

## بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی استان قم در یک دوره ۳۳ ساله با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و فازی

فاطمه هادیان<sup>۱\*</sup>، حسین بشری<sup>۲</sup>، رضا جعفری<sup>۳</sup> و سید مهدی ادنانی<sup>۴</sup>

۱- نویسنده مسئول مکاتبات، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استادیار پژوهش، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار پژوهش، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم و دانشجوی دکتری مرتع‌داری دانشگاه ساری

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۱

### چکیده

استفاده‌ی نامناسب از اراضی موجب افزایش سرعت بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات بیابان‌زایی پیرامون تغییرات پوشش و کاربری اراضی در استان قم در یک بازه‌ی زمانی ۳۳ ساله با استفاده از تصاویر لندست TM ۱۹۷۶، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۹ می‌باشد. داده‌های بارش، تعداد دام و شاخص SPI نیز برای تفسیر دلیل این تغییرات در این دوره مقایسه شد. ابتدا پیش‌پردازش‌های هندسی، اتمسفری و توپوگرافی بر روی تصاویر اعمال شدند و نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و فازی استخراج گردید. سپس صحت نقشه‌ها با استفاده از صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند. براساس نتایج، نقشه‌های تولیدی با روش فازی صحت بیشتری نسبت به طبقه‌بندی نظارت شده داشتند. در این بازه‌ی زمانی، میزان مراتع از ۷۸۴۲۸۱ به ۶۶۲۹۱۰ هکتار کاهش یافته و ۳۴۱۱۲ هکتار از اراضی به زمین‌های شورزار تبدیل گردیدند. نتایج همچنین نشان داد که میزان اراضی مسکونی، صنعتی و کشاورزی به ترتیب ۲۸۶۴ و ۱۳۳۰۸ هکتار افزایش یافته است و دریاچه‌ی نمک در سال ۲۰۰۹ به طور کامل خشک شده است. نتایج حکایت از آن داشت که ساخت سد و قطع آب‌های ورودی به استان، بهره‌برداری شدید از آب‌های زیرزمینی، خشک‌سالی‌های متوالی و افزایش تعداد دام موجب افزایش سرعت روند بیابان‌زایی بخصوص در بخش شرقی استان قم شده است. البته نحوه‌ی مدیریت اراضی و تغییرات زیست محیطی، هر دو می‌توانند عامل این تغییرات باشند. مدیریت جامع و تطبیقی و بخصوص اصلاح مدیریت منابع آب استان می‌تواند منطقه را به شرایط گذشته بازگرداند.

واژه‌های کلیدی: استان قم، بیابان‌زایی، سنجش از دور، کاربری اراضی

### مقدمه

کشاورزی یکی از مهمترین معضلات کشورهای درحال توسعه به حساب می‌آید (ولی پور و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین مطالعه تغییرات پوشش و کاربری اراضی تا حد زیادی می‌تواند اطلاعات لازم را برای مدیریت مناسب اکوسیستم‌ها فراهم سازد (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از روش‌های زمینی به منظور پایش تغییرات اراضی، به دلیل وسعت زیاد، صعب‌العبور بودن و تغییرات مداوم اراضی همواره با مشکلات زیادی همراه است (هادیان و

شرایط و وضعیت منابع طبیعی هر کشوری گواهی مناسب از وضعیت پیشرفت و توسعه‌ی پایدار آن کشور می‌باشد و تأثیر زیادی بر حیات انسان ها، گیاهان و جانوران دارد. افزایش جمعیت و تخریب‌های انسان‌ساز، باعث تغییرات پوشش و کاربری‌های اراضی و افزایش روند بیابان‌زایی در مناطق مختلف شده است. تخریب اراضی به دلیل اثرات بلندمدت آن بر تولیدات منابع طبیعی و

صحت کلی ۹۰٪ بود. نتایج نشان داد که اراضی کشت آبی و نیز مناطق مسکونی بیشترین تغییر را در طول دوره‌ی مورد مطالعه داشته‌اند. کولدیپ<sup>۳</sup> و کاملش<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) در آتروکند<sup>۵</sup> (هندوستان) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست تغییرات کاربری و پوشش زمین را در طول سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۰ بررسی نمودند، آنها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه پوشش و کاربری منطقه را تهیه و با استفاده از بازدیدهای زمینی صحت‌سنجی و از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی برای آشکارسازی تغییرات استفاده نمودند. نتایج آنها نشان داد که طی سال‌های مورد مطالعه میزان سطح جنگل‌ها ۳/۷۵٪ و زمین‌های کشاورزی ۹/۵٪ کاهش یافته، اما مناطق مسکونی در کمتر از یک دهه ۱۱۲/۴٪ درصد افزایش داشته است (Kuldeep & Kamlesh, 2011). فیچرا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تغییرات کاربری اراضی در ایتالیا با استفاده از تصاویر لندست و عکس‌های هوایی در یک دوره‌ی ۵۰ ساله (۱۹۵۴-۲۰۰۴) پرداختند. در این مطالعه نیز از روش طبقه‌بندی نظارت شده و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات استفاده شده بود. نتایج نشان داد که در این منطقه اراضی مسکونی افزایش و مناطق کشاورزی کاهش یافته‌اند (Fichera et al., 2012). سفیانیان و خداکرمی (۲۰۱۱) با استفاده از طبقه‌بندی فازی نقشه‌ی کاربری اراضی را در چند منطقه از استان همدان با استفاده از تصاویر ماهواره IRS-P6 (سنجنده AwiFS) تهیه کردند. در این تحقیق صحت نقشه‌های تولیدی بالاتر از ۸۶٪ ذکر شده است.

اوکک<sup>۷</sup> و کارنیلی<sup>۸</sup> (۲۰۰۶) در فلسطین اشغالی با استفاده از طبقه‌بندی فازی به بررسی تغییرات پوشش اراضی پرداختند. نتایج این تحقیق صحت بالایی را با مشاهدات زمینی نشان داد (Okeke & Karnieli, 2006).

هدف اصلی از این مطالعه بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی و نشان دادن وسعت تغییراتی است که در راستای بیابان‌زایی بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۹ در استان قم ایجاد شده است. همچنین کارایی دو روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال) و روش فازی در تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی با یکدیگر مقایسه شده و میزان شاخص خشک‌سالی و روند تغییرات بارش و تعداد دام منطقه نیز جهت تفسیر دلایل این تغییرات بررسی شده است.

همکاران، (۱۳۹۰). استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور یکی از روش‌هایی است که سطح و روند تغییرات پوشش اراضی را با هزینه‌ی کمتر و سرعت بیشتر ممکن می‌سازد. تصاویر ماهواره‌ای به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالا، تکرارپذیر بودن و قابلیت پردازش‌های کامپیوتری، از ابزارهای مهم در تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی و نیز مطالعه تغییرات زمانی در مناطق مختلف می‌باشد که در این روش می‌توان کاربری اراضی را برحسب تصاویر چندزمانه تفکیک نمود و از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات استفاده کرد (Goldsmith, 1991) (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۸).

