

## بررسی اثر کیفیت آب‌های زیرزمینی بر بیابان‌زایی دشت مهران

عبدالرضا محمدی<sup>۱\*</sup>، حاجی کریمی<sup>۲</sup> و زاهده حیدری‌زادی<sup>۳</sup>

### چکیده

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی جهت توسعه اراضی کشاورزی، باعث کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی گردیده است. از این‌رو بررسی تأثیر کاهش کیفیت آب بر پیشروی بیابان امری ضروری است. در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های کیفی آب همچون هدایت‌الکتریکی، مواد جامد محلول، نسبت جذب سدیم و کلر، به بررسی تأثیر کیفیت آب زیرزمینی در روند بیابان‌زایی دشت مهران پرداخته شد. بدین منظور، از اطلاعات حاصل از ۹ حلقه چاه کیفی واقع در دشت مهران طی سه دوره زمانی (۸۳-۱۳۸۰، ۸۷-۱۳۸۴ و ۹۱-۱۳۸۸) استفاده شد. با استفاده از مدل IMDPA و نرم‌افزار ArcGIS 9.3 ابتدا با وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، ارزش هر لایه را در شاخص موردنظر دخالت داده و تأثیر آن بر بیابان‌زایی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نقشه‌های تهیه شده از بین شاخص‌های مورد بررسی کیفیت آب زیرزمینی، شاخص هدایت‌الکتریکی تأثیرگذارترین شاخص در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه است. بر اساس این شاخص در طی دوره‌های زمانی مدنظر بر شدت بیابان‌زایی منطقه افزوده شده به طوری که در دوره پایانی ۱۴/۴۷ درصد منطقه در طبقه بیابان‌زایی شدید قرار گرفته است. همچنین نقشه بیابان‌زایی بر اساس شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی در طول این دوره‌ها نشان می‌دهد که حدود ۷۲ درصد منطقه در طبقه بیابان‌زایی کم و ناچیز قرار دارد.

**واژه‌های کلیدی:** آب زیرزمینی، بیابان، دشت مهران، کیفیت آب، هدایت‌الکتریکی، IMDPA.

ارجاع: محمدی ع. کریمی ح. و حیدری‌زادی ز. ۱۳۹۶. بررسی اثر کیفیت آب‌های زیرزمینی بر بیابان‌زایی دشت مهران. مجله پژوهش آب ایران. ۲۵: ۳۲-۲۱.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.

۲- دانشیار گروه مرتع و آب‌خیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.

۳- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

\* نویسنده مسئول: [reza7627@yahoo.com](mailto:reza7627@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۳

## مقدمه

تخریب منابع آب چه به‌صورت کیفی و چه کمی، می‌تواند به کاهش زیست‌توده و نهایتاً بیابان‌زایی منجر شود. افت سفره‌های آب زیرزمینی و به دنبال آن تخریب کیفیت آب از جمله فرآیندهای بیابان‌زایی به‌حساب می‌آیند. کاهش کیفیت منابع آب به دلایل مختلف از جمله ورود آلاینده‌های شیمیایی و صنعتی به رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی، افزایش سختی آب، اسیدی شدن آب و حرکت آب‌های شور به سمت دشت‌ها رخ خواهد داد.

بیابان‌زایی یکی از پدیده‌های تأثیرگذار بر منابع طبیعی به شمار می‌رود که این پدیده نه‌تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک بلکه در بعضی قسمت‌های نواحی نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود. ارزیابی بیابان‌زایی در سرزمینی که به دلیل متأثر شدن از اقلیمی شکننده، با رفتارهایی اغلب غیرقابل پیش‌بینی و شرایطی آسیب‌پذیر مواجه است، در شمار یکی از ضرورت‌های برنامه‌ریزی و توسعه قرار می‌گیرد (درویش، ۱۳۸۲). به‌منظور تدوین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی و تهیه نقشه‌های بیابانی شدن و حتی انتخاب مناسب‌ترین روش‌ها و یا مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی، به شناخت فرآیندهای بیابان‌زا، عوامل مؤثر در شکل‌گیری این فرآیندها، معیارها و شاخص‌های مؤثر در سرعت و روند بیابان‌زایی نیاز است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰).

ایران همانند سایر نقاط جهان به طور فراوانی در معرض بیابانی شدن قرار دارد. برای مقابله با بیابان‌زایی در ایران بایستی به بررسی این پدیده در همه مناطقی که بیابان‌زایی در حال وقوع است بپردازیم، تا بتوانیم مدیریتی جامع و کارآمد داشته باشیم. این پدیده در سال‌های اخیر در مناطقی همچون استان ایلام نیز شدت یافته است. بنابراین، برای مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای این عرصه‌ها و جلوگیری از بیابان‌زایی، شناخت عوامل، شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی در این مناطق نیز ضرورت می‌یابد. محدودیت منابع آبی، افت آب‌های زیرزمینی، توسعه شوری آب‌و‌خاک و بهره‌برداری بی‌رویه سبب شده که تخریب منابع آب زیرزمینی همراه دیگر فرآیندها از اصلی‌ترین عوامل بیابان‌زایی باشند.

