



پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار تخریب منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل بیابان‌زایی مدالوس، مطالعه‌ی موردی: محدوده‌ی پیرامون دریاچه‌ی ارومیه

فاطمه خدائی قشلاق^۱، شهرام روستائی^{۲*}، داود مختاری^۳

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۰۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی در محدوده‌ی پیرامونی دریاچه ارومیه با تأکید بر معیار آب‌های زیرزمینی بر اساس مدل بیابان‌زایی مدالوس در بازه‌ی زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ میلادی صورت پذیرفت. در جهت رسیدن به این هدف، چهار شاخص معیار آب‌های زیرزمینی شامل میزان هدایت الکتریکی، میزان کلر موجود در آب‌های زیرزمینی، میزان جذب سدیمی و میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی به عنوان شاخص‌های دخیل در فرآیند بیابانی شدن اراضی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مذکور در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS در قالب لایه‌های اطلاعاتی و در ادامه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه و سپس بر اساس جدولی که در مدل مدالوس جهت وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی آب‌های زیرزمینی ارائه شده است تبدیل به لایه‌های وزن‌دار شد. بر طبق نتایج، از وسعت ۱۴۳۹۵ کیلومترمربعی از محدوده‌ی مورد مطالعه ۲۱۲ کیلومتر در کلاس بسیار شدید بیابان‌زایی، ۳۳۸ کیلومتر در کلاس بیابان‌زایی شدید، ۱۷۰۸ کیلومتر مربع در کلاس بیابان‌زایی متوسط، ۴۷۲۳ کیلومتر در کلاس بیابان‌زایی ضعیف و ۷۴۱۴ کیلومتر مربع در کلاس بدون بیابان‌زایی قرار دارد. مناطق واقع در منتهی‌الیه جنوب و جنوب‌شرق دریاچه ارومیه به دلیل دارا بودن میزان هدایت الکتریکی (۴۶۰۰-۲۴۰۰ دسی‌زیمنس بر متر)، میزان کلر (۱۰۳۳-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، میزان جذب سدیمی (۲۷-۹۲ میلی‌گرم در لیتر) بیشتر از سایر نواحی در برابر وقوع خطر بیابان‌زایی آسیب‌پذیر می‌باشند. از سوی دیگر در این نواحی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی به طور میانگین بیش از ۵۰ سانتی‌متر در ۱۸ سال افت پیدا کرده است. بر پایه‌ی مطالعات صورت پذیرفته، برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی به دلیل دارا بودن کاربری اراضی کشاورزی و باغی در واحد آبرفت‌های کوتاه‌تری از علل آلودگی آب‌های زیرزمینی نواحی واقع در کلاس خطر بسیار شدید و در نتیجه حساسیت بالای این نواحی در برابر خطر وقوع بیابان‌زایی است.

کلمات کلیدی: بیابان‌زایی، میزان هدایت الکتریکی، روش درون‌یابی کریجینگ، نرم‌افزار ArcGIS

۱- مقدمه

پدیده بیابان‌زایی به فرایند تخریب و انهدام اکوسیستم‌های طبیعی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب اطلاق می‌شود که کاهش تولید زیست‌توده و ظهور آثار تخریب خاک یا فرسایش را به دنبال دارد (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰: ۱۴). بیابان‌زایی بر اثر عوامل طبیعی نظیر متغیرهای اقلیمی و فعالیت‌های انسانی رخ داده (بینال^۱ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۰)، (کلادو^۲ و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۲۱) و تأثیر آن بر روی فرآیندهای اکولوژیکی بسیار زیاد و پیچیده است نظیر تأثیر منفی بر روی ویژگی‌های گیاهی (مانند بیومس، تراکم و مساحت اراضی تحت پوشش گیاهی)، کاهش و نقصان تنوع زیستی و باروری خاک، تغییر درالگوهای چشم‌اندازی نواحی خشک در مقیاس‌های مختلف جغرافیایی (زو^۳ و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۷۳۸) از این‌رو، نظارت، ارزیابی و بررسی موجودیت مکانی وقوع پدیده بیابان‌زایی، پیش‌نیاز اصلی تدوین استراتژی‌های مرتبط با کاهش اثرات بیابان‌زایی و افزایش پایداری و مقاومت محیطی در برابر تهدید خطر تخریب زمین و بیابان‌زایی است (بینال و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۱). تخریب منابع آبی چه به صورت کمی و چه به صورت کیفی می‌تواند منجر به کاهش زیست‌توده و نهایتاً بیابان‌زایی شود زیرا، بسیاری از عرصه‌های منابع طبیعی در اثر استفاده بی‌رویه و عدم مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی تخریب و تبدیل به بیابان می‌شود (بزرگر و مسعودی، ۱۳۹۶: ۴۹). کیفیت آب زیرزمینی حاصل تمام فرآیندها و واکنش‌هایی است که روی آب از لحظه‌ی تراکم در اتمسفر تا زمان تخلیه شدن از یک چاه یا چشمه عمل می‌کنند (نادری، ۱۳۹۶: ۳). بررسی وقوع پدیده بیابان‌زایی از سوی محققان مختلف، در نواحی مختلف جهان مورد مطالعه قرار گرفته است.

کوی^۴ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۷ و بررسی تغییرات دو شاخص پوشش گیاهی و خاک به ارزیابی روند بیابان‌زایی در طی ۱۰ سال اخیر در صحرای گبی چین پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که گسترش بیابان‌زایی به طور واضحی در منطقه‌ی شرق صحرای گبی و اراضی کشاورزی مجاور آن قابل مشاهده است. کوندو^۵ و همکاران (۲۰۱۴) از تصاویر TM ماهواره‌ی لندست ۵ و ۷ مربوط به سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۹۵-۱۹۹۹ م و تصاویر ETM لندست ۷ سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۹ م برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی و اراضی بایر بر طبق روش ترکیب طیفی خطی^۶ در غرب ایالت راجستان^۷ هند استفاده نموده‌اند. نتایج حاکی از کاهش پوشش گیاهی در برخی نواحی و افزایش اراضی بایر به نفع بیابان‌زایی است. لیانگ لیانگ^۸ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به بررسی روند بیابان‌زایی در خلال سال‌های ۱۹۸۲-

1- Binal A. Christian, P.S. Dhinwa, Ajai

2- Collado, A. Chuvieco, E. Camarasa, A.

3- Xu, D. Kang, X. Qiu, D. Zhuang, D. Pan, J

4- Cui, Guishan. Lee, Woo-Kyun. Kwak, Doo-Ahn.

Choi, Sungho

5- Kundu, A. Patel, N. Saha, S. Dutta, D

6- linear spectral unmixing (LSU) method

7- Rajasthan

8- Liangliang, J. Guli, j. Anming. B. Alishir, K.

