



ISSN 2345 - 5012

Available online at: www.waterdevelop.com**IBWRD**

International Bulletin of Water Resources & Development

Vol. (III)– No. (02)- S.N. (10)- Autumn 2015

4th Article– P. 35-50

TCSN: 40981655

An Evaluation of Desertification Trend Using Water Electrical Conductivity Index and IMDPA Model: A Case Study of Kashan Basin, Iran

Mojtaba Qaraati Jahromi¹, Seyed Hojjat Mousavi², Abbas Ali Vali³, Fateme Panahi⁴,
Hasan Khosravi^{5*}

¹ M.Sc. Student of Desertification, Department of Geography and Eco-Tourism, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran (mojtaba_qaraati@yahoo.com)

² Assistant Professor, Department of Engineering Desert Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran (hmousavi15@yahoo.com)

³ Assistant Professor, Department of Engineering Desert Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran (vali@kashanu.ac.ir)

⁴ Assistant Professor, Department of Engineering Desert Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran (alabd_fpanahi@yahoo.com)

⁵ Assistant Professor, Department of Arid and Mountainous Reclamation Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

* Corresponding Author (hakhsravi@ut.ac.ir)

Article History
Revised (1): Jun. 02, 2014
Revised (2): Jul. 10, 2014

Received: Apr. 05, 2014
Accepted: Aug. 10, 2014

Reviewed: May 11, 2014
Published: Sep. 16, 2015

Abstract

Water as the symbol of life is one of the most important elements in the nature. Due to more importance of this element in arid, semi-arid regions than other climatic areas, the proceedings should be done for proper management of using water to prevent creating of critical conditions. The desertification is considered as the third important global challenge after climate change and shortage of fresh water in 21th century. In this research, intensity of desertification has been investigated by using IMDPA model and electricity conductivity (EC) index that indicates groundwater quality during 1975 to 2010 in Kashan plain. In this regard, the final score of each zone was calculated based on the geometric mean in both periods and ultimately, the intensity of desertification was determined based on the quality of groundwater in each zone. The results showed that more than 99% of the Kashan plain is located in very severe desertification class.

Keywords: Desertification, IMDPA, Groundwater, Geometric Average, Water Quality, Kashan Basin

ارزیابی روند بیابان‌زایی بر اساس شاخص هدایت الکتریکی آب و مدل IMDPA. مطالعه موردی:
حوضه آبخیز کاشان

مجتبی قرائتی جهرمی^۱، سید حجت موسوی^۲، عباسعلی ولی^۳، فاطمه پناهی^۴، حسن خسروی^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زایی، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان (mojtaba_qaraati@yahoo.com)

^۲ استادیار، گروه علوم مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان (hmousavi15@yahoo.com)

^۳ استادیار، گروه علوم مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان (vali@kashanu.ac.ir)

^۴ استادیار، گروه علوم مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان (alabd_fpanahi@yahoo.com)

^۵ استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، نگارنده رابط (hakhsravi@yahoo.com)

تاریخ داوری: ۱۳۹۳/۰۲/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۳۹۴/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱۹

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ اصلاح (۱): ۱۳۹۳/۰۳/۱۲

تاریخ اصلاح (۲): ۱۳۹۳/۰۴/۱۹

چکیده

آب به‌عنوان مظهر حیات، یکی از مهم‌ترین عناصر موجود در طبیعت است. با توجه به اهمیت بیشتر این ماده در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به سایر پهنه‌های اقلیمی؛ باید تمهیداتی برای مدیریت صحیح استفاده از آب صورت گیرد تا بتوان از ایجاد شرایط بحرانی در این مناطق جلوگیری به عمل آورد. بیابان‌زایی بعد از تغییر اقلیم و کمبود آب شیرین، سومین چالش زیست‌محیطی مهم جهان در قرن ۲۱ محسوب می‌شود. در این پژوهش شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA و شاخص هدایت الکتریکی (EC) که نشان از کیفیت آب زیرزمینی دارد، در بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ در دشت کاشان بررسی شده است. در این راستا امتیاز نهایی هر یک از پهنه‌ها بر اساس میانگین هندسی در دو دوره محاسبه و در نهایت شدت بیابان‌زایی در هر پهنه بر مبنای کیفیت آب زیرزمینی تعیین شد. نتایج نشان داد که بیش از ۹۹٪ از اراضی دشت کاشان در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، IMDPA، آب زیرزمینی، میانگین هندسی، کیفیت آب، دشت کاشان

