



بررسی تغییر کاربری اراضی استان قم همراه با پارامترهای اقلیمی با استفاده از فناوری سنجش از دور ماهواره‌ای

مقاله پژوهشی

نیما روحانی، افسانه مرادی فرج، برات مجردی، طاهر رجائی، احسان جباری

دریافت: ۲۱ دی ۱۳۹۹ / پذیرش: ۲۳ فروردین ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۱۵ دی ۱۴۰۰

چکیده

آسانی فراهم شده است. رفتار متفاوت امواج رسیده به سنجنده ماهواره‌ای از عوارض و پدیده‌های مختلف که به امضای طبیعی معروف است، اساس تشخیص و آشکارسازی کاربری‌ها در نقشه است. مطالعات این چنین در استان قم نیز به سبب روند رشد بسیار شهری و نیز وجود چند نوع اقلیم متفاوت در گستره نه‌چندان وسیع این استان، مورد توجه قرار گرفته است. بررسی و نمایش کیفی و کمی تغییرات محیط زیستی و پیرامونی در استان قم طی بازه زمانی حدوداً ۳۰ ساله از اهداف این تحقیق است تا به کمک آن بتوان روند تغییرات کلاس‌ها و عوارض مختلف را شناخت و بتوان در آینده این تغییرات را مدل‌سازی نمود.

مواد و روش‌ها ابتدا براساس تغییرات پارامترهای اقلیمی/هواشناسی، زمان‌ها و گام‌های زمانی مطالعه انتخاب شد. این گام‌ها به فاصله ۵ ساله از سال ۱۹۸۹ میلادی تا ۲۰۱۹ انتخاب گردید. نقطه زمانی مطالعات نیز انتهای فصل بهار و ابتدای فصل تابستان در نظر گرفته شد. سپس تصاویر سنجنده‌های مختلف ماهواره‌های لندست در گام‌های زمانی مشخص شده، اخذ گردید و این تصاویر پیش‌پردازش، پردازش و در ۱۱ کلاس شامل؛ زمین‌های بایر، زمین‌های نمکی، زمین‌های شنی، درخت، صخره و سنگ، مناطق مسکونی و شهری، زمین‌های کشاورزی و ۳ نوع مرتع طبقه‌بندی گردید.

پیشینه و هدف مدل‌سازی و نمایش پوشش اراضی مختلف دید جامعی به محققین حوزه‌های گوناگون از جمله متخصصین محیط‌زیست و منابع طبیعی ارائه می‌نماید. یکی از روش‌های اصلی مطالعات محیط زیستی، بررسی تغییر پوشش زمین، کاربری اراضی و نیز پوشش گیاهی منطقه است. علاوه بر نمایش تغییرات خود به خودی طبیعت، تغییرات متأثر از فعالیت‌های انسانی نیز شامل این دسته مطالعات می‌گردد. ساخت‌وساز بشر در راستای توسعه خود به‌ویژه در دهه‌های اخیر این تغییرات را سرعت بخشیده است. امروزه با گسترش علوم مرتبط با فضا و به‌طور کلی سنجش از دور و نیز تولید بیش از پیش محصولات ماهواره‌ای، امکان نمایش کاربری اراضی مناطق مختلف بدون نیاز به بازدیدهای میدانی و به

نیما روحانی^۱، افسانه مرادی فرج^۲ (✉)، برات مجردی^۳، طاهر رجائی^۴، احسان جباری^۵

۱. دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه قم، ایران
 ۲. کارشناسی ارشد ژئودزی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
 ۳. استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
 ۴. دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه قم، ایران
 ۵. دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه قم، ایران
- پست الکترونیکی مسئول مکاتبات : a.moradifaraj@email.kntu.ac.ir
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.4.2.9>

رشد منفی داشتند و همچنین به دلیل شباهت طیفی این کلاس‌ها با یکدیگر، تفکیک مناسبی بین آن‌ها انجام نگرفته است. ۱۲ درصد کلاس زمین‌های بایر نیز به کلاس زمین‌های ماسه‌ای تبدیل شده است. طبقه‌بندی تصاویر و نمایش تغییرات از سال ۱۹۸۹ به سال ۱۹۹۴ نشان می‌دهد که زمین‌های ماسه‌ای، مرتع نوع ۱، درخت، زمین‌های نمکی و دریاچه رشد منفی داشته‌اند. در مجموع حدود ۳۴ درصد انواع مختلف مراتع به زمین‌های بایر تبدیل شده است که با توجه به تغییر منفی در پهنه‌های آبی (دریاچه) منطقی می‌نماید و به‌نوعی بیانگر روند سریع‌تر خشک‌سالی است. میزان تغییرات سایر طبقه‌ها، به طبقه زمین‌های بایر که اعداد به نسبت بزرگی را شامل می‌گردد.

نتیجه‌گیری با توجه به موقعیت جغرافیایی استان قم و سطح زیادی از این استان به‌ویژه در نیمه شرقی آن را که زمین‌های بیابانی شامل کلاس‌های زمین‌های بایر، نمکی و ماسه‌ای در بر گرفته است، انتخاب کلاس‌های ذکر شده در این تحقیق منطقی می‌نماید. با توجه به پوشش عمده استان یکی از معضلات حاکم بر پژوهش حاضر این موضوع بود که تقریباً قریب به اکثریت پیکسل‌های پوشش‌دهنده استان، دارای تشابه رفتار طیفی زیادی بودند و این موضوع روند طبقه‌بندی را دچار مشکل می‌کرد. به‌طور کلی نتایج طبقه‌بندی مربوط به تصاویر اخذ شده در سال ۲۰۱۹ میلادی که مربوط به زمانی نزدیک است، رشد مثبت مشهود در کلاس‌های شهری، کشاورزی، انواع مرتع و پهنه‌های آبی را نشان می‌دهد که با توجه به بازندگی‌های ابتدای بهار ۲۰۱۹ منطقی می‌نمود. از دیگر نکات حائز اهمیت مربوط به این سال، تغییر گسترده و تبدیل کلاس زمین‌های سنگی یا صخره به انواع مرتع است. با توجه به تصویر اصلی اخذ شده از سال ۲۰۱۹ و همچنین تصاویر طبقه‌بندی شده، خطای مربوط به درجات خاکستری در آن مشهود است که تشابه درجات خاکستری و طیف یکسان کلاس‌های شهری و زمین‌های نمکی تقریباً توسط نرم‌افزار به‌عنوان یک عارضه در نظر گرفته شده و همچنین این خطاها در کلاس‌های زمین‌های بایر و ماسه‌ای نیز مشهود است.

واژه‌های کلیدی: پوشش زمین، تصاویر ماهواره، لندست، قم، پارامترهای هواشناسی

برطبق داده‌های حقیقی موجود که به‌صورت بصری و نمونه‌برداری از کلاس‌های مختلف حاصل شد، دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و کمترین فاصله در استان قم مناسب ارزیابی گردید که از بین این دو، روش حداکثر احتمال نتایج نسبتاً بهتری را با در نظر گرفتن کل استان با همه کلاس‌ها در پی داشت و در طبقه‌بندی نهایی به کار رفت. در مرحله آخر طبقه‌بندی، تغییرات کلاس‌ها بین گام‌های زمانی نیز محاسبه و به‌صورت ماتریس تغییرات ارائه گردید.

نتایج و بحث بین گام زمانی سال ۲۰۱۴ میلادی تا سال ۲۰۱۹ میلادی، کلاس‌های شهری، پهنه‌های آبی، کشاورزی و مراتع نوع ۱ و ۳ رشد قابل توجهی داشته‌اند. همچنین بین دو گام زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ میلادی، به‌طور میانگین حدود ۳۰ درصد از کل مراتع یعنی ۳ نوع مرتع مختلف طبقه‌بندی شده به زمین‌های بایر تبدیل شده‌اند. همچنین در این گام زمانی عمده تغییر مشاهده شده تغییر زیاد پهنه‌های ماسه‌ای به زمین‌های بایر بود. بررسی تغییرات بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ نشان می‌دهد که رشد منفی مناطق شهری عمدتاً به علت کیفیت پایین تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و تشابه رفتار طیفی زمین‌های نمکی و مناطق شهری ارزیابی می‌گردد. کلاس‌های با رشد منفی دیگر از جمله دریاچه که بیشتر به زمین‌های نمکی تبدیل شده و مناطق سنگی به مناطق بایر و همچنین مناطق نمکی به بایر و ماسه‌ای تبدیل شده است. تغییرات در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که تغییرات منفی کلاس درخت به علت رفتار طیفی پوشش گیاهی است و این کلاس عمدتاً به کلاس‌های زمین‌های کشاورزی و مراتع تبدیل شده است. در کلاس دریاچه نیز، تغییرات ۴ درصدی به کلاس زمین‌های نمکی و سنگی تشخیص داده شده است. عمده تغییرات در کلاس زمین‌های بایر در حدود ۱۲ درصد به کلاس سنگی و ماسه‌ای تشخیص داده شده است. همچنین بیش از ۵۰ درصد از مجموع مساحت کلاس مراتع به کلاس زمین‌های بایر تبدیل شده که قابل توجه است. تغییرات ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ نشان می‌دهد که فقط ۳ کلاس رشد مثبت داشته‌اند و مابقی کلاس‌ها رشد منفی را شاهد بوده‌اند که بیشترین آن مربوط به کلاس شهری است و عمده تغییرات معطوف به زمین‌های بایر بوده است. کلاس‌های پوشش گیاهی همگی

مقدمه

اراضی/پوشش زمین استان قم از طریق طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست (Landsat) به روش‌های بیشترین شباهت (Maximum Likelihood) و کمترین فاصله (Minimum Distance) با استفاده از سری زمانی ۳۰ ساله و پایش تغییرات این دوره مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه تغییرات زمین در بسیاری از پژوهش‌های مختلف استفاده شده است. محمدیاری و همکاران (۹) بررسی تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ را در شهر بهبهان در دستور کار خود قرار دادند و روش حداکثر احتمال را نیز امتحان نمودند. سبزه‌قبایی و همکاران (۱۶) نیز با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری اقدام به طبقه‌بندی تصاویر مربوط به شهرستان قائم‌شهر در دوره ۱۵ ساله در ۵ کلاس مختلف نمودند. این پژوهش دارای اهداف مدیریتی بوده است. امیدوار و همکاران (۱۲) با استفاده از تصاویر لندست و روش‌های بیش‌ترین شباهت و حداقل فاصله اقدام به ارزیابی تغییرات کاربری و درصد پوشش گیاهی در شهر و نواحی پیرامون یاسوج نمودند. در این پژوهش روش بیشترین شباهت نتایج بهتری را منتج شد. بررسی پوشش گیاهی با فنون سنجش‌ازدوری در مطالعات دیگر نظیر پژوهش باقیده و همکاران (۲) نیز انجام گرفته است. مناطق مستعد تغییرات، همانند زمین‌های در معرض عوامل محیطی و اقلیمی (۱۱) و نیز تالاب‌ها از جمله نواحی حائز اهمیت در بررسی‌های محیط زیستی پایش تغییرات هستند. در استان قم نیز دریاچه نمک و تالاب حوض سلطان به شکل ویژه مورد توجه قرار گرفتند. از دیگر مطالعات بررسی تغییرات تالاب‌ها، می‌توان به پژوهش مکرونی و همکاران (۸) اشاره نمود که تغییرات کاربری اراضی تالاب هورالعظیم را با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری مورد مطالعه قرار دادند. روش طبقه‌بندی در این پژوهش نیز حداکثر احتمال بوده است. این مطالعه کاهش سطح آب بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ در حدود ۶۶ درصد نشان داد. همچنین بررسی روند تغییرات پارامترهای هواشناسی باهدف مطالعه میزان تأثیرگذاری این کمیت‌ها در بروز و تشدید تغییرات اقلیم و خشک‌سالی در استان قم انجام شده است (۴). مطالعاتی این‌چنین می‌تواند بررسی‌های

