

بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب

محمد مهدی فتاحی^{۱*}

^{۱*} - نویسنده مسئول، کارشناس ارشد پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم و مدرس دانشگاه جامع علمی- کاربردی،

پست الکترونیک: mmh_fattahi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۳۰

چکیده

بخش عمده‌ای از مساحت استان قم دارای شرایط خشک و بیابانی است و گسترش بی‌رویه فعالیت‌های انسانی، بدون لحاظ مسائل زیست‌محیطی، باعث تشدید پدیده بیابان‌زایی شده است. در این مقاله، روند بیابان‌زایی با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و نیز تغییرات کمی و کیفی منابع آب، بررسی گردید. برای ارزیابی روند تغییرات استفاده از اراضی، از داده‌های ماهواره‌ای TM سال ۱۳۶۴ و ETM+ سال ۱۳۸۱ شمسی و برای تخمین تغییرات کمی و کیفی منابع آب، از اطلاعات و داده‌های هیدرومتری و هواشناسی استفاده گردید. مقایسه دو نقشه استفاده از اراضی سالهای ۱۳۶۴ و ۱۳۸۱ شمسی تهیه شده از داده‌های ماهواره‌ای و به روش تفسیر بصری نشان داد که مساحت اراضی کشاورزی، مراتع، بیشه‌زارهای جنگلی، تپه‌های ماسه‌ای و دریاچه‌های نمکی به ترتیب ۱۲/۵، ۴/۶، ۷۰/۴، ۲۴/۲ و ۱۵/۸ درصد کاهش یافته است، در حالی که سایر طبقه‌ها مانند اراضی شور، اراضی شهری و اراضی روستایی به ترتیب ۲۶/۶، ۱۲/۷۸ و ۳۵/۶ درصد افزایش یافته است. حجم آبهای خروجی از دو رودخانه اصلی استان قم (قمرود و قره چای)، تا قبل از احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه (سال ۱۳۷۴)، ۲۶۱ میلیون مترمکعب بوده است، در حالی که بعد از احداث سدهای یادشده، به ۶۶ میلیون مترمکعب تقلیل یافته است. میزان افت سطح آب زیرزمینی در دشت قم تا قبل از احداث سد ۱۵ خرداد به طور متوسط حدود ۰/۵ متر در سال بوده که بعد از احداث سد یادشده، به طور متوسط به ۱/۴ متر در سال افزایش یافت. به علاوه بیلان آب زیرزمینی نیز کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد. در مجموع، به نظر می‌رسد فعالیت‌های انسانی و دستکاری او در طبیعت (به‌ویژه احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه بر روی دو رودخانه قمرود و قره‌چای) به‌عنوان دو عامل اصلی تغییر انواع استفاده از اراضی (با کاهش پوشش گیاهی، شور شدن بیشتر اراضی و ...) و افت کمی و کیفی منابع آب در استان قم بوده که می‌تواند تشدید بیابان‌زایی را به دنبال داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: استان قم، استفاده از اراضی، بیابان‌زایی، سنجش از دور، منابع آب.

مقدمه

کوهپایه‌ای و کوهستانی، منطقه بیابانی استان، اراضی مناسبی برای کلیه فعالیت‌های انسانی به‌شمار می‌رود. احداث دو سد ساوه و ۱۵ خرداد بر روی رودهای قره‌چای و قمرود، به همراه خشکسالی‌های اخیر و

بخش مهمی از مساحت استان قم را مناطق خشک و بیابانی در بر گرفته است. با توجه به محدودیت‌های ارتفاعی و شیب موجود در اراضی تپه ماهوری و

برداشت بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی تأثیر زیادی بر گسترش پدیده بیابان‌زایی داشته است. مجموعه عوامل یادشده، مهمترین پارامترها در جهت تشدید عدم تعادل و ناپایداری اکوسیستم‌های منطقه به‌ویژه اکوسیستم‌های آبی و بیابانی می‌باشند. از این رو، آلودگی محیط‌های آبی و خاکی همراه با کاهش آب در منطقه و کاهش قابلیت حاصلخیزی خاک و افزایش شوری آن به همراه پیشروی کویر، از عوامل مؤثر در بررسی روند زیست‌محیطی استان به شمار می‌آید. آبخوان‌های حوضه آبخیز استان، نیز تحت تأثیر عوامل متعددی چون برداشت بی‌رویه آب به‌همراه کاهش بارش در سالهای اخیر علاوه بر افت سطح آب، به علت ورود فاضلاب و پساب شهری در برخی نقاط، دچار آلودگی شده است. افزون بر آن، پیشروی جبهه آب شور به سمت سفره‌های آب شیرین، تحت تأثیر تغییرات استاتیکی سطح آب از مسائل آبخوان‌های استان است. گفتنی است که بخشی از سفره‌های آب زیرزمینی قم، علاوه بر تأثیرپذیری از پیشروی جبهه شور، از بار آلودگی وارده نیز در امان نمانده است. سفره‌های آب زیرزمینی جعفرآباد که بخشی از آب شرب شهر قم را تأمین می‌کند نیز دچار آلاینده‌های دامی می‌باشد (مهندسین مشاور عمران زاوه، ۱۳۸۱). در مجموع، با کاهش شدید آب دریافتی در آبخیزها و منابع آبی استان و گسترش بی‌رویه فعالیت‌های انسانی، بدون لحاظ مسائل زیست‌محیطی، نمی‌توان به آینده خوشبینانه نگاه کرد.

Carlson et al., (1999) با استفاده از داده‌های رقومی سنجنده TM سالهای ۱۹۹۱ و ۱۹۹۹ و اطلاعات ماهواره‌ای AVHRR در منطقه کاستاریکا اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی نمودند. با

استفاده از داده‌های TM سال ۱۹۹۱ طبقه‌بندی نظارت شده انجام دادند و با کمک عکس هوایی به ۵ طبقه (جنگل، زمین‌های زراعی، چراگاه، اراضی شهری و ابر) رسیدند؛ دقت تفکیک جنگل ۹۱ درصد بوده است. آنها توانستند از تصاویر AVHRR که یک سنجنده هواشناسی است اثرهای توسعه شهری روی اقلیم سطح را در طول ۷ سال در کاستاریکا بدست آورند. توسعه شهری باعث می‌شود که درجه حرارت سطح افزایش و پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق نیز کاهش یابد و لایه‌های سطحی خشک شود. چون توسعه شهری به طور وسیع اتفاق افتاده است، بنابراین چراگاه و مناطق شهری با تراکم کم به مناطق شهری با تراکم بالا تبدیل شده است.

بنابراین تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۸۸۸ تا ۱۹۹۰ میلادی در منطقه‌ای در ایتالیا به همت Gomarasca et al., (1993) مورد بررسی قرار گرفت. برای تهیه نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۹۰ - ۱۸۸۸ از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ سالهای ۱۹۵۰ - ۱۹۴۵، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۹۸۴ و داده‌های رقومی TM سال ۱۹۹۰ استفاده کردند. با ۷۰ نقطه کنترل و با خطای یک پیکسل، تطابق هندسی انجام دادند. سپس با استفاده از NDVI و طبقه‌بندی نظارت شده به روش بیشترین شباهت، کاربری اراضی را با دقت ۸۰ درصد، طبقه‌بندی کردند. طبقه‌های کاربری اراضی شامل نواحی مسکونی، شالیکاری، اراضی زراعی، چمنزار، جنگل، آب، اراضی غیرقابل کشت و اراضی آیش بوده است. آنها نتیجه‌گرفتند در طول یک قرن، اراضی نواحی مسکونی از ۲/۶ درصد به ۳۲ درصد رسیده است و تغییرات خیلی سریع داشته است و چمنزارها و مراتع کاهش یافته و به مناطق

مسکونی مبدل شده‌اند، درحالی‌که اراضی جنگلی تغییر چندانی نکرده است.

میزان تخریب و عوامل مؤثر بر آن در شمال کاشان در طی سالهای ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۸ میلادی با استفاده از تصاویر TM و MSS، به وسیله ایرانمنش (۱۳۸۰) مورد بررسی قرار گرفت. وی پس از پردازش‌های اولیه تصاویر ماهواره‌ای، واحدهای زراعی و مرتعی به لحاظ حساسیت در برابر تغییرات به‌عنوان شاخص‌های تخریب از نقشه کاربری و پوشش اراضی در مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ انتخاب و رقومی نمود. همچنین جهت تفکیک واحدهای فوق، کلیه نقشه‌ها اعم از توپوگرافی، زمین‌شناسی، واحدهای اراضی و غیره در سیستم اطلاعات جغرافیایی واحد گردآوری شدند که پس از نمونه‌برداریهای صحرایی، از روش‌های معمول طبقه‌بندی محدوده اراضی زراعی و مرتعی تعیین و میزان تخریب آنها برآورد گردید. نتایج تحقیق نشان داد که بهترین ترکیب رنگی کاذب، ترکیب باندهای ۱-۳-۴ برای تصاویر لندست TM و ترکیب رنگی باندهای ۱-۲-۳ برای تصاویر MSS می‌باشد. میزان سبزی‌نگی (NDVI) در سال ۱۹۷۶ از مقدار ۰/۸۲ به ۰/۶۹ در سال ۱۹۸۸ کاهش داشته است. وی همچنین عوامل مهم تخریب اراضی را افزایش جمعیت، بهره‌برداری زیاد از منابع آب زیرزمینی، تغییرات کاربری و توسعه آنها اعلام می‌کند.