۱. مقدمه

خشک‌نیمه‌مرطوب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی^۱، همچنین می‌توان بیابان‌زایی را به هم خوردن تعادل خاک، پوشش گیاهی، هوا و آب در مناطق دارای اقلیم خشک دانست که تداوم این شرایط، کاهش یا نابودی کامل توان بیولوژیکی اراضی، از بین رفتن شرایط مساعد زندگی و افزایش مناظر ناخوشایند بیابانی را در پی خواهد داشت (بخشنده‌مهر و همکاران، ۱۳۹۲).

بیابان‌زایی بعد از کمبود آب و خشکسالی، سومین چالش مهم جهان در قرن ۲۱ به حساب می‌آید. بر این اساس امروزه ۶/۲ میلیارد نفر در بیشتر از ۱۰۰ کشور و بالغ بر ۳۳ درصد از سطح زمین تحت تأثیر بیابان‌زایی و تخریب سرزمین قرار دارند. این پدیده در کشورهای در حال توسعه، از بین رفتن منابع تجدید شونده را به همراه داشته است (احمدی، ۱۳۸۳). در کشور ایران نیز که ۸۵ درصد از اراضی آن تحت اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک و فراخشک قرار دارد و بیابان‌زایی نیز سالانه، یک درصد رشد می‌کند، یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده و علل ایجاد آن در قالب مدل‌های ارزیابی وضعیت فعلی و پیش‌بینی آن در آینده، بسیار ضروری می‌نماید (بخشنده‌مهر و همکاران، ۱۳۹۲) و راه را برای برنامه‌ریزی بهتر در راستای مواجهه با آن هموار می‌سازد (زهتابیان و اسفندیاری، ۱۳۸۹، زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۹).

تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی که معمولاً بر اثر مدیریت غلط بهره‌برداری از آبخوان‌ها رخ می‌دهد، مقدمه‌ای بر تخریب سایر منابع طبیعی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، به طوری که بررسی کیفیت آب زیرزمینی در این مناطق می‌تواند به مدیریت منابع آبی و پدیده‌هایی همچون بیابان‌زایی

حدود یک‌سوم جمعیت جهان وابسته به آب زیرزمینی هستند و بیش از ۷۰ درصد از منابع آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد؛ بنابراین توسعه کشاورزی و صنعت موجب شده که میزان تغذیه آبخوان‌ها جوابگوی برداشت بی‌رویه از آن‌ها نبوده، سطح آب زیرزمینی در بیشتر آبخوان‌ها با افت بسیار شدیدی روبه‌رو باشد. افت کیفی و کمی آب‌های زیرزمینی، هجوم ماسه‌های روان، کاهش حاصل‌خیزی خاک، افزایش حساسیت اراضی به فرسایش، نشست زمین، شور شدن اراضی، افزایش سیل‌خیزی، برهنگی زمین، قحطی و سرانجام محو آبادی‌ها، از پیامدهای محسوس و چشمگیر پدیده بیابان‌زایی هستند؛ پدیده‌ای که در سال ۱۹۷۷ از طرف سازمان ملل متحد در کنفرانس بیابان‌زایی ملل متحد^۱ در نایروبی به‌عنوان یک چالش مهم جهانی شناخته شد (ذاکری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). بیابان‌زایی مشتمل بر فرآیندهایی است که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می‌شوند (Reynolds and Stafford Smith, 2002) و طبق تعریف فائو-یونپ (۱۹۸۴) عبارت است از کاهش استعداد اراضی بر اثر یک یا ترکیبی از فرآیندها، از قبیل فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی شدن، شور شدن، قلیائی شدن خاک و غیره که توسط عوامل محیطی یا انسانی شدت می‌یابند. بر اساس تعریفی دیگر در کنفرانس محیط زیست و توسعه سازمان ملل متحد^۲ در سال ۱۹۹۲، در ریودوژانیرو، واژه بیابان‌زایی عبارت است از: «تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و

1. Conference Desertification the United Nation
2. United Nation Conference of Environment and Development

کمک کند (Malins and Metternicht, 2006)؛ زهتاییان و همکاران، ۱۳۸۹؛ شیخ‌گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱). برای ارزیابی پدیده بیابان‌زایی و ارائه راهکارهای مطلوب برای مهار آن مدل‌های زیادی ارائه شده است که در اکثر آن‌ها معیار آب زیرزمینی از عوامل مؤثر بر شدت بیابانی شدن منطقه محسوب می‌شود (ذاکری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). در این راستا شاکیان و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از مدل IMDPA در ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه جرقویه استان اصفهان با تعیین معیارهای خاک و آب نشان دادند که معیار خاک با کلاس متوسط مهم‌ترین معیار در بیابان‌زایی منطقه و معیار آب با کلاس کم و ناچیز کمترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه دارند.