عوامل طبیعی و نیز دخالت‌های انسانی در گذر زمان موجب تغییرات کوچک و بزرگ در طبیعت شده است. تابش آفتاب، حرکت موج‌ها در ساحل، زلزله، رانش زمین و غیره، هر یک موجب تغییراتی در محیط وقوع می‌گردد. همچنین عوامل انسانی نظیر ساخت انواع سازه، گسترش زمین‌های کشاورزی، تغییر مسیر رودها توسط انسان نیز از جمله عوامل انسانی یا مصنوعی تغییرات محیط‌زیست است (۵). شناسایی و پایش دائمی این تغییرات، ما را نسبت به محیط‌زیست خود آگاه‌تر نموده و زندگی در این محیط را آسان‌تر می‌نماید و در مقابل تغییرات مخرب قدرتمندتر می‌کند. همچنین بهره‌برداری بهینه از محیط‌زیست و منابع آن از دیگر دلایل لزوم شناخت هرچه بیشتر از آن است. شناخت تغییرات محیط‌زیست برای بررسی و مدل‌سازی تغییرات و تأثیرات توأم انسان و محیط بر یکدیگر جهت نیل به زندگی بهتر، یکی از شاخه‌های اصلی و پایه‌ای علم محیط‌زیست است که روش‌های متعددی را شامل می‌گردد (۱۹). این تغییرات به شیوه‌های مختلفی حاصل می‌گردد. گاهی خود این تغییرات توسط بشر دیده شده و گاهی نتایج تغییرات بر زندگی بشر تأثیرگذار است. بررسی تغییرات ظاهری محیط پیرامونی، بخشی از پایش تغییرات محیط‌زیست است که در پژوهش حاضر نیز مورد توجه است و امروزه با گسترش صنعت فضایی عمدتاً از طریق تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌پذیرد (۶ و ۱۹). یکی از ضرورتی‌ترین اطلاعات مورد نیاز برای مطالعه تغییرات محیط زیستی استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی (Land Use)، پوشش‌زمین (Land Cover) و پوشش گیاهی است که به‌نوعی تغییرات ظاهر پوسته زمین و آن قسمتی که دارای رخنمون است را به نمایش می‌گذارد (۱۶، ۲۲ و ۲۳). تهیه چنین نقشه‌هایی با استفاده از روش‌های سنتی، مطالعات و آزمایش‌های میدانی و تفسیر عکس‌های هوایی، مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی است. داده‌های ماهواره‌ای به دلیل دید وسیع، یکپارچه، تداوم و به‌روز تصاویر، برای این مهم مناسب می‌باشند. در این پژوهش به‌منظور تهیه نقشه کاربری

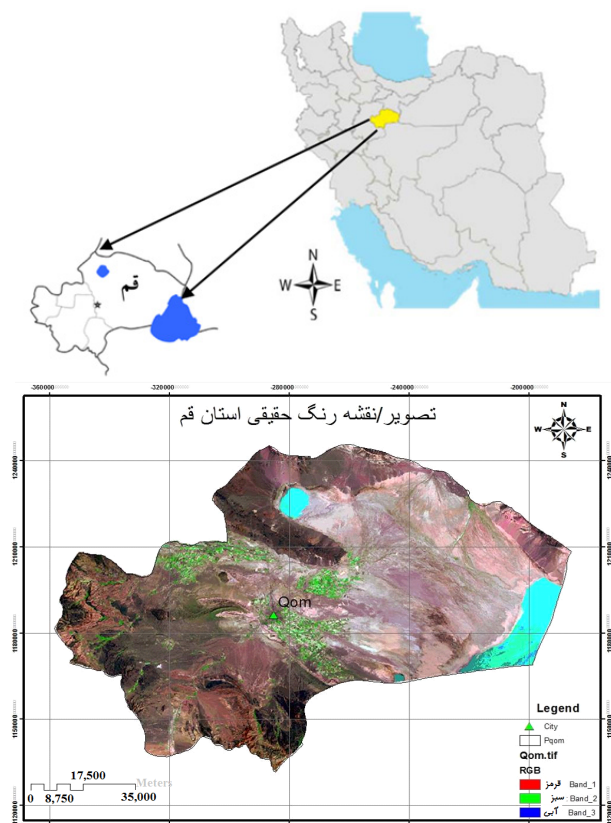
سمنان در شرق، اصفهان در جنوب و مرکزی در غرب همسایه است. مختصات جغرافیایی این استان از $52^{\circ} 08' 50''$ تا $51^{\circ} 58' 50''$ شرقی برای طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی $35^{\circ} 09' 10''$ تا $34^{\circ} 08' 10''$ شمالی است. استان قم به طور متوسط ۹۳۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و حدود ۲۵ درصد از وسعت استان را مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای تشکیل داده و مابقی به صورت دشت است. با توجه به اختلاف زیاد ارتفاع در استان (از ۸۰۰ تا ۳۳۳۰ متر از سطح دریا) دارای آب‌وهوایی متفاوت و اقلیم‌هایی مختلف از اقلیم خشک کویری گرفته تا معتدل و کوهستانی است. استان قم دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان سرد است (۱۷). پژوهش حاضر مربوط به استان قم بوده که معرفی محدوده مورد مطالعه، نمای هوایی و رنگ طبیعی استان به صورت تصاویر شکل ۱ آمده است.

فاز صفر برای پژوهش‌های محیط زیستی قلمداد گردد (۲۱). مطالعه تغییرات اقلیمی/هواشناسی به‌ویژه مربوط به بخش مرکزی و کویری ایران در بسیاری از پژوهش‌های گذشته انجام شده است که در قسمت انتخاب زمان‌های مطالعه به تفصیل بیان می‌شوند. به‌طور کلی روند تغییرات در تحقیقات گذشته و پژوهش حاضر همگرایی بسیاری را نشان می‌دهند (۳).

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

استان قم با جمعیتی حدود یک میلیون و سیصد هزار نفر و با وسعت ۱۱۶۱۳ کیلومترمربع، حدود ۶ درصد از مساحت کل کشور را داراست. این استان با استان‌های تهران در شمال،



شکل ۱. موقعیت قرار گیری استان قم در کشور ایران و نقشه نمای رنگ حقیقی استان قم در تصویر ماهواره لندست

Fig. 1. The location of Qom province in Iran and map of the true color of Qom province in the Landsat satellite image

انتخاب زمان‌های مطالعه

بررسی تغییرات پارامترهای هواشناسی/ اقلیمی شامل دما (کمینه، بیشینه و میانگین دما)، بارندگی، حداکثر سرعت باد، رطوبت نسبی (کمینه، بیشینه و میانگین)، تبخیر و تعداد روزهای گردوغباری به صورت سالانه برای بازه‌های مشخص زمانی در ایستگاه‌هایی خاص از استان در گذشته انجام شده است (۳). ایستگاه‌هایی که داده‌های آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت شامل ایستگاه‌های قم (شکوهیه)، کهک و سلفچگان بودند. بر طبق آخرین آمار رسمی سازمان هواشناسی (مورد تأیید مرکز ملی آمار کشور) استان قم در کل دارای ۱۰ ایستگاه هواشناسی است که از این بین تنها سه ایستگاه ذکر شده سینوپتیک بوده و دارای داده‌های اقلیمی/ هواشناسی نسبتاً بلندمدت و مناسب برای پژوهش حاضر بودند. موقعیت ایستگاه قم: ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۷ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ۲۷ ثانیه عرض شمالی، ایستگاه سلفچگان؛ ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه و ۸ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴ ثانیه عرض شمالی و ایستگاه کهک؛ ۵۰ درجه و ۵۲ دقیقه و ۱۱ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه عرض شمالی می‌باشند. داده‌های ایستگاه‌های کهک و سلفچگان از سال ۱۳۸۲ شمسی و داده‌های ایستگاه قم از سال ۱۳۶۵ در دسترس بودند. تعیین زمان‌های بررسی کاربری اراضی از طریق تصاویر ماهواره‌ای مدنظر، با استفاده از مطالعه پارامترهای اقلیمی/ هواشناسی انجام شده است. به نحوی که تغییرات این پارامترها اطمینان خاطر از بررسی روند معمول تغییر کاربری اراضی را در پی داشت. مطالعه تغییرات این پارامترها در روندهای اقلیمی و بررسی تغییرات ناگهانی و مقطعی با اهداف دیگر نیز به انجام رسیده است (۱، ۱۲ و ۱۳). در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از بررسی سال به سال تغییرات شاخص‌های اقلیمی/ هواشناسی در استان قم، نسبت به شناخت و انتخاب سال‌های مناسب مطالعه تصمیم‌گیری شد. داده‌های استفاده شده مربوط به سه ایستگاه قم، سلفچگان و کهک بودند. روش مطالعه نیز به کمک تحلیل نموداری و آماری (آزمون آماری) انجام پذیرفت. سال‌هایی که در آن‌ها تغییرات خارج از

معمول یا جهش اقلیمی مشاهده گردید، از دامنه بررسی‌ها خارج گردید. علت این امر هم بررسی هرچه با دقت بیشتر روند معمول و بلندمدت تغییرات محیط زیستی و جلوگیری از دخیل بودن تغییرات آبی و غیرمنظم در مطالعه روند واقعی بود. سپس همانند بسیاری از مطالعات مشابه سنجش‌ازدوری و محیط زیستی با انتخاب سال‌های مورد مطالعه و گام زمانی مطلوب ۵ ساله، اقدام به طبقه‌بندی سطح استان قم در ۷ سال انتخابی در بین این گام‌های ۵ ساله مختلف، یعنی سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹ میلادی شد. هدف آن بررسی تغییرات در بازه زمانی مشخص و هرچه نزدیک‌تر به واقعیت است. سپس نمایش این تغییرات به صورت کمی و کیفی (بصری در تصاویر طبقه‌بندی شده) نتیجه گردید. داده‌های مربوط به پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، بارندگی، تبخیر، سرعت باد و تعداد روزهای گردوغباری از ۳ ایستگاه هواشناسی استان قم (ایستگاه سلفچگان، ایستگاه شکوهیه/ قم و ایستگاه کهک) از سازمان هواشناسی دریافت و مورد تحلیل قرار گرفت. تغییرات این پارامترها در بازه زمانی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۶ در نمودارهای مجزا به نمایش درآمد. به علت محدودیت تعداد صفحات و حجم مقاله، امکان نمایش نمودارها در متن وجود ندارد. با این حال این امکان وجود دارد که در صورت تمایل خوانندگان، این اطلاعات توسط مکاتبه با نویسنده مسئول مقاله، در اختیار آن‌ها قرار گیرد. علاوه بر تحلیل نموداری هریک از این پارامترها، تحلیل آماری نیز با استفاده از آزمون من-کنندال (Mann-Kendall) انجام گرفت. از آنجایی که برخی از تغییرهای آب‌وهوایی به‌طور کلی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند و بررسی تغییرات آن‌ها در دوره‌های زمانی مختلف بنا بر موضوع و محدوده زمانی و مکانی مطالعه، منطقی می‌نماید، لذا استفاده از آزمون رتبه‌ای نظیر آزمون پرکاربرد من-کنندال منطقی است. همچنین به دلیل این که استفاده از این روش نیاز به نرمال بودن توزیع داده‌ها ندارد، استفاده از این روش مورد علاقه محققان بسیاری بوده است. در پژوهش حاضر این روش نیز مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی، نتایج این قسمت از پژوهش