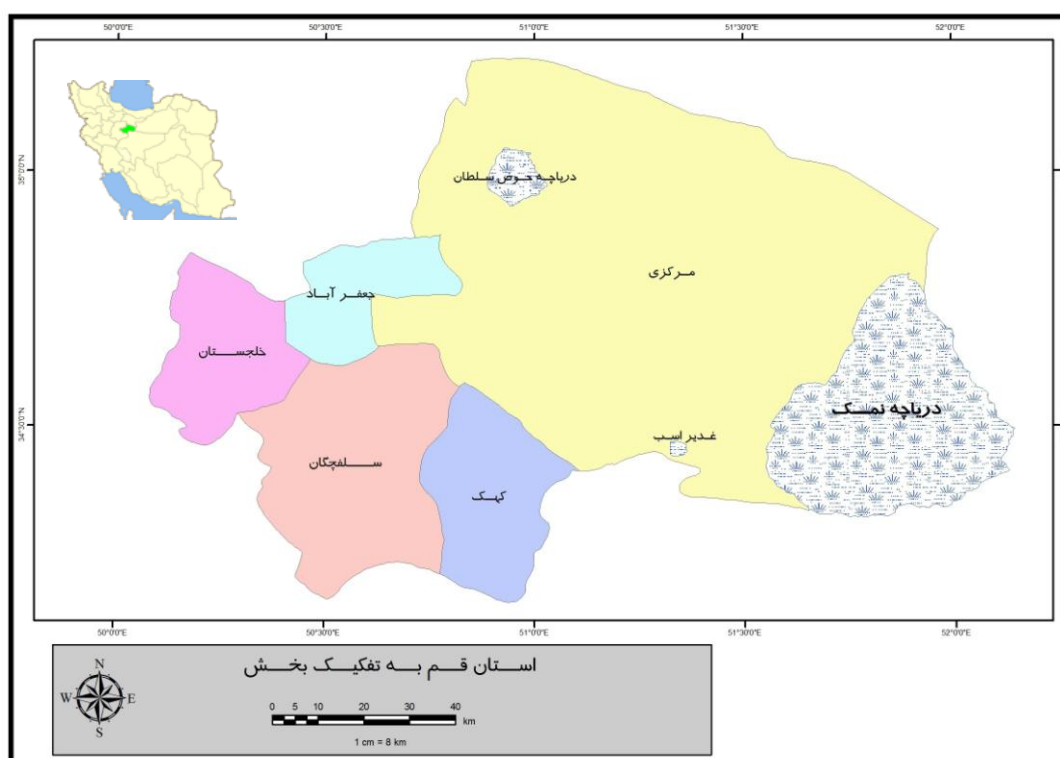
عالیشاه برات و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصویر ماهواره IRS-LISSIII به تفکیک اراضی مرتعی در منطقه سرخ‌آباد (مازندران) پرداختند که در این تحقیق از روش طبقه‌بندی نظارت شده با دو الگوریتم حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین استفاده گردید. ضریب کاپای به‌دست آمده در این تحقیق بالاتر از ۸۲٪ بود و روش حداکثر احتمال (با ضریب کاپای ۸۷/۰۵) نسبت به روش حداقل فاصله از میانگین (ضریب کاپای ۸۲/۵۶) نتیجه‌ی بهتری داشت. الدوسکی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست تغییرات پوشش اراضی در حلبچه<sup>۲</sup> (عراق) را طی سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۸۶ بررسی نمودند. در این تحقیق از روش طبقه‌بندی نظارت شده و تصاویر ماهواره لندست استفاده شد. نتایج حکایت از آن داشت که در سال‌های مورد مطالعه اراضی کشاورزی ۴۰/۸٪ کاهش، اما اراضی بدون پوشش و مناطق شهری به ترتیب ۱۴٪ و ۵۷/۹٪ افزایش یافته‌اند (Al-doski et al., 2013). رمضانی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات کاربری اراضی در شهر اسفراین (خراسان شمالی) با استفاده از تصاویر لندست در طول ۴ دهه پرداختند، آنها از روش طبقه‌بندی نظارت شده و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای مقایسه تغییرات استفاده نمودند. ضریب کاپای به‌دست آمده در حدود ۸۷٪ و

- 1 Al-doski
- 2 Halabja
- 3 Kuldeep
- 4 Kamlesh
- 5 Uttarakhand
- 6 Fichera
- 7 Okeke
- 8 Karnieli

## مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه: منطقه‌ی مطالعاتی (استان قم و کل دریاچه نمک) با وسعتی معادل ۱۳۰۷۲۶۵ هکتار می‌باشد. این استان در مرکز ایران واقع شده و از اطراف به استان‌های سمنان (شرق)، مرکزی (غرب)، تهران (شمال) و اصفهان (جنوب) محدود می‌شود. این استان از نظر تقسیمات کشوری در سال ۱۳۸۵ دارای یک شهرستان، ۵ بخش

(جعفرآباد، خجلستان، سلفچگان، مرکزی و کهک)، ۵ شهر (دستجرد، سلفچگان، جعفریه، قنوات و کهک)، ۹ دهستان و ۹۳۶ آبادی بوده است و شغل اصلی روستاییان، کشاورزی و دامداری می‌باشد؛ به طوری که حدود ۱۷۵۵۹ خانوار دامدار و به پرورش ۱۳۳۶۵۰ رأس گوسفند و ۲۵۰۰ نفر شتر مشغول هستند (شکل ۱) (فرزین نیا و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در استان قم

مقدار این شاخص از ۳- تا ۳+ تغییر می‌کند، بدیهی است که هر چه مقدار این شاخص کوچک‌تر باشد خشک‌سالی شدیدتر است. این شاخص قابلیت پایش خشک‌سالی را در مقیاس زمانی متفاوت (۱، ۲، ۳، ۴ و ... ماهه) دارد. محاسبه میزان شاخص SPI با استفاده از نرم‌افزار Spi.exe انجام شد (McCoy, 200; Hayes *et al.*, 1995).

محاسبه شاخص خشک‌سالی و میزان بارندگی: میزان بارش منطقه از داده‌های موجود در ایستگاه سینوپتیک اخذ شد و مقدار شاخص SPI به منظور تعیین میزان خشک‌سالی برای مقیاس سالیانه (۱۲ ماهه) محاسبه گردید و نهایتاً با استفاده از جدول شاخص SPI وضعیت و درجه‌ی خشکی و رطوبت مشخص شد.

با توجه به اینکه چند تصویر ماهواره‌ای متعلق به زمان‌های مختلف استفاده شده بود، تصحیح اتمسفری Dark subtraction نیز روی آنها در نرم‌افزار ENVI<sup>۲</sup> اعمال گردید (Lunetta & Edvidge, 1999, Song *et al.*, 2001).

برای تصحیح توپوگرافی از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه نقشه‌ی رقومی ارتفاع (DEM<sup>۳</sup>) با اندازه‌ی پیکسل ۶۰ متری استفاده گردید و این تصحیح با استفاده از مدل لامبرت در نرم‌افزار Erdas Imagine انجام شد (Riano *et al.*, 2003).

تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی: در این تحقیق برای انتخاب کلاس کاربری، با استفاده از اطلاعات جانبی، نقشه‌های توپوگرافی و بازدید زمینی یک لیست از کاربری اراضی در منطقه تهیه شد که مشخصات آنها در جدول زیر آمده است (جدول ۳).

به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی تصاویر ماهواره‌ای از روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال) و فازی (از ترکیب روش فازی و حداکثر احتمال) در نرم‌افزار Erdas Imagine استفاده شد.

این روش بر پایه‌ی انتخاب نمونه‌های تعلیمی توسط کاربر و کار صحرایی استوار است (Mather, 2004). نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی نظارت شده و فازی با استفاده از آنالیز تسلدکپ<sup>۴</sup>، آنالیز مؤلفه اصلی<sup>۵</sup>، ترکیب رنگی کاذب<sup>۶</sup>، شاخص NDVI<sup>۷</sup> و بازدید زمینی و نرم‌افزار Google Earth انتخاب شدند (شکل ۲).

$$SPI = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad \text{معادله‌ی شماره ۱}$$

SPI= شاخص خشک‌سالی  $\bar{X}$  = میانگین بارندگی

$\sigma$  = انحراف معیار  $X$  = مقدار بارش

جدول ۱- استاندارد وضعیت بارش براساس شاخص SPI

شاخص SPI	وضعیت خشک‌سالی هواشناسی
-۳	خشک‌سالی بسیار شدید
-۲/۵	خشک‌سالی شدید
-۲	خشک‌سالی متوسط
-۱/۵	خشک‌سالی ضعیف
-۱	نزدیک به نرمال
۰/۵ تا ۰/۵	نرمال
۱	نزدیک به نرمال
۱/۵	ترسالی ضعیف
۲	ترسالی متوسط
۲/۵	ترسالی شدید
۳	ترسالی بسیار شدید

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای: به منظور پیش‌پردازش تصاویر (جدول ۱) ابتدا ابعاد تمام پیکسل‌ها به ۶۰ متر تغییر یافت. سپس تصحیح‌های هندسی، اتمسفری و توپوگرافی روی کلیه‌ی تصاویر اعمال شد. در تصحیح هندسی ابتدا باند پانکروماتیک<sup>۱</sup> سنجنده ETM با خطای ۰/۳۸ پیکسل به نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ثبت داده شد و از آن برای زمین مرجع نمودن سایر تصاویر لندست (جدول ۲) استفاده گردید، سایر تصاویر با خطای کمتر از ۰/۵ پیکسل به باند پانکروماتیک ثبت داده شدند (جدول ۲) (Jafari *et al.*, 2007).