۲۰۱۲ در منطقه‌ی آسیای مرکزی پرداخته‌اند. بر طبق نتایج به دست آمده، متغیرهای اقلیم نظیر کاهش بارندگی، افزایش دما، خشکسالی و عوامل انسانی مهم‌ترین عوامل ماشه‌ای بیابان‌زایی در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد. هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی تغییرات ۲۷ ساله کاربری اراضی در گسترش روند بیابانی شدن اراضی در منطقه‌ی شرق اصفهان و اراضی کشاورزی زاینده‌رود پرداخته است. پژوهش مذکور با به کارگیری تکنیک‌های سنجش از دوری و با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ لندست ۵ و ۷ و ۸ صورت پذیرفته است. نتایج نشان داد که ۸۶/۴۳ درصد اراضی واقع در حاشیه‌ی رودخانه به دلیل گسترش فعالیت‌های کشاورزی در حریم رودخانه و خشک شدن رودخانه، تخریب شده است. بوعلی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر شاخص‌های کیفیت آب زیرزمینی بر بیابان‌زایی اراضی دشت سگزی با استفاده از مدل Bayesian Belie Networks پرداخته‌اند. با توجه به نتایج حاصل به دلیل کیفیت پائین آب‌های زیرزمینی، بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه در کلاس شدید طبقه‌بندی شده و افت سطح آب، وضعیت یون کلرید و شریط هدایت الکتریکی آب‌های منطقه به عنوان مهم‌ترین پارامترهای دخیل در بیابان‌زایی در منطقه از لحاظ شرایط آب زیرزمینی بوده‌اند. مسعودی و همکاران (۱۳۹۴)، به ارزیابی بیابان‌زایی بر اساس دو معیار آب و اقلیم با استفاده از مدل ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی و نرم‌افزار GIS در دشت کاشان پرداخته‌اند. بر طبق نتایج سه شاخص افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و شاخص خشکی ترانسو دارای بیشترین تأثیر است. کریمی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر تغییر معیارهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر بیابان‌زایی دشت مهران در طی دو دوره‌ی ۱۳۸۱-۱۳۸۶ و ۱۳۹۱-۱۳۸۷ با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص خشکسالی SPI و افت آب زیرزمینی بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی محدودده‌ی مورد مطالعه داشته است.

طباطبایی‌فر و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر تغییرات زمانی شرایط اقلیمی و وضعیت آب زیرزمینی بر شدت بیابان‌زایی دشت گرمسار در دوره‌ی زمانی ۱۳۷۳-۱۳۷۵، ۱۳۷۵-۱۳۸۱، ۱۳۸۱-۱۳۸۸، ۱۳۸۸-۱۳۹۰، با بهره‌گیری از مدل ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی^۱ پرداخته‌اند. در این پژوهش برای معیار آب سه شاخص افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیمی در نظر گرفته شده است. بر طبق نتایج به دست آمده شاخص اقلیم ترانسو، افت آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی تأثیر بیشتری در بیابان‌زایی دشت گرمسار دارند. ذاکری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی شدت بیابان‌زایی با معیار آب زیرزمینی بر اساس شاخص‌های هدایت الکتریکی^۲ (EC)، افت آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم^۳ (SAR)، کلر (CL)، کمبود منابع

1- Iranian Model for Desertification Potential Assessment (IMDPA)

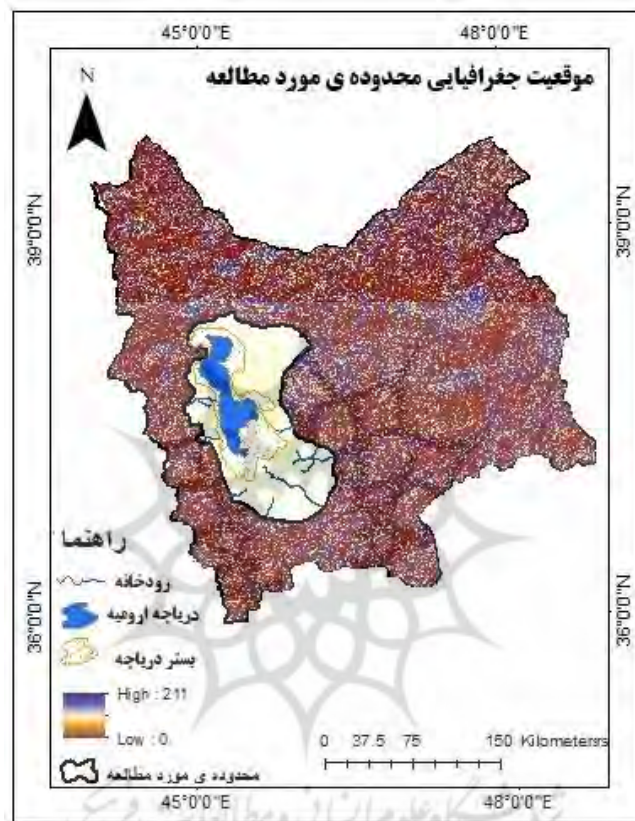
2- Electrical Conductivity
3- Sodium adsorption Ratio

آب و عمق سطح آب‌های زیرزمینی (M)، و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در زرین دشت استان فارس پرداخته‌اند. بر طبق نتایج، ۳۷/۴۱ و ۶۲/۵۹ درصد از سطح اراضی منطقه به ترتیب در کلاس‌های شدید و خیلی شدید بیابان‌زایی قرار دارند. حوضه‌ی آبریز ارومیه در طی چند دهه‌ی اخیر در نتیجه‌ی کنش و اندر کنش عوامل طبیعی و انسانی نوسانات زیادی را متحمل شده است و تخریب اراضی در آن با سرعتی پیش‌رونده در حال روی دادن می‌باشد. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی و پهنه‌بندی میزان استعداد محدوده‌ی مورد مطالعه از لحاظ وقوع پدیده‌ی بیابان‌زایی بر اساس معیار آب زیرزمینی و با استفاده از مدل بیابان‌زایی مدالوس در بازه‌ی زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ م. صورت پذیرفت.

۲- مواد و روش

۲-۱- معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، بخشی از حوضه‌ی آبریز ارومیه واقع در شمال غرب ایران، با مختصات جغرافیایی ۴۴ درجه و صفر دقیقه تا ۴۷ درجه و صفر دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و صفر دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی، دارای مساحتی معادل ۱۴۳۹۵ کیلومتر مربع است. دریاچه‌ی ارومیه، واقع در یک فرورفتگی طبیعی در مرکز محدوده‌ی مورد مطالعه در مرز بین دو استان آذربایجان غربی و شرقی، مهم‌ترین پیکره آبی محدوده‌ی مورد مطالعه است. شکل ۱ نشان‌دهنده‌ی موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی مورد مطالعه است. شمال و جنوب غرب محدوده‌ی مورد مطالعه در مقایسه با نواحی دیگر دارای تنوع واحدهای زمین‌شناسی بیشتری است زیرا در آن می‌توان انواع سازندهای دوران پرکامبرین همانند سازند کهر، سازندهای دوران اول زمین‌شناسی شامل سازند باروت، میلا، درود، روته و سازند شمشک متعلق به دوره ژوراسیک از دوران دوم زمین‌شناسی را مشاهده نمود. واحدهای زمین‌شناسی دوران سوم (میوسن) با تناوب مارن، ماسه‌سنگ، رس، کنگلومرا و آهک بلافاصله بعد از سازندهای دوران اول و دوم زمین‌شناسی و در پای ارتفاعات شمالی و جنوبی رخنمون دارند. آبرفت‌های کوتاه‌تری واقع در جنوب شرق و جنوب محدوده‌ی مورد مطالعه از مهم‌ترین سازندهای زمین‌شناسی حاضر در محدوده‌ی مورد مطالعه است که مساحت قابل توجهی از کل مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. مخروط‌افکنه‌های واقع در شمال، دشت‌های آبرفتی واقع در جنوب و جنوب شرق، پهنه‌های رسی و نمکی، توده‌های نفوذی و دایک‌ها از جمله توده‌ی گرانیتی قوشجی، از مهم‌ترین واحدهای ژئومورفولوژیکی حاضر در محدوده‌ی مورد مطالعه است. عمده‌ترین نوع کاربری اراضی، از نوع کاربری کشاورزی و باغی است که به ویژه در جنوب شرق محدوده‌ی مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه رشد چشمگیری داشته است.