مباحث ذکر شده، می توان گفت که سال ۱۹۹۵ میلادی نیز سال مناسبی جهت مطالعات تغییرات بلندمدت نیست. تغییرات میانگین حداکثر سرعت باد و شیب خط روند آن در دوره آماری مورد مطالعه رو به افزایش است. براساس بررسی های صورت گرفته، پس از سال ۱۳۸۷ شمسی یا ۲۰۰۸ میلادی، شکل تغییرات از نظم و روند قبلی فاصله گرفته و یک فاصله محسوس به ویژه در ایستگاه قم را به وجود آورده است. برای اطمینان بیشتر، این سال نیز از بازه مطالعه حذف شد. میانگین رطوبت نسبی سالانه نوسان زیادی داشته است و در سال ۱۳۸۹ هجری شمسی یا ۲۰۱۰ میلادی یک تغییر ناگهانی در آن رخ داده است که روندی افزایشی و معنی دار را در سطح ۹۵ درصد اطمینان دنبال کرده است. به این دلیل، این سال نیز از بازه مطالعه خارج شده است. کمیت های تبخیر و بارندگی جهش یا تغییر خاصی را نشان نداده اند.

نتیجه حائز اهمیت در این قسمت، انتخاب سال های مورد مطالعه در گام های زمانی پژوهش حاضر است که سال های ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ را برای گام های مطالعه در بررسی های بلندمدت مناسب ارزیابی نمی نماید. از این رو با توجه به معرفی بازه ۵ ساله برای گام های زمانی، سال ۱۹۸۹ به عنوان سال ابتدایی در مطالعه با فواصل ۵ ساله و سال ۲۰۱۹ میلادی به عنوان سال پایانی در نظر گرفته شد که با توجه به امکانات موجود اعم از داده های هواشناسی و نیز تصاویر ماهواره ای قابل دسترس، بازه ای منطقی و بهینه می نماید. براساس مطالعات این قسمت، تاریخ های مناسب جهت اخذ تصاویر ماهواره لندست انتخاب شد. با انتخاب سال های مطالعه، جهت یکنواخت سازی زمان های مطالعه، خرداد ماه به عنوان مبنای انتخاب شد. دلیل این امر، پایان فصل بارش در استان قم و رسیدن به تعادل است. زمان تصاویر اخذ شده جهت تحلیل، طبقه بندی و استخراج کاربری ها به شرح جدول ۱ است.

بیان کننده این موضوع اثبات شده است که تحولات رخ داده در بررسی روندها، مؤید نوعی تغییر در روندهای اقلیمی است که کلیت آن عبارت است از افزایش دما، تغییر رطوبت نسبی، شیب نزولی میزان بارش توأم با افزایش وزش بادهای پرسرعت است (۳، ۱۲، ۱۳ و ۱۴).

علت اصلی مطالعه تغییرات شاخص های اقلیمی، جهت نیل به مطالعه محیط زیستی دقیق تر در بازه زمانی مشخص بود. به طور کلی این بخش از پژوهش انتخاب گام های زمانی را در پی داشت. مطالعه در نقاط زمانی صحیح بررسی تغییرات را اعم از اقلیمی، محیط زیستی و کاربری اراضی به صورت صحیح تر و معتبر تر می نماید (۲۰). بر این اساس روندیابی انجام گرفته برای پارامتر دما، سال ۱۳۹۰ هجری یا سال ۲۰۱۱ میلادی را از چند منظر می توان نقطه حائز اهمیت در نظر گرفت. زیرا براساس مطالعات اقلیمی در استان، در این سال یک جهش اقلیمی با روند مثبت در محدوده بحرانی ۹۹ درصد رخ داده است. همچنین این سال، نقطه کمینه محسوس دما در بازه ده ساله ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ بوده است که به نوعی تغییرات ناگهانی و غیر منظم به حساب می آید. از این منظر سال ۲۰۱۱ نمی تواند سال خوبی جهت مطالعه روندیابی سالانه برای بررسی های دقیق تر قلمداد شود. روند تغییرات حداقل دمای سالانه نیز همانند میانگین سالانه، برای تمام ایستگاه های مورد بررسی افزایشی بوده است. براساس مشاهدات، پارامتر حداقل دمای سالانه پس از یک جهش اقلیمی در سال ۱۳۷۵ هجری یا سال ۱۹۹۶ میلادی، به سرعت رو به افزایش است. متوسط کلی شیب تغییرات افزایشی برای پارامتر کمینه دما، نسبت به میانگین دما، کمی بیشتر است. طبق آنچه برای میانگین کمینه دما گفته شد، سال ۱۹۹۶ میلادی نیز سال مناسبی جهت مطالعات روندیابی تغییرات نبوده است. روند تغییرات کمیت میانگین سالانه حداکثر دما یک جهش اقلیمی در سال ۱۳۷۴ هجری یا ۱۹۹۵ میلادی را نشان می دهد. طبق

جدول ۱. تاریخ‌های تصاویر اخذ شده جهت طبقه‌بندی

Table 1. Dates of images are taken for classification

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
تاریخ	۲۰۱۹/۰۶/۱۳	۲۰۱۴/۰۶/۰۶	۲۰۰۹/۰۶/۲۴	۲۰۰۴/۰۵/۲۶	۱۹۹۹/۰۶/۰۶	۱۹۹۴/۰۶/۰۸	۱۹۸۹/۰۶/۲۵
فریم اول	۱۳۹۸/۰۳/۲۳	۱۳۹۳/۰۳/۱۶	۱۳۸۸/۰۴/۰۳	۱۳۸۳/۰۳/۰۶	۱۳۷۸/۰۳/۱۶	۱۳۷۳/۰۳/۱۸	۱۳۶۸/۰۴/۰۴
(میلادی)	۲۰۱۹/۰۶/۰۴	۲۰۱۴/۰۶/۱۵	۲۰۰۹/۰۶/۰۱	۲۰۰۴/۰۶/۰۲	۱۹۹۹/۰۶/۲۹	۱۹۹۴/۰۶/۱۵	۱۹۸۹/۰۶/۱۰
فریم دوم	۱۳۹۸/۰۳/۱۴	۱۳۹۳/۰۳/۲۵	۱۳۸۸/۰۳/۱۱	۱۳۸۳/۰۳/۱۳	۱۳۷۸/۰۴/۰۸	۱۳۷۳/۰۳/۲۵	۱۳۶۸/۰۳/۲۰
ماهواره	Landsat 8/ ETM ⁺	Landsat 8/ ETM ⁺	Landsat 5/ TM	Landsat 7/ OLI	Landsat 5/ TM	Landsat 5/ TM	Landsat 5/ TM

تحلیل تصاویر

بر روی تصاویر اخذ شده، در نرم‌افزار ENVI تصحیح رادیومتریک که تنها روی گام‌های خاکستری و با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (پیکسل به پیکسل) انجام می‌گیرد، اعمال شد. همچنین از مدل FLAASH برای تصحیح اتمسفری استفاده گردید. برای تصاویر Landsat 7 از عملکرد GAPFILL نیز برای خطوط راه‌راه‌شدگی یا همان خطای Striping استفاده شد. سپس تصاویر دو فریم با هم موزاییک و طبق شیپ‌فایل کاربری اراضی استان قم تولید شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، برش زده شد و سپس نمونه‌برداری انجام گرفت. در پردازش تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین بحث‌ها که باعث ایجاد اطلاعات جدید می‌شود، استفاده از تبدیلات است. تبدیلات، اطلاعات تصویر را به گونه‌ای تغییر می‌دهند که می‌توان اطلاعات جدید طیفی را از تصاویر استخراج کرد. در تحلیل‌های بصری در عموم پژوهش‌ها از سیستم رنگی RGB استفاده می‌شود و بقیه رنگ‌ها با ترکیب‌های مختلف این سه رنگ ایجاد می‌گردد. اما تصاویر ماهواره‌ای که تهیه می‌شود در طیف خاکستری ایجاد می‌شود و در واقع در بحث تبدیلات سیستم‌های رنگی است که می‌توان این طیف‌ها را رنگی نمود.

برای ساختن تصاویر رنگ کاذب به منظور استفاده از آن در طبقه‌بندی، باید سه نوار مختلف تصویر در فضای RGB با یکدیگر ترکیب شوند. در این تحقیق به منظور به دست آوردن بهترین ترکیبات نواری، از فاکتور شاخص بهینه (Optimal Index Factor) یا OIF استفاده گردید (۱۰ و ۱۱). با

توجه به ترکیبات مختلف نواری بر اساس فاکتور شاخص بهینه، ترکیب نواری ۷۵۳ به عنوان تشخیص بهتر پوشش گیاهی انتخاب گردید. برای نمونه‌گیری از لایه کاربری اراضی که در سال ۱۳۹۲ توسط وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده، استفاده گردید که البته دارای خطاهای بسیاری بود. فایل مورد ارزیابی از سازمان برنامه‌بودجه استان قم اخذ شد. کلاس‌های این لایه با کلاس‌های طبقه‌بندی شده در پژوهش حاضر دقیقاً یکی است. براین اساس، نمونه‌برداری تحقیق حاضر، به صورت‌های بصری، ترکیب رنگی‌های کاذب، طبقه‌بندی نظارت نشده به روش Iso Data و نیز نمونه‌های برداشت شده از زمین به صورت عملی انجام گرفت. نمونه‌برداری انجام گرفته به صورت محدود در استان قم انجام شد. روش Visual یا دید بصری که عوارض قابل تشخیص با دید انسانی و رنگ حقیقی یا کاذب را بیان می‌کند و اولین گام در طبقه‌بندی و اعتبارسنجی آن است. مجموعه این مراحل، پیش‌پردازش تصاویر را شامل شد. جهت پردازش تصاویر و استخراج کلاس‌ها، ابتدا طبقه‌بندی نظارت نشده برای ایجاد شناخت کلی طبقات پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه و نیز به عنوان یک ابزار کمکی جهت تعیین نمونه‌برداری‌های آتی انجام گرفت و همچنین در پردازش این تصاویر از طبقه‌بندی حداکثر احتمال (بیشترین شباهت) و کمترین فاصله برای تمامی تصاویر استفاده شد (۱۸). طبقه‌بندی شبکه عصبی (Neural Network) و ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machines; SVM)، هم برای تصاویر سال ۲۰۱۹ انجام پذیرفت. از آنجاکه روش‌های شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان منجر به

آمده است. شکل ۲ نتایج طبقه‌بندی برای دوره‌های زمانی مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل ۲ نتایج طبقه‌بندی برای سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹ را با فواصل زمانی ۵ ساله به نمایش می‌گذارد. بر این اساس هر یک از کلاس‌ها رنگ متفاوتی را به خود اختصاص داده‌اند. در این تصاویر دو پهنه آبی عمده استان شامل دریاچه نمک و تالاب حوض سلطان به صورت واضح و به رنگ آبی مشخص هستند. همچنین رنگ سفید شوره‌زارهای استان را نمایش می‌دهد.