طباطبایی (۱۳۷۷)، در تحقیقی به بررسی روند تغییرات بیابان‌زایی در استان خوزستان و پردازش تصاویر ماهواره‌ای (IP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخت و با مترادف فرض کردن واژه بیابان‌زایی با تخریب و هدررفت خاک، بر شناسایی مناطق تحت فرسایش و نحوه گسترش آنها تأکید نمود و اراضی تحت فرسایش را در یک دوره زمانی ۲۷ ساله مقایسه

نمود. در این بررسی، منطقه مورد مطالعه به دلیل شرایط خاص اقلیمی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و همچنین نقشی که دخالت‌های انسان در منطقه داشته است، موجب شده تا پدیده فرسایش خندقی عامل فعال در جهت تخریب اراضی و بیابانی‌شدن آن گردد. وی جهت شناسایی اراضی تحت تخریب در زمانهای گذشته به دلیل محدودیت در تهیه تصاویر ماهواره‌ای، از عکس‌های هوایی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ (سال ۱۹۶۴) استفاده نموده است و نتیجه گرفته است که از مجموع حدود ۳۹۸۰۰۰ هکتار از اراضی مورد تحقیق سال ۱۹۹۱ میلادی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست TM، ۵۰/۴ - ۴۶ درصد از اراضی، دچار تخریب شدید ناشی از پدیده فرسایش خندقی هستند. وی همچنین با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای (سال ۱۹۹۱ میلادی) با عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۹۶۴ میلادی (در یک دوره زمانی ۲۷ ساله) و در محدوده‌ای به وسعت تقریبی ۷۹۰۰ هکتار از منطقه مورد مطالعه مشخص نمود که روند تخریب اراضی ۱۵/۶ درصد رشد کرده است.

عبدی (۱۳۸۰)، به بررسی میزان توسعه اراضی شور در دشت قزوین با مساحتی حدود ۴۵۸ هزار هکتار در طول یک دوره زمانی ۳۵ ساله پرداخته است. نتایج این بررسی نشان داده است که دشت‌های حاصلخیزی چون دشت قزوین در معرض شور شدن قرار دارند و مناطقی از دشت که شور بودن اراضی آنها مسجل شده است، را به‌عنوان مبنا انتخاب و بر روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص شدند. با توجه به تباین و ارزش ریز سیمایهای موجود (DN)^۱، این مناطق به‌ترتیب در عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، مشخص گردیدند

و از این طریق وضعیت اراضی شور در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۶۹ شمسی را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده است. وی در نهایت برای این که روند تغییرات اراضی شور بررسی شود، دو نقشه تهیه شده در دو تاریخ مورد اشاره را با هم تلفیق نموده است. اما برای ارائه بهتر نتیجه تحقیق براساس سوابق و تجربیات حاصل شده، اراضی زراعی موجود در دشت در ۳ رده غیر شور، شور و مستعد شوری طبقه‌بندی گردیده است که براساس نتایج حاصل از این تحقیق در طول مدت ۳۵ ساله در حدود ۲۲ درصد از اراضی شور و حدود ۲۷ درصد نیز اراضی غیر شور توسعه یافته می‌باشند.

برخورداری و همکاران (۱۳۸۴)، نیز به منظور بررسی روند تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از RS و GIS از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۱۹۸۸، ۱۹۷۶ و ۲۰۰۲) استفاده نموده‌اند. پس از بررسی روش‌های مختلف تهیه نقشه پوشش اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای، بهترین روش را استفاده از تلفیق دو روش شاخص گیاهی و روش طبقه‌بندی نظارت شده، اعلام نموده‌اند. همچنین ارزیابی دقت نقشه‌های تهیه شده با روش ماتریس خطا انجام پذیرفته و نتایج مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی حوضه از ۲۵ سال گذشته نشان داده شده است که سطح اراضی مرتعی (مرتع خوب و متوسط) و بیشه‌زارهای جنگلی از ۴۵ درصد سطح حوضه در سال ۱۹۷۶ به ۸ درصد در سال ۲۰۰۲ کاهش یافته است.

مواد و روشها

استان قم با وسعتی معادل ۱۱۲۳۸ کیلومتر مربع، ۰/۶۸ درصد از مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد. از نظر

موقعیت جغرافیایی، این استان در مرکز ایران در فواصل جغرافیایی $33^{\circ} 50'$ تا $34^{\circ} 00'$ طول شرقی و $35^{\circ} 13'$ عرض شمالی قرار دارد. این استان تقریباً در مرکز ایران واقع شده و از شمال به استان تهران، از شرق به استان سمنان، دریاچه نمک و دشت کویر، از جنوب به استان اصفهان و از غرب به استان مرکزی محدود می‌شود. برای بررسی روند تغییرات انواع استفاده از اراضی، از داده‌های ماهواره‌ای TM سال ۱۳۶۴ شمسی (قطعه ۳۶-۱۶۴ مربوط به $21^{\circ} 4' / 1985$ و قطعه ۳۶-۱۶۵ مربوط به $17^{\circ} 6' / 1985$ میلادی) و داده‌های ماهواره‌ای سال ۱۳۸۱ شمسی (قطعه ۳۶-۱۶۴ مربوط به $22^{\circ} 8' / 2002$ و قطعه ۳۶-۱۶۵ مربوط به $31^{\circ} 7' / 2002$ میلادی) استفاده گردید. داده‌های ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۸۱ شمسی به طور جداگانه، پس از انجام پیش پردازش‌های اولیه مانند: بررسی کیفیت داده‌ها، تصحیح هندسی (با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰)، کنترل دقت هندسی تطابق تصاویر و بارسازی تصاویر (با استفاده از کشش خطی^۱)، انتخاب بهترین ترکیب رنگی کاذب با استفاده از شاخص OIF^۲ (که در این تحقیق، ترکیب بانندی B۵۴۳ بر اساس شاخص OIF به عنوان بهترین ترکیب بانندی انتخاب گردید)، تفکیک محدوده مطالعاتی از تصاویر اصلی، طبقات نقشه استفاده از اراضی تعیین و جهت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. برای طبقه‌بندی و تهیه نقشه استفاده از اراضی از داده‌های ماهواره‌ای، از روش تفسیر بصری (چشمی) استفاده گردید. سپس تغییرات کاربریهای مختلف در داده‌های ماهواره‌ای TM سال ۱۳۶۴ و ETM⁺ سال ۱۳۸۱ مورد بررسی و

1 - linear Streching

2-Optimum Index Factor

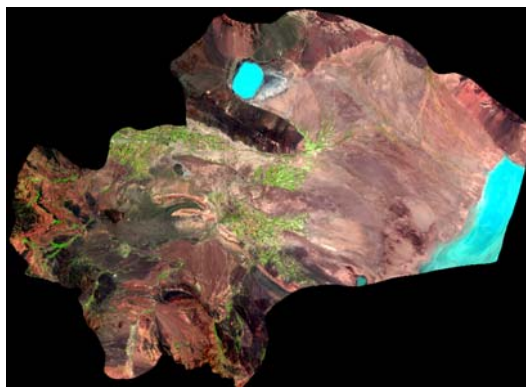
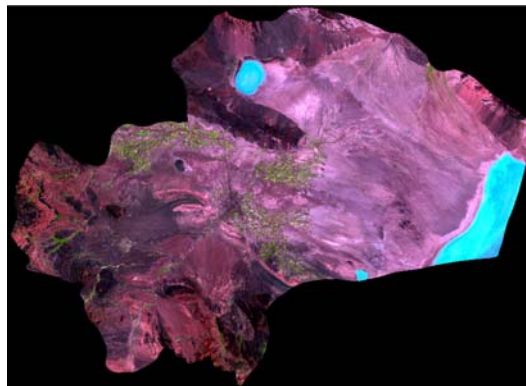
مقایسه قرار گرفت تا روند تغییرات استفاده از اراضی در استان در این دوره زمانی مشخص گردد.

