دوره‌ی ۳۴، شماره‌ی ۳، شماره‌ی پیاپی ۱۳۲، پاییز ۱۴۰۰، صفحه‌های ۱۶۴-۱۴۹
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2021.352611.1373

پژوهش‌های آبخیزداری

مقاله‌ی پژوهشی

CC BY

ارزیابی کیفی و کمی وضعیت منبع‌های آب و کشاورزی در زیرآبخیز سروستان، استان فارس

سارا کاویانی‌آهنگر
دانشجوی دکترای مهندسی منابع طبیعی گرایش بیابان‌زدایی، دانشگاه هرمزگان
رسول مهدوی‌نجف‌آبادی
(نویسنده‌ی مسئول)* دانشیار دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
غلامرضا زهتابیان
استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
حمید غلامی
دانشیار دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
آشوک‌کومار چاپاگین
محقق ارشد، مؤسسه‌ی اقیانوس آرام، ایالات متحده‌ی آمریکا

*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: Ra_mahdavi2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۲۹ آبان ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۳۹۹

چکیده

دخالت‌ها و فعالیت‌های نابخردانه‌ی انسان به یقین موجب تخریب سرزمین و بیابان‌زایی شده است است. هدف این پژوهش شناخت و معرفی درجه‌ی تأثیر فعالیت‌های انسانی از دیدگاه معیار آب و کشاورزی بر تخریب سرزمین و بیابان‌زایی زیرآبخیز سروستان است. تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی، آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی و وضعیت فعلی معیار آب (شاخص‌ها: افت آب‌زیرزمینی، هدایت الکتریکی، سامانه‌های آبیاری، نسبت جذب سدیم) و معیار کشاورزی (شاخص‌ها: عمل‌کرد، الگوی کشت، کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌ها) با کمک مدل ایرانی IMDPA بررسی شد. منبع‌های آب زیرآبخیز سروستان با کاهش کیفیت (افزایش ۲۷۰۰ µS/cm شوری در ۲۱ سال اخیر) و کمیت (۱۰ متر کاهش تراز ایستآبی در ۲۵ سال) مواجه شده‌اند. آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی نشان‌دهنده‌ی ۱۹۶٪ افزایش در مساحت زمین‌های کشت‌شده در سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۶ است. نتیجه‌ی مدل ایرانی IMDPA نشان داد که شاخص هدایت الکتریکی آب با ارزش عددی ۳/۴ بیش‌ترین تأثیر (وضعیت شدید) و شاخص‌های عمل‌کرد و کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌های کشاورزی با ارزش عددی ۱/۷ کم‌ترین تأثیر (وضعیت متوسط) بر زیرآبخیز سروستان داشت. معیار آب با ارزش عددی ۲/۵۶ معیار غالب بود و به‌همراه معیار کشاورزی در رده‌ی متوسط جا گرفت.

واژگان کلیدی: تراز ایستآبی، زمین‌های کشاورزی، مدل IMDPA، هدایت الکتریکی

مقدمه

در دنیـای امـروز و به‌ویژه در کشـورهای توسـعه‌یابنده، آن‌چه موجب تخریب سـرزمین و بیابان‌زایی شده‌است به‌یقین دخـالـت‌هـا و فعالیت های نامعقول انسـانی است. این پدیده را نمی‌توان منحصر به اقلیم خاصی دانسـت، بل‌که فرآیندهایی است کـه هم زاییده‌ی عامل‌های طبیعی است و هم عمل‌کرد نادرست انسـان. عوامل انسانی نقش اساسـی و کلیدی دارد و موجب تسـریع و افزایش سرعت تخریب شده است) وصـالی و همکاران ۲۰۱۶). اثرهای تخریب سـرزمین مانند ازبین رفتن زمین‌های حاصل‌خیز، کـاهش زی‌تـوده در جنگل‌هـا و مرتع‌ها و دشت‌های حاصل‌خیز، افت تراز آب‌های زیرزمینی و کـاهش آب‌های سـطحی، شور شدن زمین، کـاهش کیفیت و کمیت منبع‌های آبی، و فقر و مهاجرت سال‌ها است که زندگی ساکنان همه‌ی کشـورها (بیش از ۱ میلیارد نفر در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا) را به‌ویژه در کشورهای منطقه‌ی مدیترانـه‌یی خشـک، نیمـه‌خشـک و خشک نیمه‌مرطـوب (بـیش از ۲۵۰ میلیـون نفـر) کـه در خطر این پدیده اند با خطر جدی روبه‌رو کـرده اسـت) سـالونخه و همکـاران ۲۰۱۸.)

یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های امروز در بسـیاری از کشـورهای جهان به‌خصوص در خاورمیانه تأمین آب برای تداوم توسـعه‌ی پایدار است. در بسیاری از کشورهای خشک جهان و به‌خصوص ایران اصلی‌ترین منبع تأمین آب ذخیره‌ی آب زیرزمینی اسـت (کتیبه و حافظی ۲۰۰۵). آب زیرزمینی بخش مهمی از آب‌های تجدیدپذیر جهان اسـت. محاسبه‌ی منبع‌های آب جهانی نشان می‌دهـد که آب‌زیرزمینی در حدود ۰/۶٪ از کل منبع‌های آب و ۶۰٪ از منبع‌های تجدیدپذیر دست‌رس است (NSW۲۰۰۷). شـناخت کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی که از مهم‌ترین و آسـیب‌پذیرترین منبع‌های تأمین آب در دهه‌های اخیر اسـت کاملاً ضروری اسـت (ریزو و موزر ۲۰۰۰). آب‌های زیرزمینی از منبع‌های مهم بهره‌برداری در منطقه‌های خشک و نیمه خشک انـد، بنابراین بـرای حفظ کیفیت آب‌هـای زیرزمینی اطلاع از وضعیت آن‌ها مهم است. اما متأسـفانه بهره‌برداری‌های بی‌رویه از آب زیرزمینی از یک سـو و آلوده‌کردن سفره‌های آن از سوی دیگر موجب تخریب‌هایی می‌شود که شاهد اثرهای آن بر تخریب سـرزمین و بیابان‌زایی هسـتیم و در دهه‌های جاری بارها با آن روبه‌رو شده‌ایم (تقی‌زاده و همکاران ۲۰۰۹). استفاده‌ی بی رویه از آب زیرزمینی در بسیاری از اسـتان‌های کشور به‌ویژه استان فارس سبب شده اسـت که افت تراز آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها ادامه داشته باشـد، کیفیت آب برداشته‌شده کاهش یابد، و درنتیجه این دشـت‌ها به وضعیت بحرانی بروند. متوسط سهم برداشـت از آب زیرزمینی نسبت به کل منبع‌های آبی در کشـور ۵۵٪ و در استان فارس ۷۵٪ است، بنابراین دشواری در استان فارس در مقایسـه با کل کشور گسترده‌تر است. وضعیت منبع‌های آبی در برخی از دشـت‌ها از جمله دشـت سروستان سـبب شده است که سـازمان آب منطقه‌یی این دشت‌ها را در گروه دشت‌های ممنوع بگذارد (چراغی و همکاران ۲۰۲۰).

تغییر کاربری زمین جنگل‌ها و مرتع‌ها به کشـاورزی و مسکونی یکـی دیگـر از نگرانی‌های مهـم در محیط زیسـت و تخریب سرزمین اسـت (اندرسون و همکاران ۲۰۰۱؛ وصالی و همکاران ۲۰۱۵). اگرچه کشاورزی نقش بسیار مهمّی در توسعه‌ی پایدار و کاهـش فقر و گرسـنگی دارد، هنوز بسـیاری از فعالیّت‌های کشـاورزی از منظر تخریب سرزمین و بیابان‌زایی تهدید دانسته می‌شـود (سـیموناکی و همکاران ۲۰۱۶). نمونه‌هـای آن در تخریب زمین‌های کشاورزی، استفاده‌ی بی‌رویه از منبع‌های آبی و خسارت‌زدن به زیستگاه‌های طبیعی مشاهده می‌شود (نصریان و همکاران ۲۰۱۹)