همان‌طور که مشخص است حاشیه این پهنه‌های آبی به‌عنوان شوره‌زار طبقه‌بندی شده که با توجه به اقلیم منطقه و نیز فصلی بودن منابع آب، منطقی می‌نماید. کمربند تالابی استان قم که از شرق و جنوب شرق تالاب حوض سلطان تا غرب دریاچه نمک ادامه دارد و شامل تالاب‌های مژه و بند علی‌خان نیز می‌گردد، عمدتاً به صورت پهنه سفیدرنگ و نمکی طبقه‌بندی شده است. این پهنه تالابی نیز تنها در زمان‌های کوتاهی آب دارد و بیشتر سال سطحی نمکی و بایر دارد. با توجه به زمان‌های اخذ تصاویر که مربوط به انتهای فصل بهار و پس از فصل بارش در منطقه است، مساحت کلاس‌های زمین‌های کشاورزی و مراتع نیز منطقی می‌نماید. همچنین منطقه شهری در مرکز استان نیز به صورت صحیح مشخص و طبقه‌بندی شده است. با توجه به کوهستانی بودن غرب و جنوب غرب استان قم، نکته حائز اهمیت دیگر طبقه‌بندی عمده این نواحی در کلاس سنگ و صخره است. این موضوع نیز از نکات مثبت و معقول طبقه‌بندی بر اساس نمونه‌برداری‌های انجام شده است.

قسمت دیگر نتایج شامل تغییرات کلاس‌های طبقه‌بندی شده به روش بیشترین شباهت بین گام‌های زمانی پی‌درپی است. همان‌طور که گفته شد، یکی از متداول‌ترین و بهترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال (بیشترین شباهت) است. این روش بر مبنای احتمالات پایه-ریزی شده و از لحاظ آماری، منطقی‌تری به همراه دارد. مقدار درصد احتمال تعلق هر سطر و ستون به هر طبقه

خطاهای زیادی شدند، ادامه کار برای روش‌های حداکثر احتمال و کمترین فاصله، انجام گرفت. نمونه‌های انتخاب شده اولیه (Region of Interest; ROI) بر اساس استاندارد وزارت جهاد کشاورزی به ۱۱ کلاس مختلف تقسیم‌بندی شد. کلاس‌های طبقه‌بندی شده شامل: زمین‌های بایر (Bare Land)، نمکی (Salt Land)، شنی (Sandy Land)، پهنه‌های آبی (Lake)، درخت (Tree)، زمین‌های صخره‌ای و سنگی (Rock)، مناطق مسکونی (Urban)، زمین‌های کشاورزی (Agriculture) و سه نوع مرتع پرند (Stipa)، شال دم (Siebber) و دشتی (Pteropyron) بود. اعتبارسنجی روش‌های طبقه‌بندی تحقیق حاضر با کمک تحلیل بصری برای همه کلاس‌ها و همه زمان‌ها به‌طور دائمی در دوره پژوهش انجام گرفت. همچنین از لایه کاربری اراضی استانداری استان قم (واحد GIS سازمان برنامه‌بودجه) نیز بهره گرفته شد. این درحالی بود که این لایه، خطاهای بسیاری داشت. همچنین نمونه‌برداری از همه کلاس‌ها در استان قم (به صورت محدود) انجام گرفت. نمونه‌برداری محدود صورت گرفته پراکندگی جامعی در همه سطح استان و همه کلاس‌ها نداشت و عموماً قسمت‌هایی از مناطق مرکزی، جنوب غربی و بخش کوچکی از نیمه شرقی و شمالی استان را در بر گرفت. در تحلیل‌های بصری از کارشناسان خیره سازمان حفاظت محیط‌زیست و اداره کل هواشناسی استان کمک گرفته شد.

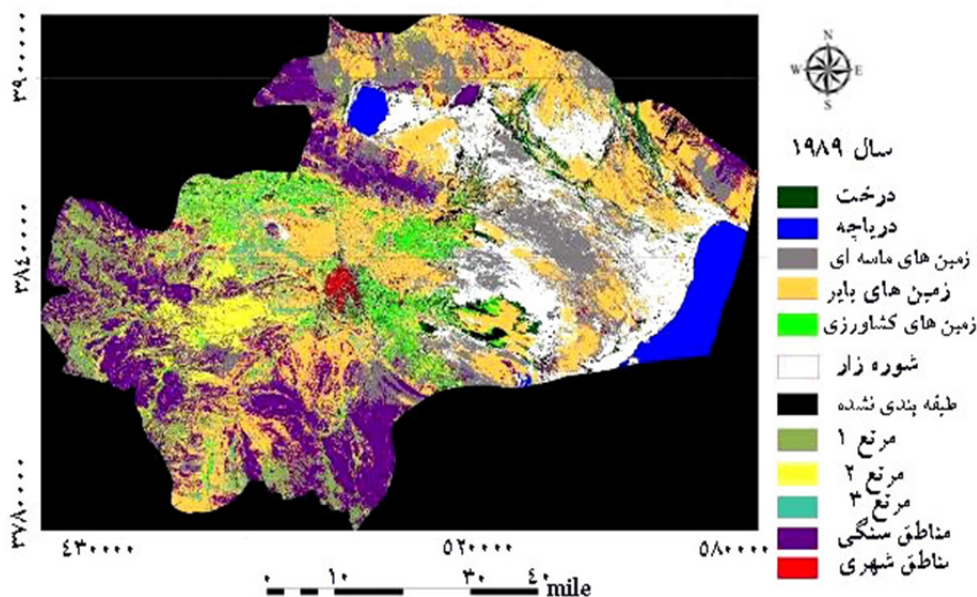
نتایج

نتایج طبقه‌بندی نهایی تصاویر اخذ شده از ماهواره لندست به روش حداکثر احتمال (بیشترین شباهت) در این پژوهش در هفت گام زمانی حاصل شده است. در هر یک از این گام‌ها خروجی طبقه‌بندی به صورت تصویر برای کل استان قم ارائه شده است. همچنین درصد تغییرات بین گام‌های زمانی نیز محاسبه شد و به صورت ماتریس و نمودار تغییرات در این مقاله ارائه شده است. بر این اساس نتایج شامل دوشاخه؛ الف) نتایج طبقه‌بندی و مشخص نمودن کاربری اراضی برای سال‌های مختلف و ب) بررسی تغییرات بین گام‌های متوالی،

معرفی شده به عنوان کلاس سنگی در سال ۲۰۱۴، دچار تغییر کلاس شده‌اند. با توجه به تغییرات ثبت شده که عمدتاً مربوط به ردیف مرتع ۲ بوده است و با توجه به بارندگی‌های ابتدای سال ۱۳۹۸ هجری شمسی یا سال ۲۰۱۹ میلادی، این تغییر محسوس، منطقی به نظر می‌رسد. در مورد کلاس شهری هم محاسبات تغییر حدود ۳/۸۸ درصدی و تبدیل به زمین بایر را نشان می‌دهد. با توجه به میزان طبقه‌بندی نشده، تغییر این کلاس چندان زیاد نبوده است. عمده تغییر زمین‌های بایر استان نیز در این مدت، متوجه خود این کلاس بوده است. با توجه به بارندگی‌های بهار سال ۱۳۹۸ شمسی یا ۲۰۱۹ میلادی، این موضوع نشان‌دهنده این است که زمین‌های بایر استان چندان قابلیت رشد گیاه را حتی با وجود بارندگی‌های مناسب ندارند. از دلایل احتمالی آن می‌توان شوری خاک، عدم وجود بذر گیاهان مناسب و یا گرمای شدید دانست.

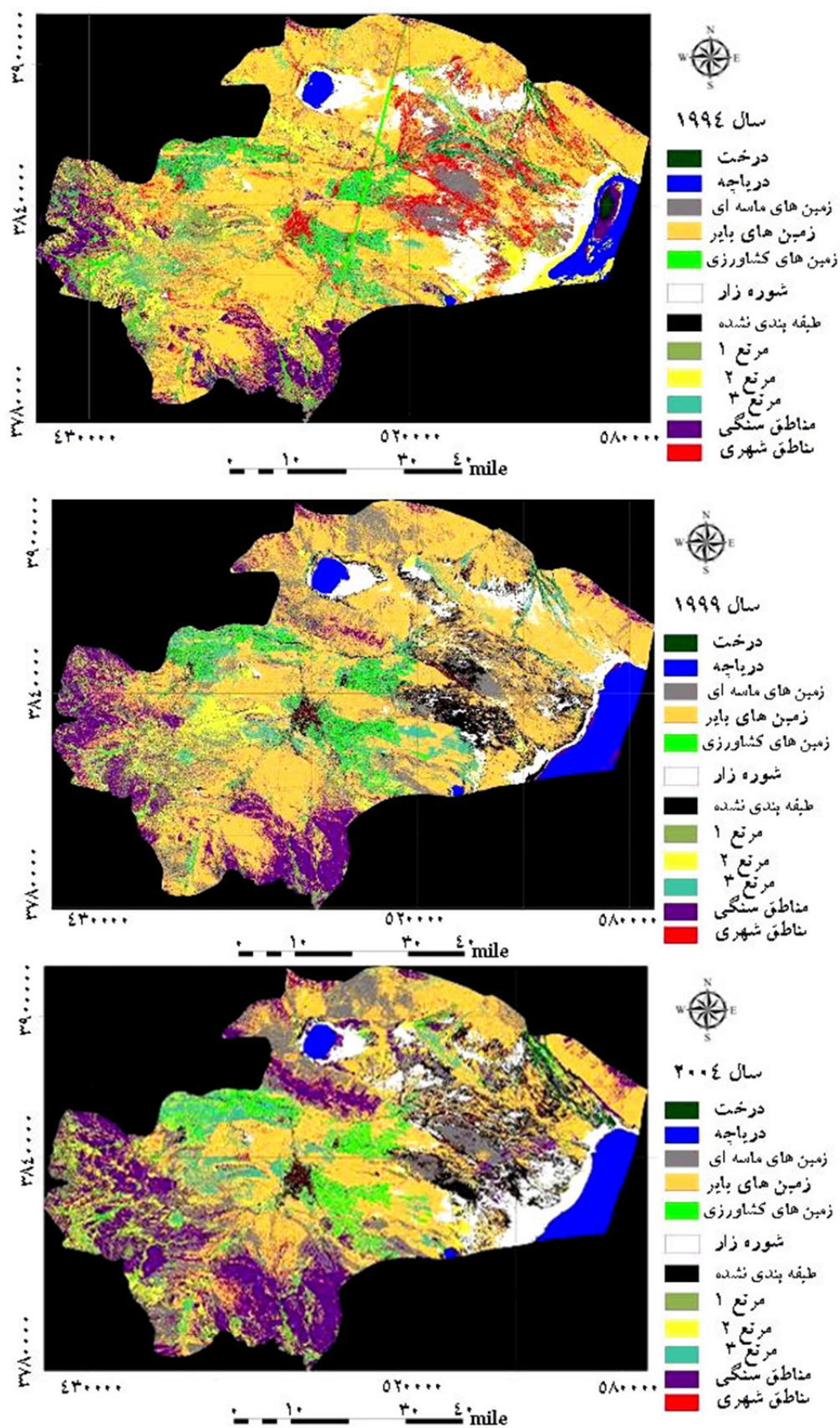
محاسبه می‌شود و هر سطر و ستون براساس بیشترین میزان احتمال به یک طبقه اختصاص پیدا می‌کند.