در مدل FAO-UNEP، فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن خاک به عنوان فرآیندهای اصلی و کاهش مواد آلی، سله بستن و تجمع مواد سمی به عنوان فرآیندهای فرعی بیابان‌زایی در نظر گرفته شده‌اند. در این روش شدت بیابان‌زایی از جمع عوامل انسانی (فشار دام و انسان بر محیط زیست) و عوامل محیطی (وضعیت فعلی، سرعت، استعداد) محاسبه می‌شود. این موضوع از اشکالات مدل مزبور است؛ زیرا نقش عوامل محیطی و انسانی و تأثیر آن‌ها بر بیابان‌زایی یکسان نیست و ارزش‌گذاری مشابه آن‌ها در تبیین شدت بیابان‌زایی نمی‌تواند از صحت مطلوب برخوردار باشد. همچنین در این روش، تخریب منابع آب به ویژه افت سطح سفره زیرزمینی که در ایجاد شرایط بیابانی بسیار مؤثر است، در نظر گرفته نشده؛ بنابراین به کارگیری آن در مناطق مختلف دارای اشکالات زیادی است (ذاکری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

سپهر و زوکا^۱ (۲۰۱۲) با استفاده از الگوریتم TOPSIS شاخص‌های رتبه‌بندی بیابان‌زایی را بررسی کردند و نشان دادند که جنگل‌تراشی را می‌توان یکی از عواملی دانست که منجر به پدیده بیابان‌زایی می‌شود. این روش در سه کشور برزیل، موزامبیک و پرتغال با استفاده از داده‌های مشاهده زمین مورد استفاده قرار گرفته است.

در سال ۱۳۸۳، «طرح ملی تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی کشور» به منظور نیل به اهداف «برنامه اقدام ملی و مقابله با بیابان‌زایی»، با تکیه بر شرایط خاص اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کشور، توسط دفتر تثبیت شن و بیابان‌زایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور نهایی شد. این طرح با مشارکت محققان برجسته کشور با استفاده از منابع معتبر داخلی، خارجی و بین‌المللی تدوین شد. براساس این طرح، ۹ معیار و ۳۶ شاخص بیابان‌زایی در ایران همراه با متدولوژی ارزیابی کمی و کیفی آن‌ها در قالب مدلی با عنوان «مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)»^۲ ارائه شد. ناطقی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از این مدل IMDPA و معیارهای آب، زمین و پوشش، شدت بالفعل بیابان‌زایی برای دشت سگزی اصفهان را کلاس خیلی شدید بر آورد کردند. رضوی (۱۳۸۷) با استفاده از همین مدل و با محاسبه معیارهای آب، خاک، پوشش گیاهی و اقلیم در کویر میقان اراک، وضعیت فعلی بیابان‌زایی برای منطقه را کلاس شدید بیابان‌زایی بر آورد کرد. وصالی (۱۳۸۷) با بررسی شدت بیابان‌زایی ناشی از فعالیت‌های انسانی در منطقه آران و بیدگل، وضعیت فعلی بیابان‌زایی را بر اساس مدل IMDPA کلاس متوسط محاسبه کرد. زهتاییان و اسفندیاری (۱۳۸۹) با بررسی اثرات توسعه کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیابان‌زایی منطقه طشک استان فارس وضعیت بیابان‌زایی منطقه را کلاس شدید بر آورد کردند. همچنین ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA و انتخاب معیارهای اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی، شدت بیابان‌زایی منطقه را شدید بر آورد کردند.