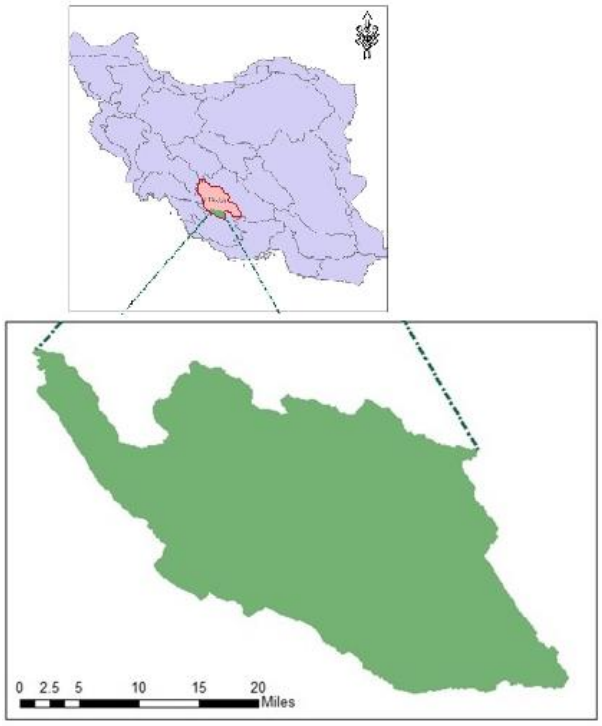
بررسـی‌های مختلفی بر تأثیر توسعه‌ی کشاورزی و فعالیّت‌های مرتبط با آن بر بیابان‌زایی و تخریب سـرزمین شده است. برای نمونه می‌تـوان به ارزیابی شـدت بیابان‌زایی در غرب اسـتان گلسـتان با بهره‌گیـری از مدل ایرانی IMDPA اشـاره کرد، کـه یافته‌هـای آن نشـان‌دهنده‌ی تأثیر عامل‌های انسـانی از جمله توسعه‌ی زمین‌های کشـاورزی و کاهش کیفیّت آب‌های زیرزمینی در افزایش شدت بیابان‌زایی و شوری خاک آن منطقه بود (اکبری و همـکاران ۲۰۱۶). علاوه بـر آن پژوهش‌هایی با موضوع تأثیر کمیّت و کیفیّت آب کشـاورزی در افزایش شدت بیابان‌زایی زمین‌های طشک استان فارس (زهتابیان و همکاران ۲۰۱۰)، نقش سـامانه‌های سـنتی آبیـاری در کاهش کیفیّت آب آبیاری در زمین‌های کشـاورزی دشت گرمسار (زهتابیان و همکاران ۲۰۱۴) و توسعه‌ی زمین‌های کشاورزی به‌دلیل تبدیل کاربـری زمین‌های مرتعی در دشـت کاشـان و آران و بیدگل (مسـعودی و همـکاران ۲۰۱۵؛ وصالی و همـکاران ۲۰۱۵) به نقش اثرهای توسـعه‌ی زمین‌های کشـاورزی و مدیریت آن در بیابان زایی و تخریب سرزمین اشاره کرده‌اند. در مقیاس جهانی نیز پژوهش‌های زیادی مانند اثر فعالیّت‌های کشاورزی و آب آبیاری در شور و قلیایی‌شـدن خاک زمین‌های جنوب ایتالیا، اسپانیا و پاکستان (مارزایولی ۲۰۱۰؛ قریشی ۲۰۰۸؛ روبیو ۱۹۹۸)، تأثیر فعالیّت‌های کشاورزی در کاهش کیفیّت آب و خاک در منطقه‌ی مدیترانه که باعث فرسایش، بیابان‌زایی، شور و فشرده‌شدن خاک و آلودگی آن شده است (زالیدیس ۲۰۰۲)، تغییر کاربری زمین و توسعه‌ی زمین کشاورزی در تخریب زمین در دره‌ی کاتمانادو در نپال (باهدور ۲۰۰۹) و توسـعه‌ی فعالیّت‌های کشـاورزی در جایگاه مهم‌ترین عامل بیابان‌زایی در چین (ژانگ ۲۰۰۲) انجام شـده اسـت.در پژوهش‌های واحدی و مسـعودی (۲۰۱۸) در تخریب منبع‌های آب و اثر آن بر بیابان‌زایی و تخریب سـرزمین با بررسـی خطر تخریـب کیفی و کمی آب‌هـای زیرزمینی در دشت‌های استان فارس، با مدل اصلاحی ایرانی ارزیابی احتمال بیابان‌زایی به این نتیجه رسـیدند کـه خطر در بیش تر جاهای اسـتان فارس به‌ویژه مرکز و جنوب شدید و خیلی شدید است.

ملکیان و همکاران (۲۰۱۹) در منطقه‌ی شکرویه‌ی استان فارس از پهنه‌بندی شـــدت خطر بیابان‌زایی با مدل IMDPA به این نتیجه رسیدند که شاخص هدایت الکتریکی آب با ارزش ۳/۱۱ مخرب‌ترین شـــاخص بیابان‌زایی در این منطقه است. به‌علاوه، چراغی و همکاران (۲۰۲۰) با درنظر گرفتن وابستگی کشاورزی دشـــت سروســـتان به آب‌های زیرزمینی نشـــان دادند که تراز آب‌زیرزمینی در درازمدت به‌طور متوسط ۴۷ سانتی‌متر در سال کاهش یافته است، و نرخ شورشدن آب‌های دشت در این مدت $\mu S/cm$۱۰۰[1] در سال بود.

افزایش ســـطح بیابان‌ها و کاهش کیفیـــت آب و خاک یکی از مهم‌ترین معضـــلات چند دهه‌ی اخیر اســـت. افزایش جمعیت پی‌رو آن افزایش احتیاج به مواد غذایی باعث رو کردن انســـان به کشـــاورزی، و در پی آن تبدیل‌کـــردن زمین‌های طبیعی به کشـــاورزی بی در نظر گرفتن دشـــواری های آن، و بروز بحران در این منطقه‌ها شده است، که یکی از آن‌ها پیش‌روی بیابان‌ها است. کمبود و بحران آب در کشور و در دشت سروستان، که از دشت‌های ممنوع است، و نبود جریان‌های سطحی و بهره‌گیری از چاه‌هـــا در جایـــگاه تنها منبع برداشـــت آب، و مصرف بخش عمده‌ی آب در کشاورزی، تلاش در به‌کارگیری حرفه‌یی مدل‌ها و روش‌های مختلف و تشـــخیص صحیح معیارها و شاخص‌های منطقـــه در مدیریت این بحران را ضروری کرده‌اســـت. تاکنون پژوهش جامعی بر ارزیابی کمی و کیفی وضعیت منبع‌های آب و کشـــاورزی زیرآبخیز سروستان نشده‌اســـت. بنابراین هدف از این پژوهش شناخت و معرفی درجه‌ی تأثیر فعالیت‌های انسان از دیـــدگاه آب و کشـــاورزی بر تخریـــب و بیابان‌زایی زیرآبخیز سروســـتان برای برنامه‌ریزی، اولویت‌بندی و اقدام سازمان‌های مربوط بر پایه‌ی شـــاخص‌های تأثیرگزار و مقابله‌ی کارآمدتر با تخریب و بیابان‌زایی است.

مواد و روش‌ها

زیرآبخیز سروســـتان در شهرستان سروســـتان در مرکز استان فارس و بین عرض جغرافیایی تا و طول جغرافیایی ۲۹ °۱′۶″N تا ۲۹ °۲۶′۵۰″N ، با مساحت ۱۶۴۱ km^2 و ارتفاع ۱۶۱۱ متر از تراز دریا در جنوب آبخیز مهارلو بختگان است. میانگین بارندگی سالانه‌ی آن ۲۴۶ mm است که از آذر تا میانه‌ی اردیبهشت ادامه دارد. کمینه‌ی دما در دی ۲ ^oC- و بیشـــینه‌ی آن در تیر حدود ۴۲ ^oC ثبت شده‌است. آب‌وهوای نیمه‌خشک و پوشش گیاهی ضعیف از ویژگی‌های این منطقه اســـت. مهم‌ترین کاربری‌های زمین در آبخیز مهارلو به‌ترتیب کشاورزی دیم، آبی، باغ، جنگل، مرتع، صنعتی و مسکونی است. دشت سروستان که از ۶۱ دشت ممنوع و بحرانی استان فارس است و جریان‌های سطحی در آن نیست، درون منطقه‌ی بررسی‌شده است.



شکل۱- موقعیت منطقه‌ی بررسی‌شده در آبخیزهای ایران.

=1μS/cm=μmohs/cm

داده‌های این پژوهش از گزارش‌ها و اطلاعات شرکت سهامی آب منطقه‌یی فارس و جهاد کشاورزی استان فارس تهیه شد. منطقه برپایه‌ی پراکنش چاه‌ها با روش تیسن پهنه‌بندی شد، و ۲۴ چاه فشارسنجی (پیزومتری) در سفره‌ی آبرفتی برای نمونه‌برداری انتخاب، و داده‌های ارتفاع تراز ایستآبی آب زیرزمینی برداشته شد (برداشته‌ی شرکت سهامی آب منطقه‌یی فارس). برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی از ۲۸ چاه نمونه‌برداری شد. بر پایه‌ی داده‌های موجود نمودار شیمیایی (کیموگراف) و نمودار آبی هر واحد و منطقه ترسیم شد.

تصویرهای ماهواره‌یی (لندست) منطقه از گذشته در دست بود، بنابراین تصویرهای لندست سنجنده‌ی تی‌ام (۱۹۹۳)، سنجنده‌ی ئی‌تی‌ام+ (۲۰۰۱ و ۲۰۰۸)، و سنجنده‌ی OLI/ TIRS (۲۰۱۶) برای آشکارسازی روند تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی به‌کاربرده شد (سازمان زمین شناسی آمریکا ۲۰۱۹) (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های تصویرهای به‌کار برده‌شده.