در جدول‌های ارائه شده در ادامه، میزان تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها در یک گام زمانی به صورت کمی و برحسب درصد محاسبه شده است. در این روش، ابتدا به صورت مجزا برای هر کدام از تصاویر، نقشه موضوعی تهیه شد و سپس به پایش تغییرات انجام گرفت. جدول ۲ میزان تغییرات کلاس‌ها در بازه زمانی سال ۲۰۱۴ میلادی تا ۲۰۱۹ را به صورت درصد از مساحت در گام اول (سال ۲۰۱۴) نشان می‌دهد. جدول ماتریس تغییرات به طور کلی تغییرات هر کلاس و نیز میزان تبدیل شدن کلاس‌ها به یکدیگر را بیان می‌کند. در جدول ۳، در ستون مربوط به کلاس زمین‌های سنگی/صخره‌ای که عمدتاً نواحی کوهپایه‌ای، دامنه‌ای و زمین‌های نسبتاً مرتفع استان را نمایش می‌دهد، در حدود ۸۹/۹ درصد از پیکسل‌های



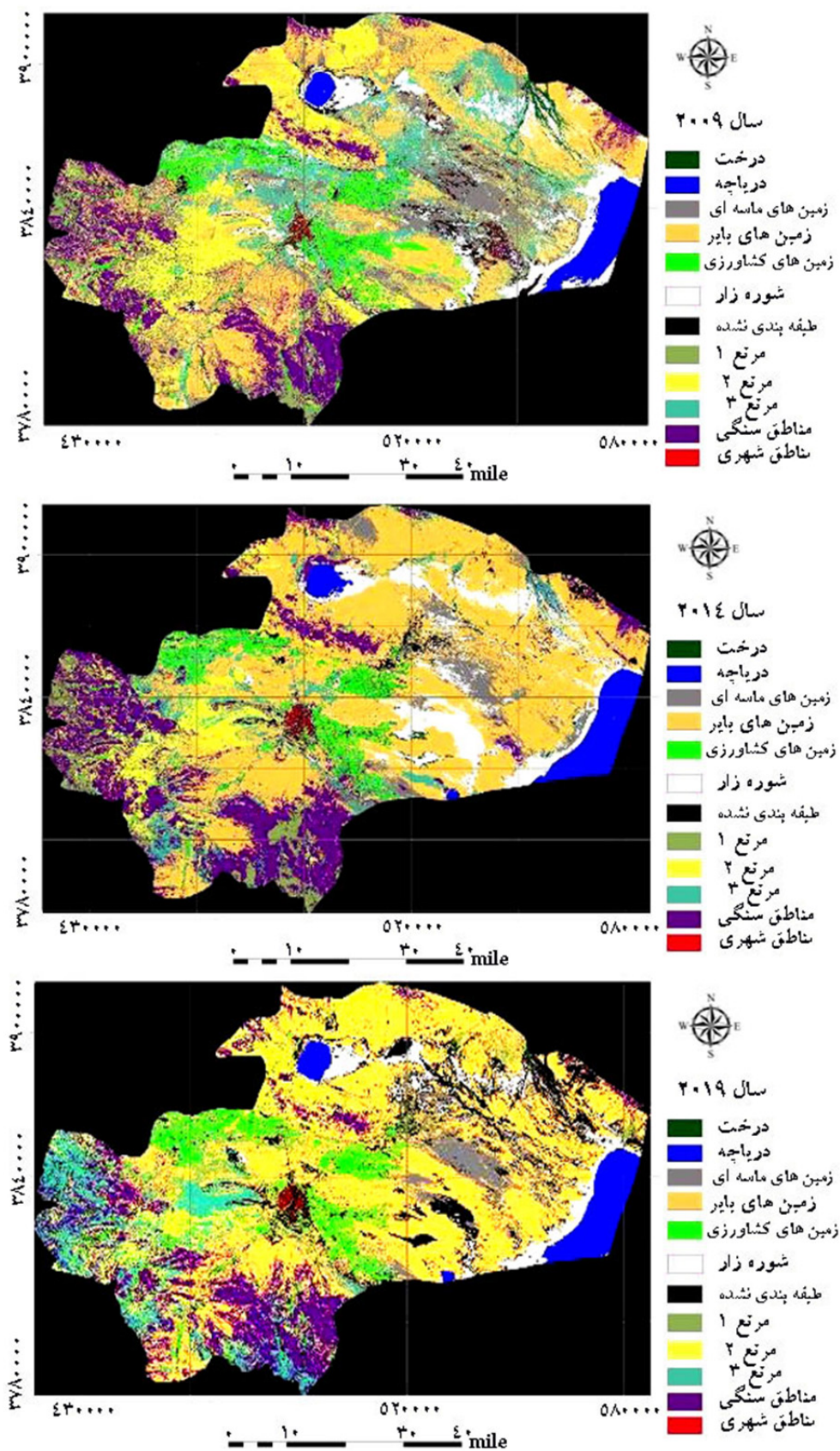
شکل ۲. نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست برای گام‌های زمانی مطالعه

Fig. 2. Landsat satellite image classification results for study time steps



شکل ۲. (ادامه)

Fig. 2. (continued)



شکل ۲. (ادامه)

Fig. 2. (continued)

جدول ۲. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ برحسب درصد

Table 2. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 2014 to 2019 in terms of percentage

بایر	ماسه‌ای	مرتع ۱	مرتع ۳	مرتع ۲	سنگی	کشاورزی	درخت	دریاچه	شوره‌زار	شهری	۲۰۱۴-۲۰۱۹
۶/۹۸	۷/۱۸	۸/۰۷	۱۰/۵۹	۱/۷۵	۰/۸۱	۵/۳۵	۲۰/۸۵	۰/۰۶	۲۷/۵۴	۳۹/۵۳	طبقه‌بندی نشده
۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰	۰/۵۸	۵۵/۷۲	شهری
۲/۳۰	۶/۸۷	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۴/۲۱	۵/۳۰	۲۹/۳۴	۰/۷۸	شوره‌زار
۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۱۶	۰/۰۰۵	۰/۳۱	۹۴/۶۲	۱/۸۵	۰	دریاچه
۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۱۵	۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۰۰۷	۱/۰۳	۲/۶۲	۰	۰/۰۴	۰	درخت
۰/۶۲	۰/۵۸	۸/۹۳	۷/۱۳	۵/۶۳	۰/۰۶	۵۴/۷۷	۲۷/۸۴	۰/۰۰۳	۰/۰۷	۰/۰۰۴	کشاورزی
۳/۹۰	۱/۳۱	۱۱/۱۵	۷/۰۶	۷/۰۸	۱۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰	سنگی
۵/۶۵	۷/۰۴	۶/۶۷	۱۰/۰۵	۳۱/۰۲	۸۳/۴۵	۳/۷۵	۵/۲۲	۰	۰/۵۳	۰/۰۰۷	مرتع ۲
۷/۳۱	۲/۰۷	۷/۳۶	۱۹/۶۹	۹/۰۳	۰/۱۲	۱۹/۵۹	۱۱/۹۸	۰/۰۰۲	۰/۵۲	۰/۰۲	مرتع ۳
۱/۷۳	۱/۹۱	۴۵/۴۲	۱۸/۳۱	۳۹/۱۲	۲/۲۳	۵/۶۲	۳/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۴	مرتع ۱
۳/۶۵	۳۸/۸۴	۰/۶۸	۰/۴۹	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۳۴	۰/۴۵	۰	۹/۵۴	۰/۰۳	ماسه‌ای
۶۷/۷۲	۳۴/۰۷	۱۰/۸۰	۲۵/۱۸	۶/۰۸	۲/۷۴	۹/۳۱	۲۳/۰۱	۰/۰۰۱	۲۹/۸۷	۳/۸۸	بایر
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	Class Total
۳۲/۲۷	۶۱/۱۶	۵۴/۵۷	۸۰/۳۰	۶۸/۹۷	۸۹/۹۸	۴۵/۲۳	۹۷/۳۷	۵/۳۷	۷۰/۶۵	۴۴/۲۷	Class Changes

جدول ۳ میزان تغییرات کلاس‌ها در بازه زمانی سال ۲۰۰۹ میلادی تا ۲۰۱۴ را به صورت درصد نشان می‌دهد.

جدول ۳. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۰۹ برحسب درصد

Table 3. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 2009 to 2014 in terms of percentage

مرتع ۲	مرتع ۳	کشاورزی	مرتع ۱	بایر	درخت	ماسه‌ای	شوره‌زار	سنگی	دریاچه	شهری	۲۰۰۹-۲۰۱۴
۰/۲۶	۴/۸۸	۱/۵۹	۰/۳۴	۱/۳۳	۴/۰۲	۰/۶۹	۵/۲۲	۰/۱۴	۰/۰۵	۱۲/۱۹	طبقه‌بندی نشده
۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۰۰۹	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۰۰۴	۰	۱۵/۷۷	شهری
۲/۰۰۳	۳/۴۲	۳۶/۸۲	۲/۰۰۴	۰/۷۲	۱۸/۹۴	۱/۰۷	۰/۵۲	۰/۷۲	۰	۰/۰۲	کشاورزی
۰	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۴	۰	۷/۰۸	۰/۰۰۱	۹۵/۷۱	۳/۰۳۹	دریاچه
۱۷/۰۷	۱/۳۲	۱/۵۱	۲۷/۶۱	۱۰/۱۶	۸/۲۴	۵/۱۲	۷/۰۲	۷۸/۱۴	۲/۷۶	۱۰/۴۳	سنگی
۰/۶۶	۷/۲۴	۵/۳۵	۰/۲۲	۳/۸۹	۷/۰۵	۱۱/۱۷	۴۲/۵۸	۰/۲۱	۱/۳۹	۱۸/۹۶	شوره‌زار
۱۰/۶۱	۱/۲۱	۰/۸۱	۰/۶۱	۲/۲۷	۰/۳۸	۱۴/۸۹	۴/۷۱	۰/۹۱	۰	۱۴/۳۵	ماسه‌ای
۰/۷۳	۱/۲۰	۸/۲۸	۰/۶۱	۰/۶۹	۶/۲۳	۰/۵۴	۱/۸۴	۰/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۳۰	درخت
۲۹/۰۳	۶۲/۸۴	۱۵/۶۸	۳/۳۴	۶۶/۴۴	۸/۵۱	۵۲/۹۱	۲۶/۵۱	۸/۱۹	۰	۱۶/۹۶	بایر
۲۴/۴۰	۱/۴۷	۷/۰۱	۱۴/۱۴	۴/۴۲	۳/۸۵	۴/۹۱	۰/۳۵	۴/۳۲	۰	۳/۰۳	مرتع ۲
۳/۸۲	۴/۰۱	۹/۳۴	۴۰/۱۷	۲/۶۹	۹/۶۹	۲/۱۶	۱/۳۳	۵/۷۳	۰/۰۷۵	۰/۶۷	مرتع ۱
۱۱/۳۸	۱۲/۱۸۳	۱۳/۵۴	۱۰/۹۲	۷/۲۴	۳۲/۹۰	۶/۳۹	۲/۵۵	۲/۲۰	۰	۷/۰۸	مرتع ۳
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	Class Total
۷۵/۵۹	۸۷/۸۱	۶۳/۱۷	۵۹/۸۲	۳۳/۵۶	۹۳/۷۶	۸۵/۱۱	۵۷/۴۱	۲۱/۸۵	۴/۲۸	۸۴/۲۳	Class Changes

به علت رفتارطیفی مشابه در طبقه کلاس‌های یکدیگر قرارگرفته‌اند. درصد تغییرات بین دوره زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ نشان‌دهنده رشد منفی مناطق شهری مجدداً به علت کیفیت پایین تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و تشابه رفتار طیفی زمین-های نمکی و مناطق شهری ایجادشده است. کلاس‌های با رشد منفی دیگر از جمله دریاچه که بیشتر به مناطق زمین‌های نمکی تبدیل شده و مناطق سنگی به مناطق بایر و همچنین مناطق نمکی به بایر و ماسه‌ای تبدیل شده است (جدول ۴).