2 The Environment For Visualizing Images

3 Digital Elevation Model

4 Tasseled cap

5 Principle Component Analysis (PCA)

6 False Color Composition ( FCC)

7 Normalized Difference Vegetation Index

۱- با ابعاد پیکسل ۱۵ متر

جدول ۲- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ماهواره	سنجند	زمان جمع‌آوری		قدرت تفکیک زمینی (متر)	تعداد باندها	زاویه آزیموت	زاویه ارتفاع	میزان خطای ثابت (حسب پیکسل)
		شمسی	میلادی					
لندست ۴	MSS	۱۹۷۶/۰۷/۰۱	۱۳۵۵/۰۴/۱۰	۵۷	۴	۱۰۲/۲۲	۵۸/۵۴	۰/۴۹
لندست ۵	TM	۱۹۹۲/۰۶/۲۶	۱۳۷۱/۰۴/۰۵	۳۰	۷	۱۰۰/۷۷	۵۷/۴۷	۰/۴۱
لندست ۷**	ETM <sup>+</sup>	۲۰۰۰/۰۵/۱۵	۱۳۷۹/۰۲/۲۶	۳۰ و ۱۵ <sup>+</sup>	۸	۱۲۲/۵۲	۶۴/۷۴	۰/۳۸
لندست ۵	TM	۲۰۰۹/۰۷/۰۳	۱۳۸۸/۰۴/۱۲	۳۰	۷	۱۱۱/۳۲	۶۵/۱۵	۰/۴۵

\*\*این تصویر به دلیل دارا بودن باند پانکروماتیک فقط برای تصحیح هندسی مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۳- کاربری اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه

نام کاربری	کد کاربری	توضیحات
دریاچه نمک (پلایا)	۱	کفه‌های نمکی دریاچه نمک، حوض سلطان، مره و غدیر اسب که آب رودخانه‌های استان منتهی به این مناطق شده و بدون پوشش گیاهی می‌باشند.
کویر و شوره‌زار	۲	زمین‌های شور و با پوشش بسیار کم
زمین‌های کشاورزی	۳	باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی
مرتع	۴	شامل مراتع با پوشش غالب گونه‌های بوته‌ای و گندمیان
مناطق مسکونی و صنعتی	۵	شهر قم و شهرستان‌های اطراف
درختچه‌زار آب	۶	مناطق دارای درختچه‌های گز ( <i>Tamarix Spp</i> ) و سنبله نمکی ( <i>Halostachys caspica</i> ) بخش آب‌دار دریاچه نمک و سایر پلایاهای منطقه

$$\mu_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$\sum_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(x_i) (x_i - \mu_c^*) (x_i - \mu_c^*)^T}{\sum_{i=1}^n f_c(x_i)} \quad \text{(معادله ۲)}$$

$\mu_c$  = میانگین فازی نمونه تعلیمی طبقه c؛  $\sum_c^*$  = کواریانس فازی نمونه تعلیمی طبقه c؛  $X_i$  ارزش برداری پیکسل i ام  $f_c(X_i)$  = معادله عضویت پیکسل  $X_i$  برای نمونه تعلیمی c؛ N = کل پیکسل‌های نمونه تعلیمی؛ T = معادله تبدیل

طبقه‌بندی تصاویر براساس الگوریتم فازی: نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی فرضیه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است و قادر است با بیان ریاضی، وضعیت و چگونگی متغیرها و سیستم‌هایی که مبهم هستند را بهتر بیان کند طبقه‌بندی فازی تکنیکی است که ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه‌ی عضویت معین برای هر طبقه تبدیل می‌کند. تبدیل ارزش عوارض به ارزش فازی اجازه همگون‌سازی و ترکیب عوارض در دامنه‌های متفاوت را فراهم می‌آورد (Ranjbar & Honarmand, 2004).

به منظور طبقه‌بندی فازی از ترکیب روش‌های فازی و حداکثر احتمال استفاده می‌شود. در این روش کواریانس و کواریانس نمونه‌های تعلیمی با استفاده از معادلات ۱ و ۲ مشخص می‌شود (سفیانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰).

می‌شود. الگوریتم حداکثر احتمال به صورت زیر می‌باشد.

معادله‌ی عضویت هر پیکسل براساس الگوریتم حداکثر احتمالی که در فرمول آن از میانگین و کواریانس فازی استفاده می‌شود، تعریف

$$P_C^*(x_i) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} \left| \sum_c^* \right|^{\frac{-1}{2}} \exp \left[ \frac{-1}{2} (x_i - \mu_c^*)^T \sum_c^* (x_i - \mu_c^*) \right] \quad (\text{معادله ۳})$$

$$f_C(x_i) = \frac{P_C(x_i)}{\sum_{j=1}^m P_j(x_i)} \quad (\text{معادله ۴})$$

$f_C(x_i)$  = معادله عضویت پیکسل  $x_i$  به کلاس  $c$ ;  $P_C^*(x_i)$  = حداکثر احتمال تعلق پیکسل  $x_i$  به کلاس  $c$ ;  $m$  = تعداد طبقات؛  $n$  = تعداد باند

تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید (مختاری و همکاران، ۱۳۹۱).

$$QA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad (\text{معادله ۶})$$

$QA$  = دقت کلی؛  $N$  = تعداد پیکسل‌های آزمایشی؛  $\sum P_{ii}$  = جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد.

به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، اغلب در کارهای اجرایی مقایسه دقت طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Kappa = \frac{P_0 - P_C}{1 - P_C} \times 100 \quad (\text{معادله ۷})$$

$P_0$  = درستی مشاهده شده؛  $P_C$  = توافق مورد انتظار می‌باشد.

دقت تولید کننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی شده در همان کلاس روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال این که یک کلاس مشخص روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد (مختاری و همکاران، ۱۳۹۱).

$$PA = \frac{t_a}{g_a} \times 100 \quad (\text{معادله ۸})$$

در نهایت پس از داشتن ماتریس هر طبقه با داشتن فاصله برای هر طبقه و با داشتن ماتریس وزن و استفاده از معادله ۵ می‌توان طبقه‌بندی را انجام داد.

$$T_{|K|} = \sum_{i=0}^d \sum_{j=0}^d \sum_{l=0}^n \frac{W_{ij}}{D_{i,jl}[K]} \quad (\text{معادله ۵})$$

$i, j$  = به ترتیب نمایه ردیف و ستون در پنجره متحرک،  $d$  = اندازه پنجره متحرک،  $l$  = نمایه مربوط به لایه در مجموعه فازی  $n$  = تعداد لایه‌های فازی بکار رفته،  $w$  = ماتریس وزن برای پنجره،  $k$  = نمایه مربوط به طبقه،  $D^{[k]}$  = ارزش ماتریس فاصله برای طبقه  $k$ ،  $|K|$  = فاصله وزنی طبقه  $k$

ارزیابی صحت طبقه‌بندی: برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و بکاربردن این نتایج برای تصمیم‌گیری حائز اهمیت است.

معمولی‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل دقت کلی ۱، دقت تولید کننده ۲، دقت کاربر ۳ و ضریب کاپا ۴ می‌باشد. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر

- 
- 1 Overall accuracy
  - 2 Producer's accuracy
  - 3 User's accuracy
  - 4 Kappa coefficient

تغییرات کاربری اراضی در سه دوره زمانی ۱۶ ساله (۱۹۹۲-۱۹۷۶)، ۱۷ ساله (۲۰۰۹-۱۹۹۲) و ۳۳ ساله (۲۰۰۹-۱۹۷۶) بررسی و روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای بررسی تبدیلات اراضی مورد استفاده قرار گرفت. در این روش میزان تغییرات طبقات از طریق کسر تصویر جدید از تصویر قدیمی محاسبه می‌گردد (Yuan et al., 2005; Canty, 2006).