تاریخ تصویر (میلادی)	قدرت تفکیک مکانی (متر)	ماهواره و سنجنده
۱۹۹۳/۰۶/۰۵	۳۰	لندست ۵- TM
۲۰۰۱/۲۰/۰۵	۳۰	لندست ۷- ETM_+
۲۰۰۸/۱۸/۰۵	۳۰	لندست ۷- ETM_+
۲۰۱۶/۲۱/۰۵	۳۰	لندست ۸-OLI/TIRS

کاربری زمین در ۸ طبقه‌ی آب، مرتع، زمین‌های کشت‌شده، زمین‌های کشت‌نشده، منطقه‌های مسکونی، زمین‌های شور، رخ‌نمون سنگی، و زمین‌های جنگلی طبقه‌بندی شد. صحت نقشه‌ی کاربری زمین با عکس‌های‌هوایی، نقطه‌های وارسی زمینی (۲۵ نقطه) از نقشه‌های پستی‌بلندی و سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی، در بازدیدهای میدانی نمونه‌های آموزشی و نقطه‌های وارسی و اندازه‌گیری‌های میدانی بررسی شد. با ویژگی‌های تصویرها، طبقه‌های کاربری زمین تعیین، و بر پایه‌ی ویژگی‌های طیفی طبقه‌های مشخص شده در تصویر، طبقه‌بندی به شکل نظارت‌شده و با روش طبقه‌بندی بیشینه‌ی احتمال انجام گرفت، و نقشه‌های کاربری زمین ۱۹۹۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ تهیه شد. سپس تغییر کاربری در سال‌های بررسی‌شده پایش شد.

برای بررسی وضعیت آب و کشاورزی مدل ایرانی IMDPA به‌کار گرفته شد. هر سنجه‌ی معیار بیابان‌زایی جداگانه بررسی شد. برپایه‌ی شرایط منطقه و داده‌های هر معیار در مدل IMDPA چندین شاخص بیابان‌زایی به‌کار برده‌شد. هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود محاسبه شد (رابطه‌ی ۱).

(۱)

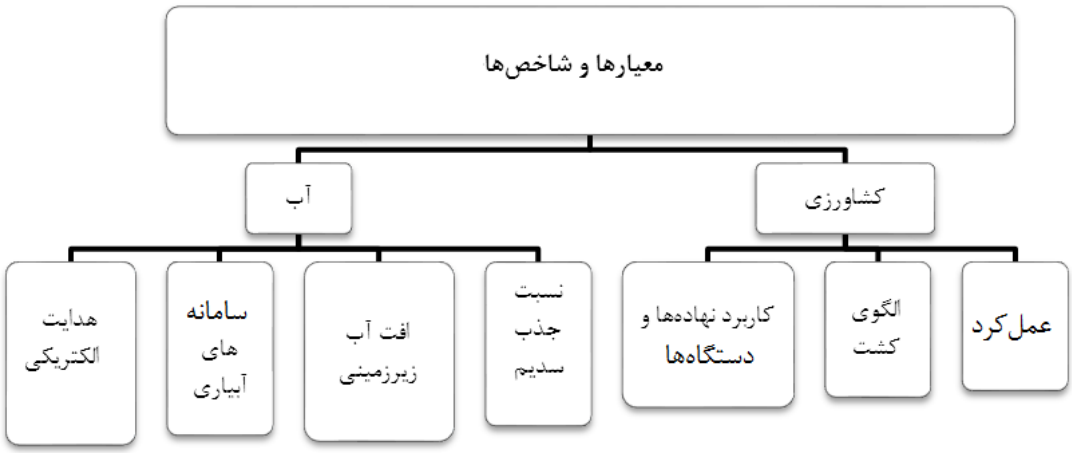
$$Criteria - X = \left[(Index-1).(Index-2).....(Index-n)\right]^{1/n}$$

Criteria-X: معیار ، Index شاخص‌های هر معیار، و n تعداد شاخص‌های هر معیار است.

بنابراین دو نقشه‌ی وضعیت معیارها به‌دست آمد، که برای بررسی کیفیت هر معیار به‌کار برده شد. هر معیار برپایه‌ی وزن داده‌شده در چهار طبقه‌ی کم و ناچیز، متوسط، شدید و بسیار شدید طبقه‌بندی شد (جدول ۲).

جدول ۲-طبقه‌ها و وزن‌های داده‌شده برای ارزیابی وضعیت معیارها در مدل IMDPA .

ردیف	دامنه‌ی ارزش عددی	وضعیت بالفعل	طبقه
۱	۰-۱/۵	کم و ناچیز	I
۲	۱/۵-۲/۵	متوسط	II
۳	۲/۵-۳/۵	شدید	III
۴	۳/۵-۴	بسیار شدید	IV



شکل۲- معیارها و شاخص‌های بررسی‌شده در زیرآبخیز سروستان.

برای ارزیابی معیار آب شاخص‌های افت آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم، سامانه‌ی آبیاری و هدایت الکتریکی به‌کار برده‌شد. جدول ۳ شیوه ی امتیازدهی به این شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی مؤثر بر معیار آب در زیرآبخیز سروستان.

شاخص ارزیابی		طبقه		
	کم و ناچیز ۱/۵-۰	متوسط ۲/۵-۱/۶	شدید ۳/۵-۲/۶	بسیار شدید ۴-۳/۶
افت آب زیرزمینی (سانتی‌متر در سال)	<۲۰	۳۰-۲۰	۵۰-۳۰	>۵۰
نسبت جذب سدیم	<۱۸	۲۶-۱۸	۳۲-۲۶	>۳۲
سیستم آبیاری	تحت فشار	سنتی روزآمد شده	سنتی با طراحی بهینه	سنتی بی طراحی بهینه
هدایت الکتریکی (µS/cm)	<۷۵۰	۲۲۵۰-۷۵۰	۵۰۰۰-۲۲۵۰	>۵۰۰۰

شاخص‌های اندازه‌گیری‌شونده در بررسی وضع موجود معیار کشاورزی الگوی کشت، عمل‌کرد و کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌ها بود.

جدول ۴- شاخص‌های ارزیابی مؤثر بر معیار کشاورزی در زیرآبخیز سروستان.

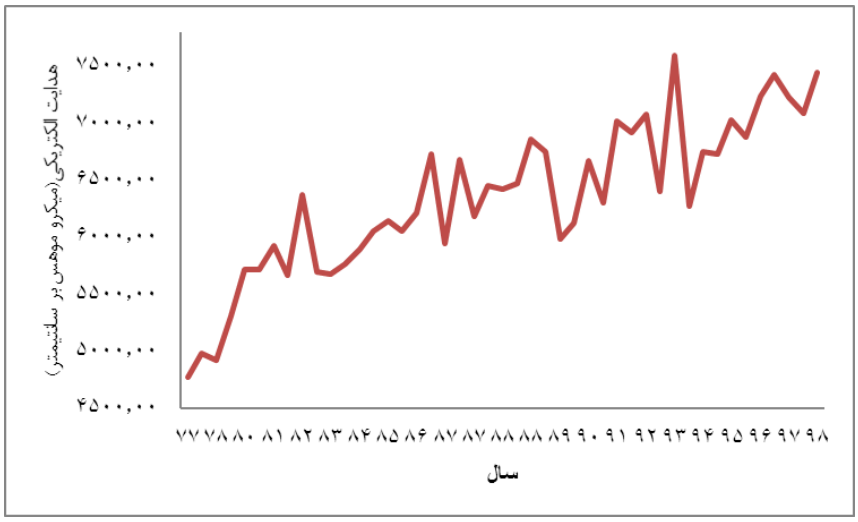
شاخص ارزیابی		طبقه		
	کم و ناچیز ۱/۵-۰	متوسط ۲/۵-۱/۶	شدید ۳/۵-۲/۶	بسیار شدید ۴-۳/۶
الگوی کشت	باغ‌های آبی و دیم	زراعت آبی و دیم مناسب	زمین‌های آیش	زمین‌های دیم نامناسب
کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌ها عملکرد	سنتی با کاربرد نهاده-های درون‌مزرعه‌یی زمین‌های دشت با کشت دائمی	سنتی با کاربرد نهاده‌های شیمیایی برون‌مزرعه‌یی زمین‌های دشت با کشت موقت	نیمه‌دستگاهی با کاربرد متوسط نهاده‌های خارجی شیمیایی و دستگاهی‌ها زمین‌های مرتفع با کشت دائمی	تمام‌دستگاهی با کاربرد سنگین ماشین-های نامناسب و مواد شیمیایی زمین‌های مرتفع با کشت موقت

برای پهنه‌بندی نقشه‌ها در جی‌آی‌اس روش درون‌یابی معکوس فاصله‌ی وزنی به‌کار برده‌شد که از روش‌های درون‌یابی قطعی برپایه‌ی میانگین وزنی است. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله، تأثیر سنجه‌ها بر برآورد واحد سطح کاهش می‌یابد. برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها اندازه‌گیری نشد اندازه‌گیری‌های پیرامون محل به‌کار برده شد. در پیش‌بینی، عامل وزن برپایه‌ی فاصله‌ی نقطه های از هم تعیین می‌شود. به نقطه‌های نزدیک محل نمونه وزن بیش‌تر، و به نقطه‌های دورتر وزن کم‌تر داده می‌شود. در این روش دقیق درون‌یابی، اندازه‌ی نقطه‌های اطلاعات بعد از

درون‌یابی تغییر نمی‌کند، و نوعی میانگین متحرک است.