پژوهش حاضر سعی دارد تا در بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰، با استفاده از مدل IMDPA و شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی به بررسی وضعیت بیابان‌زایی حوضه دشت کاشان پردازد. بر این مبنا، تعیین شدت بیابان‌زایی در منطقه برای سه دوره زمانی، مقایسه وضعیت پیشین بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه با

2. IMDPA (Iranian Model for Desertification Potential Assessment)

1. Zucca

چاه‌های پیرومتری نشان می‌دهد تمام این چاه‌ها در وسط دشت کاشان و در محدوده حوضه آبخوان کاشان حفر شده‌اند (شکل ۳).

حوضه آبخیز دشت کاشان از طرف غرب به دامنه ارتفاعات نسبتاً بلند توده کوهستانی کرکس ختم می‌شود؛ بنابراین حد غربی سفره آب زیرزمینی تقریباً موازی با این ارتفاعات است. البته در دامنه ارتفاعات غرب دشت هر جایی که ضخامت آبرفت زیادتر بوده، مقداری از آب مناطق مختلف به داخل آبرفت‌ها نفوذ کرده و سفره‌های آب زیرزمینی محلی و کوچکی را به وجود آورده است. این سفره‌های محلی نسبت به سفره اصلی دشت در ارتفاع بالاتری قرار دارند. جنوب دشت نیز توسط ارتفاعاتی مسدود شده است (شکل ۴).

حرکت رواناب در حوضه آبخیز دشت کاشان از جنوب غربی به طرف شمال شرقی است (شکل ۵). با توجه به نتایج بررسی‌های ژئوفیزیکی و حفاری‌های اکتشافی (حداکثر ۲۰۰ تا ۲۱۰ متر)، ضخامت متوسط لایه اشباع ۶۵ متر برآورد شده است. همچنین سنگ کف رسوبات آبرفتی غالباً رسوبات مارنی - رسی و تبخیری دوره میوسن و گاهی کنگلومرای پلیوسن است. با توجه به اطلاعات گردآوری شده از نتایج حفاری‌های اکتشافی و پیرومتری تکمیلی در حین حفاری و با توجه به عدم تغییرات سطح ایستابی هنگام حفاری می‌توان نتیجه گرفت که آبخوان دشت کاشان از نوع سفره آزاد است و تحت فشار نیست (میرزاوند، ۱۳۹۱).

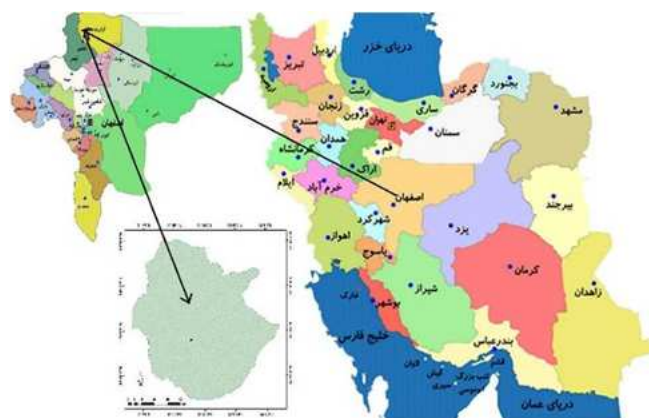


شکل ۲. نقشه موقعیت حوضه آبخوان در حوضه آبخیز کاشان.