شکل (۱): موقعیت منطقه‌ی (محدوده) مورد مطالعه

Fig. (1): The study area

وقوع پدیده‌ی بیابان‌زایی از جنبه‌های مختلفی همانند میزان تأثیرگذاری معیارهای اقلیمی (بارندگی، تیخیر-تعرق، شاخص خشکی)، معیار خاک (میزان درصد مواد آلی خاک، بافت خاک، میزان هدایت الکتریکی خاک، عمق خاک، شیب خاک) وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت فرسایش و وضعیت آب‌های زیرزمینی قابل بررسی است. در پژوهش حاضر، جهت تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی با تأکید بر معیار آب زیرزمینی و بر اساس مدل مدالوس مراحل زیر انجام شده است:

در مرحله‌ی اول آمار مربوط به چاه‌های موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای استان‌های آذربایجان شرقی و غربی اخذ گردید (شکل ۲). در مرحله‌ی دوم، به دلیل استفاده از مدل وزن‌دهی مدالوس جهت ارزیابی میزان تأثیرگذاری ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در وقوع بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه، چهار شاخص معیار آب زیرزمینی شامل شاخص میزان جذب سدیمی، میزان هدایت الکتریکی،

میزان افت سطح ایستابی و میزان کلر موجود در آب‌های زیرزمینی از لحاظ واحد اندازه‌گیری منطبق‌سازی و به صورت میانگین محاسبه شد. در مرحله سوم با استفاده از توابع زمین آماری موجود در نرم‌افزار ARCGIS10.8 لایه‌های اطلاعاتی هر یک از چهار شاخص مذکور تهیه شد. در مرحله چهارم با استفاده از جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ اقدام به وزندهی لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌های مذکور گردید و سپس با استفاده از تابع Over layer در نرم‌افزار ARCGIS10.8 نقشه‌ی خطر بیابان‌زایی بر اساس معیار آب زیرزمینی تهیه و سپس اقدام به محاسبه‌ی میزان مساحت کلاس‌های خطر بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه شد.



شکل (۲): موقعیت چاه‌های پیزومتريک و مشاهده‌ای مورد مطالعه (منبع: سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و غربی، سال

۱۳۹۷)

Fig. (2): Location of piezo metric wells and observed observations (Source: East and West Azerbaijan Regional Water Organization)

۲-۲- مدل اروپایی تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در مدیترانه^۱: مدل مدالوس^۲

روش تهیه‌ی نقشه‌ی مناطق حساس به بیابان‌زایی در پروژه‌ای تحت عنوان مدالوس توسط کمیسیون اروپا به انجام رسید و در سال ۱۹۹۹ مدل جهانی مناطق حساس به بیابان‌زایی در مدیترانه ارائه گردید. بخش وسیعی از داده‌های مورد نیاز مدل می‌تواند از مطالعات قبلی استخراج شده و یا محاسبه و جمع‌آوری گردند و اطلاعات جمع‌آوری شده وارد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شده و در نهایت بر اساس الگوریتم‌های تعریف شده برای محاسبه شاخص، نقشه‌ی حساسیت مناطق به بیابان‌زایی تهیه می‌گردد. در روش مدالوس چهار معیار کلیدی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد: کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت. هر معیار نیز دارای شاخص‌هایی است که در واقع، لایه‌های آن معیار را تشکیل می‌دهند.

در ایران با واسنجی و تغییراتی که در مدل مزبور صورت گرفته، در مناطق مختلف اقدام به ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی شده است (زهتابیان، ۱۳۸۶: ۷۲۹). در ابتدا مهم‌ترین عوامل و یا به عبارتی معیارهای مؤثر در روند بیابان‌زایی شناسایی و بر اساس شاخص‌های توصیفی-کمی امتیازدهی می‌شوند. برای شاخص‌های مزبور امتیازی بین ۱-۲ با توجه به توصیف کیفی آن‌ها داده می‌شود. امتیاز ۱ برای بهترین حالت و امتیاز ۲ برای بدترین شرایط و برای شرایط متوسط امتیاز بین ۱-۲ در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعدی، امتیاز شاخص‌ها بررسی و با استفاده از میانگین هندسی بر اساس رابطه‌ی ۱، نقشه‌ی وضعیت برای هر معیار اصلی محاسبه می‌گردد:

$$I_x = [(L_1) \times (L_2) \times (L_3) \times \dots \times (L_n)]^{1/n} \quad (1)$$

I_x : وضعیت مربوط به هر معیار اصلی شامل: وضعیت خاک، وضعیت اقلیم، وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت فرسایش، وضعیت مدیریت و وضعیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

$n, 2, 1, \dots$: شاخص‌های مورد بررسی برای هر معیار

N : تعداد شاخص‌های مورد بررسی برای هر معیار

در مدل مدالوس نقشه‌ی خطر بیابان‌زایی با تأکید بر معیار آب‌های زیرزمینی بر طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

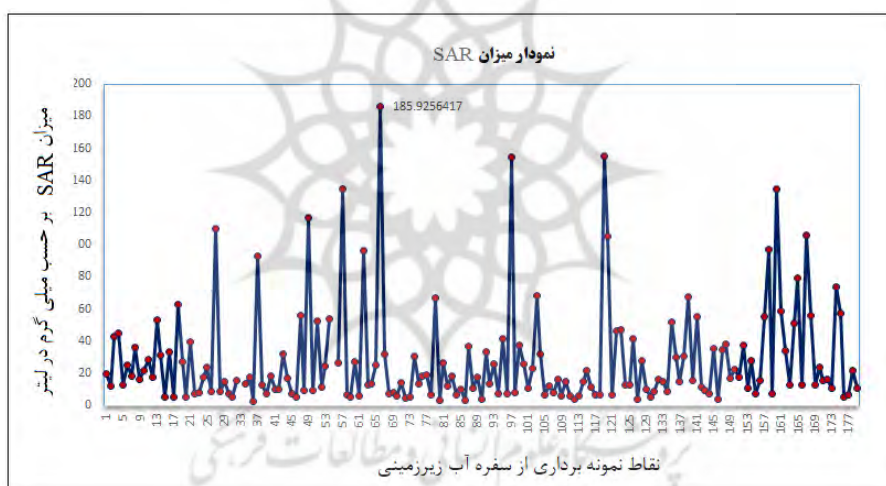
(۲) معیار تخریب منابع آبی = (افت آب زیرزمینی × میزان هدایت الکتریکی × میزان کلر آب زیرزمینی × نسبت جذب سدیمی) $1/6$

۳-۲-نسبت جذب سدیمی (SAR)^۱

مقدار SAR از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca+mg/2}} \quad (3)$$

محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۲: ۷۶۲) که در آن Na، Ca، Mg بر حسب میلی گرم بر لیتر می‌باشد. بالا بودن سدیم در خاک برخلاف یون‌های کلسیم و منیزیم باعث پراکندگی خاک و غیرقابل نفوذ بودن آن می‌گردد. شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی نمودار میزان جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه است.



شکل (۳): نمودار میزان جذب سدیمی آب‌های زیر زمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه

Fig. (3): Graph of sodium of groundwater in the study area

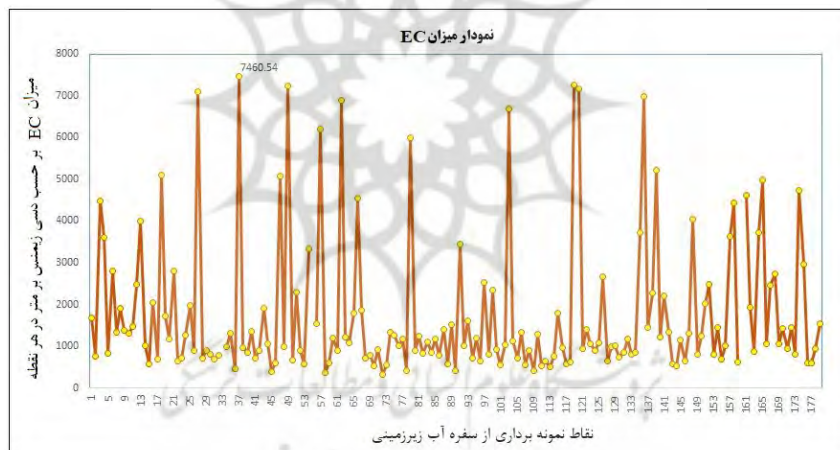
جدول (۱): اوزان اعمال شده برای میزان نسبت جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی (منبع: اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