سپهر و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی کاربرد روش Medalus<sup>۱</sup> به‌منظور ارائه یک مدل منطقه‌ای منطقه

فیدویه گرمشت در استان فارس پرداختند. نتایج حاصل از ارزیابی آب زیرزمینی نشان داد که ۳۸ درصد از منطقه در وضعیت متوسط، ۹ درصد در کیفیت بالا و ۵۳ درصد در وضعیت نامناسب کیفیت آب زیرزمینی قرار دارد. قاسمی (۱۳۸۵) با ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه زابل نشان داد که هدایت‌الکتریکی خاک با بیابان‌زایی شدید، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بیابان‌زایی در منطقه است. عبدی (۱۳۸۶) به بررسی و تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA با تکیه بر دو معیار آب و خاک در منطقه ابوزیدآباد در استان اصفهان پرداخت که از بین شاخص‌های مورد بررسی هدایت‌الکتریکی خاک و پس از آن هدایت‌الکتریکی آب به ترتیب با متوسط وزنی ۳/۶ و ۲/۸ بیشترین تأثیر و شاخص‌های افت آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم و غلظت کلر همگی با متوسط وزنی کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه نشان دادند. ناطقی (۱۳۸۶) با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای آب، زمین و پوشش به بررسی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی در استان اصفهان پرداخت که نتایج نشان داد، معیار آب با متوسط وزنی ۳/۱۷ در کلاس بیابان‌زایی خیلی‌شدید طبقه‌بندی می‌شود. رضوی (۱۳۸۷) در کویر میقان اراک نشان داد که بیابان‌زایی شاخص هدایت‌الکتریکی خاک شدید بوده و این شاخص مهم‌ترین شاخص بیابان‌زایی در منطقه است.

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی معیارهای آب و خاک بر اساس روش‌شناسی مدالوس در وضعیت بیابان‌زایی منطقه عین خوش استان ایلام و درنهایت ارائه نقشه بیابان‌زایی در منطقه پرداختند که بر اساس آن کلاس شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه بحرانی برآورد شد. فتاحی (۱۳۸۸) روند بیابان‌زایی در استان قم را با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب بررسی کرد. نتایج نشان داد که فعالیت‌های انسانی و دست‌کاری او در طبیعت به‌عنوان عامل اصلی تغییر انواع کاربری اراضی و افت کمی و کیفی منابع آب در استان قم بوده که می‌تواند تشدید بیابان‌زایی را به دنبال داشته باشد. ذاکری نژاد و همکاران (۱۳۹۱) شدت بیابان‌زایی زرین‌دشت فارس با استفاده از مدل IMDPA با تکیه بر معیار آب زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد ۳۷/۴۱ و ۶۲/۵۹ درصد از سطح اراضی منطقه به

آمده متوسط دمای سالانه دشت مهران حدود ۲۱/۵ درجه سلسیوس، میانگین گرم‌ترین ماه سال (تیر) ۴۳ درجه سلسیوس و میانگین سردترین ماه سال (دی) ۴/۹ درجه سلسیوس است. حداکثر مطلق دمای هوا در این منطقه ۴۷/۹ درجه سلسیوس و حداقل مطلق آن ۷/۴- درجه سلسیوس ثبت شده است. از لحاظ شرایط اقلیمی این منطقه جزو مناطق نیمه‌خشک معتدل با متوسط بارندگی ۲۱۵ میلی‌متر در سال است.

در این مطالعه از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)<sup>۳</sup> که با توجه به شرایط کشور ایران تدوین و در مناطق مختلف اقلیمی و اسنجی شده است، جهت ارزیابی روند بیابان‌زایی و تهیه نقشه آن استفاده شد. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تلفیق لایه‌ها و محاسبه الگوریتم‌ها از نکات برجسته این مدل است. در این مدل جهت ارزیابی بیابان‌زایی از ۹ معیار (اقلیم، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، آب، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، فرسایش، اقتصادی اجتماعی و توسعه شهری-صنعتی) و ۳۶ شاخص استفاده شده است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). هر یک از شاخص‌ها و نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی در چهار کلاس خطر کم (ناچیز)، خطر متوسط، خطر شدید و خیلی‌شدید طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱). در این روش به هر لایه بر اساس تأثیر آن بر بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و استناد به کار پژوهش‌گران و با توجه به شرایط منطقه، وزنی بین ۱ تا ۴ داده می‌شود. نحوه وزن دهی به صورت برابر است، به طوری که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین وزن بوده است.

جهت بررسی وضعیت کیفیت آب زیرزمینی منطقه دشت مهران با توجه به مرور منابع و تأکید بر چهار شاخص EC، SAR، CL و TDS این شاخص‌ها انتخاب گردید. جهت رسیدن به این شاخص‌ها سعی شده است مطالعات نسبتاً کاملی در منطقه صورت گیرد. در ابتدا با توجه به اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی، موقعیت کلیه چاه‌های موجود در منطقه مطالعاتی ترسیم گردید (شکل ۱). سپس به منظور شناخت وضعیت کیفی آب در مناطق مختلف سفره آب زیرزمینی دشت مهران آمار مربوط به ۹ چاه کیفی موجود در منطقه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سه دوره زمانی (۸۳-۱۳۸۰، ۸۷-۱۳۸۴ و ۹۱-۱۳۸۸) در نظر گرفته شد. سپس به منظور بررسی میزان

ترتیب در کلاس‌های شدید و خیلی‌شدید بیابان‌زایی قرار دارند. حسینی و همکاران (۱۳۸۹) به پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته در دشت سیستان پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که ۵۵ درصد از منطقه در کلاس متوسط بیابان‌زایی، ۲۶/۳۴ در کلاس شدید بیابان‌زایی و ۱۸/۶۴ در کلاس بسیار شدید بیابان‌زایی قرار دارد.

لاوازو و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی نقش تغییر اقلیم و فرسایش در روند بیابان‌زایی در منطقه حومه شهری کشورهای جنوب صحرا اوگادوگا در بورکینافاسو<sup>۱</sup> پرداختند. این پژوهش بر مبنای پروژه مدالوس بوده و علاوه بر شاخص‌های آب‌وهوا، خاک، پوشش گیاهی و مدیریت زمین، به منظور ارتقا روش، شاخص کیفیت فرسایش نیز اضافه شد. نتایج به دست آمده مناطقی را که مدیریت کارآمدتری داشتند، مشخص نمود.

