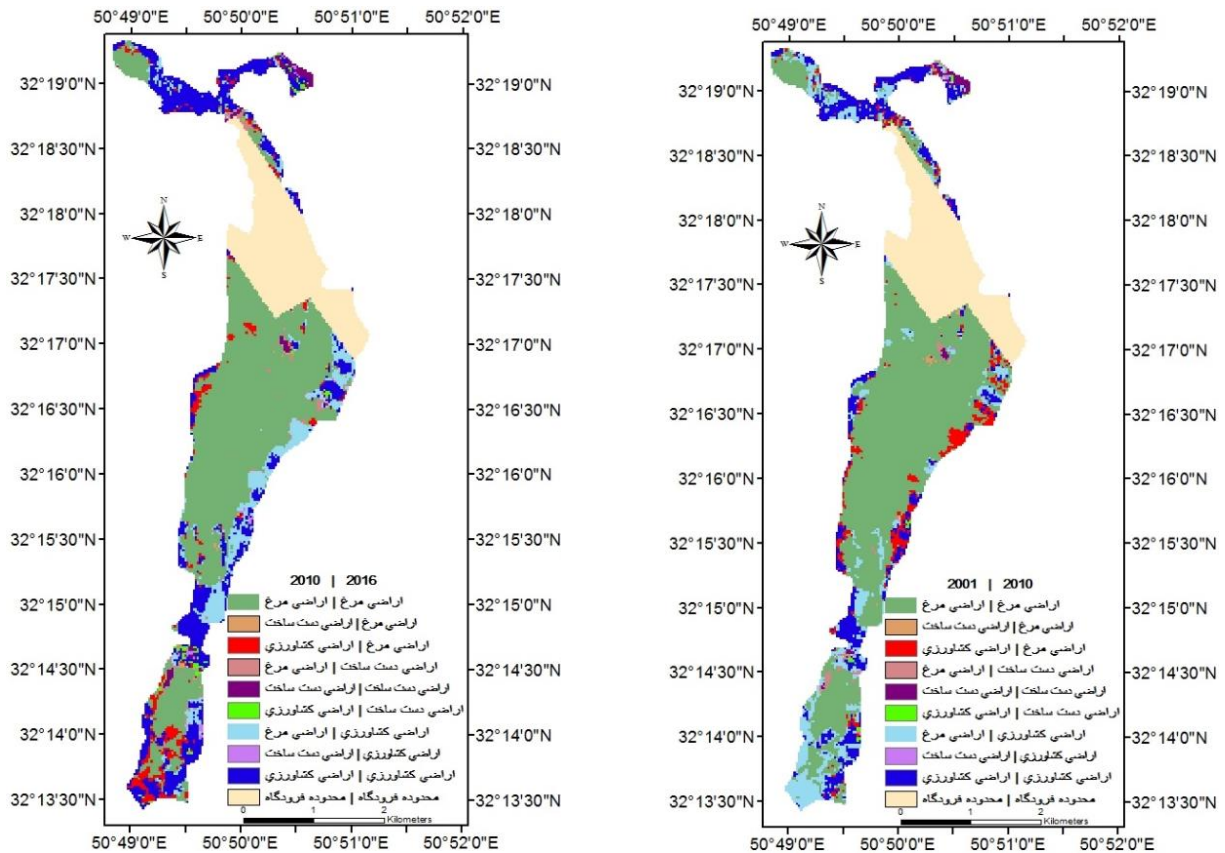
برای درک بهتر از تغییرات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه با انطباق تصاویر میزان تغییرات محدوده مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۸۰، ۱۳۸۰-۱۳۶۶-۱۳۸۹، ۱۳۷۳-۱۳۸۰ و ۱۳۹۵-۱۳۸۹ در شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ و جداول ۶ تا ۹ بررسی شد. شکل ۱۰ تصویر انطباق تصاویر سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۳ و جدول ۵ نتایج انطباق تصاویر ۱۳۷۳-۱۳۶۶ می‌باشد، با توجه به نتایج طی سال‌های مذکور کاربری اراضی دست ساخت و اراضی کشاورزی و محدوده فرودگاه شهرکرد جای اراضی مرغ را گرفته‌اند و در نقشه انطباق سال ۱۳۷۳-۱۳۶۶ حدود ۳۰ درصد از این اراضی تغییر کاربری داده‌اند (بیشترین تغییرات در طی این ۶ سال صورت گرفته است). در