Table (1): Weights applied for the ratio of groundwater sodium absorption ratio (Source: Eghtesadi and Sepehr, 2011)

کلاس	میزان (SAR)	میزان وزن اعمال شده برای هر کلاس
(۱) کم	>۱۰	۱
(۲) متوسط	۱۸-۱۰	۱/۳
(۳) زیاد	۲۶-۱۸	۱/۶
(۴) بسیار زیاد	>۲۶	۲

۲-۴- میزان هدایت الکتریکی (EC)^۱

هدایت مخصوص الکتریکی که بر حسب دسی‌زیمنس بر متر در ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد محاسبه می‌شود نمایانگر میزان املاح کاتیون و آنیون محلول موجود در آب است که می‌تواند هدایت جریان الکتریسیته در آب را تسریع نماید. هر چه میزان هدایت الکتریکی یک نمونه آب بیشتر باشد میزان املاح موجود در آن بیشتر و با توجه به تقسیم‌بندی‌های کیفیت می‌تواند نشانگر کیفیت نامطلوب آب باشد. مناطق بفروان (۷۴۶۰)، تپه‌رش (۷۲۲۴)، فیروزآباد (۷۱۷۴)، فسندوز (۷۲۵۷)، واقع در جنوب‌شرق دریاچه‌ی ارومیه دارای بیشترین میزان هدایت الکتریکی است. در شکل ۴ نمودار میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل (۴): نمودار میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه
Fig. (4): Diagram of the electrical conductivity of groundwater in the study area

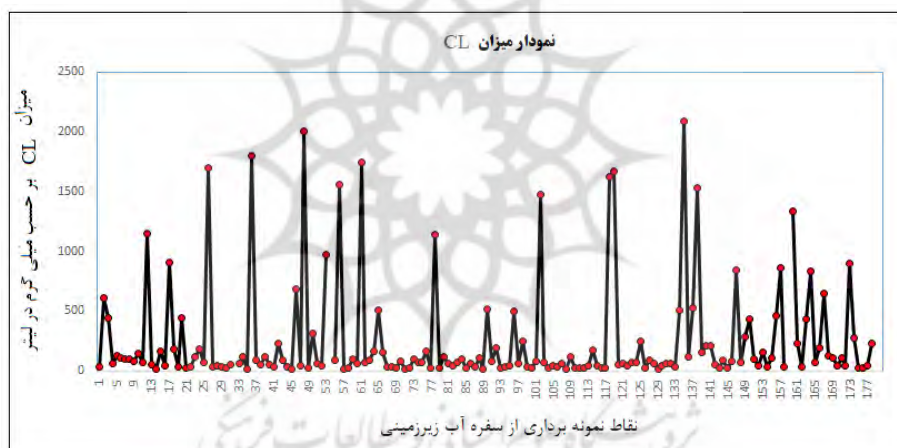
جدول (۲): اوزان اعمال شده برای هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی (منبع: اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

Table (2): Weights applied for electrical conduction of groundwater (Source: Eghtesadi and Sepehr, 2011)

وزن اعمال شده برای هر کلاس	میزان هدایت الکتریکی (EC)	کلاس
۱	<۲۵۰	(۱) بسیار کم
۱/۲	۷۵۰-۲۵۰	(۲) کم
۱/۵	۲۲۵۰-۷۵۰	(۳) متوسط
۱/۷	۵۰۰۰-۲۲۵۰	(۴) زیاد
۲	>۵۰۰۰	(۵) بسیار زیاد

۲-۵- میزان کلر آب‌های زیرزمینی

آب‌های مناطق خشک و نیمه خشک، حاوی مقدار زیادی کلر می‌باشد که در اثر مصرف این گونه آب‌ها مقدار زیادی کلر در خاک‌های زراعی متراکم می‌شود. افزایش بیش از حد مجاز کلر در خاک، علاوه بر سمیت گیاهان باعث متوقف شدن فعالیت بیولوژیکی شده و از این طریق در تخریب اراضی و بیابان‌زایی نقش دارد (بوعلی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۱۴). بیشترین میزان کلر (۲۰۸۹ میلی‌گرم در لیتر)، مربوط به نقطه‌ی نمونه‌برداری موسوم به قویی‌علی‌بابا واقع در جنوب‌شرق دریاچه ارومیه است. شکل ۵ نشان‌دهنده‌ی نمودار میزان کلر آب‌های زیر زمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه است.



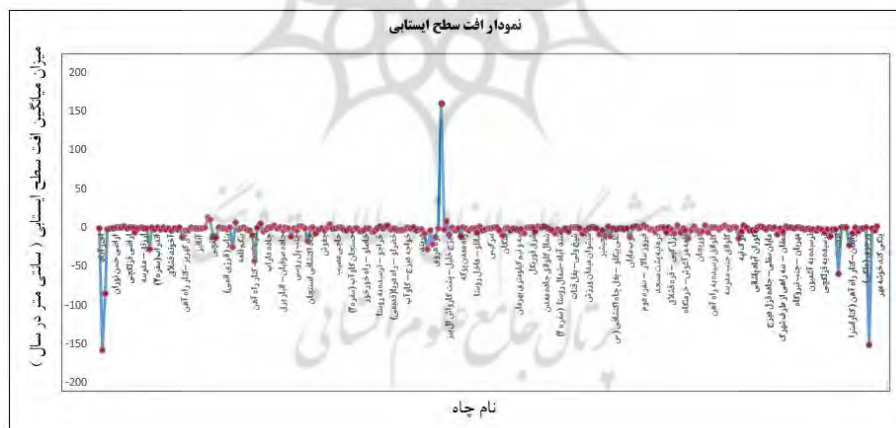
شکل (۵): نمودار میزان کلر آب‌های زیر زمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه
Fig. (5): Graph of groundwater chlorine in the study area

جدول (۳): اوزان اعمال شده برای میزان کلر آب‌های زیرزمینی (منبع: اختصافی و سپهر، ۱۳۹۰)
Table (3): Weights applied for groundwater chlorine (Source: Egtesadi and Sepehr, 2011)

کلاس	میزان هدایت الکتریکی (CL)	وزن اعمال شده برای هر کلاس
(۱) بسیار کم	<۲۵۰	۱
(۲) کم	۲۵۰-۵۰۰	۱/۲
(۳) متوسط	۵۰۰-۱۵۰۰	۱/۵
(۴) زیاد	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۱/۷
(۵) بسیار زیاد	>۳۰۰۰	۲

۲-۶- افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی

بررسی وضعیت سطح ایستابی آب‌های زیر زمینی و نوسانات آن‌ها در طی بازه‌های زمانی با استفاده از داده‌های چاه‌های مشاهده‌ای و پژومتریک صورت می‌پذیرد. در پژوهش حاضر آمار ۱۶۱ حلقه چاه پژومتریک و مشاهده‌ای جهت بررسی سطح تراز آب زیرزمینی و نوسانات آن‌ها استفاده شده است. بر طبق شکل ۶ در محدوده‌ی مورد مطالعه، دو چاه با حداکثر میزان افت سطح ایستابی (چاه موسوم به احمد آباد) و دیگری با افزایش حداکثری سطح ایستابی وجود دارد. در مباحث مربوط به بیابان‌زایی افزایش و کاهش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی هر یک به نوعی در تسریع روند وقوع پدیده‌ی مذکور تأثیرگذار هستند. زیرا با افت سطح ایستابی روند بیابانی شدن اراضی شتاب بیشتری به خود گرفته و با افزایش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی نیز (همانند آنچه در برخی از چاه‌های حاضر در کلاس خطر بسیار شدید رخ داده است) اگرچه در کوتاه مدت سبب بهبود وضع آب در آن محدوده شود ولی در طولانی مدت و با مرور زمان با کاهش میزان تهویه خاک، ایجاد و تداوم شرایط ماندابی شدن، باعث بیابانی شدن اراضی می‌گردد (بوعلی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۰۶).