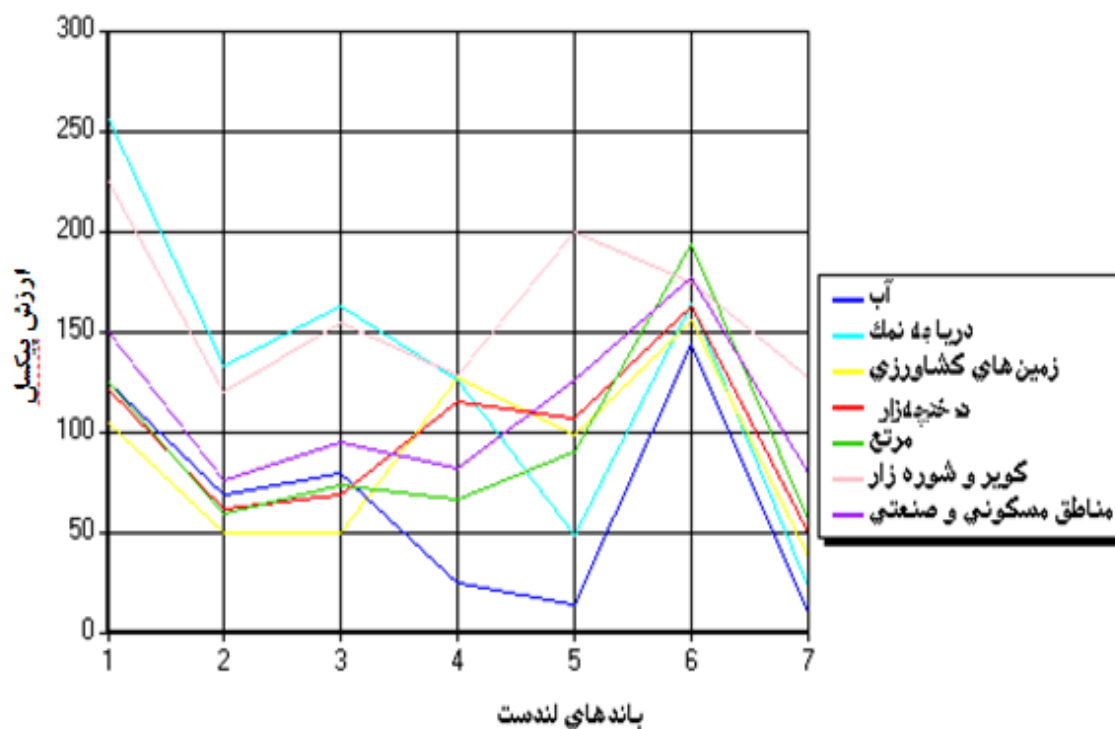
### نتایج

پوشش و کاربری اراضی: تعداد طبقات کاربری اراضی در استان قم در سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۹۲ شامل ۷ طبقه دریاچه نمک، کویر و شوره‌زار، زمین‌های کشاورزی، مرتع، درختچه‌زار، مناطق مسکونی و صنعتی و آب کلاس‌بندی شدند. اما در سال ۲۰۰۹ بعد از تأسیس سد پانزده خرداد (در سال ۱۳۷۴) درختچه‌زارها و آب دریاچه نمک خشک شده است، بنابراین نقشه‌های متعلق به این سال دارای ۵ طبقه (دریاچه نمک، کویر و شوره‌زار، زمین‌های کشاورزی، مرتع و مناطق مسکونی و صنعتی) بودند.

$$UA = \frac{t_a}{n_1} \times 100 \quad (\text{معادله ۹})$$

$PA$  = درصد دقت کلاس  $a$  برای دقت تولیدکننده،  $t_a$  = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس  $a$ ;  $g_a$  = تعداد پیکسل‌های کلاس  $a$  در واقعیت زمینی،  $UA$  = درصد دقت کلاس  $a$  برای دقت کاربری،  $n_1$  = تعداد پیکسل‌های کلاس  $a$  در نتیجه طبقه‌بندی

ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی با استفاده از حداقل ۵۰ نقطه کنترل زمینی در هر یک از طبقات انجام شد (McCoy, 2005) به منظور ارزیابی صحت نقشه (۲۰۰۹) از بازدید زمینی و نقاط برداشت شده به کمک GPS استفاده گردید و در نقاط کوهستانی به دلیل صعب‌العبور بودن از نرم‌افزار Google Earth کمک گرفته شد. ارزیابی صحت تصویر ۱۹۷۶ و ۱۹۹۲ با کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه انجام شد. آشکارسازی تغییرات: برای آشکارسازی تغییرات از برنامه Change Detection در نرم‌افزار ENVI به دلیل اطلاعات کاملی که از تغییرات انواع کاربری اراضی به یکدیگر ارائه می‌کند، استفاده شد.



شکل ۲- بازتاب باندهای مختلف لندست

جدول ۴- نتایج ماتریس خطای نقشه طبقه‌بندی شده مطالعاتی

سال ۱۹۷۶		سال ۱۹۹۲				سال ۲۰۰۹				نام کاربری		
طبقه‌بندی نظارت شده		طبقه‌بندی فازی		طبقه‌بندی نظارت شده		طبقه‌بندی فازی		طبقه‌بندی نظارت شده				
صحت	ضریب	صحت	ضریب	صحت	ضریب	صحت	ضریب	صحت	ضریب			
کاربر	کاپا	کاربر	کاپا	کاربر	کاپا	کاربر	کاپا	کاربر	کاپا			
۰/۸۹	%۹۰/۴۸	۰/۹۴	%۹۵/۲۴	۰/۷۴	%۷۶/۹۲	۰/۸۵	%۸۸/۴۶	۱	%۱۰۰	۱	%۱۰۰	دریاچه نمک
۰/۴۹	%۵۵/۸۱	۰/۵۶	%۶۲/۷۹	۰/۷۷	%۸۱/۲۵	۰/۷۶	%۷۹/۱۷	۰/۷۸	%۸۰/۲۱	۰/۸۲	%۸۵/۷۱	کویر و شوره‌زار
۰/۹۳	%۹۴/۵۹	۰/۹۳	%۹۴/۵۹	۰/۹۲	%۹۳/۲۵	۰/۹۵	%۹۵/۸۳	۰/۸۳	%۸۷/۳۱	۰/۹۱	%۹۳/۰۲	زمین‌های کشاورزی
۰/۸۹	%۹۱/۱۸	۰/۸۹	%۹۱/۱۸	۰/۶۳	%۶۹/۷	۰/۸۶	%۸۹/۳۹	۰/۷۹	%۸۴/۲۲	۰/۸۸	%۹۱/۲۳	مرتع
۰/۷۰	۸۹/۶۶	۰/۸۴	%۸۷/۱۸	۱	%۹۲/۵۹	۱	۱۰۰	۰/۸۷	%۸۹/۳۱	۰/۸۷	%۸۹/۴۷	مناطق مسکونی و صنعتی
۰/۸۷	%۸۹/۶۶	۰/۸۷	%۸۹/۶۶	۰/۶۶	%۷۱/۱۵	۰/۹۰	%۹۲/۳۱	----	----	----	----	درختچه‌زار
۰/۶۶	%۶۹/۵۷	۰/۶۶	%۶۹/۵۷	۰/۹۱	%۹۲/۵۹	۰/۹۲	%۹۲/۵۹	----	----	----	----	آب
۰/۷۶	%۷۹/۶۵	۰/۸۰	%۸۳/۶۳	۰/۸۰	%۸۱/۹۷	۰/۸۹	%۹۰/۸۲	۰/۸۵	%۸۸/۲۱	۰/۸۸	%۹۱/۲۲	مجموع