برای بررسی منابع آب سطحی، جمع‌آوری و تحلیل آمار ایستگاههای هیدرومتری موجود در استان و تعیین میانگین حجم آب آبدهی سالانه رودخانه‌های استان (قمرود و قره‌چای) قبل و بعد از احداث سد ۱۵ خرداد (سال ۱۳۷۴)، بر روی رودخانه قمرود و سد ساوه، بر روی رودخانه قره‌چای و تحلیل آن در یک دوره آماری نسبتاً طولانی انجام شده است. برای بررسی افت کمی منابع آب زیرزمینی استان، دشت‌های متأثر از رودخانه‌های استان (قره‌چای و قمرود) از نظر کاهش بیلان آب زیرزمینی، تغییرات سطح ایستابی و افت آب زیرزمینی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین برای بررسی افت کیفی منابع آب زیرزمینی استان نیز، اثر رودخانه‌های حوضه آبخیز استان قم (قره‌چای و قمرود) بر کیفیت آب زیرزمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

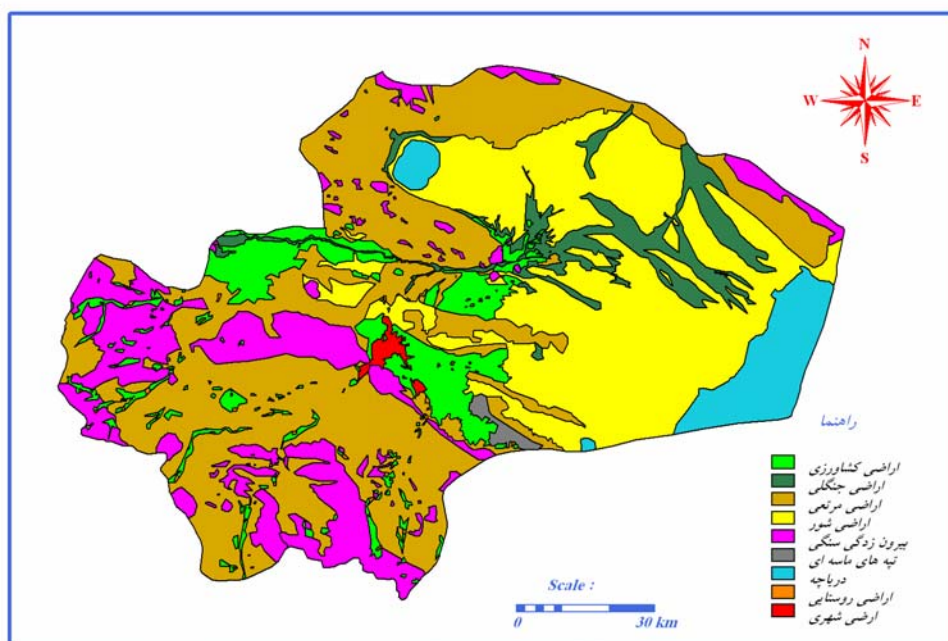
نتایج

الف- تغییرات انواع استفاده از اراضی

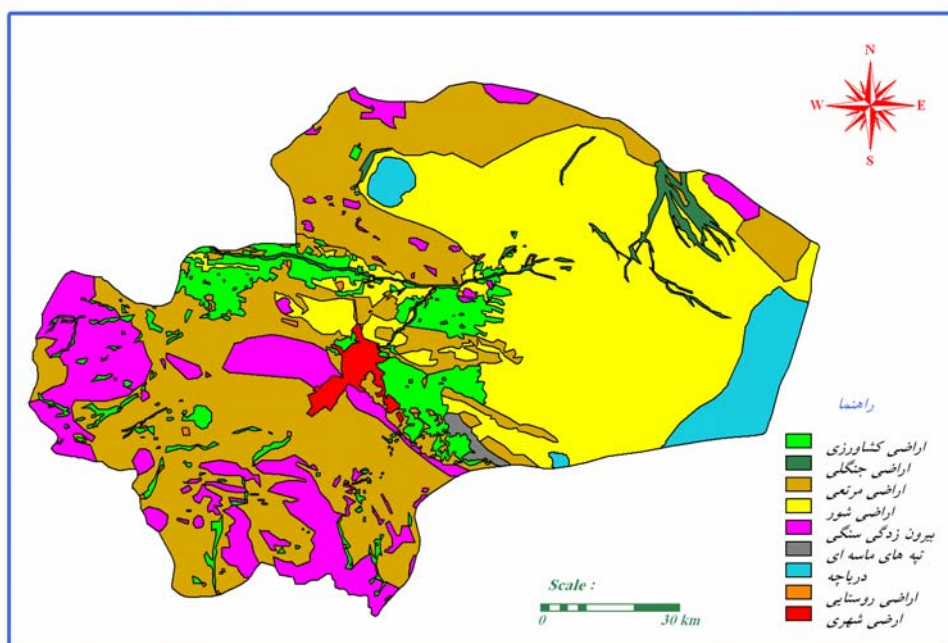
با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۸۱ شمسی، نقشه استفاده از اراضی استان قم در این دو مقطع تهیه گردید (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۱- تصاویر ماهواره‌ای استان قم (تصویر بالا ETM^+ سال ۱۳۸۱ شمسی و تصویر پایین TM سال ۱۳۶۴ شمسی)



شکل ۲- نقشه استفاده از اراضی استان قم در سال ۱۳۶۴ شمسی (تهیه شده با استفاده از تصویر ماهواره ای سنجنده TM)



شکل ۳- نقشه استفاده از اراضی استان قم در سال ۱۳۸۱ شمسی (تهیه شده با استفاده از تصویر ماهواره ای سنجنده ETM⁺)

تغییرات انواع استفاده از اراضی در سالهای ۱۳۶۴ و ۱۳۸۱ مطابق جدول ۱ مورد مقایسه قرار گرفت. شمسی که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده است،

جدول ۱- تغییرات انواع استفاده از اراضی در استان قم (سالهای ۱۳۶۴ و ۱۳۸۱ شمسی)

ردیف	نوع استفاده از اراضی	تصویر ماهواره‌ای TM سال ۱۳۶۴ شمسی استان		تصویر ماهواره‌ای ETM ⁺ سال ۱۳۸۱ شمسی استان		تفاضل (هکتار)	درصد تغییرات به مساحت اولیه
		درصد	هکتار	درصد	هکتار		
۱	اراضی کشاورزی	۸/۸۷	۹۹۶۵۰/۱	۷/۷۵	۸۷۱۷۱/۶	-۱۲۴۷۸/۴	-۱۲/۵
۲	اراضی مرتعی	۳۸/۲۱	۴۲۹۳۹۸/۷	۳۶/۴۳	۴۰۹۴۲۳/۷	-۱۹۹۷۵	-۴/۶
۳	بیشه‌زارهای جنگلی	۵/۹۱	۶۶۴۳۶/۲	۱/۷۵	۱۹۶۳۸/۳	-۴۶۷۹۷/۹	-۷۰/۴
۴	اراضی شور	۲۷/۲۷	۳۰۶۴۸۵/۱	۳۴/۵۳	۳۸۸۱۴۲/۳	۸۱۶۵۷/۲	۲۶/۶
۵	بیرون‌زدگی سنگی	۱۳/۳۶	۱۵۰۰۹۳/۴	۱۳/۳۶	۱۵۰۰۹۳/۴	۰	۰
۶	تپه‌های ماسه‌ای	۰/۴۸	۵۴۴۵/۵	۰/۳۷	۴۱۲۸/۶	-۱۳۱۶/۹	-۲۴/۲
۷	دریاچه (سطوح آبدار نمکی)	۵/۱۷	۵۸۱۴۹/۷	۴/۳۵	۴۸۹۶۰/۹	-۹۱۸۸/۸	-۱۵/۸
۸	اراضی روستایی	۰/۲۴	۲۶۵۶/۹	۰/۳۲	۳۶۰۲/۸	۹۴۵/۹	۳۵/۶
۹	اراضی شهری	۰/۴۹	۵۵۴۹/۸	۱/۱۳	۱۲۷۱۵/۹	۷۱۵۰/۱	۱۲۸/۸
	جمع	۱۰۰	۱۱۲۳۸۶۵/۶	۱۰۰	۱۱۲۳۸۷۷/۷		