شکل (۶): نمودار میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی

Fig. (6): Graph of groundwater level drop

جدول (۴): اوزان اعمال شده برای میزان افت سطح ایستابی سفره های آب‌های زیرزمینی (منبع: اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

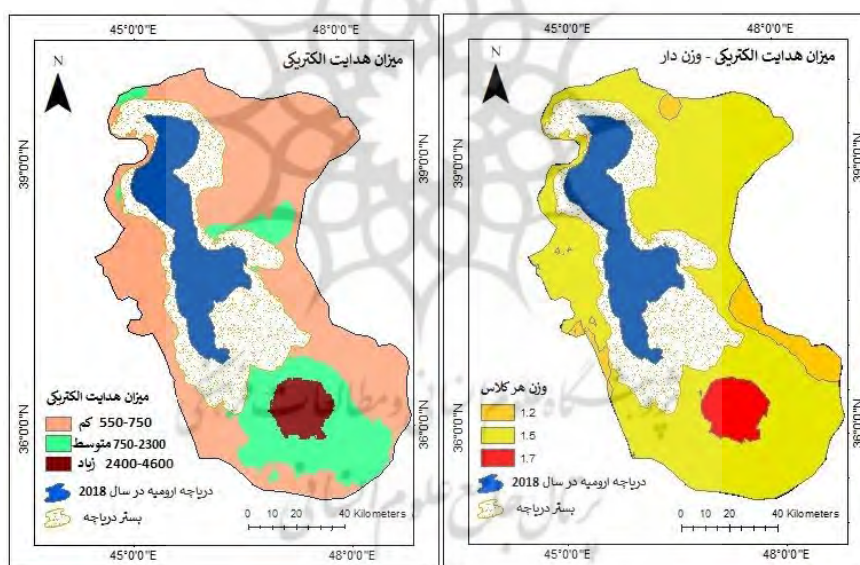
Table (4): Weights applied for the rate of water table drop in groundwater aquifers (Source: Eghtesadi and Sepehr, 2011)

کلاس	میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیر زمینی (سانتی‌متر در سال)	میزان وزن اعمال شده برای هر کلاس
(۱) زیاد	< ۲۵	۱
(۲) متوسط	۲۵-۵۰	۱/۵
(۳) کم	> ۵۰	۲

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

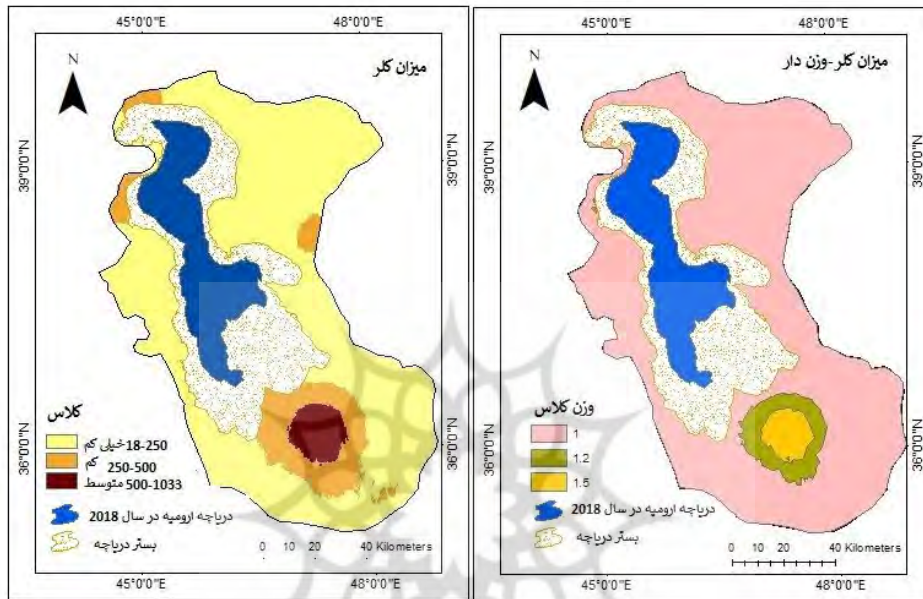
حداکثر میانگین میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی بر اساس داده‌های شکل ۷ برابر با ۴۶۰۰ دسی-زیمنس بر متر در دشت آبرفتی و اراضی کویری جنوب‌شرق دریاچه ارومیه و حداقل میزان آن برابر با ۵۵۰ دسی‌زیمنس بر متر است که قسمت اعظم مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. نقشه میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی به دلیل کسب خطای RMS کمتر در مقایسه با سایر روش‌های زمین‌آماری موجود، با استفاده از تابع Kriging تهیه و با استفاده از مقادیر وزنی ارائه شده در جدول ۲ تبدیل به یک لایه وزن دار شده است.



شکل (۷): نقشه‌ی میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی - شاخص میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی وزن دار
Fig. (7): Groundwater electrical conductivity map - weighted groundwater electrical conductivity index

۳-۲- میزان کلر آب‌های زیرزمینی

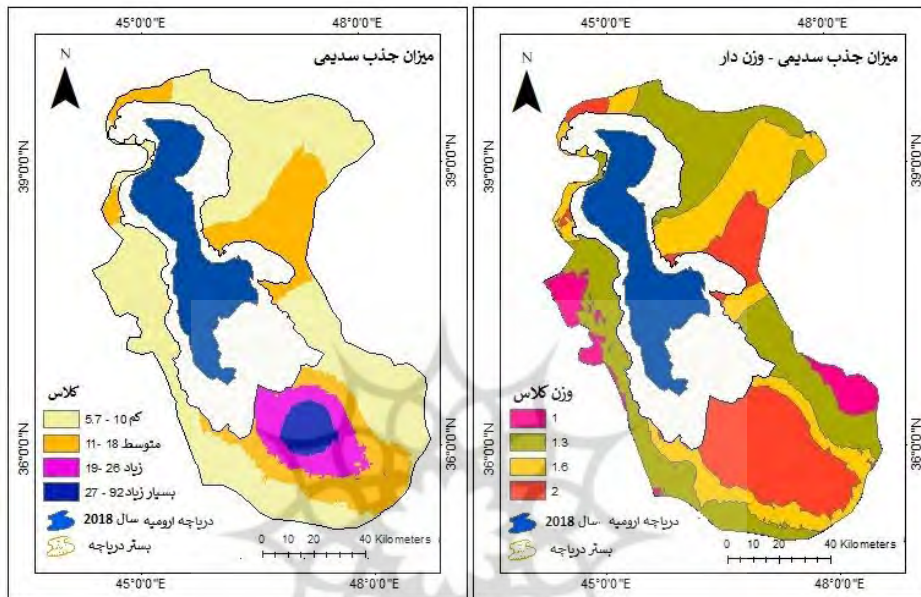
بر طبق شکل ۸ در محدوده‌ی مورد مطالعه، کمترین میزان کلر آب‌های زیرزمینی برابر با ۱۸ و بیشترین میزان آن برابر با ۱۰۳۳ میلی‌گرم در لیتر است. مناطق واقع در منتهی‌الیه جنوب‌شرق و جنوب دریاچه ارومیه در کلاس دارای میزان کلر کم و متوسط قرار دارند این اراضی دارای کاربری کشاورزی و باغی بوده و بر طبق مقادیر وزنی ارائه شده در جدول (۳) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل (۸): نقشه‌ی میزان کلر آب‌های زیرزمینی - شاخص میزان کلر آب‌های زیرزمینی وزن‌دار
Fig. (8): Groundwater chlorine map - weighted groundwater chlorine index