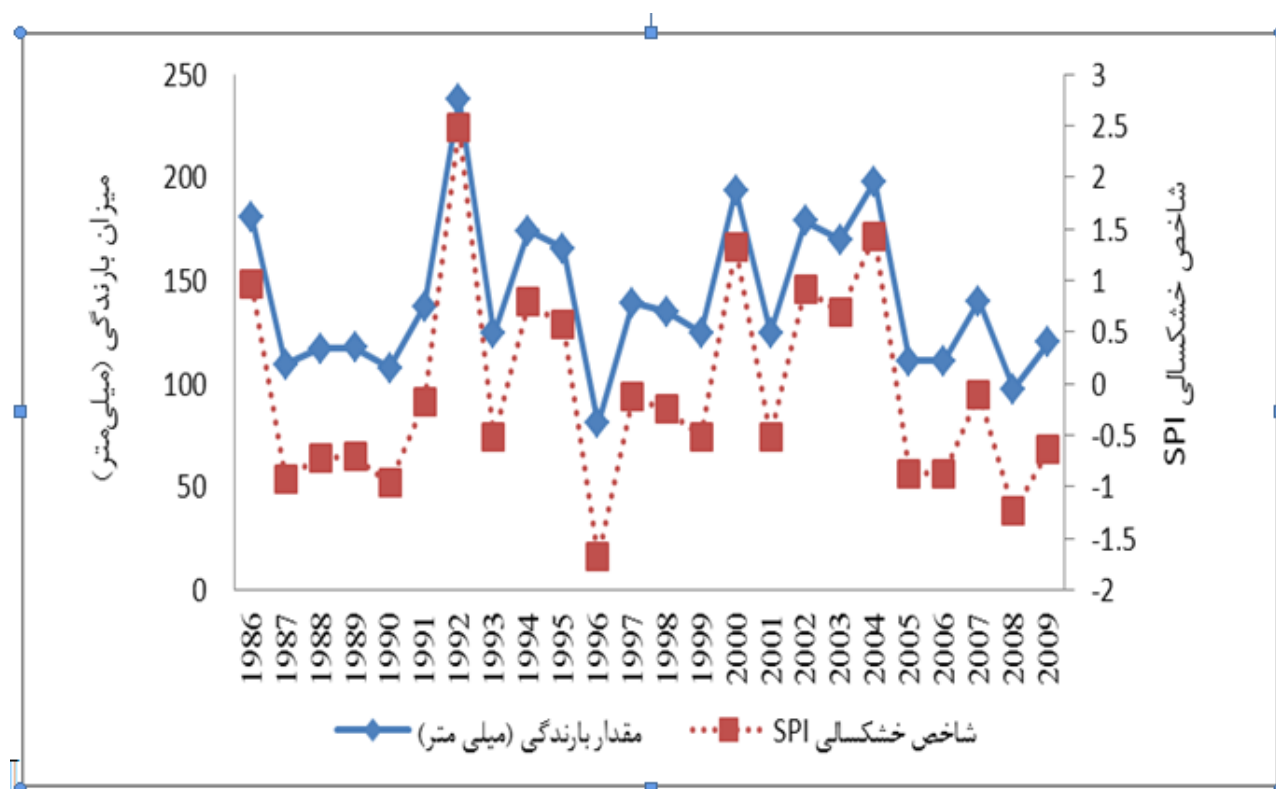
میلی متر می‌باشد. این استان در دوره‌ی اردیبهشت تا مهرماه دارای دوره‌ی خشک، مهر و آبان نیمه‌خشک و از آبان تا اواخر اردیبهشت دارای دوره‌ی مرطوب می‌باشد؛ این منطقه در سال‌های مورد مطالعه (در سال ۱۹۹۲) در وضعیت ترسالی و ۲۰۰۹ در حالت خشک‌سالی قرار داشته است. به‌طورکلی در این منطقه دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی متعددی مشاهده می‌شود و طبق آمار در سال ۱۹۹۶ شدیدترین خشک‌سالی در منطقه به وجود آمده است و بیشتر سال‌های مورد مطالعه نیز در یک وضعیت خشک‌سالی قرار داشته اند؛ تنها در سال ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ ترسالی خوبی در منطقه مشاهده می‌شود که ۱۹۹۲ دارای بیشترین مقدار شاخص SPI است و میزان بارش در این سال نسبت به کل سال‌های دارای آمار بیشتر می‌باشد (شکل ۳).

براساس میزان بازتاب کاربری‌های مختلف، میزان بازتاب این عوارض با یکدیگر اختلاف داشتند که از این امر در جهت تفکیک مناطق مختلف استفاده گردید (شکل ۲).

میزان صحت کاربری و ضریب کاپا در هر دو سال در طبقه‌بندی فازی بیشتر نظارت شده بود و میزان صحت کاربر در همه‌ی نقشه‌های تولیدی بالاتر از ۷۹٪ و ضریب کاپا بیشتر از ۰/۷۶ بود. بنابراین از نقشه‌های طبقه‌بندی فازی برای مشاهده‌ی تغییرات کاربری اراضی استفاده شد (جدول ۴).

بررسی میزان بارش منطقه مطالعاتی: استان قم براساس طبقه‌بندی کوپن جزء مناطق خشک بیابانی به حساب می‌آید. میانگین بارش سالیانه آن حدود ۱۴۰





شکل ۳- بارش سالیانه شهر قم براساس آمار موجود (۱۹۸۶-۲۰۰۹)<sup>۱</sup>

کیفیت بالا مانند گوسفند و بره افزایش داشته است (از ۴۰۰۰۰۰ به ۶۴۰۰۰۰ ر.أس). درحالی که میزان دام‌های منطبق با شرایط بیابانی مانند شتر کاهش یافته است (۱۵۰۰۰۰ به ۶۳۰۰۰ نفر). میزان بز و بزغاله نیز در منطقه افزایش را نشان می‌دهد (۷۰۰۰۰۰ به ۱۰۳۰۰۰۰ ر.أس) (جدول ۵).

تغییرات جمعیت و دام در استان قم: آمار بررسی شده نشان می‌دهد که میزان دام و جمعیت انسانی در سال‌های مورد مطالعه افزایش یافته است، به طوری که جمعیت استان از ۳۷۳۰۰۰ در سال ۱۳۵۷ به ۱۰۸۴۰۰۰ نفر در سال ۱۳۸۷ رسیده است و به تعداد کل دام منطقه نیز افزوده شده است. بنا بر آمار موجود، تعداد دام‌های سبک و نیازمند علوفه با

جدول ۵- تغییرات جمعیت و دام در استان قم (۱۳۵۷-۱۳۸۷)<sup>۲</sup>

متغیرهای مورد بررسی	واحد	۱۳۵۷	۱۳۸۷
جمعیت کل استان	هزار نفر	۳۷۳	۱۰۸۴
جمعیت مرد	هزار نفر	۱۸۹	۵۵۶
جمعیت زن	هزار نفر	۱۸۴	۵۲۸
میزان شهرنشینی	درصد	۸۰.۷	۹۵.۲
میزان روستائینشی	درصد	۱۹.۳	۴.۸
تعداد گوسفند و بره	رأس	۴۰۰۰۰۰	۶۴۰۰۰۰
تعداد بز و بزغاله	رأس	۷۰۰۰۰	۱۰۳۰۰۰
تعداد شتر	نفر	۱۵۰۰۰	۶۳۰۰

آشکارسازی تغییرات کاربری در استان قم: همان طور که (جدول ۶ و شکل‌های ۳-۴) مشاهده می‌شود میزان تغییرات سطح کاربری اراضی بیانگر آن بود که میزان سطح مراتع در استان از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۹ کاهش یافته، به طوری که از ۷۸۴۲۸۱ به ۶۶۲۹۱۰ هکتار رسیده است و بخش زیادی از این مراتع به اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده‌اند. در سال ۱۹۷۶ حدود ۱۶۰۱۷ هکتار از مناطق درختچه‌زار (عمدتاً گز زار) در منطقه دیده می‌شود که در سال ۱۹۹۲ به ۵۸۹۳/۹۲ هکتار کاهش و در سال ۲۰۰۹ اثری از مناطق درختچه‌زار وجود ندارد، که طبق مشاهدات میدانی درختچه‌ها اکنون به صورت بسیار پراکنده وجود