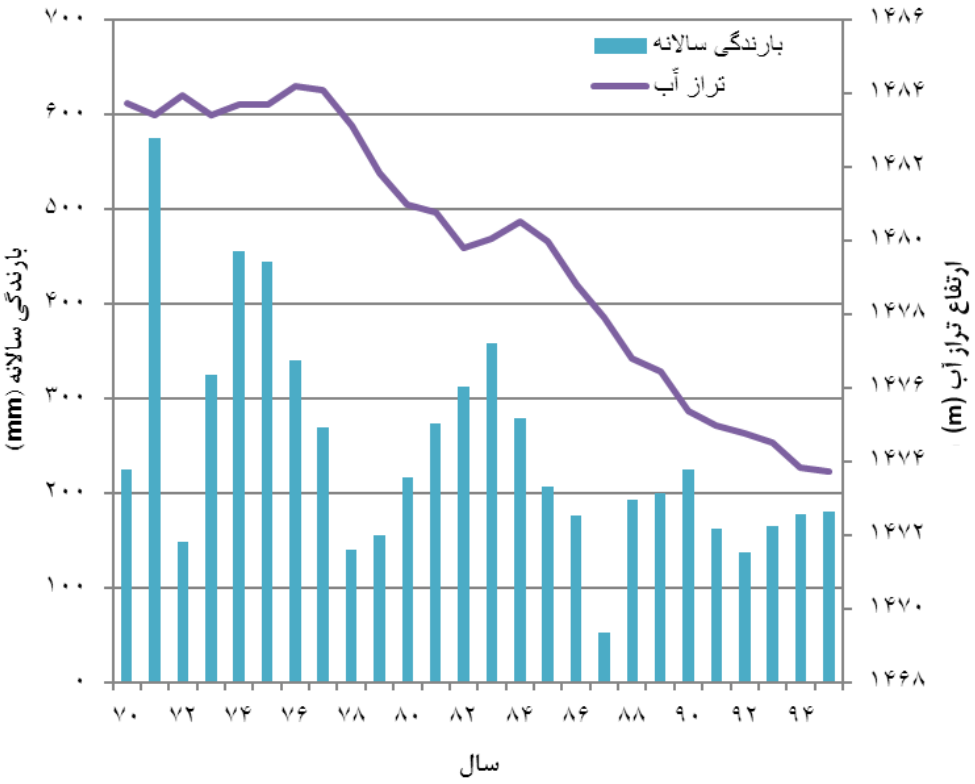
نتایج

نمودار شیمی زیرآبخیز سروستان (شکل ۳) رشد صعودی شوری در این منطقه نشـــان می‌دهد. نتیجـــه‌ی هدایت الکتریکی که از ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۸ پیوســـته و دو مرتبه در هر ســـال اندازه‌گیری و ثبت شده است µS/cm ۲۷۰۰ افزایش در این سال‌ها را نشان می‌دهد.



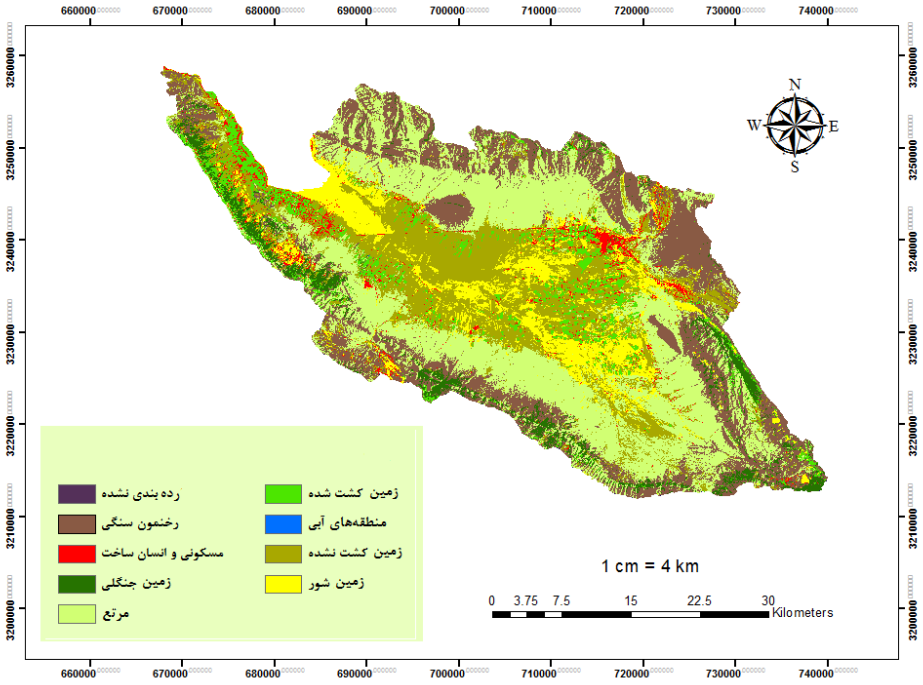
شکل۳- وضعیت شوری آب در زیرآبخیز سروستان.

در شـــکل ۴ نمودار آبـــی زیرآبخیز سروســـتان برای بررســـی تغییـــر تـــراز آب زیرزمینـــی و تغییـــر بارندگی در ۲۵ ســـال آورده شـــده اســـت. تراز آب در ســـال‌های ۷۰ تـــا ۹۵ ده متر افت کرد.

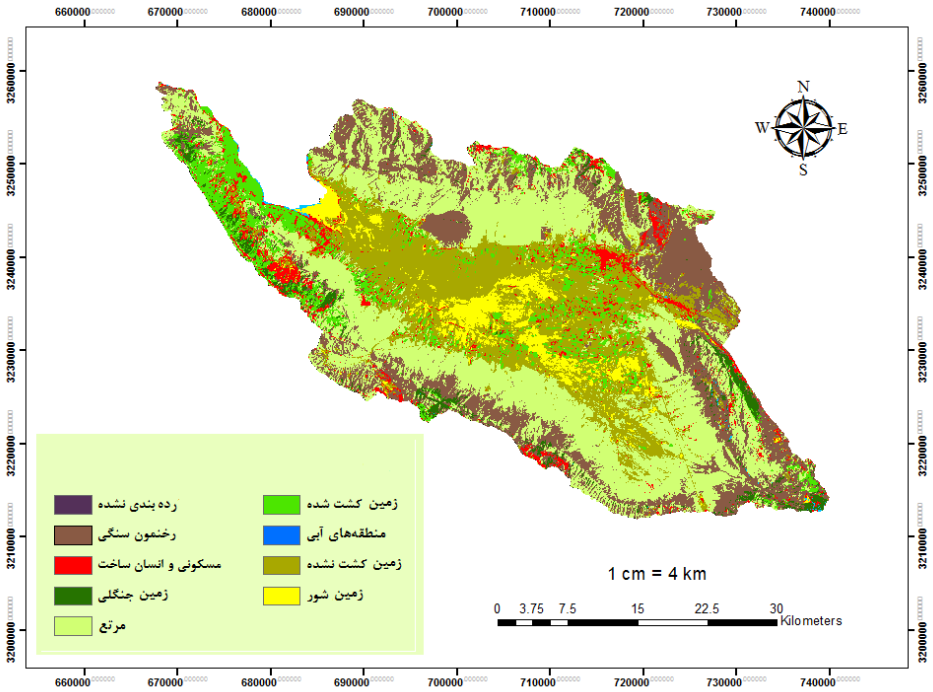


شکل ۴- وضعیت تراز آب در زیرآبخیز سروستان.