شکل ۱۱. تصویر انطباق تصاویر سال ۱۳۷۳-۱۳۸۰



شکل ۱۰. تصویر انطباق تصاویر سال ۱۳۶۶-۱۳۷۳



شکل ۱۳. تصویر انطباق تصاویر سال ۱۳۸۷-۱۳۹۵

شکل ۱۲. تصویر انطباق تصاویر سال ۱۳۸۰-۱۳۸۷

جدول ۵. انطباق تصاویر کاربری اراضی ۱۳۶۴-۱۳۷۳ (پیکسل)

۱۳۶۴		
مرغ	کل	
۹۲۱۴	۹۲۱۴	مرغ
۲۵	۲۵	اراضی دست ساخت
۱۰۳۰	۱۰۳۰	اراضی کشاورزی
۲۵۱۲	۲۵۱۲	محدوده فرودگاه
۱۲۷۸۱	۱۲۷۸۱	کل

جدول ۶. انطباق تصاویر کاربری اراضی ۱۳۷۳-۱۳۸۰ (پیکسل) آمار ۱۳۸۰

۱۳۷۳					
مرغ	اراضی دست ساخت	اراضی کشاورزی	محدوده فرودگاه	کل	
۷۸۶۴	۱۰	۲۵۴	۰	۸۱۲۸	مرغ
۱۲۷	۱۲	۲۱	۰	۱۶۰	اراضی دست ساخت
۱۲۲۳	۳	۷۵۵	۰	۱۹۸۱	اراضی کشاورزی
۰	۰	۰	۲۵۱۲	۲۵۱۲	محدوده فرودگاه
۹۲۱۴	۲۵	۱۰۳۰	۲۵۱۲	۱۲۷۸۱	کل

جدول ۷. انطباق تصاویر کاربری اراضی ۱۳۸۰-۱۳۸۹ (پیکسل) آمار ۱۳۸۹

۱۳۸۰					
مرغ	اراضی دست ساخت	اراضی کشاورزی	محدوده فرودگاه	کل	
۶۷۰۲	۲۹	۵۶۶	۰	۷۲۹۷	مرغ
۹۶	۱۰۹	۳۹	۰	۲۴۴	اراضی دست ساخت
۱۳۳۰	۲۲	۱۳۷۶	۰	۲۷۲۸	اراضی کشاورزی
۰	۰	۰	۲۵۱۲	۲۵۱۲	محدوده فرودگاه
۸۱۲۸	۱۶۰	۱۹۸۱	۲۵۱۲	۱۲۷۸۱	کل

جدول ۸. انطباق تصاویر کاربری اراضی ۱۳۸۹-۱۳۹۵ (پیکسل)

۱۳۹۵					
مرغ	اراضی دست ساخت	اراضی کشاورزی	محدوده فرودگاه	کل	
۶۰۹۷	۲۴	۵۲۴	۰	۶۶۴۵	مرغ
۱۵۵	۱۶۸	۱۰۳	۰	۴۲۶	اراضی دست ساخت
۱۰۴۵	۵۲	۲۱۰۱	۰	۳۱۹۸	اراضی کشاورزی
۰	۰	۰	۲۵۱۲	۲۵۱۲	محدوده فرودگاه
۷۲۹۷	۲۴۴	۲۷۲۸	۲۵۱۲	۱۲۷۸۱	کل

جدول ۹. مساحت درصد طبقات انطباق بین تصاویر سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