۳-۳- میزان جذب سدیمی (SAR) آب‌های زیرزمینی

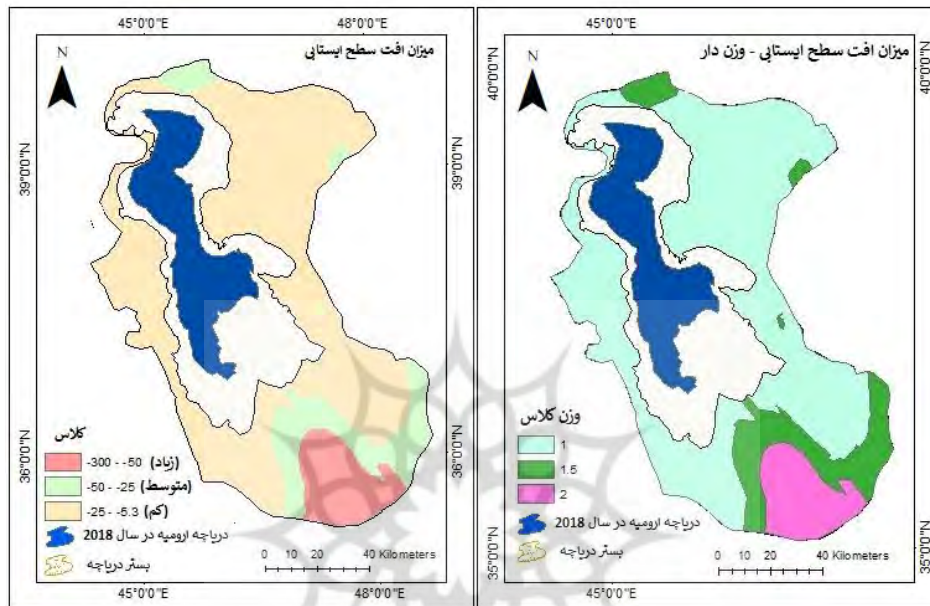
بر طبق داده‌های اخذ شده در خصوص میزان جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی از سازمان‌های آب منطقه‌ای استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی کمترین میزان شاخص مذکور برابر با $5/7$ و بیشترین میزان آن برابر با 185 میلی‌گرم در لیتر است (حسین‌آباد جعفرآباد). نیمه شمالی و غربی محدوده‌ی مورد مطالعه دارای کمترین میزان جذب سدیمی و نواحی مرکزی و جنوبی دارای بیشترین میزان جذب سدیم در آب‌های زیرزمینی است. شکل ۹ نشان‌دهنده‌ی نقش میزان جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی است که با استفاده از تابع Kriging تهیه شده و در مرحله‌ی بعد با استفاده از جدول ۱ از لحاظ میزان اوزان مربوطه طبقه‌بندی شده است.



شکل (۹): نقشه‌ی میزان جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی - شاخص میزان جذب سدیمی آب‌های زیرزمینی وزن دار
Fig. (9): Map of groundwater sodium absorption ratio - Sodium absorption ratio index of weighty groundwater

۳-۴- میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی

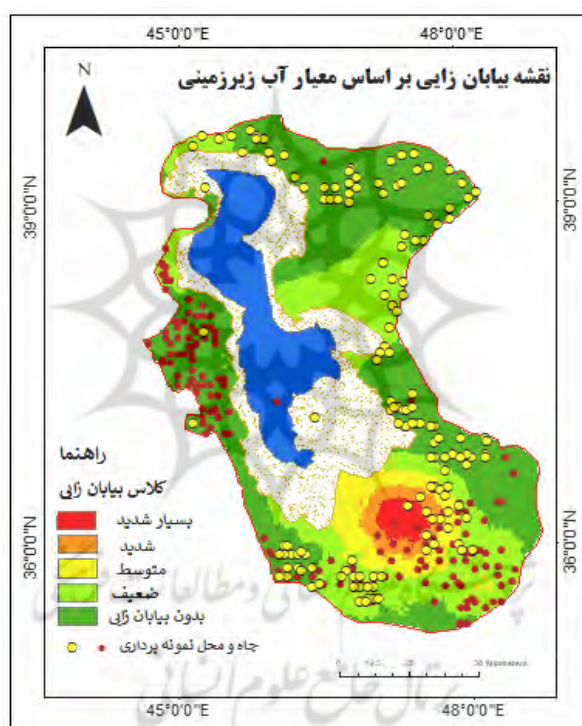
بر طبق شکل ۱۰ بیشترین میزان افت سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی در بازه‌ی زمانی (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ م.) مربوط به بخش جنوب‌شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه است. در بخش مذکور چاه‌هایی نظیر چاه احمدآباد دارای بیشترین میزان افت سطح ایستابی (۱۵۷- سانتی متر در طی ۱۸ سال) است. این اراضی دارای کاربری کشاورزی و عمدتاً محل تجمع تاکستان‌ها و باغ‌های میاندوآب است. به نظر می‌رسد پمپاژ غیراصولی و برداشت بی‌رویه و حفر حلقه چاه‌های غیرمجاز در محدوده‌ی مورد مطالعه از یک سو سبب افت میزان قابل توجهی از سطح آب‌های زیرزمینی شده و از سوی دیگر فعالیت‌های کشاورزی سبب افزایش غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی شده است. در شکل ۱۰ علاوه بر نقشه‌ی مربوط به میزان افت سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی نقشه‌ی حاصل از اعمال وزن مربوطه (جدول ۴) نشان داده شده است.



شکل (۱۰): نقشه‌ی میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی - شاخص میزان افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی وزن‌دار
Fig. (10): Groundwater water level drop rate map - weighted groundwater level drop rate index

پس از تهیه‌ی لایه‌های وزن‌دار بر طبق جداول (۱ تا ۳)، با استفاده از محیط نرم‌افزار ArcGis نقشه‌ی بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه با تأکید بر معیار آب زیرزمینی تهیه شد. شکل ۱۱ نشان‌دهنده‌ی نقشه‌ی مذکور در محدوده‌ی مورد مطالعه است. بر طبق شکل ۱۱ در نیمه‌ی جنوبی و به ویژه جنوب‌شرق محدوده‌ی مورد مطالعه، آب‌های زیرزمینی از کیفیت پایینی برخوردار است زیرا میانگین ۱۸ ساله چهار شاخص میزان هدایت الکتریکی آب، میزان کلر، میزان جذب سدیمی، و میزان افت سطح ایستابی دارای بالاترین میزان است. به طوری که میزان هدایت الکتریکی در این نواحی در کلاس زیاد و در حدود (۴۶۰۰-۲۴۰۰ دسی‌زیمنس بر متر)، میزان کلر در کلاس متوسط و برابر با (۱۰۳۳-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، میزان جذب سدیمی در کلاس بسیار زیاد در حدود (۹۲-۲۷ میلی‌گرم در لیتر) است. در این نواحی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی با میانگین بیش از ۵۰ سانتی‌متر در ۱۸ سال (بازه‌ی زمانی مورد مطالعه) افت پیدا کرده است. بنابراین و با توجه به اینکه در پژوهش حاضر میزان حساسیت اراضی به مقوله‌ی بیابانی شدن با تأکید بر معیار آب زیرزمینی پهنه‌بندی شده است این نواحی در کلاس خطر بسیار شدید قرار گرفته‌اند. لازم به توضیح است که بر طبق سایر مطالعات صورت گرفته، اراضی واقع در شرق و شمال‌شرق دریاچه‌ی ارومیه نیز از روند بیابانی شدن اراضی متأثر شده‌اند (خدائی و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۰)، ولی بر طبق چهار شاخص کیفی آب زیرزمینی مورد مطالعه در پژوهش حاضر، در مقایسه

با اراضی جنوبی و شرقی دارای کیفیت مطلوب‌تری بوده و در کلاس خطر ضعیف قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال اراضی موسوم به دشت تبریز از لحاظ میزان جذب سدیمی در کلاس خطر متوسط و از لحاظ میزان افت سطح ایستابی، میزان کلر و میزان هدایت الکتریکی در کلاس خطر کم قرار دارند. اشکال ۱۲ و ۱۳ نشان‌دهنده‌ی میزان افت سطح ایستابی و سایر شاخص‌های کیفی در کلاس خطر بسیار شدید است.