کاو و بلال (۲۰۱۱) با استفاده از GIS به ارزیابی حساسیت به بیابان‌زایی در منطقه‌ای مجاور دریاچه المانزالا<sup>۲</sup> در شرق دلتای نیل در مصر پرداخته‌اند. در این پژوهش از لایه‌هایی مثل خاک، پوشش گیاهی و کیفیت آب و هوا استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان دهنده آن است که مناطق با حساسیت زیاد در رسوبات رودخانه‌ای دریایی قرار دارد و مناطق با حساسیت متوسط در دشت دریاچه‌ای یافت می‌شود.

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شاخص‌های کیفیت آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از عوامل بیابان‌زا بر روند بیابان‌زایی منطقه دشت مهران در جنوب استان ایلام با استفاده از مدل IMDPA است.

## مواد و روش‌ها

منطقه بیابانی مهران در جنوب‌غربی ایلام و در ساحل چپ رودخانه کنجان چم واقع گردیده است. امتداد شمال غربی، غرب و جنوب مهران به مرز عراق منتهی و از طرف شرق به دهلران محدود می‌گردد. مساحت این منطقه ۴۹۵ کیلومترمربع است که در محدوده جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ دقیقه و ۵ دقیقه تا ۴۶ دقیقه و ۱۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بر اساس بررسی‌های به عمل

1- Ouagadougou and Burkina Faso

2- Elmanzala

ارزش عددی معیارها از میانگین هندسی شاخص‌های مورد مطالعه تعیین می‌گردد (معادله (۲)).

$$(۲) \text{ معیار کیفیت آب زیرزمینی} = \sqrt[۴]{(\text{هدایت الکتریکی} * \text{نسبت جذب سدیم} * \text{کلر} * \text{کل مواد جامد محلول})}$$

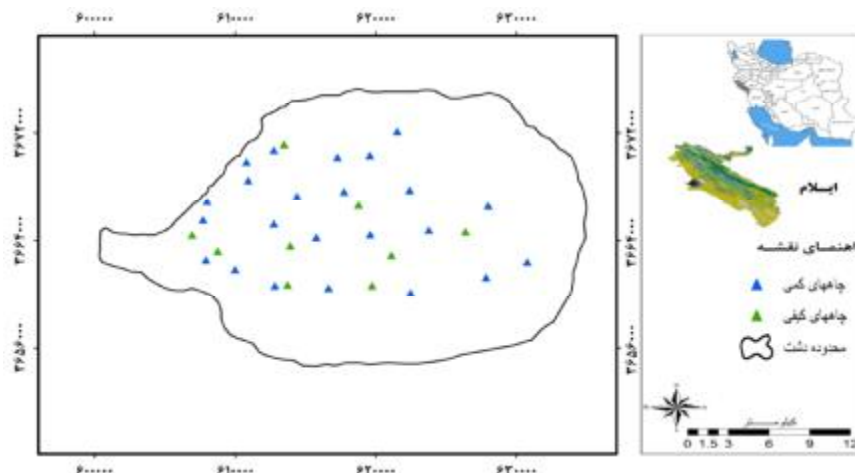
لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر شاخص و معیار برای هر سه دوره با روش درون‌یابی و امتیازدهی در محیط GIS تهیه گردید. در نهایت پس از تهیه لایه‌های مربوط به معیار کیفیت آب چاه‌های مورد مطالعه از تلفیق شاخص‌ها در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه نهایی وضعیت بیابان‌زایی منطقه برای هر سه دوره موردنظر به دست آمد و با توجه به جدول ۲ در کلاس‌های بیابان‌زایی ناچیز و کم، متوسط، شدید و خیلی شدید طبقه‌بندی گردید.

شدت بیابان‌زایی دشت مهران بر اساس مدل IMDPA از معیار کیفیت آب استفاده گردید. پس از تعیین ارزش عددی هر شاخص، ارزش عددی معیار از میانگین هندسی شاخص‌های مورد مطالعه تعیین می‌گردد.

بر اساس این مدل برای تعیین شدت بیابان‌زایی هر معیار، از میانگین هندسی شاخص همان معیار طبق معادله (۱) استفاده می‌شود:

$$\text{Index} = [(Layer1) \cdot (Layer2) \dots (Layer n)]^{1/n} \quad (۱)$$

که در آن، Index معیار موردنظر، Layer شاخص‌های هر معیار و n تعداد شاخص‌های هر معیار می‌باشند. جدول ۱ طبقه‌بندی ارزش عددی شاخص‌های کیفیت آب را نشان می‌دهد. پس از تعیین ارزش عددی هر شاخص،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت مهران

جدول ۱- تعیین امتیاز شاخص‌های معیار آب در مدل IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس بیابان‌زایی				شاخص ارزیابی
بسیار شدید	شدید	متوسط	کم	امتیاز
۳/۵۱-۴	۲/۵۱-۳/۵	۱/۵۱-۲/۵۰	۱/۰۰-۱/۵۰	EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )
>۵۰۰	۲۲۵-۵۰۰	۷۵-۲۲۵	<۷۵	SAR ( $\mu\text{mhos/cm}$ )
>۳۲	۲۶-۳۲	۱۵-۲۶	<۱۵	Cl ( $\mu\text{mhos/cm}$ )
>۱۵۰۰	۵۰۰-۱۵۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۰-۲۵۰	TDS ( $\mu\text{mhos/cm}$ )
>۳۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰	

جدول ۲- توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی

دامنه ارزش عددی	کلاس شدت بیابان‌زایی	طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی
۰-۱/۵	۱	ناچیز و کم
۱/۵۱-۲/۵	۲	متوسط
۲/۵۱-۳/۵	۳	شدید
۳/۵۱-۴	۴	بسیار شدید