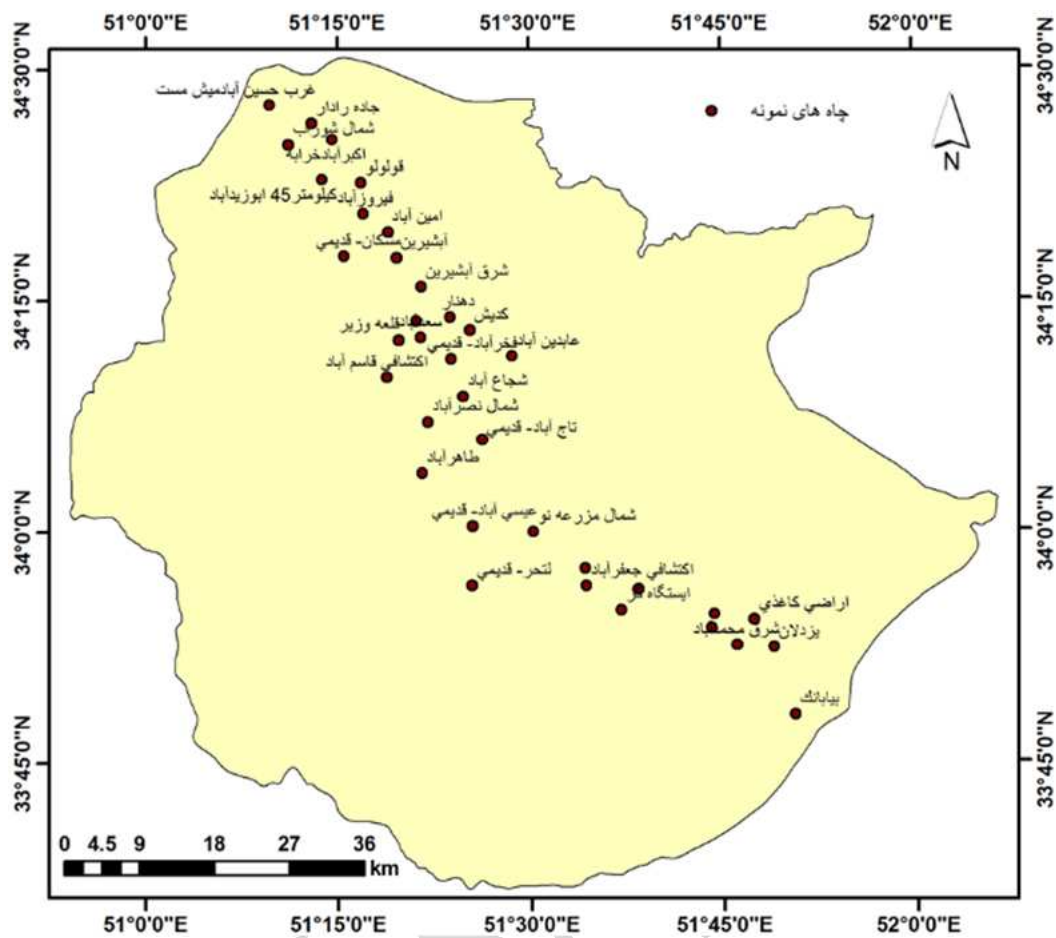
وضعیت کنونی آن، تعیین روند پیشروی بیابان‌زایی منطقه و نقد و بررسی مدل IMDPA از مهم‌ترین اهداف این پژوهش هستند. نتایج حاصل از این مطالعه در مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی مناطق بیابانی از اهمیت به‌سزایی برخوردار خواهد بود.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوضه آبخیز دشت کاشان است که در استان اصفهان، شهرستان کاشان و حوضه آبخیز ایران مرکزی واقع شده است (شکل ۱). به منظور بررسی عمق سطح ایستابی و تعیین سطح برخورد با آبخوان می‌بایست چاه‌های مشاهده‌ای به صورت پراکنده و در فواصل معنی‌دار منطقی از یکدیگر در حوضه وجود داشته باشد تا علاوه بر بررسی ماهانه و فصلی این چاه‌ها در طول یک دوره بتوان سطح ایستابی را در آبخوان بررسی و نقشه‌های هم‌سطح را برای آبخوان رسم کرد. در نتیجه پژوهش حاضر از بررسی حوضه آبخیز کاشان صرف نظر و محدوده مورد مطالعه را به آبخوان کاشان محدود کرده است. آبخوان کاشان در موقعیت $50^{\circ}45'$ تا $52^{\circ}15'$ طول جغرافیایی و $33^{\circ}30'$ تا $34^{\circ}30'$ عرض جغرافیایی واقع شده است. این محدوده وسعتی معادل $1849/4$ کیلومتر مربع از شهرستان‌های کاشان و آران بیدگل را پوشش می‌دهد (شکل ۲). از طرفی با توجه به واقع شدن حوضه آبخیز دشت کاشان در ایران مرکزی و نبود رودخانه‌های دائمی که بتوان برای مصارف شرب و کشاورزی و غیره از آن‌ها استفاده کرد، مهم‌ترین منبع استفاده آب در این منطقه آب‌های زیرزمینی است. همان‌طور که نقشه موقعیت