۱۳۶۶-۱۳۷۳		۱۳۷۳-۱۳۸۰		۱۳۸۰-۱۳۸۹		۱۳۸۹-۱۳۹۵		۱۳۹۵-۱۳۶۶		کاربری اراضی
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	
۷۲/۰۹	۸۲۹/۲۶	۶۱/۵۳	۷۰۷/۷۶	۶۰/۳/۱۸	۵۲/۴۴	۴۷/۷۰	۵۴۸/۷۳	۴۷/۷۰	۵۹۸/۰۵	اراضی مرغ - اراضی مرغ
-	-	۰/۰۸	۰/۹	۰/۲۳	۲/۶۱	۰/۱۹	۲/۱۶	۰/۱۹	-	اراضی دست ساخت - اراضی مرغ
-	-	۱/۹۹	۲۲/۸۶	۵۰/۹۴	۴/۴۳	۴/۱۰	۴۷/۱۶	۴/۱۰	-	اراضی کشاورزی - اراضی مرغ
۰/۲۰	۲/۲۵	۰/۹۹	۱۱/۴۳	۸/۶۴	۰/۷۵	۱/۲۱	۱۳/۹۵	۱/۲۱	۳۸/۳۴	اراضی مرغ - اراضی دست ساخت
-	-	۰/۰۹	۱/۰۸	۰/۸۵	۹/۸۱	۱/۳۱	۱۵/۱۲	۱/۳۱	-	اراضی دست ساخت - اراضی دست ساخت
-	-	۰/۱۶	۱/۸۹	۰/۳۱	۳/۵۱	۰/۸۱	۹/۲۷	۰/۸۱	-	اراضی کشاورزی - اراضی دست ساخت
۸/۰۶	۹۲/۷	۱۱۰/۰۷	۹/۵۷	۱۱۹/۷	۱۰/۴۱	۸/۱۸	۹۴/۰۵	۸/۱۸	۲۸۷/۸۲	اراضی مرغ - اراضی کشاورزی
-	-	۰/۲۷	۰/۰۲	۱/۹۸	۰/۱۷	۰/۴۱	۴/۶۸	۰/۴۱	-	اراضی دست ساخت - اراضی کشاورزی
-	-	۶۷/۹۵	۵/۹۱	۱۲۳/۸۴	۱۰/۷۷	۱۶/۴۴	۱۸۹/۰۹	۱۶/۴۴	-	اراضی کشاورزی - اراضی کشاورزی
-	-	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	-	محدوده فرودگاه - محدوده فرودگاه
۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	-	-	-	-	-	-	-	۲۲۶/۰۸	اراضی مرغ - محدوده فرودگاه
۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	کل

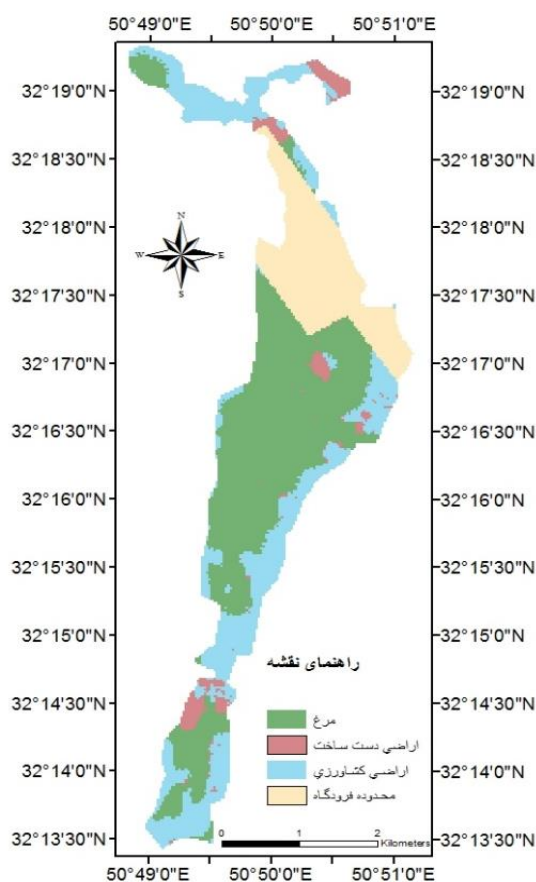
## ۱.۳. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

برای پیش‌بینی تغییرات اراضی از مدل CA-Markov استفاده گردید و برای بررسی صحت این روش، ابتدا با تصویر سال ۱۳۸۰ و سال ۱۳۸۹ تصویر کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت، تصویر تهیه شده دارای ضریب همبستگی ۰/۸۴ و ضریب تبیین ۰/۷۰ می‌باشد که در محدوده قابل قبول قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از

تصویر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ نقشه سال ۱۴۰۵ (۱۰ سال آینده) پیش‌بینی گردید. مطابق نتایج در طی ده سال آینده مقدار اراضی مرغ شهرکرد به ۴۶/۹۱ درصد می‌رسد و ۵/۰۸ درصد کاهش خواهد داشت و همچنان میزان اراضی دست ساخت (۱/۴۹ درصد) و کشاورزی (۳/۶ درصد) روند افزایشی خواهند داشت. در شکل ۱۴ و جدول ۱۰ میزان تغییرات کاربری اراضی ۱۴۰۵ بررسی گردیده است.