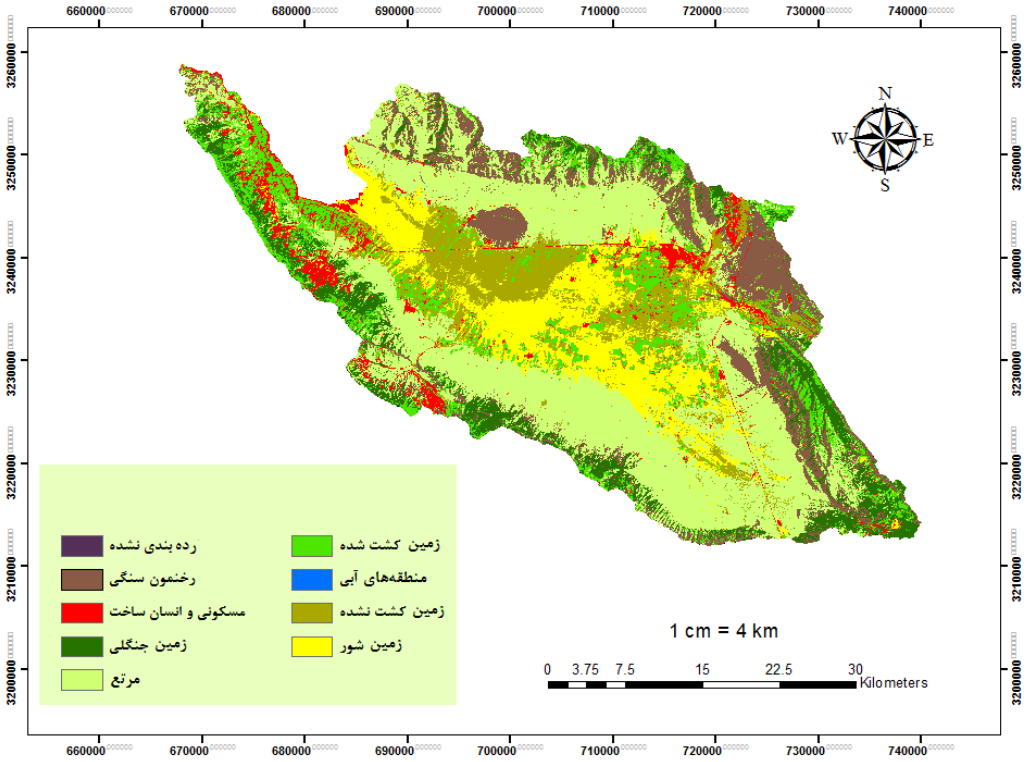
نقشه‌های کاربری زمین چهار دوره در این سال‌ها با طبقه‌بندی نظارت‌شده‌ی تصویرهای ماهواره‌یی در شکل ۵ تا ۸ نشان داده شده است. پایش معیار کشاورزی در این پژوهش نشان می‌دهد که کاربری زمین‌های کشاورزی به دو دسته زمین کشت‌شده و کشت‌نشده تقسیم شده است، تا همه‌ی زمین‌های کشاورزی در زمان تصویربرداری بررسی شود.



شکل ۶- نقشه‌ی کاربری زمین در سال ۲۰۰۱.



شکل۷- نقشه‌ی کاربری زمین در سال ۲۰۰۸.



شکل ۸- نقشه‌ی کاربری زمین در سال ۲۰۱۶.

پس از طبقه‌بندی شدن با داده‌های آموزشی کاربر، داده‌های بررسی طبقه‌بندی برای ارزیابی دقت آن به‌کار گرفته‌شد. در جدول ۵ نتیجه‌ها به شکل دقت طبقه‌های زمین‌های کشاورزی و دقت کل و ضریب کاپا برای هر تصویر آورده شده است. جدول ۵ نشان می‌دهد که دقت تولیدکننده و به‌کاربرنده‌ی طبقه‌های زمین‌های کشت‌شده و کشت‌نشده و دقت کلی و ضریب کاپا بیش از ۹۰٪ بود، که نشان‌دهنده‌ی توان تفکیک طیفی زیاد برای طبقه‌های زمین کشاورزی است.

جدول ۵- ویژگی‌های آماری دقت تولیدکننده و دقت به‌کاربرنده برای رده‌بندی تصویرها.

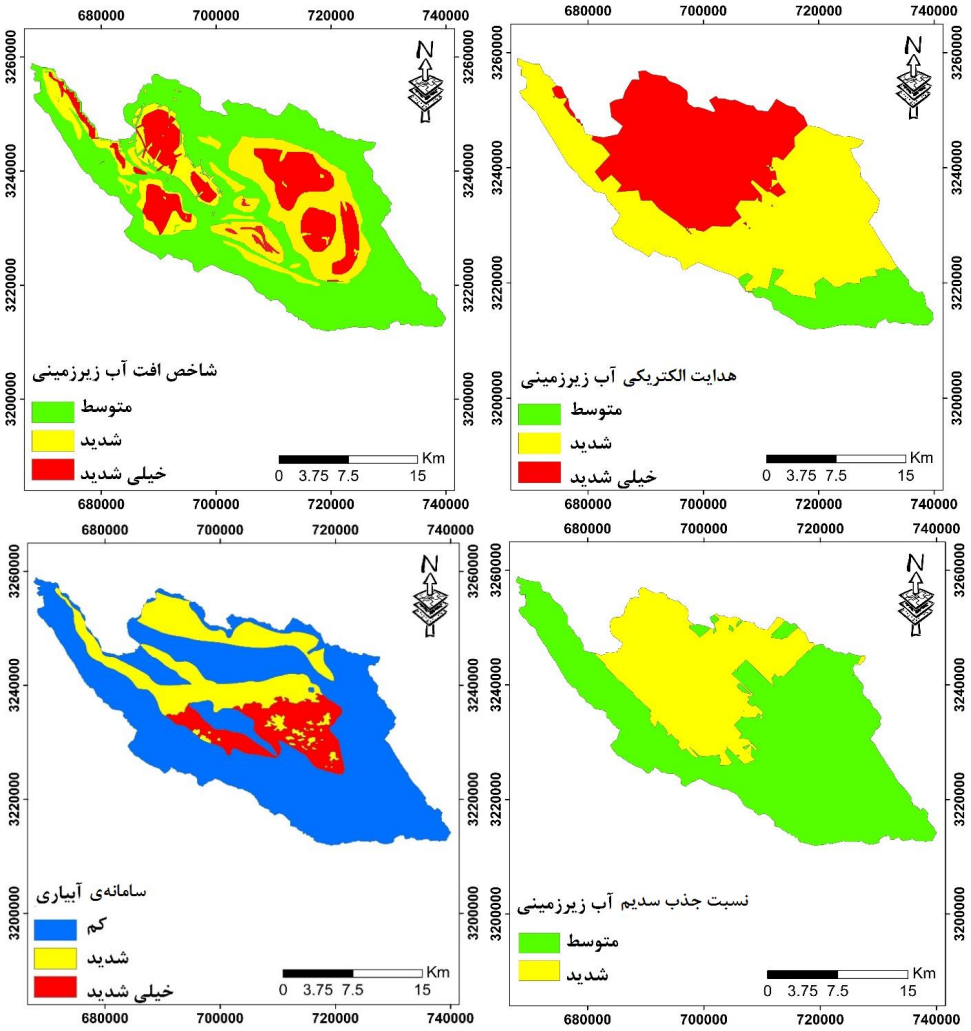
طبقه	(TM) ۱۹۹۳		(TM) ۲۰۰۱		(ETM) ۲۰۰۸		(OLI/TIR) ۲۰۱۶	
	دقت تولیدکننده	دقت به‌کاربرنده	دقت تولیدکننده	دقت به‌کاربرنده	دقت تولیدکننده	دقت به‌کاربرنده	دقت تولیدکننده	دقت به‌کاربرنده
زمین‌های کشت‌شده	۱۰۰	۸۸	۱۰۰	۹۹/۸	۱۰۰	۹۷/۶	۱۰۰	۹۲/۴
زمین‌های کشت‌نشده	۹۶/۹	۹۳/۲	۹۹/۸	۱۰۰	۹۶/۸	۹۶/۶	۹۹	۹۸/۶
دقت کل (٪)	۹۸		۹۹/۷		۹۸/۸		۹۸/۴	
ضریب کاپا	۹۷		۹۹/۶		۹۸		۹۷/۲	

پس از این‌که طبقه‌بندی هر تصویر جداگانه انجام شد، الگوریتم‌های پایش تغییر هر سال با سال پیشین، بر آن ها پیاده شد (جدول ۶). مجموع زمین‌های کشت‌شده و کشت‌نشده ۲۳ تا ۳۰ ٪ از منطقه بود، که بخش بزرگی از کاربری زمین بود. مساحت زمین‌های کشت‌شده از ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۶ از ۱۱۳/۲۸ km^2 به ۲۲۱/۱۴ km^2 افزایش یافت که ۱/۹۵ برابر آن، و نشان‌دهنده‌ی افزایش فشار بر زمین‌های کشاورزی است.

جدول ۶- آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی.