ب- تغییرات کمی و کیفی منابع آب

تغییرات منابع آب سطحی

براساس آمار ایستگاههای هیدرومتری موجود (شکل ۴)، میانگین حجم آب سالانه رودخانه قمرود در ایستگاه دودک در پایین دست سد ۱۵ خرداد (شکل ۵) با ۶/۲۲ متر مکعب در ثانیه، بالغ بر ۱۹۶ میلیون مترمکعب و در ایستگاه شادآباد نیز که در پایین دست سد ۱۵ خرداد واقع شده است (شکل ۶)، با متوسط آبدهی ۷/۱۵ متر مکعب در ثانیه، حدود ۲۲۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. میانگین آبدهی رودخانه قره‌چای در ایستگاه پل عسگرآباد در پایین دست سد ساوه (شکل ۷) نیز با ۸/۷۶ متر مکعب در ثانیه، حدود ۲۷۶ میلیون متر مکعب برآورد شده است (مقدم فردویی، ر، فتاحی، م.م و نباتی رحمتی، ا. ۱۳۸۷). همچنین متوسط حداکثر لحظه‌ای

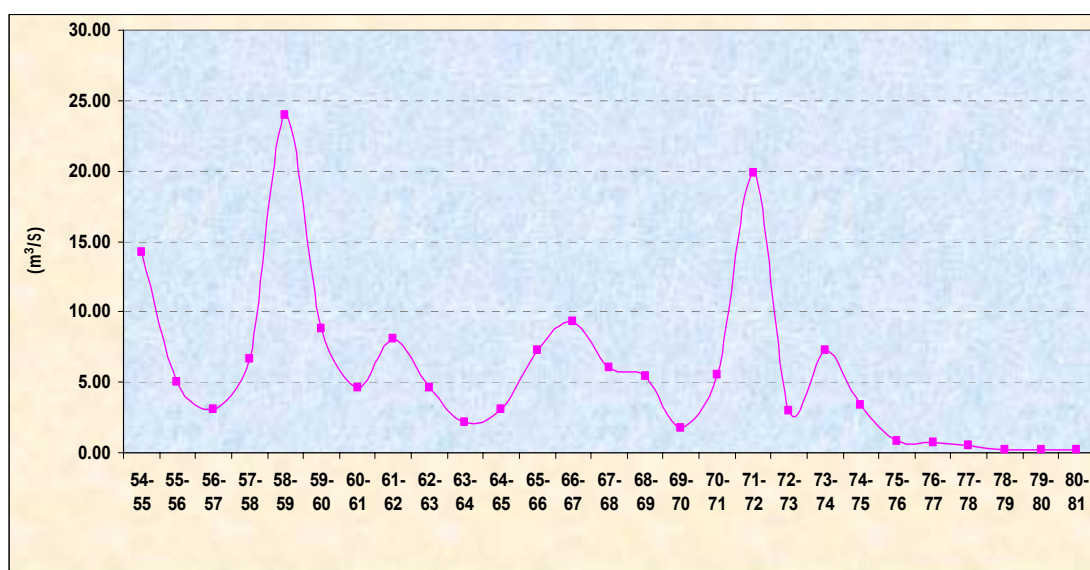
آبدهی رودخانه قمرود در ایستگاههای شادآباد و دو دهک به‌ترتیب ۲۴/۷۶ و ۲۳/۸۷ مترمکعب در ثانیه بوده است. مجموع آب ورودی به استان قم از رودخانه‌های قمرود و قره‌چای در محل ایستگاههای پل عسگرآباد و شادآباد در دوره ۲۵ ساله ۶۸-۱۳۴۳ و تا قبل از احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه (سال ۱۳۷۴)، معادل ۵۰۱ میلیون متر مکعب در سال بوده است. بر پایه همین مطالعات، حجم آب خروجی در محل ایستگاه کوه سفید (بعد از پیوند دو رودخانه قمرود و قره‌چای) ۲۶۱ میلیون متر مکعب بوده است. به این ترتیب به نظر می‌رسد که حدود ۲۲۵ میلیون متر مکعب از حجم جریانهای سطحی ورودی به استان مصرف شده است.



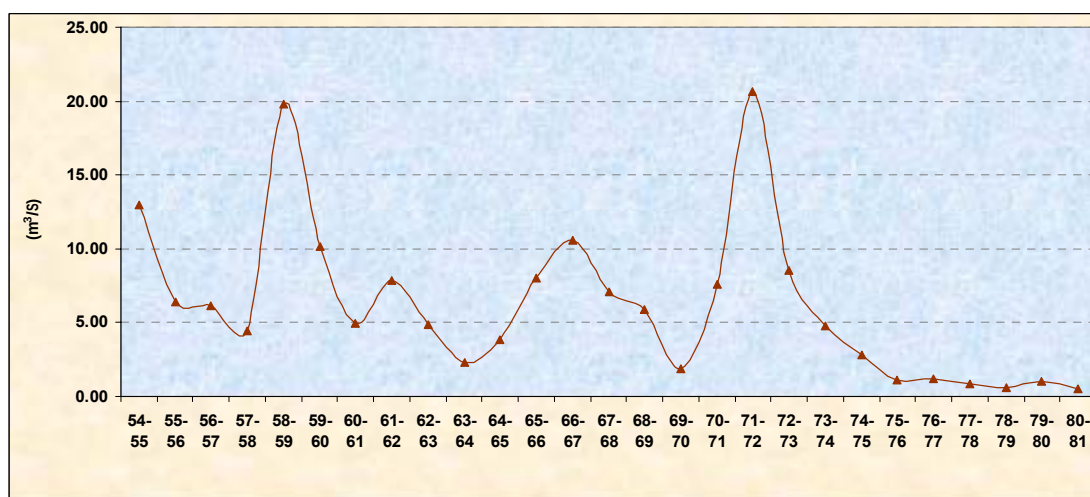
شکل ۴- موقعیت سدهای ساوه و ۱۵ خرداد بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست (سال ۲۰۰۲ میلادی)

متر مکعب بوده است. همچنین تغییرات دبی آب در ایستگاه مسیله، قبل و بعد از احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه (سال ۱۳۷۴) بر روی رودخانه‌های یادشده، در شکل (۸) به‌وضوح می‌توان مشاهده نمود (مقدم فردویی، فتاحی و نباتی رحمتی، ۱۳۸۷). سال ۱۳۷۴ سال آب‌گیری سدهای ۱۵ خرداد و ساوه است، بنابراین مقایسه باید در دوره قبل و بعد از سال ۱۳۷۴ صورت بگیرد. همان‌طور که در نمودارها ملاحظه می‌شود میزان تغییرات دبی آب بعد از سال ۱۳۷۴ روند نزولی داشته و تقریباً "مماس با محور افقی (یعنی دبی نزدیک به صفر) می‌باشد.

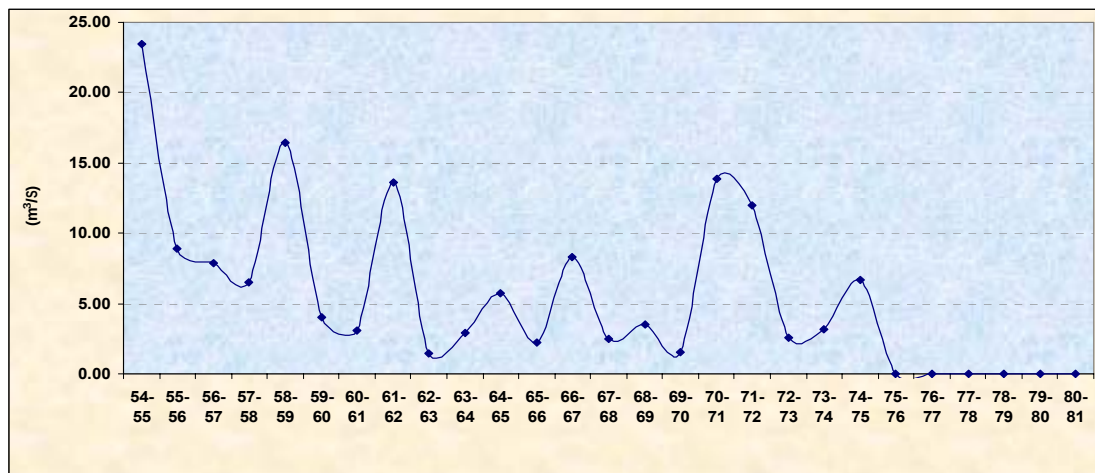
پس از احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه، مقدار آبهای ورودی به دشت مسیله در ایستگاه کوه‌سفید (شکل ۸) که همان خروجی از حوضه‌های بالادست است، توسط دو رودخانه قمرود و قره‌چای، جمعاً ۶۶ میلیون متر مکعب و به وسیله شاخه‌های فرعی دیگر حدود ۹ تا ۱۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است. به‌این ترتیب، مجموع آب ورودی به دشت مسیله که همان خروجی از استان می‌باشد، برابر ۷۵ تا ۸۰ میلیون متر مکعب می‌شود. در صورتی که تا قبل از احداث سدهای فوق‌الذکر، متوسط حجم آبهای سطحی خروجی از استان ۲۶۱ میلیون