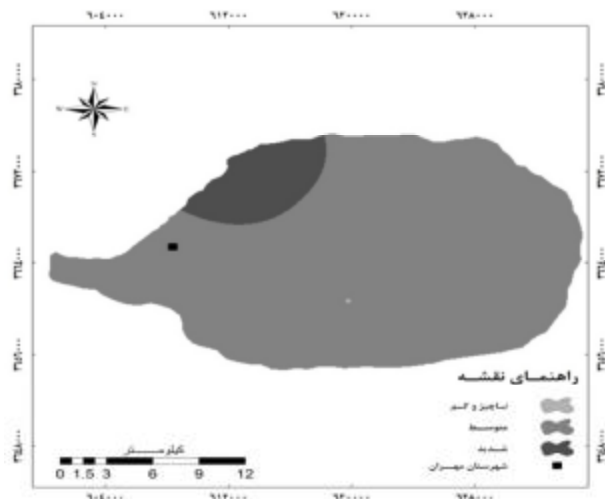
## نتایج و بحث

شاخص‌های کلر و نسبت جذب سدیم در هر سه دوره ارائه شده است. شکل‌های ۹ تا ۱۱ نشان‌دهنده نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه بر اساس معیار کیفیت آب می‌باشند. این شکل‌ها نشان می‌دهند که شدت بیابان‌زایی در دشت مهران از ابتدای دوره به سمت انتهای دوره افزایش یافته است.

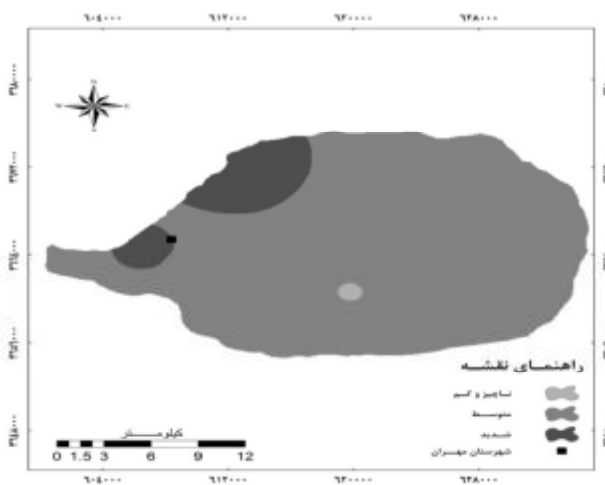
جدول ۳ نشان‌دهنده ارزش عددی شاخص کیفیت آب زیرزمینی دشت مهران در سه دوره مورد بررسی (۸۳-۱۳۸۰، ۸۷-۱۳۸۴ و ۹۱-۱۳۸۸) است. شکل‌های ۲ تا ۷ نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه بر اساس پارامترهای EC و TDS در سه دوره زمانی مورد بررسی را نشان می‌دهند. در شکل ۸ نقشه شدت بیابان‌زایی

جدول ۳- میانگین هندسی ارزش کمی شاخص‌های کیفیت آب زیرزمینی در دشت مهران

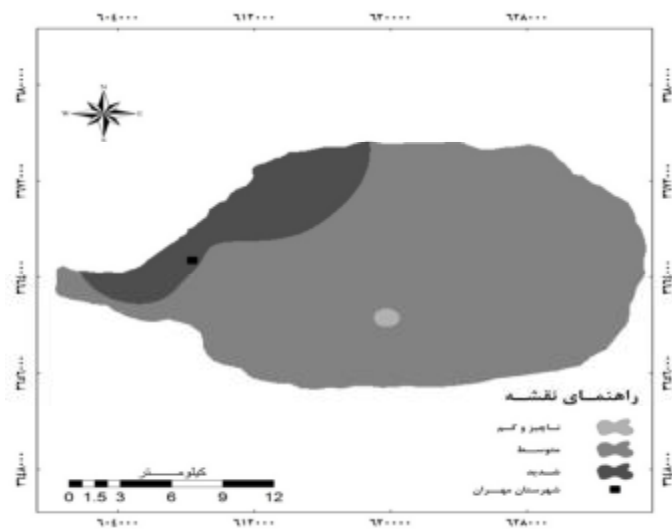
شاخص معیار	دوره ۱۳۸۰-۸۳		دوره ۱۳۸۴-۸۷		دوره ۱۳۸۸-۹۱	
	وضعیت بیابان‌زایی	امتیاز شاخص	وضعیت بیابان‌زایی	امتیاز شاخص	وضعیت بیابان‌زایی	امتیاز شاخص
EC	متوسط	۲/۰۷	متوسط	۲/۰۶	متوسط	۲/۴
TDS	ناچیز و کم	۱/۴۵	ناچیز و کم	۱/۴۳	متوسط	۱/۵۲
CL	ناچیز و کم	۱/۰۳	ناچیز و کم	۱/۰۱	ناچیز و کم	۱/۰۵
SAR	ناچیز و کم	۱/۰۶	ناچیز و کم	۱/۰۳	ناچیز و کم	۱/۰۶



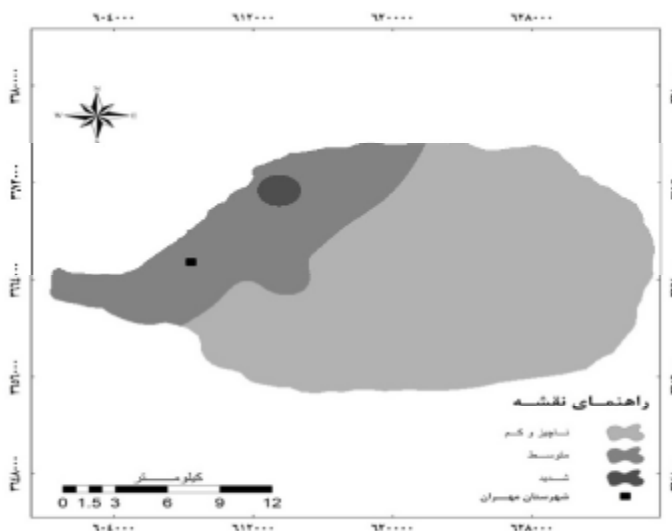
شکل ۲- نقشه شدت بیابان‌زایی دشت مهران بر اساس معیار EC در دوره (۸۳-۱۳۸۰)