طبقه	۱۹۹۳		۲۰۰۱	۱۹۹۳-۲۰۰۱	۲۰۰۶	۲۰۰۱-۲۰۰۶	۲۰۱۶	۲۰۰۶-۲۰۱۶
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع درصد	تغییر (٪)	کیلومتر مربع درصد	تغییر (٪)	کیلومتر مربع درصد	تغییر (٪)
زمین‌های کشت‌شده	۱۱۳/۲۸	۶/۸۶	۹۵/۱۴ ۵/۷۶	-۱/۱	۱۴۱/۳۱ ۸/۵۱	+۲/۷۵	۲۲۱/۱۴ ۱۳/۱۸	+۳/۶۷
زمین‌های کشت‌نشده	۲۸۰/۹	۱۷/۰۲	۳۵۵ ۲۱/۵	+۴/۴۸	۳۶۰/۹۷ ۲۱/۷	+۰/۱۹	۱۹۸/۵۷ ۱۱/۵۴	-۱۰/۲

وضعیت شاخص‌های معیار آب و کشاورزی زیرآبخیز سروستان با مدل IMDPA پایش شد. برای بررسی شاخص‌های معیار آب و امتیازدهی به آن چهار شاخص هدایت الکتریکی، افت سفره‌ی آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم و نوع سامانه‌ی آبیاری به‌کار برده‌شد. شکل ۹ وضعیت هدایت الکتریکی آب زیرزمینی زیرآبخیز سروستان را نشان می‌دهد. شدت آن در بخش شمالی زیرآبخیز سروستان و در امتداد دریاچه‌ی مهارلو «بسیار شدید»، در بخش میانی «شدید» و در بخش جنوبی «متوسط» برآورد شد. پس از بررسی و تهیه‌ی نقشه‌ی شاخص افت سفره‌ی آب زیرزمینی، مشاهده شد که شدت افت آن در اطراف زیرآبخیز سروستان متوسط است، و در امتداد دریاچه‌ی مهارلو و مرکز منطقه شدید و خیلی شدید است. شاخص نسبت جذب سدیم در بخش شمالی زیرآبخیز و در امتداد دریاچه شدت شدید بود و در بقیه‌ی منطقه شدت متوسط داشت. پژوهش‌های انجام‌شده بر شاخص سامانه‌ی آبیاری نشان‌دهنده‌ی شدت کم آن در حاشیه‌ی زیرآبخیز و شدت شدید و بسیار شدید در مرکز و در امتداد دریاچه است (شکل ۹).

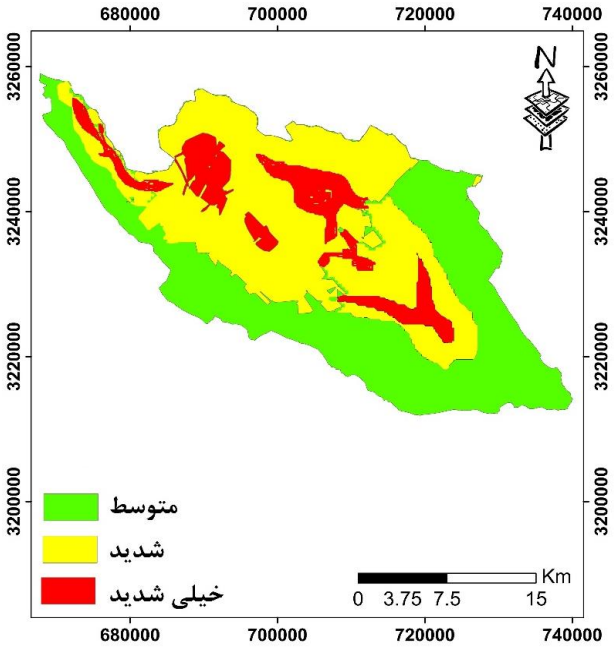


شکل ۹- نقشه‌ی شاخص هدایت الکتریکی، افت آب، جذب سدیم، و سامانه‌ی آبیاری در زیرآبخیز سروستان.

وضعیت چهار شاخص و حاصل میانگین هندسی آن‌ها (جدول ۶) در جایگاه معیار آب نشان می‌دهد که شدت در بخش عمده‌یی از منطقه شدید است، شدت خیلی شدید به شکل لکه‌های پراکنده در دهانه‌ی دریاچه، حاشیه‌ی دریاچه و در میانه‌ی منطقه‌ی بررسی‌شده فراوان است، و شدت متوسط در حاشیه‌ی جنوبی، شرقی و غربی زیرآبخیز دیده می‌شود (شکل ۴).

جدول ۷- متوسط ارزش کمی شاخص‌های ارزیابی معیار آب.

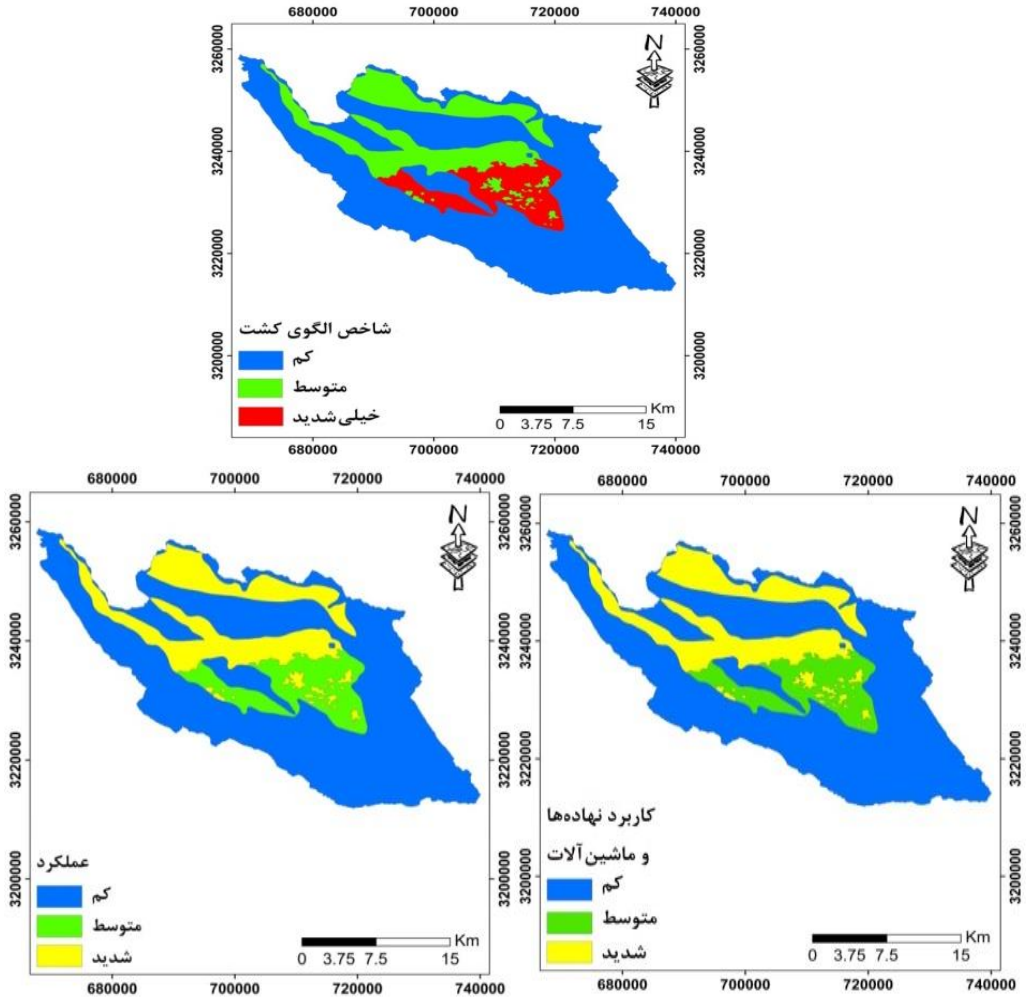
شاخص ارزیابی	متوسط ارزش کمی	طبقه	وضعیت
هدایت الکتریکی	۳/۴۱	III	شدید
افت سفره‌ی آب زیرزمینی	۳/۲۳	III	شدید
نسبت جذب سدیم	۲/۴۸	II	متوسط
سامانه‌ی آبیاری	۱/۸۳	II	متوسط



شکل ۱۰- نقشه‌ی وضعیت معیار آب در زیرآبخیز سروستان.

بازدیدهای میدانی، بررسی داده‌ها، و گفت‌وگو با کارشناسان و کشاورزان منطقه نشان می‌دهد که شاخص‌های مؤثر اندازه‌گیری‌شونده در تعیین وضعیت موجود معیار کشاورزی در زیرآبخیز سروستان الگوی کشت، عمل‌کرد و کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌ها است.

نقشه‌ی شاخص عمل‌کرد زیرآبخیز سروستان به‌دست آمد (شکل ۱۱). شاخص عمل‌کرد در این منطقه در سه طبقه‌ی کم، متوسط و شدید، و شاخص الگوی کشت در سه طبقه‌ی کم، متوسط و خیلی شدید، و نقشه‌ی شاخص کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌های کشاورزی در سه طبقه‌ی کم، متوسط و شدید بود (شکل ۱۱).