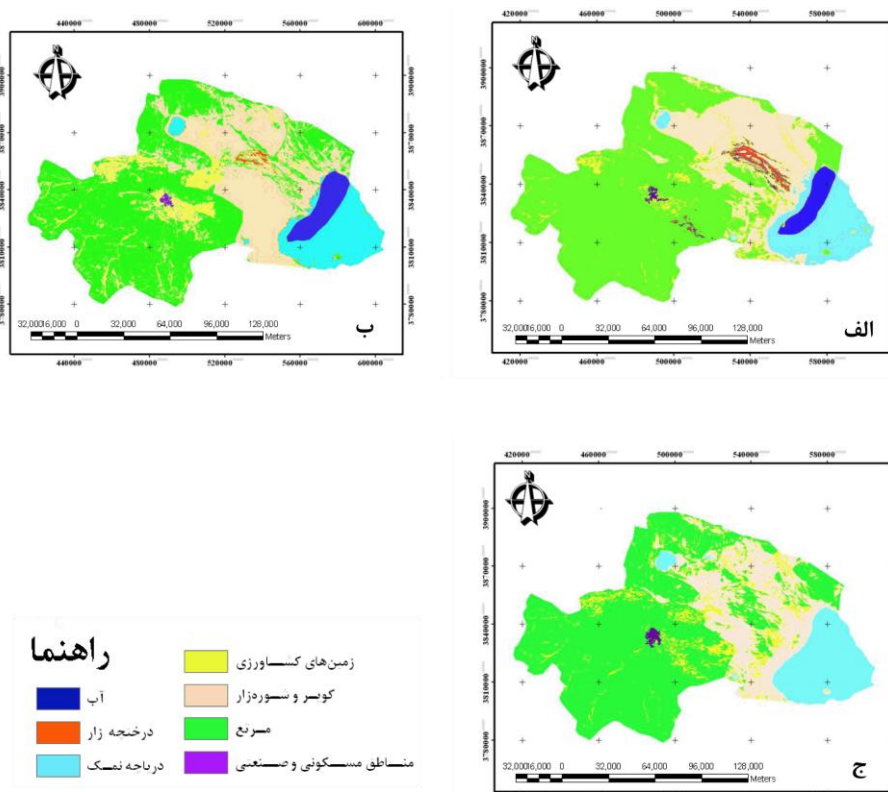
۱- ایستگاه سینوپتیک شهر قم.

۲- طبق آمار موجود در مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان قم. داشته و در وضعیت مناسبی قرار ندارند. میزان سطح اراضی کشاورزی در دوره‌ی ۳۳ ساله حدود ۹۳۸۶۵ هکتار افزایش یافته و حدود ۶۶۳۰۶ هکتار از آنها حاصل تخریب مراتع هستند. با توسعه‌ی شهرنشینی وسعت مناطق مسکونی و صنعتی افزایش یافته و از ۹۹۵ به ۳۹۵۹ هکتار رسیده است. در سال ۱۹۷۶ حدود ۳۵۳۳۱ هکتار از سطح دریاچه نمک دارای آب بوده، در حالی که در سال ۱۹۹۲ به ۴۸۰۸۳/۴ هکتار افزایش ولی در سال ۲۰۰۹ این سطح آب کاملاً خشک شده و اثری از آب در نقشه سال ۲۰۰۹ دیده نمی‌شود.

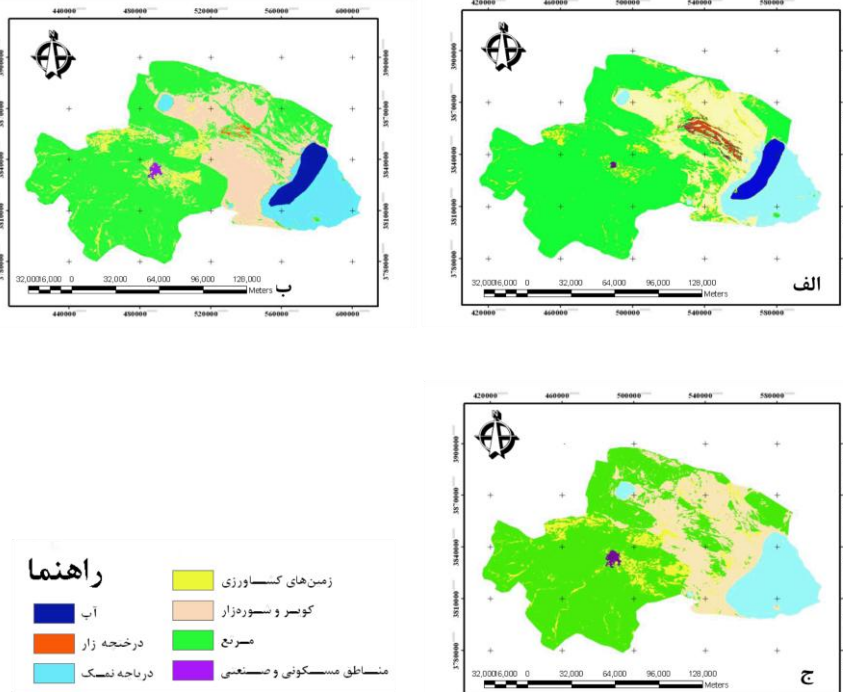
جدول ۶- تغییرات کاربری اراضی (طبقه‌بندی فازی) منطقه‌ی مورد مطالعه بر حسب هکتار

انواع کاربری	سال ۱۹۷۶	سال ۱۹۹۲	سال ۲۰۰۹	تغییرات سال‌های	تغییرات سال‌های	تغییرات سال‌های
دریاچه نمک	۱۴۱۷۸۲/۴	۱۳۶۲۲۶/۲	۱۶۷۶۲۲/۸	+۳۱۳۹۶/۶۸	-۵۵۵۶/۲۴	+۲۵۸۴۰/۴۴
کویر و شورزار	۲۷۴۲۳۰/۴	۲۶۹۵۱۲/۲	۳۱۵۳۷۹/۱	+۴۵۸۶۶/۸۸	-۴۷۱۸/۱۶	+۴۱۱۴۸/۷۲
زمین‌های کشاورزی	۴۱۹۶۹/۵۲	۱۵۹۲۸۱/۹۲	۸۵۵۵۲/۹۲	+۲۶۲۷۱	+۱۷۳۱۲/۴	+۴۳۵۸۳/۴
مرتع	۷۹۴۸۵۵/۲	۷۸۴۴۰۵/۱	۷۳۳۵۲۵/۲	-۵۰۸۷۹/۹	-۱۰۴۵۰/۱	-۶۱۳۳۰
درختچه‌زار	۱۶۲۷۵/۶	۵۸۹۳/۹۲	---	-۵۸۹۳/۹۲	-۱۰۳۸۱/۷	-۱۶۲۷۵/۶
آب	۳۷۲۲۳/۶۴	۴۸۰۸۳/۴	---	-۴۸۰۸۳/۴	+۱۰۸۵۹/۷۶	-۳۷۲۲۳/۶۴
مناطق مسکونی و صنعتی	۹۲۸/۸	۳۸۶۲/۸	۵۱۸۵/۴۴	+۱۳۲۲/۶۴	+۲۹۳۴	+۴۲۵۶/۶۴

اعداد مثبت به معنی افزایش مساحت و منفی نشان دهنده کاهش مساحت می‌باشد.



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی استان قم به روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال)، (الف) ۱۹۷۶، (ب) ۱۹۹۲ و (ج) ۲۰۰۹.



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی استان قم به روش طبقه‌بندی فازی؛ (الف) ۱۹۷۶، (ب) ۱۹۹۲ و (ج) ۲۰۰۹.

تبعیت نکنند و استان را دچار عوارض منفی آلاینده‌های صنایع نسازند.