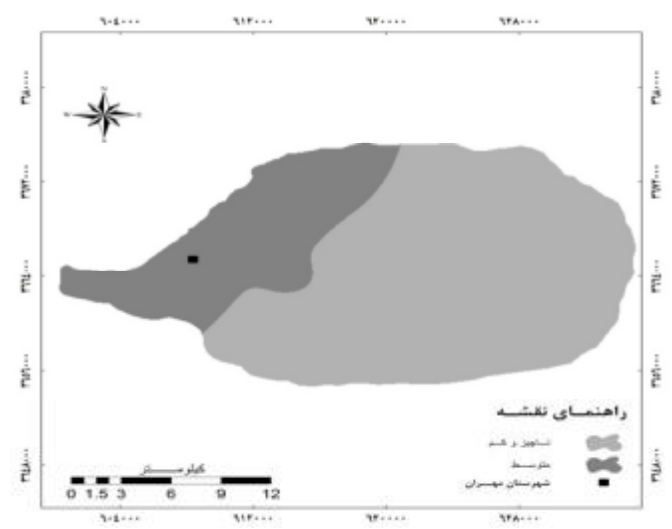
شکل ۳- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار EC در دوره (۸۷-۱۳۸۴)



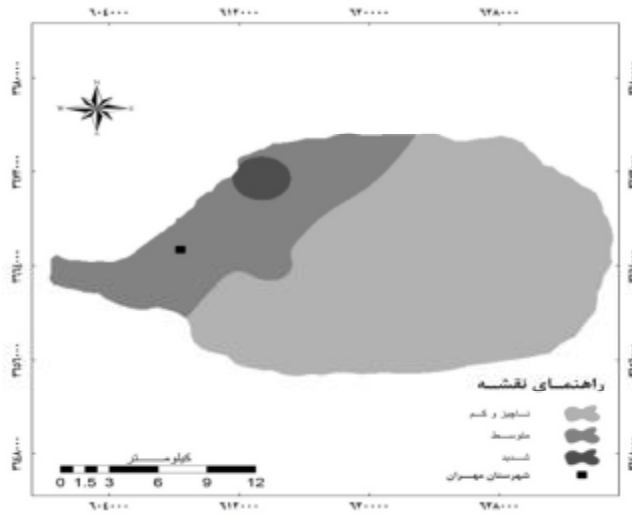
شکل ۴- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار EC در دوره (۱۳۸۸-۹۱)



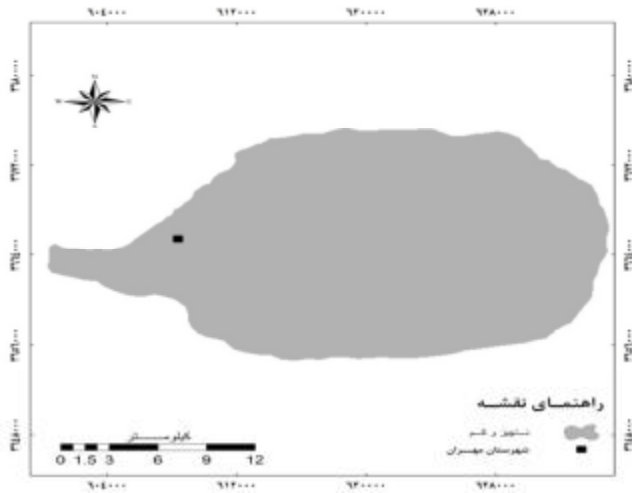
شکل ۵- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار TDS در دوره (۱۳۸۰-۸۳)



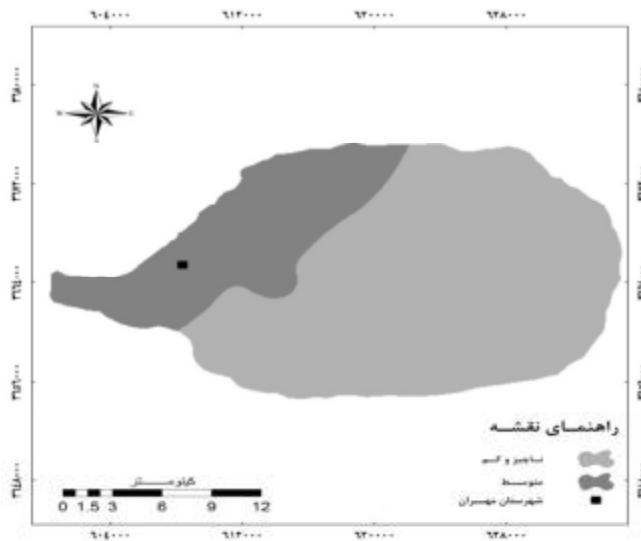
شکل ۶- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار TDS در دوره (۱۳۸۴-۸۷)



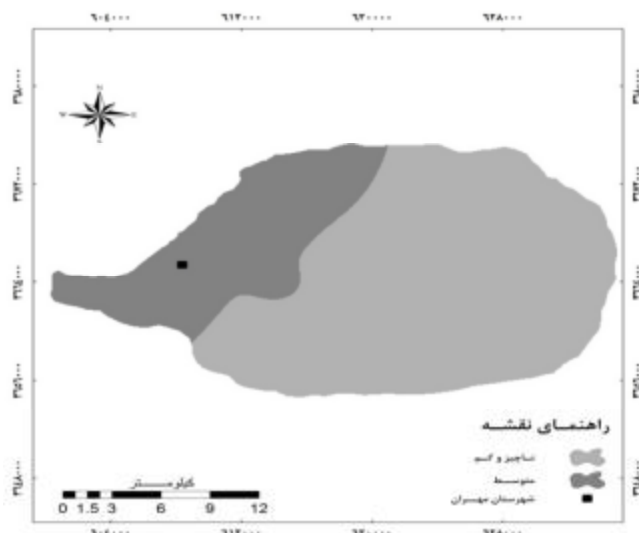
شکل ۷- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار TDS در دوره (۹۱-۱۳۸۸)