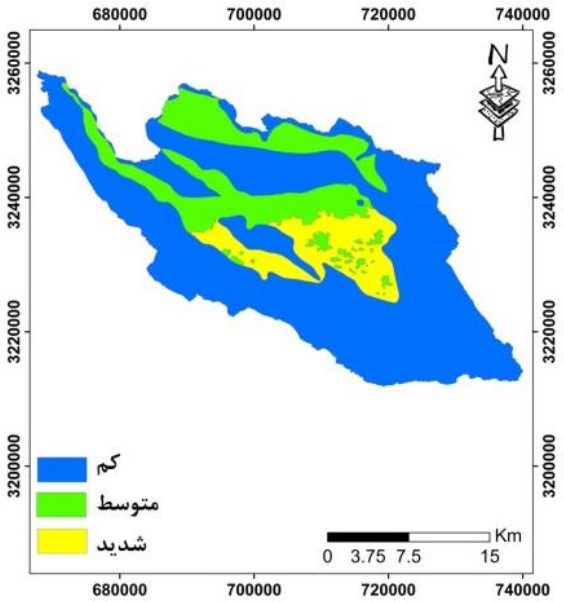


شکل ۱۱- نقشه‌ی شاخص عمل‌کرد، شاخص الگوی کشت، کاربرد نهاده‌ها و ماشین‌های کشاورزی در زیرآبخیز سروستان.

از نتیجه‌ی شـــاخص‌های معیار کشـــاورزی (جدول ۸) نقشه‌ی وضعیت معیار کشاورزی به دست آمد (شکل ۱۲)، که زیرآبخیز سروستان را در سه طبقه‌ی کم، متوسط و شدید معیار کشاورزی جا می‌دهد.

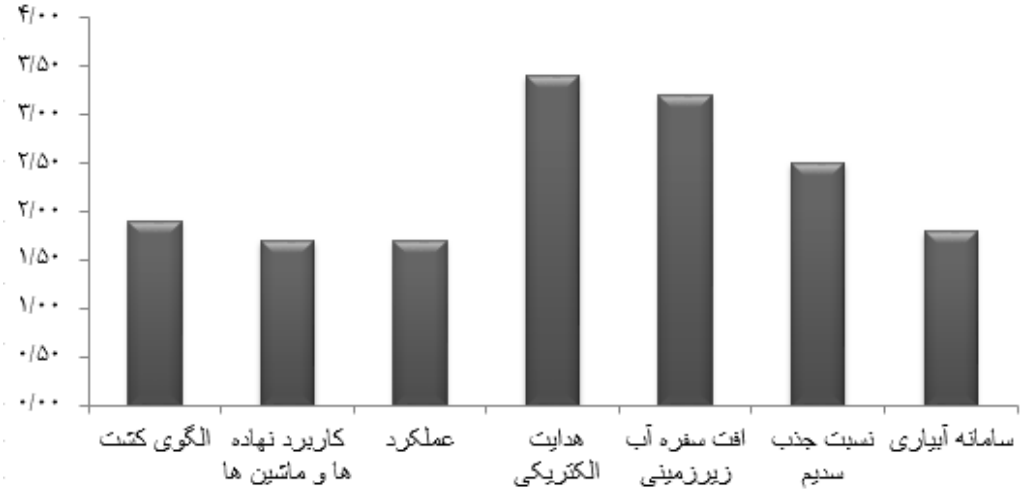
جدول ۸- متوسط ارزش کمی شاخص‌های ارزیابی کشاورزی.

شاخص ارزیابی	متوسط ارزش کمی	طبقه	وضعیت
الگوی کشت	۱/۹۲	II	متوسط
کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌ها	۱/۷۳	II	متوسط
عمل‌کرد	۱/۷۳	II	متوسط



شکل ۱۲- نقشه‌ی وضعیت معیار کشاورزی در زیرآبخیز سروستان.

شـــاخص هدایت الکتریکی با متوسط ارزش کمی ۳/۴، و بعد از آن افت سفره‌ی آب زیرزمینی و نسبت جذب سدیم به‌ترتیب با متوســـط ارزش کمی ۳/۲ و ۲/۵ بیش‌ترین تأثیر را بر معیارهای آب و کشاورزی داشت (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- شاخص‌های بررسی‌شده در زیرآبخیز سروستان.

جدول ۹- متوسط ارزش کمی معیارهای آب و کشاورزی.

معیار ارزیابی	متوسط ارزش کمی	طبقه	وضعیت
آب	۲/۶۵	III	شدید
کشاورزی	۱/۷۹	II	متوسط

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش شناخت و معرفی اندازه‌ی تأثیر فعالیت‌های انسانی از دیدگاه معیار آب و کشاورزی در زیرآبخیز سروستان و بررسی تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی، آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی و وضعیت فعلی آب و کشاورزی با کمک مدل ایرانی IMDPA بود. نتیجه‌ی این پژوهش نشان می‌دهد که روند نزولی تراز آب زیرزمینی در این زیرآبخیز نشان‌دهنده‌ی تخلیه‌شدن آب زیرزمینی است. این اندازه افت در تراز ایستآبی در ۲۵ سال اخیر ۱۰ متر بود، که به‌طور میانگین ۴۰ سانتی‌متر در سال است. از طرفی میانگین بارش سالانه نیز در این سال‌ها روندی نزولی داشت. این عامل بین اندازه‌های بیشینه‌ی ۵۷۵ میلی‌متر در سال تا کمینه‌ی ۵۳ میلی‌متر در سال متغیر بود. به‌علاوه شکل وضعیت شوری آب در زیرآبخیز سروستان گواهی بر روند صعودی شوری منبع‌های آب در این منطقه است. اندازه‌ی هدایت الکتریکی در ۲۱ سال اخیر ۲۷۰۰ µS/cm افزایش داشت، که به‌طور میانگین ۱۲۸/۶ µS/cm در سال بود. با مقایسه‌ی تراز آب زیرزمینی و شوری آن در زیرآبخیز سروستان در می‌یابیم که کاهش تراز آب زیرزمینی و کاهش بارندگی، افزایش هدایت الکتریکی را به‌دنبال دارد. به‌طور متوسط به ازای هر ۴۰ سانتی‌متر در سال افت تراز ایستآبی، شوری ۱۲۸/۶ µS/cm در سال افزایش خواهد داشت. بنابراین به‌طور کلی منبع‌های آبی زیرحوزه‌ی سروستان با کاهش کیفیت و کمیت روبه‌رو شده‌اند.

آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی نشان‌دهنده‌ی ۱۹۶٪ افزایش در سطح زمین‌های کشت‌شده از ۱۱۳ km^2 در ۱۹۹۳ به ۲۲۱ km^2 در ۲۰۱۶ است، که گواهی بر افزایش فشار بر زمین‌های کشت‌شده در طول زمان است. در نتیجه، افت هم‌زمان تراز ایستآبی و بارندگی سالانه در مقابل افزایش زمین‌های کشاورزی نشان‌دهنده‌ی فشار مضاعف بر منبع‌های آب زیرزمینی برای برداشت آب برای کشاورزی است. در دشت سروستان تنها منبع تأمین آب، آب‌های زیرزمینی است. همه‌ی این‌ها را می‌توان دلیلی برای افزایش شوری منبع‌های آب دانست.

مهم‌ترین و تأثیرگزارترین شاخص‌های بررسی‌شده در این پژوهش به‌ترتیب هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و افت سفره است. منطقه از دیدگاه این شاخص‌ها به‌ترتیب در طبقه‌ی شدید، متوسط و متوسط بیابان‌زایی است. از طرفی شاخص‌های عمل‌کرد و کاربرد نهاده‌ها و دستگاه‌های کشاورزی کم‌ترین تأثیر بر بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. هدایت الکتریکی با متوسط ارزش عددی ۳/۴ مؤثرترین شاخص معیار آب، و الگوی کشت با متوسط ارزش عددی ۱/۹ مؤثرترین شاخص معیار کشاورزی بود. معیار آب با متوسط ارزش عددی ۲/۶۵ تأثیر بیش‌تری از معیار کشاورزی با متوسط ارزش عددی ۱/۷۶ گزارده است. در نتیجه با دانستن این که به‌دلیل نزدیکی به شهر شیراز توجه مردم به زمین‌های زیرآبخیز سروستان زیاد است، تصرف زمین‌های طبیعی و افزایش فشار بر زمین‌های کشاورزی در این منطقه دیده می‌شود، که اهرمی برای افزایش روند تخریب سرزمین و بیابان‌زایی در زیرآبخیز سروستان است. به‌علاوه، تنها منبع تأمین آب در زیرآبخیز سروستان آب زیرزمینی است، و جریان‌های سطحی ندارد. از آن‌جا که بیش از ۹۰٪ از آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، فشار بر زمین‌های کشاورزی منجر به فشار بر آب زیرزمینی شده و افت سفره‌های زیرزمینی و افزایش هدایت الکتریکی را به‌دنبال داشته است. هر دوی این شاخص‌ها در زیرآبخیز سروستان نقش زیادی داشته‌اند.