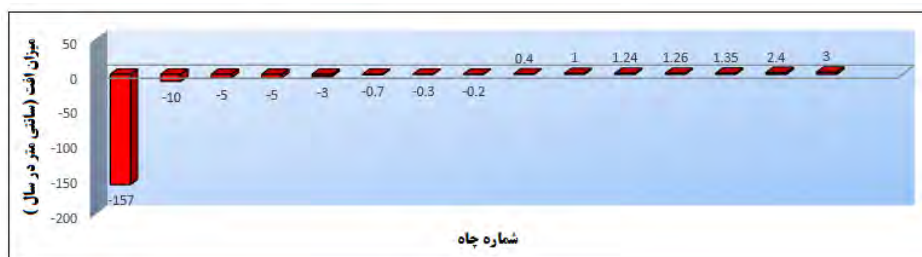
شکل (۱۱): نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی با تاکید بر معیار آب زیرزمینی بر اساس مدل مدالوس

Fig (11): Desertification intensity map with emphasis on groundwater criteria based on Medalus model

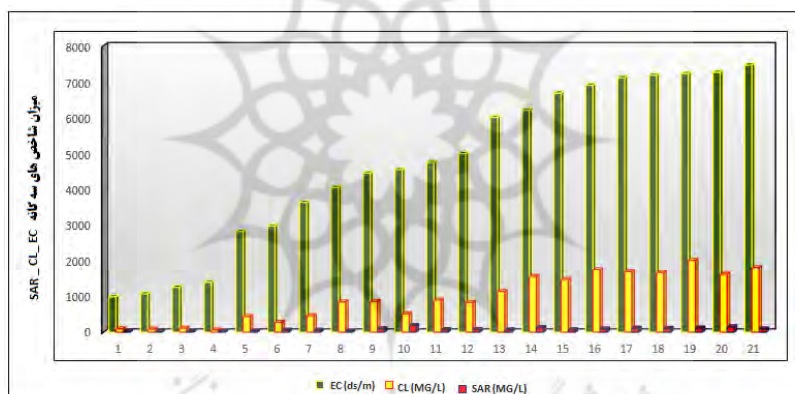
جدول (۵): مساحت کلاس‌های بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه

Table (5): Area of desertification classes in the study area

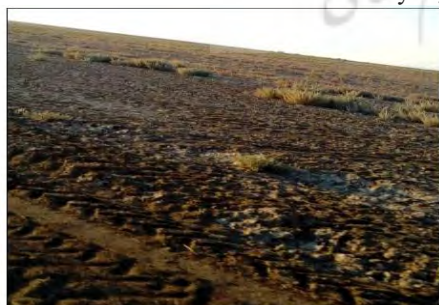
مساحت به کیلومتر مربع	کلاس بیابان‌زایی
۲۱۲	بسیار شدید
۳۳۸	شدید
۱۷۰۸	متوسط
۴۷۲۳	ضعیف
۷۴۱۴	بدون بیابان‌زایی



شکل (۱۲): میزان افت-افزایش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در کلاس خطر بسیار شدید بیابان‌زایی
Fig. (12): The rate of decline-increase in groundwater water level in the very severe desertification risk class



شکل (۱۳): میزان کلر - نسبت جذب سدیمی و هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی در کلاس خطر بسیار شدید بیابان‌زایی
Fig. (13): Chlorine content - Sodium absorption ratio and electrical conductivity of groundwater in the class of very high risk of desertification



اراضی بیابانی با پوشش گیاهی بسیار ضعیف جنوب شرق دریاچه ارومیه



ماندابی شدن آب در اراضی واقع در کلاس خطر بسیار شدید



اراضی دارای توان بیولوژیکی ناچیز واقع در کلاس خطر بسیار شدید (جنوب شرق دریاچه ارومیه)