در تغییرات طبقه‌بندی بین سال ۲۰۱۴ و ۲۰۰۹، رشد منفی در کلاس‌های مراتع نوع ۱ و ۲، زمین‌های ماسه‌ای، درخت، کشاورزی و شهری رخ داده است که به نظر می‌رسد در مناطق شهری به علت شباهت رفتار طیفی زمین‌های نمکی و مناطق شهری در تصویر ۲۰۰۹ که از کیفیت پایینی برخوردار بوده است رشد منفی به وجود آمده است. همچنین مناطق ماسه‌ای بیشتر به زمین‌های بایر تبدیل شده است. مناطق کشاورزی و درختی و مراتع نیز با وجود بهبود دقت طبقه‌بندی،

جدول ۴. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ برحسب درصد

Table 4. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 2004 to 2009 in terms of percentage

مرتع ۲	مرتع ۳	کشاورزی	مرتع ۱	بایر	درخت	ماسه‌ای	شوره‌زار	سنگی	دریاچه	شهری	۲۰۰۴-۲۰۰۹
۲/۹۹	۱/۶۷	۰/۴۵	۱/۴۳	۰/۵۷	۰/۴۰	۴/۶۷	۹/۱۸	۰/۳۳	۰/۰۰۹	۱۷/۳۵	طبقه‌بندی نشده
۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۴۱	۱/۰۶	۰/۰۱	۰	۱۰/۱۶	شهری
۹/۲۵	۱۳/۰۹	۵۲/۵۸	۴/۸۵	۲/۳۸	۲۳/۵۹	۰/۳۳	۰/۸۸	۰/۰۴	۰	۰/۱۵	کشاورزی
۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱	۰/۰۵	۸۷/۱۴	۰	دریاچه
۸/۲۵	۰/۳۷	۰/۳۵	۱۷/۱۳	۲/۹۵	۰/۵۷	۳/۵۸	۰/۹۸	۹۰/۴۷	۰/۰۰۱	۰/۱۱	سنگی
۶/۲۰	۳/۸۱	۲/۲۹	۲/۰۸	۴/۴۴	۱۷/۵۸	۲/۰۹	۴۰/۳۱	۰/۷۵	۱۲/۸۴	۱۱/۴۹	شوره‌زار
۱۳/۷۴	۳/۵۲	۴/۴۴	۹/۰۹	۱۲/۲۶	۰/۹۷	۳۰/۶۸	۱۵/۵۹	۰/۹۵	۰	۳۶/۳۱	ماسه‌ای
۳/۸۹	۴/۲۹	۱۰/۴۵	۲/۳۷	۰/۶۸	۳۷/۵۴	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۲	۰	۰/۱۱	درخت
۲۶/۰۴	۲۲/۸	۹/۳۳	۱۸/۵۲	۵۰/۲۷	۸/۰۳	۲۹/۷۹	۱۸/۲۵	۳/۹۴	۰	۱۵/۸۲	بایر
۹/۷۳	۴/۰۱	۲/۷۱	۲۷/۲۵	۰/۸۱	۱/۵۹	۰/۸۲	۰/۰۹	۱/۰۷	۰	۰/۰۳	مرتع ۱
۸/۷۱	۳۵/۳۳	۱۲/۱۷	۴/۸۶	۲۰/۳۲	۸/۴۹	۲/۶۴	۱۲/۷۶	۰/۲۳	۰	۸/۱	مرتع ۳
۱۰/۹	۱۰/۹۲	۵/۱۸	۱۲/۳۱	۵/۲۴	۱/۱۷	۲۴/۹۱	۰/۶۸	۲/۰۸	۰	۰/۳۳	مرتع ۲
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	Class Total
۸۹/۱	۶۴/۶۶	۴۷/۴۲	۷۲/۷۴	۴۹/۷۲	۶۲/۴۵	۶۹/۳۱	۵۹/۶۹	۹/۵۲	۱۲/۸۵	۸۹/۸۳	Class Changes

درصدی به کلاس زمین نمکی و سنگی تشخیص داده شده است. عمده تغییرات در کلاس زمین‌های بایر در حدود ۱۲ درصد به کلاس سنگی و ماسه‌ای تشخیص داده شده است. همچنین بیش از ۵۰ درصد از مجموع مساحت کلاس مراتع به کلاس زمین‌های بایر تبدیل شده که قابل توجه است (جدول ۵).

میزان تغییرات از سال ۱۹۹۹ به سال ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که در این طبقه‌بندی رشد مثبت بیشتری در کلاس‌ها مشاهده می‌شود. تغییرات منفی کلاس درخت به علت رفتارطیفی پوشش گیاهی به نظر می‌رسد و به کلاس‌های کشاورزی و مراتع تبدیل شده است. در کلاس دریاچه نیز، تغییرات ۴

جدول ۵. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ برحسب درصد

Table 5. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 1999 to 2004 in terms of percentage

۱۹۹۹-۲۰۰۴	شهری	کشاورزی	سنگی	شوره‌زار	ماسه‌ای	درخت	دریاچه	بایر	مرتع ۱	مرتع ۲	مرتع ۳
طبقه‌بندی نشده	۳۵/۵۳	۰/۶۸	۰/۰۳	۱۵/۳۳	۶/۸۳	۰/۸۵	۰/۰۵	۶/۱۲	۰/۱۶	۱/۹۷	۳/۷۵
شهری	۱۲/۱۴	۰/۰۰۸	۰	۱/۰۶	۰/۵۸	۰/۰۳	۰	۰/۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۴	۰/۰۷
کشاورزی	۰/۱۷	۴۲/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۳۱	۰/۶۲	۳۳/۵۵	۰/۰۳	۰/۶۱	۴/۴۰	۳/۶۶	۹/۶۲
سنگی	۳/۱۰	۰/۶۱	۹۵/۲۸	۶/۲۸	۶/۴۲	۰/۹۴	۴/۳۶	۱۲/۰۹	۴۳/۲۲	۱۲/۸۸	۱/۱۷
شوره‌زار	۱۴/۶۸	۰/۷۳	۰/۲۶	۵۶/۵۷	۴/۱۸	۰/۰۸	۴/۱۰	۵/۶۵	۰/۴۴	۵/۹۶	۳/۳۷
ماسه‌ای	۲۳/۷۶	۱/۱۶	۰/۵۷	۵/۶۳	۵۰/۷۲	۰/۴۱	۰	۱۲/۶۱	۱/۸۷	۱۸/۲۱	۱/۳۹
درخت	۰/۰۱	۵/۴۲	۰/۰۱	۲/۰۰۴	۰/۰۳	۱۵/۹۵	۰/۰۱	۰/۲۰	۱/۶۵	۰/۵۸	۲/۲۲
دریاچه	۰	۰/۰۰۶	۰/۱۱	۰/۱۵	۰	۰/۰۰۱	۹۱/۳۹	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰
بایر	۵/۸۱	۱۴/۵۳	۰/۷۴	۶/۵۹	۲۱/۶۴	۷/۸۸	۰/۰۱	۴۸/۹۵	۶/۳۰	۱۴/۱۸	۳۱/۰۷
مرتع ۱	۰/۴۹	۳/۶۹	۱/۶۰	۱/۲۳	۱/۹۲	۴/۶۹	۰	۲/۲۲	۳۰/۶۱	۱۱/۱۱	۱/۹۹
مرتع ۳	۱/۲۴	۱۹/۱۶	۰/۰۸	۰/۹۲	۱/۱۲	۱۸/۵۹	۰/۰۱	۵/۴۶	۴/۵۱	۱۴/۷۱	۳۲/۲۱
مرتع ۲	۳/۰۲	۱۱/۹۶	۱/۲۳	۳/۸۸	۵/۸۸	۱۶/۹۹	۰/۰۱	۵/۷۸	۶/۷۹	۱۶/۶۵	۱۳/۰۹
Class Total	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
Class Changes	۸۷/۸۵	۵۷/۹۹	۴/۷۱	۴۳/۴۲	۴۹/۲۷	۸۴/۰۴	۸/۶۱	۵۱/۰۴	۶۹/۳۸	۸۳/۳۴	۶۷/۷۸

زمین‌های بایر که اعداد به نسبت بزرگی را شامل می‌گردد نیز به‌نوعی مؤید همین موضوع است (جدول ۷). میان دو روش طبقه‌بندی انجام شده، مقایسه دو روش به کمک نمونه‌برداری زمینی انجام گرفت. گرچه نمونه‌ها بسیار محدود بودند، ولی از همه کلاس‌ها و تقریباً تمام جغرافیای استان قم را شامل شدند. منطقه چالش برانگیز، عمدتاً نواحی شرق و جنوب شرقی استان بود که امکان رفت‌وآمد در آن بسیار سخت بود. با این وجود با کمک کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست استان قم تعداد بسیار معدودی نقطه از این نواحی به طوری که قابل اعتماد نیز بودند، اخذ گردید. اعتبار سنجی نواحی مختلف استان به صورت بصری و با استفاده از نظرات کارشناسان خبره، انجام پذیرفت و بر این اساس می‌توان گفت که روش بیشترین شباهت یا حداکثر احتمال، در پژوهش حاضر دقت بیشتری را در پی داشت. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی و تکمیلی، نمونه‌برداری‌های میدانی و آزمایشگاهی بیشتر و دقیقتر (از کل نواحی استان قم) برای دقت و صحت بیشتر نتایج انجام گردد.