با مشخص‌شدن درجه‌ی تأثیر هر شاخص می‌توان با مدیریت هرچه بهتر در این کار از مقدار خسارت‌های واردشده در این بخش کاست و روند تخریب را مهار کرد. داوری و همکاران (۲۰۱۶) نیز در دشت قاسم‌آباد بجستان، و پهلوان‌روی و بحرینی (۲۰۱۳) در منطقه‌ی بوردخون بوشهر به نتیجه‌های مشابهی دست یافتند. پژوهش‌های آنان نیز نشان‌دهنده‌ی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر افزایش شدت تخریب و بیابان‌زایی بود. نتیجه‌های مشابهی در تخریب کمی و کیفی منبع‌های آب در استان فارس و دشت سروستان گزارش شده است (واحدی و مسعودی ۲۰۱۸؛ چراغی و همکاران ۲۰۲۰). آشکارسازی تغییر زمین‌های کشاورزی با نتیجه‌ی پژوهش‌های دادرسی سبزواری و پاک‌پرور (۲۰۰۷) در زمین‌های دشت سبزوار، و هاشمی نسب و جعفری (۲۰۱۸) در زمین‌های کشاورزی اطراف زاینده رود، شرق اصفهان، هم‌راستا است.

فهرست منابع

Akbari M, Ownegh M, Asgari HR, Sadoddin A, Khosravi H. 2016. Desertification risk assessment and management program. Environmental Science and Management. 2(4): 365–380. (In Persian).

Anderson JR, Hardy E, Roach JT, Witmer RE. 2001. A land use and land cover classification system for use with remote Sensor data. Geological Survey Professional Conference. United State. Washington. 41 p.

Bahdure R, Murayama y. 2009. Land use change analysis using remote sensing and GIS: A case study of Kathmandu Metropolitan, Ph.D. Thesis. Nepal Research Abstracts on Spatial Information Science. CSIS DAYS. 153 p.

Cheraghi MA, Najafi B, Sajari Sh, Javan M. 2020. The trend of changes in groundwater quantity and quality in the Sarvestan Plain of Fars Province. Watershed Management Research. 33(2): 82–96. (In Persian).

Dadrasi SabzavariA, Pakparvar M. 2007. Determination of lands affected by desertification using near and remote sensing in Sabzevar desert area. Iranian Journal of Range and Desert Research.14 (1): 3–52. (In Persian).

Davari S, Rashki A, Akbari M. 2016. Assessing the severity and risk of desertification and providing management plans (Study area, Ghasem Abad, Bajestan, and Khorasan Razavi). Desert Management. 5(9): 91–106. (In Persian).

Hasheminasab N, Jafari R. 2018. Evaluation of land use changes order to desertification monitoring using remote sensing techniques. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards 19(3): 67–82. (In Persian).

Katibeh H, Hafezi S. 2005. Application of modflow in groundwater management and evaluation of artificial recharge project of Ab-barik aquifer (Bam). Journal of Water and Wastewater. 15(2): 45–58. (In Persian).

Malekian A, Amirazodi A, Mohammadkhan Sh, Ehsani H. 2019. Feasibility study of desertification severity risk zoning using IMDPA model (Case study: Shokrouyeh area of Fars Province). Geographic Space. 66(19): 121–137. (In Persian).

Marzaioli R, Ascoli RD, De Pascale RA, Rutigliano FA. 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. Applied Soil Ecology. 44(3): 205–212.

Masoudi R, Zehtabian Gh, Ahmadi H, Malkian A. 2015. Evaluation of the quantitative and qualitative changes of groundwater in Kashan Plain. Desert Management. 3(5): 67–80. (In Persian).

Nasrian N, Akbari M, Faridhosseini AR, Nematollahi E, Davari S. 2019. Quantitative assessment of desertification intensity indices in the agricultural lands of Dargaz Plain, Khorasan Razavi Province. Desert Management. 13(2):149–170. (In Persian).

Pahlavanravia A, Bahraini F. 2013. Evaluation of current desertification status based on IMDPA with emphasis on climate, wind erosion, water, soil and vegetation: Case study of Bordekhun Region of Boushehr. DESERT. 18(1): 53–63.

Qureshi AS, McCornick PG, Qadir M, Aslam Z. 2008. Managing salinity and water logging in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water Management. 95(1): 1c10.

Rizzo DM. Mouser JM. 2000. Evaluation of geostatistics for combined hydrochemistry and microbial community fingerprinting at a waste disposal site. pp. 1–11.

Rubio JL, Bochet E. 1998. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. Arid Environment. 39(2): 113–120.

Salunkhe SS, Bera AK, Rao SS, Venkataraman VR, Raj U, Murthy YVNK. 2018. Evaluation of indicators for desertification risk assessment in part of Thar desert region of Rajasthan using geospatial techniques. Journal of Earth System Science. 127 (8): 116–140.

Symeonakis E, Karathanasis N, Koukoulas S, Panagopoulos G. 2016. Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of Lesvos Island. Land Degradation and Development. 27(6): 1562–1573.

Taghizadeh R, Zareian M, Mahmoodi Sh, Heidari A, Sarmadian F. 2009. Investigation of interpolation methods to determine spatial distribution of groundwater quality in Rafsanjan. JWMSEIR. 2 (5):63–70. (In Persian).

The Department of Environment and Conservation (NSW). 2007. Guidelines for the assessment and management of groundwater contamination, Published by: Department of Environment and Conservation NSW.

United States Geological Survey (USGS). 2019. Landsat satellites, "Landsat 8," [Online]. Available at-https://www.usgs.gov. https://earthexplorer.usgs.gov/(accessed on 1 May, 2019).

Vahedi M, Masoudi M. 2018. Hazard assessment of groundwater resources degradation using the modified Iranian model of desrtification potential assessment in Fars plains. Irrigation and water engineering journal. 32(8): 93–104. (In Persian).

Vesali A, Zehtabian Gh, Azarnivand H. 2015. Determining the most effective indicators of water and irrigation on severity of desertification (Case study: Kashan Plains and AranoBidgol). Desert Management. 3(6): 38–25. (In Persian).

Vesali SA, Zehtabian Gh, Azarnivand H. 2016. Determination of the most effective indicators of water and irrigation criteria in desertification intensity (Case study: Kashan and Aran Bidgol Plains). Desert Management. 6(3): 25–38. (In Persian).

Zalidis G, Stamatiadis S, Takavakoglou V, Eskridge K, Misopolinos N. 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. Agriculture, Ecosystems and Environment. 88(2): 137–146.

Zehtabian Gh, Khosravi H, Ghodsi M. 2010. Water and sustainability in Arid Regions. Chapter 5: High Demand in a Land of Water Scarcity: Iran. Springer.

Zehtabian Gh, Khosravi H, Masoudi R. 2014. Desertification evaluation models (criteria and indicators). Tehran University Press. pp. 3480–258. (In Persian).

Zhang Q, Wang G, Peng D, Gong P. 2002. Urban built-up land change detection with road density and spectral information from multi-temporal Landsat TM data. Remote Sensing. 23(15): 3057–3078.

Watershed Management Research

VOL. 34, No. 3, Ser. No: 132, Autumn 2021, pp. 149 -164
DOI: 10.22092/wmej.2021.352611.1373

Research Paper

Qualitative and Quantitative Assessment of Water Resources and Agriculture in Sarvestan Sub-basin, the Province of Fars

Sara Kaviani Ahangar
Ph.D. Student of Natural Resources Engineering, Desertification Control, University of Hormozgan, Iran
Rasool Mahdavi Najafabadi
(Corresponding Author)* Associate Professor of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
Gholamreza Zehtabian
Professor Collage of Natural Resources, Tehran University, Iran
Hamid Gholami
Associate Professor Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
Ashok kumar Chapagain
Senior Researcher, Pacific Institute, USA

Corresponding Author Email: Ra_mahdavi2000@yahoo.com
Received: 19 November 2020 Accepted: 15 March 2021

Abstract
Desertification, a manifest sign of land degradation is mostly due to unreasonable treatment, and in many cases, over-exploitation of natural resources, mainly soil, and water. Therefore, the purpose of this study was to identify and introduce the degree of impact of human activities from the perspective of water and land management in the desertification of the Sarvestan Sub-basin. Quantitative and qualitative changes in groundwater, detection of changes in farm field expanses, and the current state of water criteria (indicators: groundwater loss, EC, irrigation systems, SAR), and agricultural criteria (indicators: yield, cultivation pattern, use of inputs and machinery) using the Iranian model, the IMDPA. The water resources of the Sarvestan Sub-basin have decreased in quality (an increase of 2700 µS/m of salinity during the preceding 21 years) and quantity (subsidence of 10 meters of water level in 25 years). The cultivated area has expanded 196% from 1993 to 2016. An application of the IMDPA model indicates that the electrical conductivity index, with a numerical value of 3.4, had the highest effect (extreme condition), and application index of agricultural inputs and machinery with a numerical value of 1.7 had the lowest effect (moderate condition) in the Sarvestan Sub-basin. The water quantity with a numerical value of 2.56 was the dominant criterion, and along with the agriculture criterion, was placed in the moderate class.

Keywords: Agricultural lands, electrical conductivity, IMDPA model, water table