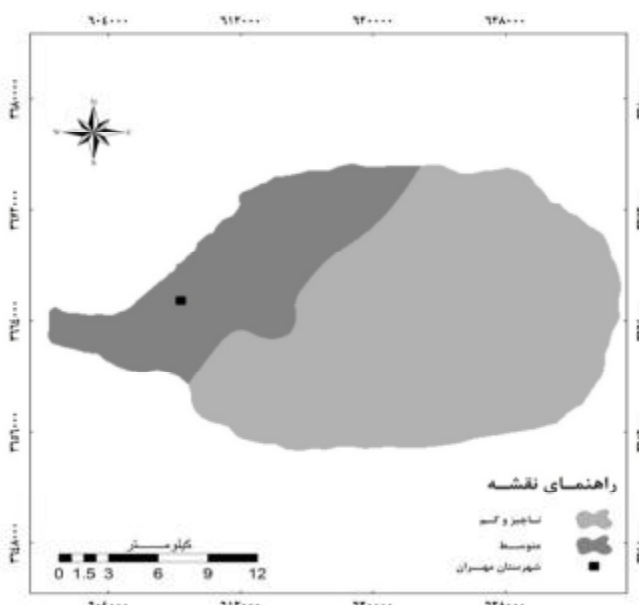
شکل ۸- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار CI و SAR در هر سه دوره



شکل ۹- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار کیفیت آب در دوره (۸۳-۱۳۸۰)



شکل ۱۰- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار کیفیت آب در دوره (۱۳۸۴-۸۸)



شکل ۱۱- نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار کیفیت آب در دوره (۱۳۸۸-۹۱)

پارامتر تأثیرگذار در روند بیابانی شدن منطقه، مساحت و درصد هر طبقه بیابان‌زایی را بر اساس معیار هدایت‌الکتریکی در منطقه نشان می‌دهد.

جدول ۴ درصد مساحت اراضی به هکتار در هر کلاس بیابان‌زایی را نمایش می‌دهد. همچنین جدول ۵ با توجه به اهمیت نقش هدایت‌الکتریکی آب زیرزمینی به‌عنوان

جدول ۴- مساحت و درصد طبقات بیابان‌زایی در دشت مهران در هر سه دوره مورد مطالعه

متوسط		ناچیز و کم		
درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	
۲۷/۱۶	۱۳۴/۶۴	۷۲/۸۴	۳۶۱/۱۵	دوره ۱۳۸۰-۸۳
۲۷/۴۳	۱۳۵/۵۹	۷۲/۵۷	۳۵۹/۸۴	دوره ۱۳۸۴-۸۷
۲۸/۱۱	۱۳۹/۳۴	۷۱/۸۹	۳۶۵/۴۵	دوره ۱۳۸۸-۹۱



جدول ۵- مساحت و درصد طبقات بیابان‌زایی در دشت مهران بر اساس EC آب زیرزمینی

دوره	ناچیز و کم		متوسط		شدید	
	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد
دوره ۸۳-۱۳۸۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۴۵۱/۲	۹۱	۴۴/۴	۸/۹۵
دوره ۸۷-۱۳۸۴	۱/۹	۰/۳۸	۴۴۶/۴	۹۰/۰۶	۴۷/۴	۹/۵۶
دوره ۹۱-۱۳۸۸	۱/۸	۰/۳۷	۴۲۲/۲	۸۵/۱۶	۷۱/۷	۱۴/۴۷

با توجه به تأثیر افت آب زیرزمینی منطقه در کیفیت آب منطقه تغییرات افت آب زیرزمینی در هر سه دوره زمانی مورد بررسی در ۲۳ چاه پیژومتری منطقه مورد مطالعه بررسی و نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی منطقه و هیدروگراف واحد دشت در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ ارائه شده است.

با توجه به تغییرات افت آب زیرزمینی در هیدروگراف واحد منطقه (شکل ۱۳)، بیشتر بودن میزان برداشت و افت آب زیرزمینی در دوره سوم (۹۱-۱۳۸۸) و همچنین نتایج حاصل از نقشه بیابان‌زایی، در این دوره شدت بیابان‌زایی بر اساس کیفیت آب زیرزمینی رو به افزایش است، می‌توان گفت تخریب کیفیت آب به دلیل پمپاژ و برداشت بی‌رویه بوده است. همچنین با در نظر گرفتن نقشه هم‌تراز (پتانسیل) آب زیرزمینی منطقه (شکل ۱۲) و توجه به این نکته که حرکت آب زیرزمینی به صورت کلی از تراز بالاتر به سمت تراز پایین‌تر و یا از سمت تغذیه به سمت مقاطع تخلیه است، در جهت غرب منطقه تراز آب در حال کاهش است (به خاطر بهره‌برداری‌های بیش‌ازحد در این منطقه). همچنین تمرکز اراضی کشاورزی در این قسمت از منطقه بیشتر است (با توجه به بررسی‌های میدانی). هرچه پتانسیل آب پایین‌تر بوده کیفیت آب به خصوص تغییرات هدایت الکتریکی بیشتر است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که شاخص هدایت الکتریکی تأثیر بیشتری در بیابان‌زایی منطقه داشته است و این نتایج با یافته‌های خسروی و همکاران (۲۰۱۰) در منطقه کاشان، و نیز بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب گرمسار (دولت‌شاهی، ۱۳۸۶)، ابوزیدآباد (عبدی، ۱۳۸۶)، دشت فیدویه- گرمشت (سپهر، ۱۳۸۴)، شاکریان و همکاران (۱۳۹۰) در جرقویه اصفهان و کویر میقان اراک (رضوی ۱۳۸۷) مبنی بر تأثیر شاخص هدایت الکتریکی بر بیابان‌زایی منطقه همخوانی دارد.