تغییرات بین دوره زمانی ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ نشان می‌دهد که فقط ۳ کلاس رشد مثبت داشته‌اند و مابقی کلاس‌ها رشد منفی داشته‌اند که بیشترین آن مربوط به کلاس شهری است و عمده تغییرات معطوف به زمین‌های بایر بوده است. در صورت مقایسه با تصویر اصلی، مناطق شهری در دهه‌های گذشته به علت بافت کاهگلی و خاکی که داشتند رفتار طیفی آن شبیه به رفتار طیفی خاک و زمین‌های بایر تشخیص داده شده است. کلاس‌های پوشش گیاهی همگی رشد منفی داشتند و همچنین به دلیل شباهت طیفی این کلاس‌ها با یکدیگر، تفکیک مناسبی بین آن‌ها انجام نگرفته است. ۱۲ درصد کلاس زمین‌های بایر نیز به کلاس زمین‌های ماسه‌ای تبدیل شده است (جدول ۶). میزان تغییرات به‌دست‌آمده از سال ۱۹۸۹ به سال ۱۹۹۴، در طبقه‌های زمین‌های ماسه‌ای، مرتع نوع ۱، درخت، زمین‌های با خاک نمکی و دریاچه رشد منفی وجود داشته است. در مجموع حدود ۳۴ درصد انواع مختلف مراتع به زمین‌های بایر تبدیل شده است که با توجه به تغییر منفی در پهنه‌های آبی (دریاچه) منطقی می‌نماید و به‌نوعی بیانگر بیشتر خشک شدن هرچه بیشتر است. میزان تغییرات سایر طبقه‌ها، به طبقه

جدول ۶. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ برحسب درصد

Table 6. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 1994 to 1999 in terms of percentage

مرتع ۳	مرتع ۲	مرتع ۱	شوره‌زار	بایر	دریاچه	درخت	ماسه‌ای	سنگی	کشاورزی	شهری	۱۹۹۴-۱۹۹۹
۳/۴۰	۴/۷۹	۰/۷۱	۲۰/۰۶	۲/۸۲	۰/۱۴	۴/۰۱	۲۵/۵۷	۰/۰۲	۲/۵۲	۲۴/۲۴	طبقه‌بندی نشده
۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۱/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۲/۱	شهری
۸/۳۴	۰/۴۱	۱/۶۴	۰/۰۷	۰/۵۹	۰/۰۰۲	۱۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۰۱	۲۸/۱۴	۰/۵۰	کشاورزی
۴/۶۴	۲۹/۱۱	۲۶/۲۶	۰/۳۵	۳/۹۷	۱/۸۴	۵/۸۴	۰/۲۱	۹۶/۷۹	۱/۰۴	۰/۴۴	سنگی
۸/۷۹	۲/۴۳	۶/۶۰	۴/۱۲	۱۲/۷۲	۰	۱/۹۹	۳۵/۷۳	۰/۰۳	۲/۹۱	۱۴/۹۷	ماسه‌ای
۲/۹۱	۰/۴۰	۰/۸۸	۰/۰۲	۰/۱۲	۰	۱۱/۵۲	۰/۰۵	۰/۰۱	۹/۶۵	۰/۱۹	درخت
۰/۰۰۱	۱۰/۹۳	۰/۰۰۱	۱/۲۱	۰/۰۰۶	۹۶/۶۱	۱۰/۳۵	۰/۰۰۱	۰/۶۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	دریاچه
۲۶/۴۰	۱۰/۱۲	۱۷/۱۱	۲۲/۹۳	۶۸/۵۲	۰/۰۱	۱۸/۸۱	۲۵/۲۸	۱/۸۰	۱۳/۱۸	۴۱/۰۹	بایر
۰/۷۷	۶/۰۸	۰/۲۴	۴۱/۶۲	۱/۹۳	۱/۳۲	۳/۰۹	۷/۳۹	۰/۰۲	۱/۲۱	۶/۸۲	شوره‌زار
۱/۹۱	۲۴/۲۶	۱۰/۴۱	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۰۸	۲/۵۱	۰/۰۳	۰/۳۵	۸/۰۵	۰/۰۸	مرتع ۱
۱۲/۶۰	۸/۸۶	۲۹/۵۳	۳/۳۲	۲/۹۷	۰/۰۴	۸/۵۳	۲/۸۵	۰/۱۹	۸/۸۱	۲/۴۱	مرتع ۲
۳۰/۱۴	۲/۳۹	۶/۵۶	۵/۶۱	۶/۰۳	۰	۲۲/۷۵	۰/۹۹	۰/۱۱	۲۴/۳۹	۷/۱۱	مرتع ۳
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	Class Total
۶۹/۸۶	۹۱/۱۳	۸۹/۵۹	۵۸/۳۷	۳۱/۴۷	۳/۳۸	۸۸/۴۷	۶۴/۲۶	۳/۲۰	۷۱/۸۵	۹۷/۹	Class Changes

جدول ۷. ماتریس تغییرات کلاس‌های ناحیه استان قم بین گام‌های زمانی ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۴ برحسب درصد

Table 7. Matrix of changes in the classes of Qom province between the time steps of 1989 to 1994 in terms of percentage

مرتع ۳	مرتع ۲	مرتع ۱	بایر	ماسه‌ای	درخت	شوره‌زار	سنگی	دریاچه	کشاورزی	شهری	۱۹۸۹-۱۹۹۴
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	طبقه‌بندی نشده
۴/۷۸	۳/۵۱	۰/۹۹	۶/۳۱	۱۱/۲۵	۹/۳۷	۱۲/۷۶	۰/۵۹	۰	۲/۹۱	۳۷/۹۱	شهری
۸/۴۲	۵/۴۷	۴/۱۴	۱/۴۹	۰/۴۹	۷/۳۴	۱/۳۱	۰/۲۸	۰/۰۱	۲۲/۱۸	۱/۹۲	کشاورزی
۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۱/۱۱	۰/۰۰۱	۶۴/۰۸	۰/۰۰۲	۰	دریاچه
۶/۰۴	۰/۹۷	۱۸/۳۳	۳/۳۱	۰/۹۹	۱/۰۶	۰/۲۴	۲۸/۴۲	۱۲/۹۱	۰/۶۶	۱/۳۲	سنگی
۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۰۷	۳/۴۰	۵/۴۶	۱۰/۰۳	۳۲/۵۳	۱/۱۳	۱/۵۱	۲/۰۳	۵/۴۲	شوره‌زار
۳/۳۶	۲/۶۲	۲/۴۴	۰/۸۹	۰/۶	۷/۳۳	۱/۶۶	۰/۵۷	۴/۸۸	۸/۴۱	۱/۵۸	درخت
۰/۵۱	۵/۴۹	۰/۴۶	۴/۰۱	۱۶/۹۱	۱/۱۱	۱۱/۸۴	۱/۳۵	۰	۰/۸۰	۶/۰۲	ماسه‌ای
۴۶/۰۵	۳۳/۳۲	۲۱/۸	۷۱/۵۹	۴۷/۳۳	۴۰/۵۲	۲۶/۳۸	۳۸/۰۰۳	۰/۰۰۵	۲۱/۵۶	۳۷/۹۱	بایر
۵/۱۶	۲۰/۹۲	۳۷/۷۴	۱/۴۵	۳/۵	۱/۳۵	۰/۳۶	۸/۳۲	۰/۰۰۱	۴/۵۷	۰/۹۷	مرتع ۱
۰/۶۲	۰/۸۹	۲/۷۰	۰/۹۸	۵/۳۵	۲/۹۱	۶/۷۱	۱۸/۰۷	۱۶/۵۸	۱/۶۸	۰/۸۷	مرتع ۲
۲۴/۷۸	۲۶/۵۶	۸/۲۸	۶/۵۴	۸/۰۸	۱۸/۹۲	۵/۴۲	۳/۲۲	۰/۰۱	۳۵/۱۳	۶/۰۳	مرتع ۳
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	Class Total
۷۵/۲۱	۹۹/۱۰	۶۲/۲۵	۲۸/۴۰	۸۳/۰۸	۹۲/۶	۶۷/۴۶	۷۱/۵۷	۳۵/۹۱	۷۷/۸۱	۶۲/۰۸	Class Changes

بحث و نتیجه گیری

سیار حائز اهمیت می‌نماید. در پژوهش اداره کل منابع طبیعی استان قم در سال ۱۳۹۳ نیز مناطقی که به‌عنوان منشأ گردوغبار از دیدگاه فرسایش بادی به‌دست‌آمده است نیز در تحقیق حاضر عمدتاً در کلاس‌های زمین‌های بایر، نمکی و ماسه‌ای طبقه‌بندی شده است. پژوهش حاضر با مطالعه شهبازی و قریب (۱۷) مطابقت دارد. مقاله حاضر به‌عنوان مطالعه فاز اولیه در شناخت تغییرات کاربری اراضی/پوشش زمین استان قم است. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی نمونه‌برداری‌های بیشتر و دقیق‌تر برای اعتبارسنجی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی انجام گردد. بدیهی است با مطالعه سال‌ها بیشتر و بازدیدهای میدانی و انجام نمونه-برداری‌های بیشتر، استفاده از نتایج تصاویر سایر ماهواره‌ها و بررسی تغییرات کلاس‌های طبقه‌بندی شده، می‌تواند میزان و درصد کاربری اراضی و نیز ماتریس تغییرات کلاس‌های طبقه‌بندی شده استان قم (در بازه‌های زمانی مختلف) تا حدودی تغییر و تدقیق پیدا کند.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با حمایت مالی استانداری استان قم و اداره کل حفاظت محیط زیست استان قم طی طرحی پژوهشی با کد رهگیری ۱۹۲۰۵-۱۶۶۷۵۶ انجام شده است.

References

- Asakereh H. 2007. Spatio-temporal variations of Iran Earth's precipitation over recent decades. *Geography and Development Iranian Journal*, 10: 21-34. (In Persian).
- Baaghdeh M, Alijani B, Ziaian P. 2011. Investigation of the Use of NDVI Vegetation Index in Isfahan Drought Analysis. *Journal of Geographical Studies of Arid Regions*. 1(4):1-16. (In Persian).
- Darabi H, Jafari A, Akhavan Farshchi K. 2016. Analysis of Climate Change Trend in Qom Province and its Consequences. *Journal of Environmental Sciences Studies*. 1(2):25-40. (In Persian).
- Fattah MM. 2009. Survey of Desertification Process in Qom Province Using Remote Sensing Data with Emphasis on Land Use Changes and Quantitative and Qualitative Changes in Water

در این مطالعه کاربری اراضی/پوشش زمین استان قم در بازه زمانی ۳۰ ساله با فواصل زمانی ۵ ساله به دست آمد. این کاربری‌ها در ۱۱ کلاس مختلف طبقه‌بندی شدند و سپس تغییرات این ۱۱ کلاس نیز محاسبه گردید. با توجه به اقلیم قالب استان قم که گرم و خشک بوده و در قسمت میانه کشور در مجاورت بیابان مرکزی ایران قرار گرفته است، طبیعی و منطقی به نظر می‌رسد که سطح زیادی از استان به‌ویژه در نیمه شرقی آن را زمین‌های بیابانی شامل طبقه‌های زمین‌های بایر، نمکی و ماسه‌ای در بر گرفته باشد که همین‌طور نیز است. در پژوهشی مشابه که توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۲ انجام گرفته است، اشکالاتی وجود دارد. به‌عنوان نمونه در طبقه زمین‌های صخره‌ای که منطقه شمال غربی شهر قم را به در این کلاس طبقه‌بندی نموده درحالی‌که عمده سطح این منطقه زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر و انواع مرتع تشکیل می‌دهد. همچنین بر طبق پژوهش‌های رحمتی زاده (۱۴) و نیز رحمتی‌زاده و جعفری (۱۵) که عمدتاً مربوط به مناطق شرقی استان بوده است، به نظر می‌رسد این مناطق به‌خوبی طبقه‌بندی و کلاس‌بندی شده‌اند.