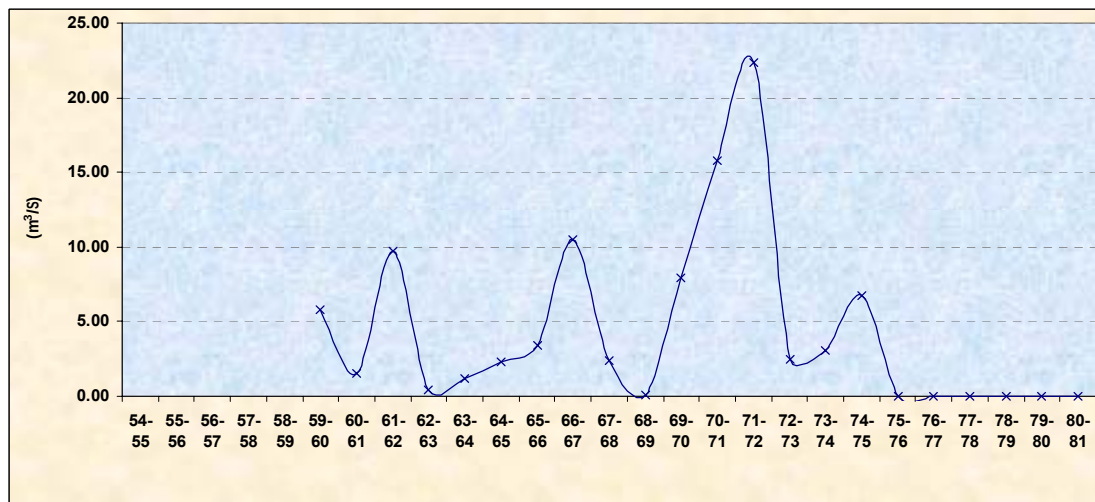
شکل ۵- نمودار بررسی میزان تغییرات بلند مدت دبی آب در ایستگاه دودهک (پایین دست سد ۱۵ خرداد)



شکل ۶- نمودار میزان تغییرات بلند مدت دبی آب در ایستگاه شادآباد (پایین دست سد ۱۵ خرداد)



شکل ۷- نمودار میزان تغییرات بلندمدت دبی آب در ایستگاه عسگرآباد (پایین دست سد ساوه)



شکل ۸- نمودار میزان تغییرات دبی آب در ایستگاه کوه سفید مسیله (بعد از پیوند دو رودخانه قمرود و قره چای)

تغییرات آبهای زیرزمینی

متوسط بارندگی سالیانه در استان قم حدود ۱۴۰ میلی‌متر است. با توجه به مساحت استان قم (۱۱۲۳۸ کیلومتر مربع)، میزان نزولات جوی تقریباً ۱/۷ میلیارد متر مکعب می‌باشد که بیش از ۷۵ درصد آن به صورت تبخیر به جو باز می‌گردد (۱/۲ میلیارد متر مکعب). میزان ورودی از دیگر حوضه‌ها به استان قم تقریباً ۰/۰۸۲ میلیارد متر مکعب می‌باشد که در مجموع سهم استان قم سالیانه ۴۸۳ میلیون مترمکعب می‌باشد. حجم آب

زیرزمینی استحصالی، سالیانه بیش از ۱۱۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که ۹۲ درصد آن به مصرف کشاورزی، ۶/۵ درصد به مصرف شرب و ۱/۵ درصد آن به مصرف صنعت و خدمات می‌رسد. میزان بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی دشت قم نیز با حدود ۳۲ درصد افزایش از ۵۲۶/۷ به ۶۹۴ میلیون مترمکعب رسیده است. تعداد منابع آب زیرزمینی و میزان متوسط تخلیه سالانه آنها به شرح جدول ۲ می‌باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).

جدول ۲- تعداد و انواع منابع آبی استان قم در سال ۱۳۸۳

نوع منبع	چاه	چشمه	قنات	جمع منبع آبی
تعداد	۲۵۵۸	۳۸۵	۷۲۴	۳۶۶۷
مقدار تخلیه (میلیون متر مکعب)	۸۳۱/۶	۲۸/۳۰	۲۱۸/۲۷	۱۰۷۸

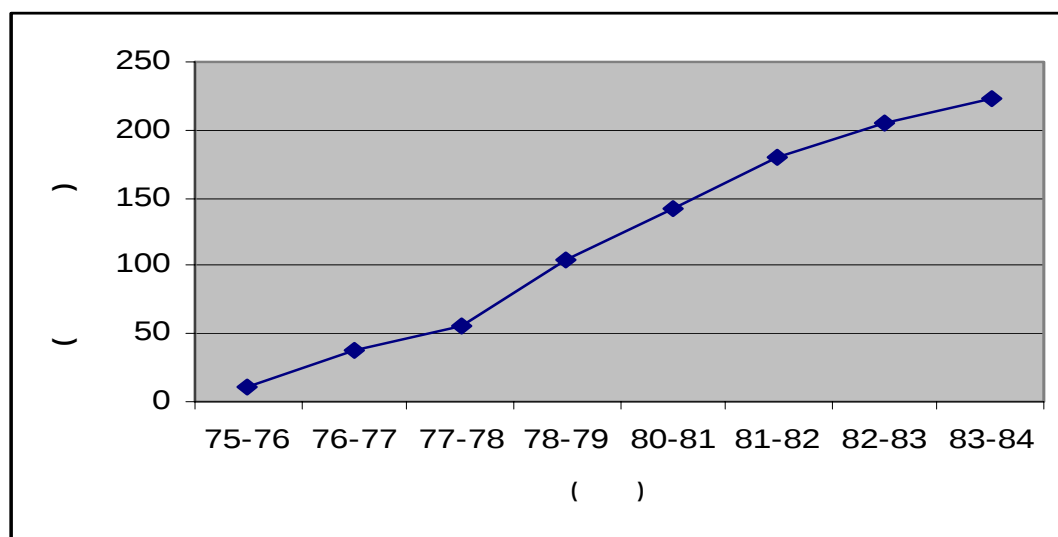
آبهای زیرزمینی در منطقه قم تحت تأثیر نزولات جوی و میزان آورد رودخانه‌ای می‌باشند. بدین معنی که آورد رودخانه‌ای باعث تغذیه سفره آب زیرزمینی شده و عامل افت را تقلیل می‌دهد. همچنین با توجه به افزایش جمعیت و بالا رفتن تعداد چاه‌های بهره‌برداری برای مشروب کردن باغها و مزارع، باعث افت سطح آب زیرزمینی شده است، " بنابراین نمی‌توان تنها عامل را کاهش آورد رودخانه‌ای دانست". ولی بدون شک یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بوده است. میزان این تأثیرگذاری و شدت آن (با توجه به افزایش برداشت) در این قسمت بررسی شده است.

دشت‌های متأثر از رودخانه قمرود

یکی از دشت‌های متأثر از رودخانه قمرود، دشت قم است که در زیر به بررسی اجمالی وضعیت آبهای زیرزمینی آن می‌پردازیم.

افت کمی منابع آب زیرزمینی

آبهای زیرزمینی در استان قم تحت تأثیر نزولات جوی و میزان آورد رودخانه‌ای می‌باشند. در اینجا از هر کدام از



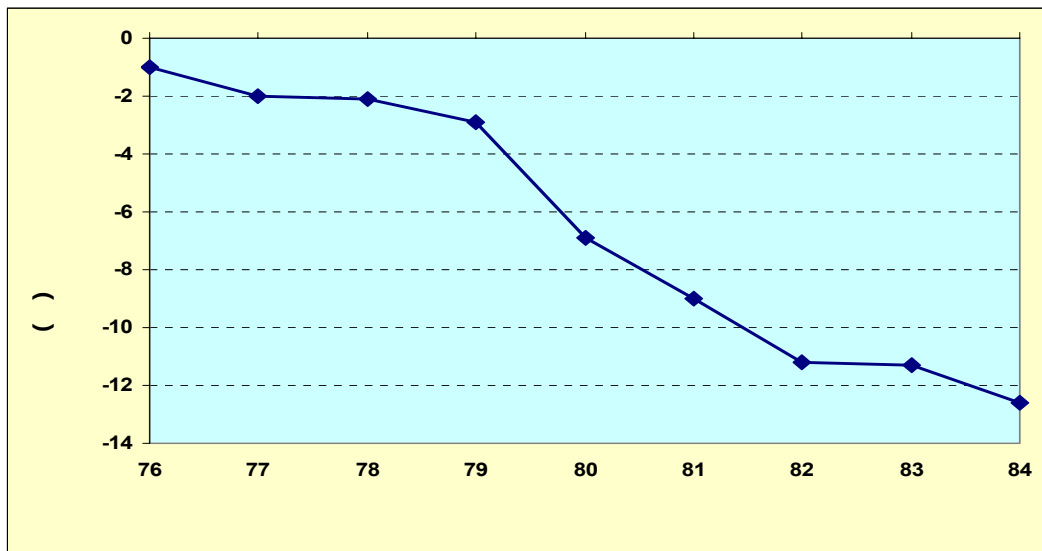
شکل ۹- نمودار تجمعی کاهش بیابان‌زایی دشت قم در طی سالهای ۸۴-۱۳۷۵