جدول ۱۰. میزان مساحت طبقات کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵

نوع کاربری	سال ۱۳۸۹		سال ۱۴۰۵		میزان تغییرات ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۵ (ha)
	مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت	
مرغ	۵۹۸/۰۵	۵۱/۹۹	۵۳۹/۵۵	۴۶/۹۱	- ۵۸/۵
اراضی دست ساخت	۳۸/۳۴	۳/۳۳	۵۵/۴۴	۴/۸۲	+۱۷/۱
اراضی کشاورزی	۲۸۷/۸۲	۲۵/۰۲	۳۲۹/۲۲	۲۸/۶۲	+۴۱/۴
محدوده فرودگاه	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	۲۲۶/۰۸	۱۹/۶۵	-
جمع کل	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	۱۱۵۰/۲۹	۱۰۰	



شکل ۱۴. نقشه پیش‌بینی اراضی مرغ شهرکرد در سال ۱۴۰۵

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر برای بررسی نوع تغییرات نیز از روش انطباق تصاویر استفاده شد (شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ و جداول ۵ تا ۹). بر طبق نتایج انطباق تصاویر، بیشترین تغییرات در محدوده مرغزار در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۳ صورت گرفته است (حدود ۲۸ درصد) در طی این ۷ سال قسمتی از فرودگاه شهرکرد حدود ۲۰ درصد از اراضی مرغ را در بر گرفت و اراضی کشاورزی و دست‌ساخت (صنعتی و مسکونی) نیز محدوده مرغ را دچار تغییر کرده‌اند و تصرف و تغییر کاربری نیز باعث شده محدوده مرغ از مساحت ۱۱۵۰/۲۹ هکتار در سال ۱۳۶۶ به ۵۹۸/۰۵ هکتار در سال ۱۳۹۵ برسد و به‌طور تقریبی نیمی از مساحت مرغ شهرکرد دچار تغییر کاربری و مورد تخریب واقع شود. نقشه پیش‌بینی اراضی در سال ۱۴۰۵ (۱۰ سال آینده) با استفاده از مدل CA-Markov تهیه گردید. صحت این مدل در مطالعات متعددی [۱۰، ۸ و ۷] و این پژوهش مورد تأیید می‌باشد. یافته‌های اعمال مدل CA-Markov در این تحقیق گویای آن است که وسعت اراضی مرغزار شهرکرد در ۱۰ سال آینده ۵ درصد دیگر نیز کاهش خواهد یافت که این امر موجب تخریب بیشتر اراضی مرغ و کاهش کیفیت خدمات ناشی از آن خواهد شد.

با توجه به نتایج اراضی مرغ در طی سال‌های موردبررسی از ۱۰۰ درصد به ۵۰ درصد رسیده‌اند و حدود نیمی از این اراضی تغییر کاربری داده‌اند و نشان از تخریب زیاد این اراضی در طی دوره ۲۹ ساله می‌باشد. در طی این دوره ۲۹ ساله قسمت شمالی این اراضی را قسمتی از محدوده فرودگاه شهرکرد حدود ۲۲۶/۰۸ هکتار به یک‌باره اشغال کرده و قسمت شمال شرقی این اراضی به شهر شهرکرد اضافه شده‌اند و مورد ساخت‌وساز قرار گرفته است. اراضی کشاورزی نیز در قسمت شمال غربی و بخش شرقی محدوده مورد مطالعه، گسترش پیدا کرده‌اند و موجب تغییر اراضی مرغزار شهرکرد شده‌اند

که این امر نشان از دخالت زیاد بشر و عوامل انسانی در محدوده مورد مطالعه دارد که در مطالعه Calderon-Aguilera نیز از یکی از عوامل تغییر کاربری را عوامل انسانی و دخالت انسان ذکر کرده است [۵]. بیشترین تغییرات کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۳ می‌باشد. در این سال‌ها به دلایلی از جمله، بی‌توجهی و عدم مدیریت درست اراضی، احتمالاً ناآگاهی از اهمیت مرغزارها، نبود قوانین سخت‌گیرانه در مورد تبدیل مرغزارها و همچنین توسعه یک‌باره قسمتی از فرودگاه شهرکرد (۲۲۶/۰۸ هکتار) در محدوده مرغزار، باعث تغییرات زیادی در کاربری مرغزار شهرکرد اتفاق افتاده است. علاوه بر این، در این دوره در محدوده مرغزار شهرکرد، واگذاری‌هایی نیز صورت گرفته که قانونی نبوده و تصرف محسوب و باعث تغییر کاربری اراضی به اراضی کشاورزی و سازه‌ای شد. همچنین در طی سال‌های متوالی قسمتی از اراضی صنعتی (فناوران)، به‌عنوان اراضی دست‌ساخت، خصوصاً در قسمت جنوب غربی مرغزار توسعه پیدا کرد، قرار گرفتن مراکز صنعتی و خدماتی در این بخش و احداث شهرک‌های خدمات صنعتی و فناورانه به‌عنوان تهدیدی جدی برای این اراضی محسوب می‌گردد.