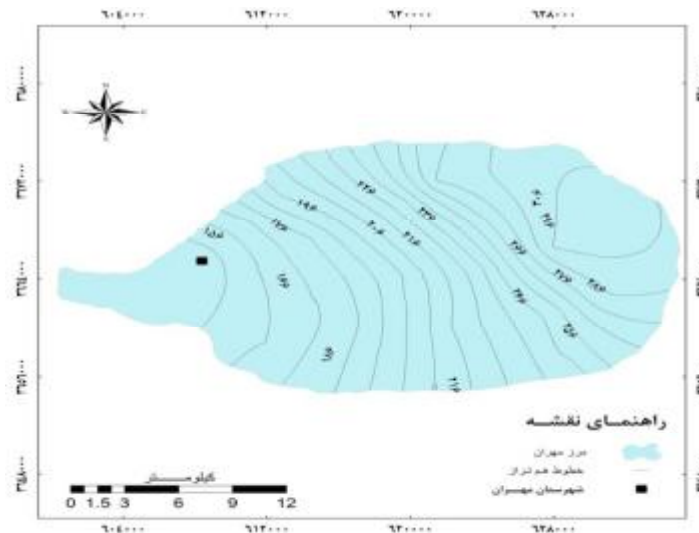
شاخص‌های کلر و نسبت جذب سدیم با توجه به اینکه شدت بیابان‌زایی کل منطقه بر اساس این دو شاخص در طبقه ناچیز و کم قرار گرفته تأثیری و امتیاز شاخص کمی

(کمتر از ۱/۵) دارد در شدت بیابان‌زایی منطقه ندارد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میزان کلر و نسبت جذب سدیم در کل منطقه مورد مطالعه طی سالیان اخیر دچار نوسان زیادی نبوده است به طوری که در اکثر نقاط در کلاس ناچیز بیابان‌زایی قرار گرفته است و به صورت عینی اثرات این شاخص در این مناطق قابل مشاهده نیست. میزان مواد جامد محلول نسبت به کلر و نسبت جذب سدیم در دوره پایانی تغییرات بیشتری دارد به طوری که در دو دوره اول در بر اساس این شاخص منطقه در طبقه بیابان‌زایی کم و ناچیز قرار گرفته در حالیکه در دوره پایانی به دلیل افزایش غلظت این مواد، منطقه در طبقه بیابان‌زایی متوسط قرار گرفته است. نقشه شدت بیابان‌زایی در دشت مهران بر اساس شاخص هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که شدت بیابان‌زایی از ابتدای دوره به سمت انتهای دوره افزایش یافته است طوری که ۸/۹۵ درصد از سطح منطقه در دوره اول در طبقه شدید قرار دارد که مقدار این طبقه در دوره پایانی به ۱۴/۴۷ درصد از سطح منطقه افزایش می‌یابد.

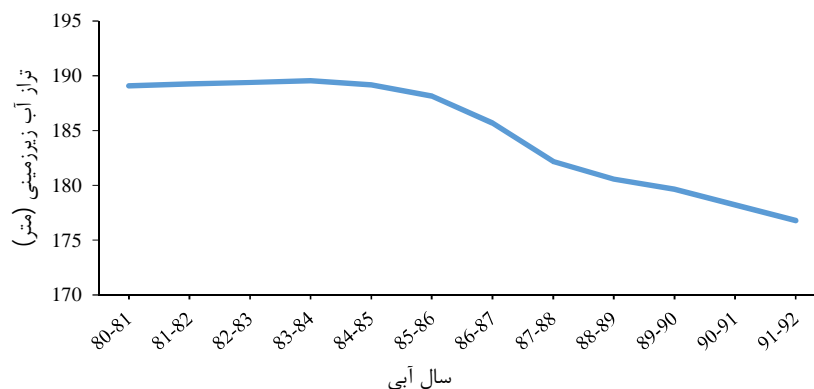
کاهش سطح آب زیرزمینی به دلیل حفر چاه‌های متعدد آب منجر به افزایش هدایت الکتریکی آب چاه‌ها و شوری آن‌ها گردیده است. افت بیش‌ازحد آب بر اثر برداشت بی‌رویه و عوامل دیگر همچون تغییر اقلیم موجب شده شوری آب افزایش یابد و بدین ترتیب خاک منطقه را نیز شور کند. قطعاً به تبع شور شدن آب و سپس خاک، پوشش گیاهی منطقه دچار آسیب جدی خواهد شد با افزایش سطح کشاورزی، سطح بیابان‌ها گسترده‌تر و علاوه برافت سطح آبخوان‌ها، کیفیت آب هم بدتر شده است و این گامی است در جهت بیابان‌زایی، زیرا بدون توجه به پتانسیل سفره آب زیرزمینی و آبخوان‌ها اقدام به حفر چاه عمیق می‌شود که با پمپاژ بی‌رویه آب تعادل هیدرو استاتیک بین آب‌شور و آب شیرین به هم می‌خورد و موجب بالا آمدن آب شور می‌شود. مخلوط شدن لایه‌های شور و شیرین آب بر اثر کاهش سفره‌های آب زیرزمینی

آبخیزداری در منطقه، استفاده صحیح از آب و مکانیزه کردن کشاورزی از شور شدن بیش‌ازحد آب و تخریب کیفیت آب جلوگیری کرد.