کاهش بیلان آب زیرزمینی

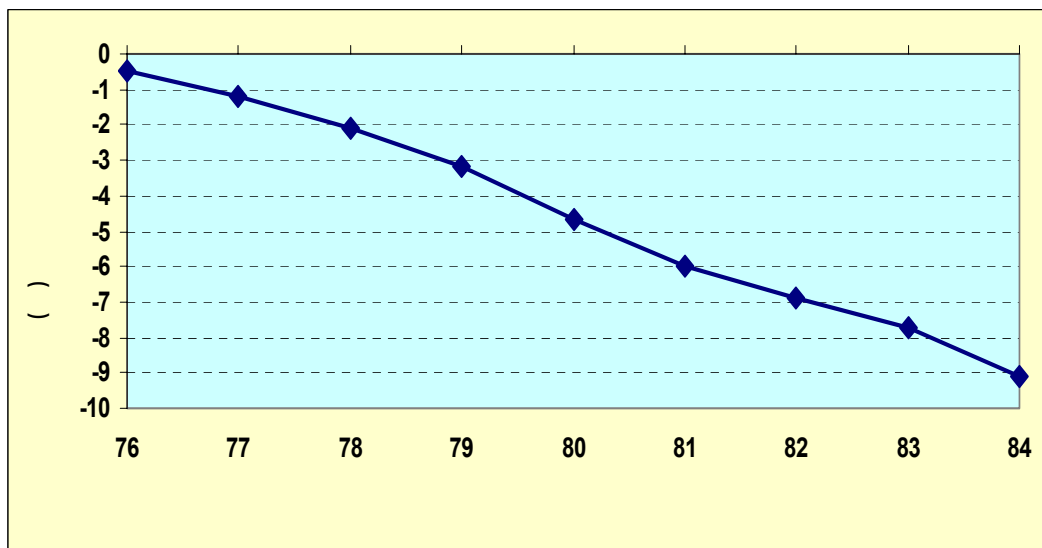
نمودار تجمعی کاهش بیلان آب زیرزمینی دشت قم در شکل ۹ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این کاهش، روندی کاملاً "صعودی" دارد. به طور کلی، سالیانه حدود ۲۵ میلیون مترمکعب کسری مخزن برای دشت قم وجود دارد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).

تغییرات سطح ایستابی

همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، متوسط میزان افت در این دشت برابر ۱/۴ متر در سال می‌باشد. (شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).



شکل ۱۰- نمودار میزان افت سطح ایستابی دشت قم در طی سالهای ۸۴-۱۳۷۵



شکل ۱۱- نمودار میزان افت آب زیرزمینی دشت قم در طی سالهای ۸۴-۱۳۷۶

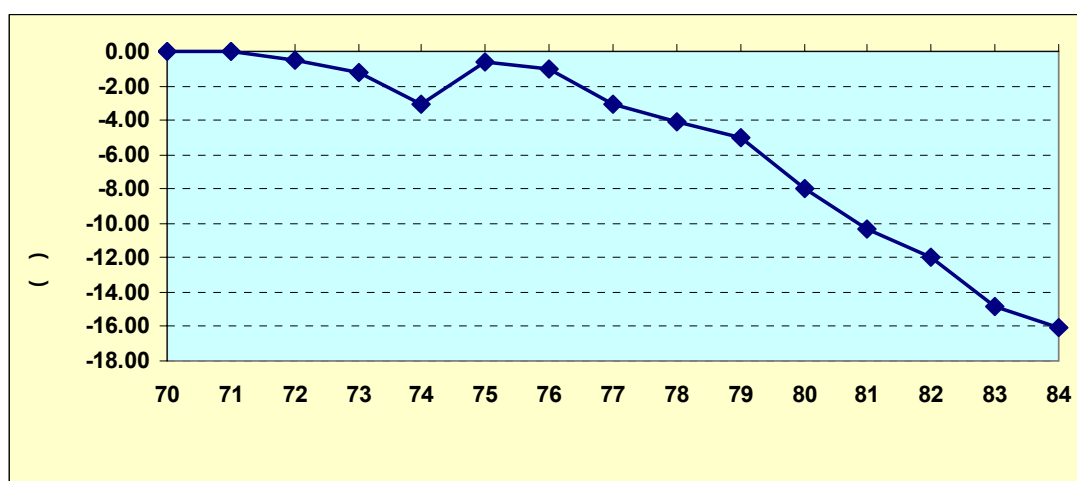
تغییرات سطح آب زیرزمینی

سطح ایستابی دشت قم همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد، دارای افت شدیدی است. (شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).

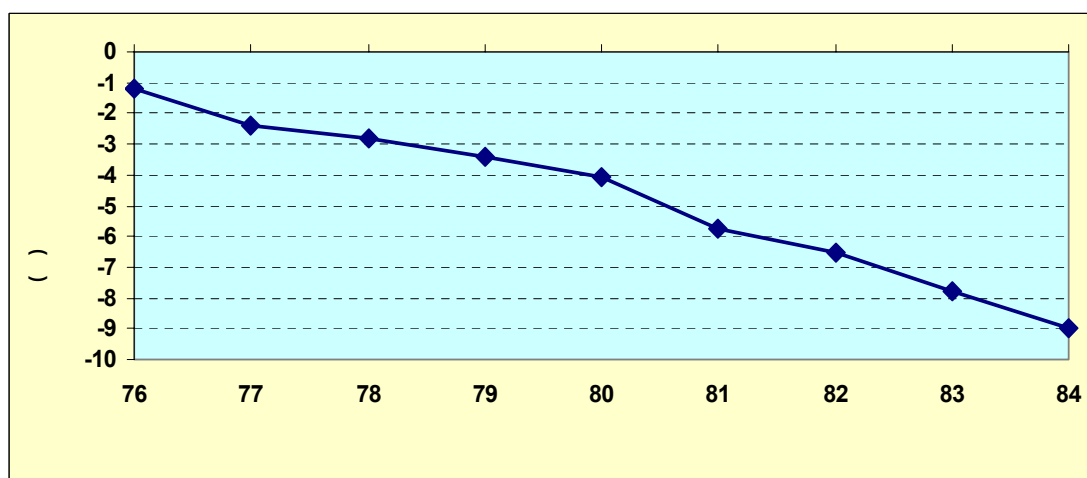
دشت‌های متأثر از رودخانه قره‌چای

یکی از دشت‌های متأثر از رودخانه قره‌چای، دشت جعفرآباد است که در زیر به بررسی اجمالی وضعیت آبهای زیرزمینی آن می‌پردازیم. به طور کلی این دشت بعد

از سال ۱۳۷۰ به علت حفاری چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق یکی از بحرانی‌ترین دشت‌های ایران از لحاظ افت می‌باشد. البته نمودار زیر از یکی از پی‌زومترهای آب منطقه‌ای قم تهیه شده است که میزان افت مجموع را از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۸۴ معادل ۱۶/۱۰ متر نشان می‌دهد. به طور کلی میزان افت سالانه در دشت جعفرآباد حدود ۱/۳ متر می‌باشد (شکل ۱۲) (شرکت تهابان، ۱۳۸۴).



شکل ۱۲- نمودار میزان افت تجمعی آب زیرزمینی در دشت جعفرآباد در طی سالهای ۱۳۷۰-۸۴



شکل ۱۳- نمودار میزان افت تجمعی آب زیرزمینی در دشت مسیله طی سالهای ۸۴ - ۱۳۷۶

دشت‌هایی که تحت تأثیر هر دو رودخانه هستند

یکی از دشت‌هایی که تحت تأثیر هر دو رودخانه قمرود و قره‌چای است، دشت مسیله است که در زیر به بررسی اجمالی وضعیت آبهای زیرزمینی آن می‌پردازیم. رودخانه‌های قره‌چای و قمرود قبل از ورود به مسیله به هم می‌پیوندند. این دشت به طور متوسط، اقیانوس معادل یک متر در سال را دارد (شکل ۱۳) (شرکت تملابان، ۱۳۸۴).