تغییرات کاربری اراضی یکی از عمدتوین تغییراتی است که مناطق مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهد، امروزه با گسترش جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر، بسیاری از زمین‌های مرتعی به زراعی تبدیل می‌شوند و در بسیاری از رودخانه‌ها برای تأمین آب کشاورزی سد تأسیس می‌گردد. نتایج مطالعه‌ی حاضر حکایت از آن داشت که در استان قم سطح بسیاری از مناطق مرتعی و گزارها دچار تغییر شده است. در این منطقه سطح مراتع<sup>۱</sup> از ۷۹۴۸۵۵ به ۷۳۳۵۲۵ هکتار کاهش یافته است و به خاک بدون پوشش و شورزار تبدیل شده است. دلیل این امر را چنین می‌توان بیان نمود که با گسترش جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر، در برخی موارد سطح مراتع را شخم زده و به اراضی کشاورزی تبدیل کرده‌اند، اما به دلیل بازدهی کم این اراضی، پس از چند سال به صورت رها شده در آمده است. در چنین مناطقی که از کاربری کشاورزی خارج می‌گردند، گیاهان فرصت‌طلب و نامرغوب رویش می‌یابند. در نتیجه شخم این اراضی، خاک این مناطق مستعد فرسایش شده و موجب تشدید فرسایش آبی و بادی منطقه می‌شوند. در موارد زیادی به دلیل وجود فرسایش بادی و ذرات گرد و غبارادارات دولتی و کلیه مدارس استان تعطیل شده است همچنین این ذرات گرد و غبار باعث بروز انواع بیماری‌های تنفسی شده و هزینه‌ی زیادی را به ساکنان منطقه تحمیل می‌نماید. مصداقی (۱۹۹۸) افزایش جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر را دلیل اصلی شخم زدن مراتع و تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی می‌داند (مصداقی، ۱۳۸۲). نتایج بررسی دو تصویر<sup>۲</sup> نشان داد که در طول سال‌های مورد مطالعه میزان اراضی مسکونی و صنعتی از ۹۹۵/۴۴ به ۵۱۸۵/۴۴ هکتار افزایش یافته است. بسیاری از زمین‌های کشاورزی به مسکونی و صنعتی تبدیل گردیده که این امر به نوبه خود باعث کاهش پوشش گیاهی شده است. ایجاد مناطق صنعتی نیز آلودگی هوا را دربرداشته و به دلیل خشک بودن منطقه و کمبود پوشش گیاهی، شرایط زیست محیطی را در معرض خطر قرار داده است. استان شدن قم باعث افزایش وسعت مناطق شهری و افزایش جمعیت این استان شده است. همچنین انتقال آب از سرشاخه‌های سد دز به این استان نیز توهم پر آبی را بوجود آورده و لازم است که مسئولان استان، از الگوی توسعه سایر شهرهای صنعتی کشور برای استان قم

۱- در دوره ۳۳ ساله

۲- سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۰۹

بیابانی استان، در گذشته نواحی زیادی زیر کشت پسته بوده است که به دلیل افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی این مزارع متروکه شده و افراد زیادی مجبور به مهاجرت از منطقه شده‌اند.

افزایش تعداد دام و بروز شرایط خشک‌سالی نیز در سال‌های اخیر از جمله عواملی هستند که بسیاری از مناطق استان قم را تحت تأثیر قرار داده است. با وجود قطع شدن آب جاری مسیله بر شرایط کم آبی منطقه افزوده شده و باعث نابودی هرچه بیشتر منطقه شده است. به طور کلی می‌توان گفت که در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل شرایط کم آبی، اکوسیستم‌ها شکنندگی بیشتری داشته و نسبت به مناطق مرطوب کاهش کم بارش نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارد (Odum, 1971). با توجه به اتفاق افتادن دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی در منطقه، به طور کلی می‌توان گفت که در استان قم عوامل اقلیمی (خشک‌سالی) به تنهایی نمی‌تواند توجیه‌کننده‌ی این سطح از تغییرات باشد؛ بلکه در کنار این عوامل، عامل مدیریتی باعث تشدید روند بیابان‌زایی در منطقه شده است. از عوامل مدیریتی تبدیل مراتع به پسته‌زار، چرای مفرط، سدسازی و کاهش آب قابل دسترس برای گیاهان مرتع قابل ذکر می‌باشند. در این مطالعه از دو روش طبقه‌بندی نظارت شده و فازی استفاده گردید که در مجموع روش فازی نسبت به نظارت شده، میزان صحت کلی و ضریب کاپای بزرگتری را نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد در این منطقه به دلیل ناهمگنی زیاد، روش فازی کارایی بهتری را نشان می‌دهد؛ البته رضانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. این مطالعه با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی با کمک دو روش طبقه‌بندی نظارت شده و فازی در استان قم انجام شد. نتایج نشان داد که در طبقه‌بندی فازی نقشه‌های تولیدی دارای صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری نسبت به طبقه‌بندی نظارت شده بودند که با توجه به ناهمگنی منطقه می‌توان گفت که این روش در چنین مناطقی کارایی بهتری دارد. بررسی نقشه‌ها در سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۰۹ حکایت از آن داشت که در این دوره ۳۳ ساله میزان سطح مراتع کاهش یافته، ضمن این‌که آب دریاچه نمک خشک شده و درختچه‌زارها نیز به کلی از بین رفته، ولی بر میزان مناطق مسکونی و صنعتی و زمین‌های کشاورزی افزوده شده است. بنابراین با گذشت زمان و افت سطح آب زیرزمینی بسیاری

همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در سال ۱۹۷۶ میزان ۱۶۰۱۷ هکتار اراضی گرززار وجود داشته که در سال ۱۹۹۲ به ۵۸۹۳/۹۲ هکتار کاهش یافته است، ولی در سال ۲۰۰۹ اثری از آن دیده نمی‌شود. زیرا گز دارای ریشه عمیق بوده و در محل آبراهه‌های شور رویش می‌یابد و تحت تأثیر سفره‌های آب زیرزمینی نیز قرار می‌گیرد. در این منطقه احداث سدهای غدیر ساوه، پانزده خرداد و جاجرود و نیز خشک‌سالی‌های متعدد، باعث خشک شدن درختچه‌های گز و سنبله نمکی در این منطقه شده که حتی با وجود تک‌پایه‌هایی از این گیاهان به صورت پراکنده، به دلیل وجود خشک بودن گیاهان و نداشتن سبزی‌نگی مناسب، بازتاب طیفی آنها مشاهده نمی‌شود. این امر باعث می‌گردد منطقه‌ی خشک‌شده در تصویر ماهواره‌ای به صورت یک منطقه با خاک بدون پوشش گیاهی تبدیل گردد. قابل ذکر است در قسمت غرب استان که در محدوده‌ی ارتفاعات و مناطق کوهستانی استان قرار گرفته است، تغییرات کمتری نسبت به مناطق شرقی استان داشته است (جدول ۵ و شکل‌های ۳-۴). بنابراین اگرچه سیلاب‌ها در برخی موارد مخرب هستند، اما به دلیل کم آبی در مناطق خشک، وجود سیلاب‌ها برای تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی لازم می‌باشد که با احداث سدها این مسئله با مشکل مواجه می‌شود (هادیان و همکاران، ۱۳۹۲). سنسمن (۱۹۹۶) فعالیت فتوسنتزی گیاهان را یکی از عوامل مهم در بازتاب گیاهان بیان می‌کند که تغییرات فصلی نقش مهمی در نوسان آن دارد (Senseman et al., 1996). گلداسمیت (۱۹۹۱) بازتاب گیاهان زنده را ناشی از مقدار آب، ساختمان سلول، مقدار کلروفیل و ساختمان گیاه بیان می‌کند، ضمن این‌که شرایط خاک نیز نقش مهمی در تعیین این مقدار دارد (Goldsmith, 1991). احداث سد در یک منطقه باعث کاهش آب در مناطق پایین دست می‌شود که این امر باعث نابودی و تخریب اکوسیستم مناطق پایین دست می‌گردد. متکان و همکاران (۲۰۱۰) نیز احداث سدها را یکی از عوامل عمده‌ی تخریب پوشش گیاهی بیان می‌نمایند. این سدها مانع بروز سیل در منطقه شده و عدم جاری شدن سیل سبب می‌شود که سفره‌های زیرزمینی مناطق دشتی و بیابانی استان نتوانند تغذیه‌ی مناسب شوند و با برداشت و استحصال آب‌های زیرزمینی با احداث چاه‌های عمیق، این سفره‌ها هر سال تهی‌تر و سطح آب زیرزمینی افت پیدا کند. در مناطق