تجمع نمک در اطراف گیاهان روستای آغداش در جنوب دریاچه ارومیه

شکل (۱۴): نمونه‌ای از اراضی بیابانی در محدوده‌ی مورد مطالعه

Fig. (14): A sample of desert lands in the study area

تغییرات کیفی در آب‌های زیرزمینی متأثر از عوامل مختلفی است. این عوامل می‌تواند ناشی از اثر سازندهای زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه، سرعت حرکت آب‌های زیرزمینی، دانه‌بندی اجزای آبرفت و عمق سطح آب زیرزمینی و یا پیشروی آب دریا باشد. وقتی در منطقه‌ای سازندهای زمین‌شناسی دارای کانی‌های قابل حل باشند، آب زیرزمینی آن منطقه قطعاً با املاح بیشتری همراه خواهد بود (ولایتی، بی‌تا: ۱۲۷). در سازندهای دوران اول و دوم زمین‌شناسی مانند سازت باروت، کهر و میلا که ارتفاعات شمال محدوده‌ی مورد مطالعه را اشغال می‌کنند مقادیر کانی‌های قابل حل نظیر کلروسدیم، پتاسیم و یا سولفات کلسیم و منیزیم و سدیم کمتر است. به همین دلیل تأثیر خیلی زیادی بر شوری آب ندارند از سوی دیگر این سازندها در محدوده‌ی مورد مطالعه دارای شیب نسبتاً زیادی هستند بنابراین جریان‌های سطحی با سرعت زیادی از روی آن‌ها عبور کرده، وارد سطوح کم ارتفاع‌تر شده و لذا فرصت کمتری می‌یابند تا کانی‌های قابل حل را در خود حل کنند. آن دسته از سازندهای زمین‌شناسی که بیشتر از همه در تغییر کیفیت آب در محدوده‌ی مورد مطالعه نقش دارند واحدهای زمین‌شناسی دوران سوم (میوسن) با تناوب مارن، ماسه‌سنگ، رس، کنگلومرا و آهک است. آبرفت‌های کواترنری از واحدهایی هستند که در جنوب شرق و جنوب محدوده‌ی مورد مطالعه رخنمون گسترده‌ای دارند. آبرفت‌های کواترنری غالباً دارای کیفیت آب زیرزمینی مطلوبی بوده و از این رو بیشتر فعالیت‌های کشاورزی و باغداری در این واحد گسترش پیدا کرده است. در این نواحی به دلیل برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی سطح ایستابی آب‌های زمینی دچار افت شدید شده است. کاهش میزان تهویه‌ی خاک از دیگر اثرات مخرب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی است که می‌تواند در وقوع پدیده‌ی بیابان‌زایی مؤثر باشد. از سوی دیگر تأثیر استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و باغداری از دیگر عوامل مهم مؤثر در کاهش کیفیت آب زیرزمینی در این نواحی است که نیاز به بررسی تفصیلی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی بر اساس منابع آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ی پیرامونی دریاچه‌ی ارومیه در بازه‌ی زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ م. با استفاده از مدل بیابان‌زایی مدالوس صورت پذیرفته است. بر طبق نتایج حاصل ۲۱۲ کیلومترمربع از کل مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه در کلاس بسیار شدید بیابان‌زایی، ۳۳۸ کیلومتر در کلاس بیابان‌زایی شدید، ۱۷۰۸ کیلومتر مربع در کلاس بیابان‌زایی متوسط، ۴۷۲۳ کیلومتر در کلاس بیابان‌زایی ضعیف و ۷۴۱۴ کیلومتر مربع در کلاس بدون بیابان‌زایی قرار دارد. بخش‌های واقع در جنوب و جنوب‌شرق محدوده‌ی مورد مطالعه بیش از سایر نواحی از تخریب منابع آب‌های زیرزمینی و متعاقباً دارای حساسیت بیشتری در برابر خطر بیابان‌زایی هستند. زیرا در این نواحی چهار شاخص میزان هدایت الکتریکی آب، میزان کلر، میزان جذب سدیمی، و میزان افت سطح ایستابی دارای بالاترین میزان است. به طوری که میانگین میزان هدایت الکتریکی در این نواحی در کلاس زیاد و در حدود (۴۶۰۰-۲۴۰۰ دسی‌زیمنس بر متر)، میزان کلر در کلاس متوسط و برابر با (۱۰۳۳-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، میزان جذب سدیمی در کلاس بسیار زیاد در حدود (۹۲-۲۷ میلی‌گرم در لیتر) است. در این نواحی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی با میانگین بیش از ۵۰ سانتی متر در ۱۸ سال (بازه‌ی زمانی مورد مطالعه) افت پیدا کرده است. آبخوان‌های آبرفتی مجاور دریاچه در دهه‌های اخیر بیش از حد ظرفیت مجازشان مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که همراه با خشکسالی دهه‌ی اخیر باعث مختل شدن تعادل ذخایر آب زیرزمینی و نیز تعادل میان آب شور و شیرین در سفره‌های آبرفتی شده است. از سوی دیگر با افزایش برداشت بی‌رویه از آب‌های زیر زمینی سطح آب در برخی نواحی بالا آمده و با کاهش میزان تهویه خاک سبب بیابان‌زایی شده است. میزان بالای کلر موجود در آب‌های زیرزمینی را باید از جمله از عوامل شوری خاک و عامل محدودکننده‌ی رشد پوشش گیاهی در محدوده‌ی مورد مطالعه دانست. میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه، دارای مقدار قابل توجهی است. همین امر منجر به تخریب ساختمان خاک و ایجاد مشکلاتی در زهکشی اراضی شده است. از سوی دیگر، شوری آب در منطقه ریشه‌دوانی گیاهان، منجر به تمرکز نمک شده و انتقال آب از خاک به گیاهان را کاهش و متعاقباً باعث کاهش سلامت گیاهان و بیابان‌زایی می‌شود. بررسی عوامل مؤثر در تخریب منابع آبی نشان داد که عامل زمین‌شناسی و حضور سازندهای زمین‌شناسی دوران سوم، کاربری اراضی کشاورزی و باغی با دارا بودن بیشترین میزان افت سطح ایستابی در واحد آبرفت‌های کواترنری، نقش مهمی در کاهش کیفیت آب زیرزمینی و در نتیجه بیابان‌زایی در محدوده‌ی مورد مطالعه داشته است.

۵-منابع

- Alizadeh, A. (2003). Principles of applied hydrology, 16 th edition, Astan Quds Razavi, pp 815.
- Asghari Mogaddam, A, (2016). Impact of groundwater over draft from Urmia Lake basin on the water crisis of the area, 19th national and 7th international Congress of Biology, 30 Aug-1september, University of Tabriz, Iran.
- Binal A. Christian, P.S. Dhinwa, Ajai. (2018). Long term monitoring and assessment of desertification processes using medium & high resolution satellite data, Applied Geo-graphy, 97, 10-24.
- Boali, A. H. Jafari, R. Bashari, H, (2016), Analyzing the Effect of Groundwater Quality on Desertification using Bayesian Belief Networks in Segzi Desertification Hotspot, J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.) Vol. 21, No. 3.
- Collado, Alfredo D. Chuvieco, Emilio, Camarasa, Ana. (2002). Satellite remote sensing analysis to monitor desertification processes in the crop- rangeland boundary of Argentina, *Journal of Arid Environmental*, 52: 121-133.
- Cui, Guishan. Lee, woo-kyun, Kwak, Doo-Ahn,choi, Sungho, Park, Taeijin, Jongyeol. (2011). Desertification monitoring by Landsat TM satellite imagery, 7(3), 110-116.
- Ekhtesasi, M.R. Sepehr,A. Methods and Models of Desertification Assessment And Mapping, Yazd University, 2011, pp 282.
- Hasheminasab, S. Jafari, R. (2018). Evaluation of Land Use Changes order to Desertification Monitoring Using Remote Sensing Techniques, *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazard* Vol. 5: 3, 67-82.
- Karimi1, K. Masoudi, R. Nakhaee Nejad S. Zehtabian, B. (2015). The Effect of Climatic and Hydrologic Criteria Changes on Desertification in Mehran Plain, Desert Management, No. 4, Autumn & Winter, pp 66-75.
- Kundu, Arnab. Patel, N.R. Saha, S.K. Dutta, Dipanwita. (2014). Monitoring the extent of desertification processes in western Rajasthan (India) using geo- information science, Arab Geosci, DOI 10.1007/s12517-014-1645-y.
- Khodaei Gheshlagh, F., Roostaei, S., Mokhtari, D. (2020). Monitoring the Desertification Trend in the Areas Surrounding Lake Urmia (2000-2018), *Journal of Geography and Environmental Planning*, 31, 3: Ser. No. (79), 1-40.
- Liangliang, J., and Guli, J., and Anming, B. and Alishir, K. and Hao, G., and Guoxiong Z. Philippe De, M. (2019). Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia, *Ecological Indicators*, 104 (2019), Pp, 195-208.
- Masoudi, R. Zehtabian, G. Ahmadi, H. sigarudi, Sh. (2015). Evaluation of Desertification based on climate and water criteria (Case study: Kashan plain), 68(4), 711-723.

- Naderi, K. (2018). Investigation of hydrogeology of the Salmas plain aquifer with emphasis on land subsidence, A thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in Hydrogeology, Supervisor: Ata Allah Nadiri, University of Tabriz, Faculty of Natural Sciences, Department of Earth Science.
- Sharifzadeh, B. (2009). THE study of groundwater quality degradation in a coastal aquifer using hydro chemical parameters: ABDAN – DAYYER PLAIN, M.S.Thesis in Geology (Hydrogeology), Supervised by DR. Mohammad Zare, Shiraz University Faculty of Sciences.
- Tabatabaeefar, S.M. Zehtabian, Gh. R. Rahimi, M. Khosravi, H. Nikoo, Sh (2013). The Impact Assessment of Temporall Variatiion of Cliimatollogiicall and Groundwater Condiitiion on Desertiifiicatiion Intensiity iin Garmsar Pllaiin, No. 2, 39-48.
- Velayati, S. (-). Critical factor in Quality Changes in the Aquifer of Neishabour Plain, *Geographical Researches*, Number of Article 491. Pp 119-134.
- Xu, Duanyang. Kang, Xiangwu. Qiu, Dongsheng, Zhuang, Dafang, Pan, Jianjun. (2009). Quantitative Assessment of desertification Using Landsat Data on a Regional Scale- A case study in the Ordos Plateau, China. *Sensors*, 9, 1738-1753.
- Zakerinejad, R. Masoudi.M. Afzali, F. Falah, R., (2012). Assessment of Desertification using ground water criteria and GIS (case study:Zarin Dasht Fars), *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3: 7.
- Zehtabian, GH. Ahmadi, H. Ekhtesasi, M. R. khosravi, H, (2007). Calibration of MEDALUS Model to Present Regional Model for Desertification Intensity (Case Study: Kashan), *Journal of the Iranian Natural Res.*, Vol. 60, No. 3, 2007, 727-744.