نتایج طبقه‌بندی مربوط به تصاویر اخذشده در سال ۲۰۱۹ میلادی (۱۳۹۸ شمسی) که مربوط به زمانی نزدیک است، رشد مثبت مشهود در کلاس‌های شهری، کشاورزی، انواع مرتع و پهنه‌های آبی را نشان می‌دهد که با توجه به بارندگی‌های ابتدای بهار ۱۳۹۸ منطقی می‌نمود. از دیگر نکات حائز اهمیت مربوط به این سال، تغییر گسترده و تبدیل کلاس زمین‌های سنگی یا صخره به انواع مرتع است. با توجه به تصویر اصلی اخذشده از سال ۲۰۱۹ و همچنین تصاویر طبقه‌بندی شده، خطای مربوط به درجات خاکستری در آن مشهود است که تشابه درجات خاکستری و طیف یکسان کلاس‌های شهری و زمین‌های نمکی تقریباً توسط نرم‌افزار به‌عنوان یک عارضه در نظر گرفته شده و همچنین این خطاها در کلاس‌های زمین‌های بایر و ماسه‌ای نیز مشهود است. توجه به این نکته و تغییرات کلاس‌های مشابه و عمده در استان قم نظیر ماسه، بایر و نمکی

5. Resources. Iranian Journal of Range and Desert Research, 16(2): 234-253. (In Persian).
6. Hernández-Guzmán R, Ruiz-Luna A, González C. 2019. Assessing and modeling the impact of land use and changes in land cover related to carbon storage in a western basin in Mexico. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 13:318-327.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.005>.
7. Lee JK, Acharya TD, Lee DH. 2018. Exploring land cover classification accuracy of Landsat 8 image using spectral index layer stacking in hilly region of South Korea. Sensors and Materials, 30(12): 2927-2941.
doi:<https://doi.org/10.18494/SAM.2018.1934>.
8. Mohammadi Farsani N, Karimi A, Mohammadi J, Naderi M. 2019. Extension of the amount of organic matter and distribution of soil particles in different uses using statistical land and remote sensing in the Bardeh watershed of Chaharmahal and Bakhtiari province. Soil Research (Soil and Water Sciences), 33(4): 497-511. (In Persian).
9. Makrouni S, Sabzqabaei GH, Yousefi Khaneghah SH, Soltanian S. 2016. Detection of land use changes in Hoor Al Azim wetland using remote sensing and geographic information system techniques. RS and GIS for Natural Resources (Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources), 7(3): 89-99. (In Persian).
10. Mohammadyari F, Pourkhabbaz H, Tvakoly M, Aghdar H. 2018. Mapping vegetation and monitoring its changes using remote sensing techniques and GIS (Case study: Behbahan city). Scientific - Research Quarterly of Geographical Data, 9(18):223-238. (In Persian).
11. Monavari, M, Dimiadi A. 2018. Environmental assessment of the location of industrial towns in Qom province. Journal of Sustainability, Development and the Environment, 1(1):71-79. (In Persian).
12. Nazari Samani A, Khalighi Sigaroodi Sh, Abdolshahnejad M, Sayadi Lotf Abadi S, Habibi Nokhandan M. 2019. Determination the role of climate change and land use on future desertification status, case study: Sabzevar. Watershed Engineering and Management, 11(3): 806-818. (In Persian).
13. Omidvar K, Narngifard M, Abbasi H. 2015. Detection of land use changes and vegetation cover in Yasuj city using remote sensing. Geography and Urban Regional Planning, 5(16):1-16. (In Persian).
14. Rajae, T. 2019. The study of dust (sources, trajectories, concentration, affected areas and etc.) centers in Qom, using satellite remote sensing technology & Geographic Information System. Qom Province Environmental Protection Agency. Qom, Iran. (In Persian).
15. Rahmatizadeh A. 2005. Determining the forms of unevenness, physical, chemical, and mineralogical characteristics of the country's sandstones - Qom. Ministry of Jihad and Agriculture, Research, Education and Agricultural Extension Organization, Forest Research Institute, Rangelands of the country. (In Persian).
16. Rahmatizadeh A, Jafari M. 2014. Investigating the Effects of Saveh and Ghadir Dams Construction on Desertification Process in Masileh Qom Plain. Iranian Journal of Range and Desert Research. 21(3): 494-506. (In Persian).
17. Sabzqabaei Gh, Jafarzadeh K, Dashti S, Yousefi Khaneghah Sh, Bazmara Balashti M. 2016. Detection of land use changes using remote sensing methods and geographic information system (Case study: Ghaemshahr city). Environmental Science and Technology, 19(3):143-157. (In Persian).
18. Shahbazi R, Gharib F. 2018. Dust National Plan (Preliminary Report of Qom Province). Geological Survey & Mineral Explorations of Iran report. (In Persian).
19. Shirazi M, Zehtabian Gh, Alavipanah K. 2010. Possibility of using IRS satellite images to study the water, soil and vegetation of Najmabad Savojbolagh area. Journal of Natural Environment. 63(2):33-51. (In Persian).
20. Song X, Feng Q, Xia F, Li X, Scheffran J. 2021. Impacts of changing urban land-use structure on sustainable city growth in China: A population-dynamics perspective. Habitat International, 107, 102296.
21. Talebpour N, Safarrad T, Akbarinasab M, Rasoulouli M. 2018. Investigating the appropriate index for detecting oil stains using Sentinel-2 satellite images (Case study: Persian Gulf, February 15, 2016). Journal of Oceanography, 9 (33): 31-40. (In Persian).
22. Tabari H, Sabziparvar A, Maroofi S. 2008. Investigation of the annual change trend of meteorological parameters in two hot and cold climates of Iran. Journal of Water, Soil, and Plants in Agriculture, 8(4): 161-174. (In Persian).
23. Zare khormizie H, Ghafarian Malamiri H R, Mortaz M. 2020. Evaluation of supervised classification capability of Landsat-8 and Sentinel-2A Satellite images in determining type and area of Pistachio Cultivars. RS and GIS for Natural Resources. 11(1): 84-103. (In Persian).
24. Zare khormizie H, Ghafarian Malamiri HR. 2020. Investigation of phenological components changes of Iranian vegetation in response to climate change using NDVI products of AVHRR sensor from 1982 to 2018. RS and GIS for Natural Resources. 11(4): 87-113. (In Persian).



Investigation of land use change in Qom province along with climatic parameters using satellite remote sensing technology

Nima Rohani, Afsane Moradi Faraj, Barat Mojaradi, Taher Rajaei, Ehsan Jabbari

Received: 10 January 2021 / Accepted: 12 April 2021
Available online 5 January 2022

Abstract

Background and Objective Modeling and showing the coverage of the land changes, provides a comprehensive view to researchers in various fields, including environmental and natural resources experts. One of the main methods of environmental studies is to study the land cover/use and vegetation area change. In addition to showing spontaneous changes in nature, changes affected by human activities also fall into this category. Human construction has accelerated these changes in line with its development, especially in recent decades. Today, with the development of space-related sciences and remote sensing in general, and the production of more satellite products, it is possible to display the land use of different areas without the need for field visits and easily.

The different behavior of the waves received by the satellite sensor from the various phenomena, known as a spectral signature is the basis for cognition and detection of the uses of the map. Such studies in Qom province have also been considered due to the very urban growth trend and the existence of several different types of climates in the not-so-wide area of this province. Qualitative and quantitative study and display of environmental and peripheral changes in Qom province over a period of about 30 years are one of the main objectives of the present study to help identify the trend of changes in different classes and complications and to model these changes in the future. Also, recognizing the changes in the outlook of Qom province, makes possible the ground for future planning.

N. Rohani¹, A. Moradi Faraj(✉)², B. Mojaradi³, T. Rajaei⁴, E. Jabbari⁵

Materials and Methods In the present study, study times and time steps were selected based on changes in climatic/meteorological parameters. These steps were selected 5 years apart from 1989 to 2019. The study time point was considered to be the end of spring and the beginning of summer. The reason for this was the end of the rainy season in the area. Then the images of various Landsat satellite sensors were taken at specified time steps, and these images were pre-processed, processed, and classified into 11 classes. These 11 classes included; bare land, salty land, sandy land, tree, rock, urban areas, agricultural lands, and 3 different types of range. The results were also presented quantitatively and qualitatively.

1. PhD. Candidate of Civil Engineering-Water and Hydraulic Structures, Faculty of Civil Engineering, University of Qom, Qom, Iran
2. MSc. of Geodesy, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Qom, Qom, Iran
5. Associate Professor, Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Qom, Qom, Iran

e-mail: a.moradifaraj@email.kntu.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.1.1.2>

Based on the available real data, which was obtained visually and by sampling from different classes, the two maximum likelihood and minimum distance classification methods in Qom province were properly evaluated, which of the two, the maximum likelihood method yielded relatively better results considering the whole province with all classes and was used in the final classification. Finally, class changes between time steps were calculated and presented as a change matrix.

Results and Discussion The results show that between 2014 and 2019, urban, water, agriculture, and ranges (types 1 and 3) have grown significantly. Also, between the two steps of 2009 to 2014, on average, about 30% of the total rangelands, ie three different types of classified rangelands, have become barren lands. Also, in this step, the main change observed was the largest change of sandy lands to bare lands, the reasons for which need further investigation. An examination of the changes between 2004 and 2009 shows that the negative growth in urban areas is mainly due to the poor quality of Landsat 7 satellite imagery and the similarity of the spectral behavior of salt lands and urban areas. The other negatively growing classes, including lakes, have become saltier lands and rocky areas have become barren, as well as salt lands have become barren and sandy. Examining the changes between 1999 and 2004, it is concluded that the negative changes in the tree class are due to the spectral behavior of vegetation, and this class has become mainly agricultural and rangeland classes. In the lake class, a 4 % change to the salt and rocky class has been detected. Major changes in the bare land class of about 12% have been detected in the rock and sand class. Also, more than 50% of the total area of range classes has been converted to bare land class, which is significant. The study of changes from 1994 to 1999 shows that only 3 classes had positive growth and the rest of the classes have negative growth, most of which was related to the urban class and the main changes were focused on bare lands. Vegetation

classes all had negative growth and also due to the spectral similarity of these classes with each other, there was no proper separation between them. 12% of the bare land class has also been turned into a sandy land class. The classification of images and the display of changes from 1989 to 1994 show that sandy soils, range type 1, trees, salt lands, and lakes have grown negatively. In total, about 34% of different types of ranges have become bare lands, which seems reasonable due to the negative change in water areas (lake) and in a way indicates a faster drought. The extent to which other classes change to the bare land class, which includes relatively large numbers, also confirms this in some way.

Conclusion Considering the geographical location of Qom province and a large area of this province, especially in the eastern half of it, which includes desert lands, including barren, saline, and sandy land classes, the selection of the classes mentioned in this research makes sense. Considering the major coverage of the province, one of the problems in the present study was that almost the majority of the pixels covering the province had a lot of similar spectral behavior and this issue made the classification process difficult. In general, the classification results related to the images taken in 2019, which is related to the recent time, show positive growth in urban, agricultural, range, and water areas according to the rainfall in early spring 2019 it was logical. Another important point related to this year is the extensive change and conversion of the class of rocky lands into different types of ranges. According to the original image taken from 2019 and the classified images, the error related to the degrees of gray is evident in those images. The software considers the similarity of the degrees of gray and the same spectrum of urban and salt classes as part of a class. These errors are also evident in bare and sandy classes.

Keywords: Land cover, Satellite images, Landsat, Qom, Meteorological parameters