- فلاحتکار، س.، سفینیان، ع.ر.، خواجه‌الدین، س.ج. و ضیایی، ح.ز.، ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات پوشش اراضی اصفهان در ۴ دهه گذشته با استفاده از سنجش از دور، مجله علوم و فنون منابع طبیعی، ۱۳ (۴۷): ۳۹۶-۳۸۱.
- متکان، ع.ه.، سعیدی، خ.، شکیبیا، ع.ر. و حسینی اصل، ا.، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با احداث سد طالقان با استفاده از تکنیک سنجش از دور، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶ (۱۹): ۶۴-۴۵.
- مختاری، م.ح.، شریفی، ع.، نیازی، ی.، ۱۳۹۱. مقایسه دو روش تفاوت NDVI و فیوژن در استخراج مناطق برنجکاری شده با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهواره ای Landsat ETM و پانکروماتیک (مطالعه موردی شهرستان صومعه سرا- رشت)، مجله پژوهش‌های آبخیزداری، ۹۵: ۱۳-۱.
- مصداقی، م.، ۱۳۸۲. مرتعداری در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا.
- ولی‌پور، م.، کریمیان اقبال، م.، ملکوتی، م.ج. و خوشگفتارمنش، ا.ح.، ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس آباد استان قم، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۸): ۶۹۱-۶۸۳.
- هادیان، ف.، جعفری، ر.، بشری، ح. و رضانی، ن.، ۱۳۹۲. بررسی آثار تاسیس سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی، مجله بوم‌شناسی کاربردی، ۲ (۴): ۱۱۴-۱۰۱.
- هادیان، ف.، جعفری، ر.، بشری، ح. و سلطانی، س.، ۱۳۹۰. بررسی گروه‌های مختلف شاخص‌های گیاهی سنجش از دوری در مطالعه تیپ‌های مرتعی (مطالعه موردی: سمیرم، اصفهان)، مجله مرتع، ۵ (۴): ۴۲۹-۴۲۰.
- جعفری، م. و طویلی، ع.، ۱۳۸۹. احیای مناطق خشک و بیابانی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۹۶ صفحه.
- رضانی، ن.، جعفری، ر. و ایزانلو، ا.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات کاربری اراضی اسفراین خراسان شمالی در ۴ دهه گذشته، مجله سنجش از دور و GIS ایران، ۳ (۲): ۳۷-۱۹.
- سفینیان، ع.ر. و خداکرمی، ل.، ۱۳۹۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی (مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کبودر آهنگ، رزن- قهاوند و خونجین- تلخاب در استان همدان)، فصلنامه آمایش سرزمین، ۳ (۴): ۱۱۴-۹۵.
- عالی‌شاه برات، ف.، ارزانی، ح.، حسینی، س.ز.، بابایی کفایی، س.، میرآخرو، خ.، ۱۳۹۰. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای IRS-LissIII در تفکیک اراضی مرتعی از کاربری های دیگر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخ آباد- مازندران)، ۵ (۲): ۱۵۴-۱۴۷.
- فرزین‌نیا، ب.، تقی‌پور، ع. و تلمادره‌ای، ز.، ۱۳۹۱. پراکندگی جغرافیایی کنه‌ها در شهرستان قم در سال های ۹۰-۱۳۸۹، مجله علوم پزشکی استان خراسان شمالی، ۴ (۳): ۳۹۸-۳۹۱.

- Canty, M. J. 2006. Image analysis, classification and change detection in remote sensing: with algorithms for ENVI/IDL, CRC Press.
- Fichera, C. R., G. Modica, and M. Pollino, 2012. Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European Journal of Remote Sensing*, 45:1-18.
- Goldsmith, F. B., 1991. *Monitoring for Conservation and Ecology*. Chapman & Hall:275P.
- Hayes, M. J., M. D. Svoboda, D. A. Wilhite, and O. V. Vanyarkho, 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3):429-438.
- Jafari, R., M. M. Lewis, and B. Ostendorf, 2007. Evaluation of Vegetation Indices for Assessing Vegetation Cover in Southern Arid lands in South Australia. *The Rangeland Journal*, 29:39-49.
- Kuldeep, T. and K. Kamlesh, 2011. Land Use / Land cover change detection in Doon valley (Dehradun Tehsil), Uttarakhand: using GIS& Remote Sensing Technique. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1):34-41.
- Lunetta, R. S. and C. D. Edvidge. 1999. *Remote Sensing Change Detection Environmental Monitoring Methods and Application*, Taylor.
- Mather, P. M. 2004. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, Wiley
- McCoy, R. M. 2005. *Field Methods in Remote Sensing*, Guilfor.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*, Saunders Publication.
- Okeke, F. and A. Karnieli, 2006. Methods for fuzzy classification and accuracy assessment of historical aerial photographs for vegetation change analyses. Part I: Algorithm development. *International Journal of Remote Sensing*, 27(1):153-176.
- Ranjbar, H. and M. Honarmand, 2004. Integration and analysis of airborne geophysical and ETM+ data for exploration of porphyry type deposits in the Central Iranian Volcanic Belt using fuzzy classification. *International Journal of Remote Sensing*, 25(21):4729-4741.
- Riano, D., E. Chavieco, J. Salas, and I. Aguado, 2003. Assessment of Different Topographic orrections in Landsat-TM Data for Mapping Vegetation Types. *Lee Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 41(5):1056 - 1061.
- Senseman, G. M., C. F. Bagleya, and S. A. Tweddale, 1996. Correlation of Rangeland Cover Measures to Satellite Imagery Derived Vegetation Indices. *Geocarto International*, 11(3):29 - 38
- Song, C., C. E. Woodcock, K. C. Seto, M. P. Lenney, and S. A. Macomber, 2001. Classification and change detection using landsat tm data: When and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing of Environment*, 74:230-244.
- Yuan, F., K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, and M. E. Bauer, 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98(2):317-328.
- عالیشاه برات، ف.، ارزانی، ح.، حسینی، س.ز.، بابایی کفایی، س.، میرآخرلو، خ.، ۱۳۹۰. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای IRS-LissIII در تفکیک اراضی مرتعی از کاربری های دیگر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخ آباد- مازندران)، ۵ (۲):۱۵۴-۱۴۷.
- فرزین‌نیا، ب.، ثقفی‌پور، ع. و تلمادره‌ای، ز.، ۱۳۹۱. پراکندگی جغرافیایی کنه‌ها در شهرستان قم در سال های ۹۰-۱۳۸۹، *مجله علوم پزشکی استان خراسان شمالی*، ۴(۳):۳۹۸-۳۹۱.
- فلاحتکار، س.، سفیانیان، ع.ر.، خواجه‌الدین، س.ج. و ضیایی، ح.ز.، ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات پوشش اراضی اصفهان در ۴ دهه گذشته با استفاده از سنجش از دور، *مجله علوم و فنون منابع طبیعی*، ۱۳ (۴۷):۳۹۶-۳۸۱.
- متکان، ع.ه.، سعیدی، خ.، شکبیا، ع.ر. و حسینی اصل، ا.، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با احداث سد طالقان با استفاده از تکنیک سنجش از دور، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۶(۱۹):۶۴-۴۵.
- مختاری، م.ح.، شریفی، ع.، نیازی، ی.، ۱۳۹۱. مقایسه دو روش تفاوت NDVI و فیوژن در استخراج مناطق برنجکاری شده با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهواره ای Landsat ETM و پانکروماتیک (مطالعه موردی شهرستان صومعه سرا- رشت)، *مجله پژوهش‌های آبخیزداری*، ۹۵:۱۳-۱.
- مصدقی، م.، ۱۳۸۲. مرتعداری در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا.
- ولی‌پور، م.، کریمیان اقبال، م.، ملکوتی، م.ج. و خوشگفتارمنش، ا.ح.، ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس آباد استان قم، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲ (۴۸):۶۹۱-۶۸۳.
- هادیان، ف.، جعفری، ر.، بشری، ح. و رضانی، ن.، ۱۳۹۲. بررسی آثار تاسیس سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی، *مجله بوم‌شناسی کاربردی*، ۲ (۴): ۱۱۴-۱۰۱.
- هادیان، ف.، جعفری، ر.، بشری، ح. و سلطانی، س.، ۱۳۹۰. بررسی گروه‌های مختلف شاخص‌های گیاهی سنجش از دوری در مطالعه تپ‌های مرتعی (مطالعه موردی: سمیرم، اصفهان)، *مجله مرتع*، ۵(۴):۴۲۹-۴۲۰.
- Al-doski, J., S. B. Mansor, and H. Z. Mohd Shafri, 2013. Monitoring Land Cover Changes in Halabja City, Iraq. *International Journal of Sensor and Related Networks*, 1(1):20-30.