برای حفظ وضعیت موجود مرغزار و جلوگیری از تخریب بیشتر باید تدابیری جدی برای حفاظت از این اکوسیستم اندیشیده و از پیشروی این اراضی در داخل محدوده مرغ خودداری شود. مسئله مهم دیگر در منطقه مرغزار شهرکرد، گسترش اراضی کشاورزی در محدوده مورد مطالعه (شکل ۷) و حفر چاه برای آبیاری و برداشت غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی می‌باشد که باعث کاهش کمی و همچنین کاهش کیفی خدمات مرغ به دلیل کاهش سطح سفره آب زیرزمینی و کاهش شدید کیفیت مرغزار شهرکرد شده است. این در حالی است که سفره‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه نیز به‌شدت در معرض خطر واقع شده‌اند که در مطالعه

گیاهی خطرات بسیار زیاد زیست‌محیطی را به همراه خواهد داشت. برداشت خاک‌های غنی از هوموس (Peatland) از مرغزار شهرکرد برای مصارفی مانند پرورش قارچ نیز تهدید دیگری برای این اراضی می‌باشد که در سال‌های اخیر شدت یافته است. در سال‌های اخیر مطالعاتی در خصوص پخش سیلاب در این مرغزار نیز مطرح شده که در چنین مواردی بایستی ملاحظات اکولوژیکی نیز مدنظر قرار گیرد. هرچند این امر توسط برخی از مرتع‌داران و با خرید پساب شهری و توزیع آن در مرغزار صورت می‌پذیرد که تولید علوفه زیادی را نیز حاصل کرده است. با توجه به نتایج این تحقیق و نقش بسیار مهم اراضی مرغ شهرکرد در مسائل زیست‌محیطی، بررسی این اراضی در جهت کنترل و حفاظت از منطقه مورد مطالعه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. نتایج این تحقیق همچنین نشان از دقت بالای فن‌آوری سنجش‌ازدور در پایش تغییرات گذشته و آتی این اکوسیستم ارزنده دارد که می‌تواند در کمترین زمان ممکن (با توجه به قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه ماهواره لندست) تغییرات کاربری اراضی را مورد پایش قرارداد و در جهت اصلاح روش‌های مدیریتی و سنجش تغییرات آن به کاربرد. دقت نقشه‌های تولیدی و همچنین امکان پیش‌بینی تغییرات آینده با توجه به روند تغییرات گذشته در مدل CA-Markov نیز این امکان را فراهم می‌آورد که پایش درست و سریع و دقیقی از روند وضعیت آینده این اکوسیستم صورت‌پذیرد و قبل از وقوع تهدیدات مخرب اکولوژیکی (تغییر کاربری) از بروز آن‌ها جلوگیری کرد.