وضعیت کلی آبهای زیرزمینی استان قم

به طور کلی آبهای زیرزمینی استان قم، دارای کسری تصاعدی می‌باشد که باعث فرونشست، پیشروی آب شور و خشک شدن سفره‌های آبی می‌شود. جدول ۳ میزان

جدول ۳ - میزان برداشت و کسری آبهای زیرزمینی استان قم در سال ۱۳۸۳

ردیف	عنوان	مقدار	واحد
۱	آب زیرزمینی تجدیدشونده	۸۶۵/۱۵	میلیون مترمکعب در سال
۲	تخلیه سالانه از مخازن آب زیرزمینی	۱۰۷۷/۹	میلیون مترمکعب در سال
۳	میزان اضافه برداشت نسبت به پتانسیل تجدیدشوندگی سفره‌ها	۲۳۱/۷۵	میلیون مترمکعب در سال
۴	کسری مخزن در هر سال	۱۲۲/۴۴	میلیون مترمکعب در سال
۵	جایگزین شدن آب شور به جای آب شیرین تخلیه شده از آبخوان‌ها	۱۰۹/۳۱	میلیون مترمکعب در سال
۶	ضریب کاهش تخلخل مفید سفره‌های آب زیرزمینی	۱/۰۰۵	درصد

افت کیفی منابع آب زیرزمینی

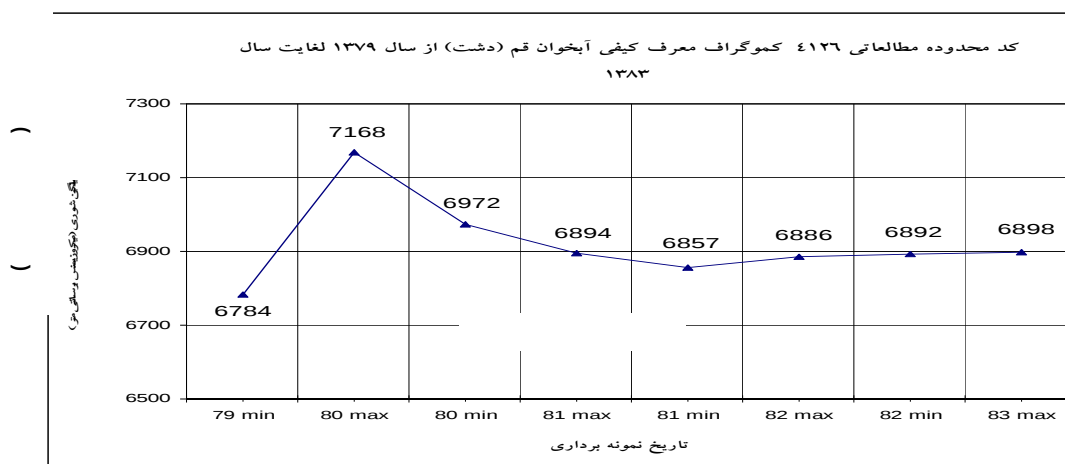
بررسی اثر سدهای موجود بر روی رودخانه‌های قمرود و قره‌چای بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه قم به تنهایی و بدون در نظر گرفتن مسائل دیگر امکان‌پذیر نمی‌باشد، ولی بدون شک، آورد آبی رودخانه‌ها به منطقه قم، یکی از عوامل عمده تأثیرگذار بر روی کیفیت آب زیرزمینی استان قم می‌باشد. یکی دیگر از مشکلات موجود برای بررسی اثر سدهای موجود بر روی رودخانه‌های قمرود و قره‌چای

بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه قم، کمبود یا نبود آمار و اطلاعات هیدروشیمی و تجزیه و تحلیل شیمیایی آب در زمان گذشته می‌باشد که پژوهشگران را در بررسی و مقایسه دوره‌های زمانی ناکام می‌گذارد.

دشت‌های متأثر از رودخانه قمرود

از تعداد ۲۴ حلقه چاه در دشت قم، به عنوان منبع انتخابی، نمونه‌برداری به عمل آمد. همان‌طور که در

نمودار (شکل ۱۴) مشاهده می‌شود کیفیت آب به صورت سهمی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴). قابل ملاحظه‌ای در حال کاهش یافتن است. (شرکت



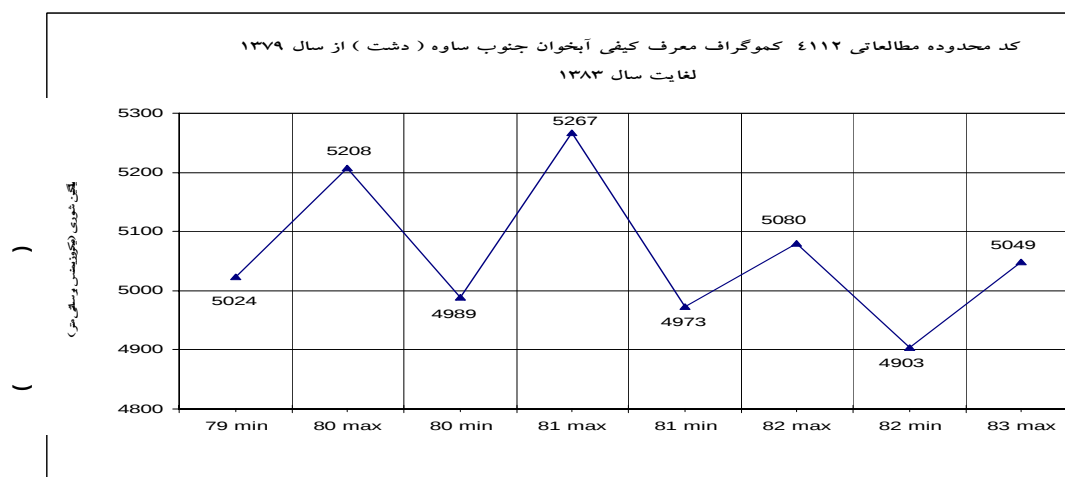
شکل ۱۴- نمودار کیفیت آب زیرزمینی خروجی رودخانه قمرود در دشت قم در طی سالهای ۸۳-۱۳۷۹

(شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).

دشت‌های متأثر از رودخانه قره چای

از تعداد ۲۳ حلقه چاه عمیق در دشت علی‌آباد، به

عنوان منبع انتخابی، نمونه‌برداری به عمل آمد (شکل ۱۵)



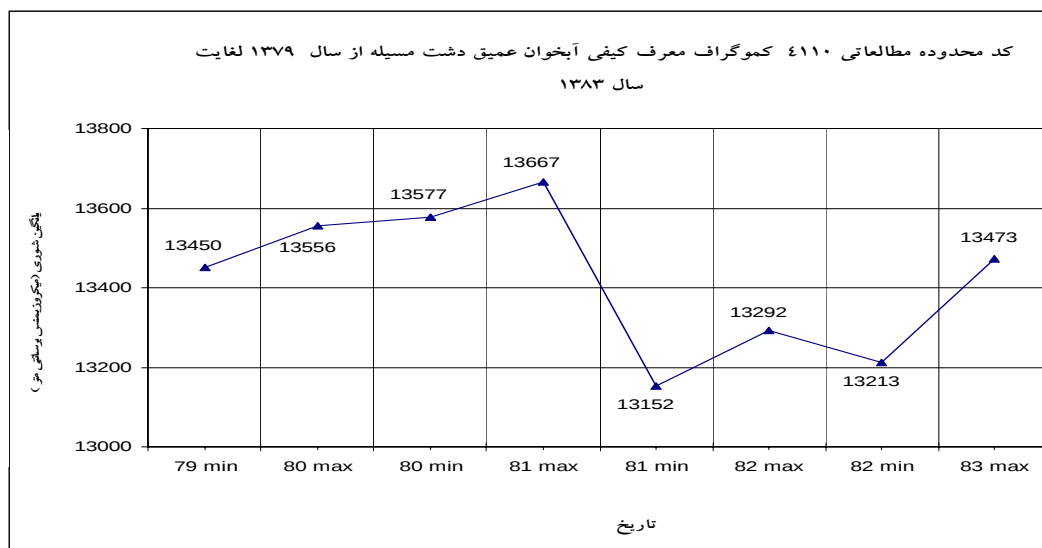
شکل ۱۵- نمودار کیفیت آب زیرزمینی خروجی رودخانه قره‌چای، آبخوان جنوب ساوه (دشت علی‌آباد)

در طی سالهای ۸۳-۱۳۷۹

دشتهایی که تحت تأثیر هر دو رودخانه هستند (دشت مسیله)

دشت مسیله منطقه‌ای است که در انتهای حوزه مرکزی قرار گرفته و متأثر از هر دو رودخانه قمرود و قره‌چای می‌باشد، لذا تأثیر دو سد ساوه و ۱۵ خرداد بر روی این منطقه بیشتر مشهود است. با قطع کامل آبدهی توسط

رودخانه قره‌چای و کاهش چشمگیر آبدهی توسط رودخانه قمرود، افزایش EC به حدی رسیده است که دیگر کشت و کار به خطر افتاده است و کشاورزان مجبور به تغییر الگوی کشت گردیده‌اند. به تعداد ۷ حلقه چاه عمیق به عنوان منبع انتخابی، نمونه برداری به عمل آمده است (شکل ۱۶) (شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴).