باعث کاهش پوشش گیاهی می‌شود، چراکه کیفیت آب یکی از شاخصه‌های مهم در زادآوری خاک است و هنگامی که خاک شور شود، مواد مغذی به گیاه نمی‌رسد. با به‌کارگیری روش‌های بیابان‌زدایی از طریق افزایش



شکل ۱۲- نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی منطقه



شکل ۱۳- هیدرو گراف واحد دشت مهران

ارزش عدد نهایی بیابان‌زایی گردیده است زیرا ارزش هر معیار از میانگین هندسی ارزش عددی شاخص‌های تشکیل‌دهنده به دست می‌آید و ارزش عددی کل بیابان‌زایی از میانگین هندسی ارزش عددی معیارها به دست می‌آید). بنابراین شاخص هدایت الکتریکی مهمترین شاخص مؤثر در بیابانی شدن منطقه است. باتوجه به اینکه یکی از دلایل افزایش هدایت الکتریکی افت آب است پیشنهاد می‌شود در این منطقه و سایر مناطق مشابه کشور با هوشمند کردن چاه‌های برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی توسط دستگاهی نظیر کارت

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی متوسط وزنی ارزش کمی شاخص‌های مورد بررسی در معیار کیفیت آب نشان داد که در منطقه مورد مطالعه متوسط وزنی معیار کیفیت آب در وضعیت بیابان‌زایی کم و ناچیز قرار دارد، از بین شاخص‌های بررسی شده کیفیت آب، با توجه به اینکه عدد به دست آمده از ارزش‌دهی شاخص (امتیاز شاخص) هدایت الکتریکی نسبت به شاخص‌های دیگر بیشتر بوده است پس نقش بیشتری را در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه از نظر معیار آب داشته است (یعنی موجب افزایش

معیار آب زیرزمینی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: زرین دشت فارس)، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۲(۷): ۱-۱۰.

8. سپهر ع. معیری م. اختصاصی م. و آقاجانی س. ۱۳۸۷. بررسی کاربرد روش مدالوس به منظور ارائه یک مدل منطقه‌ای برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. نشریه دانشکده منابع طبیعی. ۶۲(۳): ۵۳۷-۵۵۴.

9. شاکریان ن. زهتابیان غ. م. آذرنبوند ح. و خسروی ح. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه جرقویه اصفهان با استفاده از مدل IMDPA (با تأکید بر معیارهای آب، خاک و پوشش گیاهی)، فصلنامه مرتع و آبخیزداری. ۶۴(۴): ۴۱۱-۴۲۱.

10. عبدی ژ. ۱۳۸۶. بررسی و تهیه نقشه بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA با تأکید بر دو معیار آب و خاک (منطقه آبوزیدآباد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۳۰ ص.

11. فتاحی م. م. ۱۳۸۸. 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. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۶(۲): ۲۳۴-۲۵۳.

12. قاسمی م. ۱۳۸۵. بررسی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با تکیه بر آب‌خاک جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه زابل). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۱۰۵ ص.

13. ناطقی س. ۱۳۸۶. ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگری با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر مسائل آب، زمین و پوشش گیاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۳۰ ص.

14. Kawy W. A. A. and Belal. A. A. 2011. GIS to Assess the Environmental Sensitivity for Desertification in Soil Adjacent to El-Manzala Lake, East of Nile Delta, Egypt. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 10(5): 844-856.

15. Khosravi H. Zehtabian Gh. Ahmadi H. and Azarnivand H. 2010. Determination of

سوخت از برداشت بی‌رویه جلوگیری شود بدین معنی که برق هر چاه پس از برداشت به میزان مجاز صادر شده در پروانه آن، قطع گردد تا امکان اضافه برداشت از این منابع فراهم نباشد. در حال حاضر در تمامی حوضه‌های آبریز کشور متأسفانه تعداد بسیار زیادی چاه پمپاژ آب زیرزمینی غیرمجاز حفر شده که منجر به پایین‌افتادگی بیش‌ازحد سطح آب زیرزمینی و خشک شدن سفره‌ها شده است، لذا پلمپ کردن چاه‌های غیرمجاز و جلوگیری از اضافه برداشت‌ها یکی دیگر از اقدامات مؤثر حل بحران آب است.

## منابع

- اختصاصی م. ر. سپهر ع. ۱۳۹۰. روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. چاپ اول. دانشگاه یزد. ۲۸۸ ص.
- حسینی م. قره دباغی ح. و امیری ا. ۱۳۸۹. ارزیابی و تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته (مطالعه موردی: سیستان)، اکوفیزیولوژی گیاهی. ۶(۲): ۸۶-۱۰۱.
- درویش م. ۱۳۸۲. مقدمه‌ای بر روش تدوین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. فصلنامه پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۰(۲): ۳۰۱-۳۲۰.
- دولت‌شاهی ر. ۱۳۸۶. تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA با تأکید بر سه معیار آب، خاک و پوشش گیاهی، مطالعه موردی: جنوب گرمسار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۸۷ ص.
- رضوی م. ۱۳۸۷. مقایسه میانگین‌گیری هندسی با حسابی در برآورد شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی: کویر میقان اراک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۰۰ ص.
- زهتابیان غ. ر. احمدی، ح. و آزادانیا ف. ۱۳۸۷. بررسی‌های معیار آب و خاک در بیابان‌زایی منطقه عین خوش دهلران (دشت ابوغویر)، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۸۱: ۱۶۲-۱۶۹.
- ذاکری‌نژاد ر. مسعودی م. فلاح شمسی س. ر. و افزلی س. ف. ۱۳۹۱. ارزیابی شدت بیابان‌زایی با

- desertification severity in Kashan region using IMDPA model, 6<sup>th</sup> International GIAN Symposium-Cum- Workshop Protection and Utilization, University of Tehran. 6 p.
16. Lavazzo P. Terracciano S. Topa M. E. Adamo P. Coly A. De Paola F. Giordano S. Giugni M. and Traoré S. E. 2013. The role of climate change and erosion processes in desertification process in a sub-Saharan peri-urban area (Ouagadougou, Burkina Faso). Geophysical Research Abstracts. 15: EGU2013-2229.