خسروی دهکردی و همکاران در سال ۱۳۹۶ نیز خشکسالی آب زیرزمینی مرغزار شهرکرد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که محققان خشکسالی‌های چند سال اخیر و کاهش نزولات جوی به و برداشت از چاه‌های موجود در مرغزار شهرکرد را از دلایل بحران شدید، کاهش سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب و فرونشست زمین در منطقه مورد بررسی دانستند [۱]. یکی دیگر از عوامل تهدیدکننده مرغزار شهرکرد چرای بی‌رویه دام می‌باشد که به دلیل کاهش شدید مرغزار مذکور (مقایسه شکل‌های ۳ تا ۷) فشار چرای در این منطقه به شدت افزایش یافته است (به دلیل کاهش سطح) که این امر خطر جدی را برای مرغزار ایجاد کرده و این اراضی را در معرض نابودی و تخریب بیش‌ازپیش قرار داده است. لذا برای کنترل چرای بی‌رویه نظارت بیشتری بر روی پروانه چرای دام و حتی تعدیل آن و یا جلوگیری از ورود بی‌موقع دام و کنترل زمان چرا به مرغزار می‌تواند از تخریب بیشتر آن جلوگیری کند. با توجه به اینکه این مرغزار نقش بسیار مهمی در کنترل فرسایش بادی شهر شهرکرد دارد با از بین رفتن و تخریب این اراضی راه برای ورود گردوغبار و باد بر روی شهر شهرکرد از اراضی کشاورزی (با مساحتی معادل ۲۸۷/۸۲ در جدول ۴ و شکل ۷) که تغییر کاربری یافته و عمدتاً تصرف شده است، باز می‌شود. با از بین رفتن مرغزار، شاهد بروز گردوخاک بر روی سطح شهر و آلودگی هوا خواهیم بود و با توجه به نقش پوشش گیاهی در مقابله با آلودگی‌های هوا در محدوده شهرها و محیط شهری [۴] از بین رفتن پوشش

## References

- [1] Amir Khosravi Dehkordi Ami; Marbazi Najaf Abadi Rassoul; Samadi Boroujien Hossein; Ghasemi Dastjerdi Ahmad Reza (2018) Monitoring and prediction of groundwater droughts in Shahrekord plain using GRI and Markov chain model. Hydrogeology Journal of Tabriz University. 24th of January, 2018
- [2] Ahmad, Mobin (2017) Satellite Image Based Study for Land Use Land Cover Changed due to Mining Activity during (1987 to 2011) at Dhanbad District of Jharkhand. International Journal for Scientific & Development, 4 (12):962-965.

- [3] Al-Hamdan, M. Z., et al. (2017). "Evaluating land cover changes in Eastern and Southern Africa from 2000 to 2010 using validated Landsat and MODIS data." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 62: 8-26.
- [4] Bauni, V., et al. (2015). "Ecosystem loss assessment following hydroelectric dam flooding: The case of Yacretá, Argentina." *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 1: 50-60.
- [5] Calderon-Aguilera, L. E., et al. (2012). "An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps." *Biodiversity and Conservation* 21(3): 589-617.
- [6] Fan, C., et al. (2017). "Time series evaluation of landscape dynamics using annual Landsat imagery and spatial statistical modeling: Evidence from the Phoenix metropolitan region." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 58: 12-25.
- [7] Guan, D., Li, H., Inohae, T., et al. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222, 3761–3772.
- [8] Hu, X. L., Xu, L., Zhang, S. S. (2013). Land use pattern of Dalian City, Liaoning Province of Northeast China based on CA-Markov model and multi-objective optimization. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 24(6), 1652–1660.
- [9] Maxwell, S.K. Schmidt, G.L. Storey, J.C. (2007). A multi-scale segmentation approach to filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images. *International Journal of Remote Sensing*. 28. (23): 5339-5356.
- [10] Naboureh, A., et al. (2017). "An integrated object-based image analysis and CA-Markov model approach for modeling land use/land cover trends in the Sarab plain." *Arabian Journal of Geosciences* 10(12): 259.
- [11] Pringle, M.J. Schmidt, M. Muir, J.S. (2009). Geostatistical interpolation of SLC-off Landsat ETM+ images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 64 (Issue 6): 654-664.
- [12] Roy, D.P. Kline, J. JuScaramuzza, K, P.L, Kovalskyy. Hansen, V. M. Loveland, T.R. Vermote, E. Zhang, C. (2010). Web-enabled Landsat Data (WELD): Landsat ETM+ composited mosaics of the conterminous United States. *Remote Sensing of Environment*. 114(1): 35-49.
- [13] Sánchez-Reyes, U. J., et al. (2017). "Assessment of Land Use-Cover Changes and Successional Stages of Vegetation in the Natural Protected Area Altas Cumbres, Northeastern Mexico, Using Landsat Satellite Imagery." *Remote Sensing* 9(7).
- [14] Schneibel, A., et al. (2017). "Assessment of spatio-temporal changes of smallholder cultivation patterns in the Angolan Miombo belt using segmentation of Landsat time series." *Remote Sensing of Environment* 195: 118-129.
- [15] Zhang, C. Li, W. Travis, D. (2007). Gaps-fill of SLC-off Landsat ETM+ satellite image using geostatistical approach. *International Journal of Remote Sensing*. 28(22): 5103-5122.