شکل ۱۶- نمودار کیفیت آب زیرزمینی خروجی رودخانه‌های قمرود و قره‌چای در دشت مسیله در طی سالهای ۸۳-۱۳۷۹

پیشروی آب شور

با کاهش دبی ورودی رودخانه‌ها و افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری، باعث پیشروی آب شور از سفره‌های آب شور اطراف دریاچه‌نمک و حوض سلطان به سمت سفره‌های آب شیرین مجاور می‌شود. قبل از سال ۱۳۵۲، فاصله آب شور تا مرز بالادست که مدل‌سازی شده بود، برابر با ۲۴۵۰۰ متر بوده که در سال ۱۳۸۲ (یعنی پس از

احداث سدهای پانزده خرداد و ساوه بر روی رودخانه‌های قمرود و قره‌چای) مرز آب شور، حدود ۵۰۰۰ متر پیشروی کرده، یعنی در فاصله ۱۹۵۰۰ متری قرار گرفته است و فصل مشترک آب شور و شیرین، حدود ۳۰۰۰ متر پیشروی کرده و در فاصله ۱۵۵۰۰ متری مرز بالادست، قرر گرفته است (شکل ۱۷) (دولتی و همکاران، ۱۳۸۳).

است. به بیان دیگر با احداث سدهای یادشده حدود ۲۰۵ میلیون مترمکعب از حجم آبهای ورودی به استان کاسته شده است. با احداث این دو سد، آب ورودی توسط رودخانه‌های قمرود و قره‌چای به حوضه آبخیز استان قم به حداقل ممکن کاهش یافته است. آبهای زیرزمینی در حوضه آبخیز استان قم، تحت تأثیر نزولات جوی و میزان آورد رودخانه‌ای می‌باشند. افزایش جمعیت و بالارفتن تعداد چاه‌های بهره‌برداری نیز از عوامل افت سطح آب زیرزمینی می‌باشد. میزان بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی دشت قم نیز در همین دوره زمانی، با حدود ۳۲ درصد افزایش از ۵۲۶/۷ به ۶۹۴ میلیون مترمکعب رسیده است.

تغییرات سطح آب زیرزمینی در یکی از دشت‌های مهم متأثر از رودخانه قمرود که مورد بررسی قرار گرفت (دشت قم)، تا قبل از احداث سد ۱۵ خرداد حدود ۰/۵ متر در سال افت داشته که بعد از احداث سد یادشده و در دوره زمانی ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۴، به طور متوسط افتی برابر با ۱/۴ متر در سال داشته و بیلان آب زیرزمینی کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد. میانگین افت سطح آب زیرزمینی یکی از دشت‌های مهم متأثر از رودخانه قره‌چای که مورد بررسی قرار گرفت (دشت جعفرآباد)، بعد از احداث سد ساوه برابر با ۱/۳ متر در سال می‌باشد. دشت مسیله که تحت تأثیر دو رودخانه قره‌چای و قمرود است، بعد از احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه، از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۴ در مجموع افتی معادل ۸/۹ متر را نسبت به قبل از احداث سدهای یادشده نشان می‌دهد و به طور متوسط افتی معادل ۱ متر در سال را دارد. همچنین بررسی منابع آب شور دریاچه نمک و منابع آبرفتی دشت قم در یک دوره سی ساله (سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۲)، نشان داد که

مرز آب شور حدود ۵۰۰۰ متر و فصل مشترک آب شور و شیرین حدود ۳۰۰۰ متر پیشروی داشته است. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات منابع آب استان قم از لحاظ کمی و کیفی دارای افت شدیدی بوده و موجب تشدید عامل بیابان‌زایی در استان شده است. به طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق، عامل انسانی و دستکاری او در طبیعت (به‌ویژه احداث سدهای ۱۵ خرداد و ساوه بر روی دو رودخانه قمرود و قره‌چای) را می‌توان به‌عنوان عامل اصلی تغییر انواع استفاده از اراضی (با کاهش پوشش گیاهی، شور شدن بیشتر اراضی و ...) و افت کمی و کیفی منابع آب (به‌عنوان دو شاخص مهم ایجاد پدیده بیابان‌زایی) در استان قم تلقی نمود که موجب تشدید بیابان‌زایی شده است.

منابع مورد استفاده

- ایرانمنش، ف، ۱۳۸۰، بررسی عوامل مؤثر بر تخریب اراضی و بیابان‌زایی شمال کاشان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی و ضرورت مدیریت آن، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی.
- برخوردار، ج، زارع مهرجردی، م. و خسروشاهی، م. ۱۳۸۴، بررسی روند تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از RS و GIS، نشریه علمی-ترویجی حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. جلد ۱، شماره ۲، ص ۵۹ تا ۶۴.
- دولتی، س، ترابی ص. و گلی، ع. ۱۳۸۳، تعیین فصل مشترک منابع آب شور دریاچه نمک با منابع آبرفتی مجاور (دشت قم)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم، ۱۳۸۴، گزارش مطالعات پایه منابع آب استان قم.

- مقدم فردویی، ر.، فتاحی، م.م. و نباتی رحمتی، ا. ۱۳۸۷، بررسی تأثیر احداث سازه‌های ذخیره‌ای و کنترل آب در رودخانه‌های قم‌رود و قره‌چای بر هیدرولوژی منطقه قم، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، معاونت برنامه‌ریزی استانداری قم.

- مهندسین مشاور عمران زاوه، ۱۳۸۱، مطالعات طرح توسعه اقتصادی - اجتماعی استان قم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قم.

- Carlson, T.N., and Sanchez - Azofeifa, G.A. 1999, Satellite Remote sensing of land use changes in aground senjose , Costarica , Remote sensing of environment, vol.17,PP.247-256.
- Gomasasca, M.A. 1993, one century of landcover changes in the metropolitan area of Milan (Italy), Int.J. Remote Sensing, Vol. 14, No. 2, pp 211 - 223.

- شرکت تمابان، ۱۳۸۴، اطلاعات مربوط به آبهای زیرزمینی حوضه قره‌چای و اطلاعات مربوط به ایستگاههای هیدرومتری بر روی رودخانه قم‌رود و قره‌چای.

- طباطبایی، س.م. ۱۳۷۷، بررسی روند تغییرات بیابان‌زایی در استان خوزستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای (IP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دانشگاه تهران.

- عبدی، پ. ۱۳۸۰، بررسی روند تغییرات و توسعه اراضی شور در دشت قزوین با استفاده از GIS و RS، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی.

Study of trend of desertification trend in Qom province base on remote sensing with emphasis on Landuse changes and water quality and quantity resources

Fattahi M.M .^{1*}

1*- Corresponding Author, Research Senior Expert of Agriculture and Natural Resources Researches Center of Qom province and Lecturer of University of Applied Science and Technology, Qom, Iran, E-mail: mmh_fattahi@yahoo.com

Received: 20.01.2008

Accepted: 23.02.2009

Abstract

The major part of Qom province areas have involved arid and desert conditions. Immethodical expansion of human acts with no attention to environmental affairs, caused intensifying desertification phenomena. In this paper, trend of desertification was studied with emphasis on land use changes and as well as water quality and quantity resources. For assessment land use changes, satellite data (TM, 1985 and ETM⁺, 2002) and for evaluation of water quality and quantity resources changes, the hydrometric and climatic data were used. Comparison between land use maps of TM and ETM⁺, by using visual interpretation method, showed that areas of agriculture lands, rangelands, forest lands, sand dunes and salt lakes, have been decreased in 6.5, 4.14, 70.4, 24.2 and 15.8 percent respectively, whereas, another classes such as saline lands, urban and rural lands have been increased 26.6, 12.78 and 35.6 percent respectively. The output water of 2 main rivers of Qom province (Qomroud and Qarehchay) before establishment of Panzdah-e- Khordad and Saveh dams were 261 million m³, whereas it decreased to 66 million m³ after obstacle foundation. Before construction of Panzdah-e-Khordad dams, The fall of underground water level was 0.5 meter per year in Qom plain, which increased in averages to 1.4 meter per year after establishment of the dam. In addition, balance sheet of underground water, reduced remarkable. Totally, it seems that the human activities and retouching environment by him (especially construction of 2 dams on Qom rivers) are two main factors which have changed (with decreasing plant covering, salinization of major areas et cetera) and reduction of quality and quantity of water resources which could lead to aggravation of desertification in Qom province.

Key words: Qom province, land use, desertification, Remote Sensing , water resources