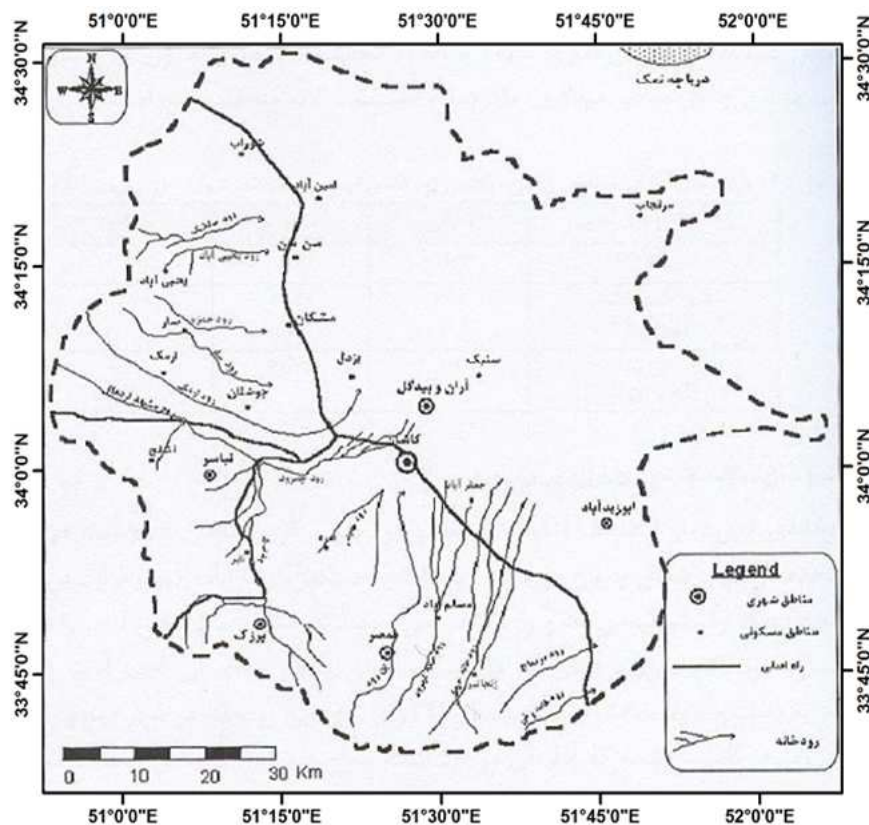
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و اصفهان.



شکل ۳. نقشه موقعیت چاه‌های پیژومتری در محدوده حوضه آبخیز کاشان.



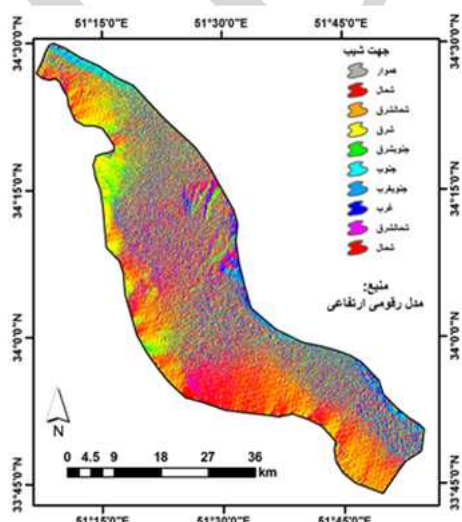
شکل ۴. نقشه موقعیت حوضه آبخیز کاشان در تصویر Google Earth.



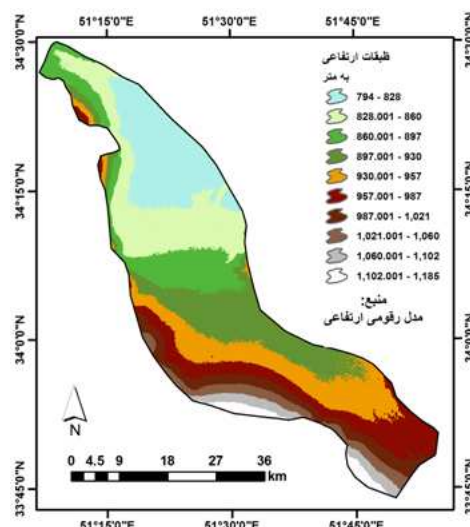
شکل ۵. نقشه موقعیت رودخانه‌های حوزه آبخیز کاشان.

مشاهده می‌شود، شیب منطقه بیشتر متمایل به شمال و شرق و حد واسط بین این دو یعنی شمال شرقی است (شکل ۷). در مجموع حوزه مورد مطالعه دارای شیب بسیار کم و مسطح است، به طوری که حدود ۹۰٪ از منطقه شیبی کمتر از ۲٪ دارد و حداکثر شیب منطقه ۱۶٪ است (شکل ۸).

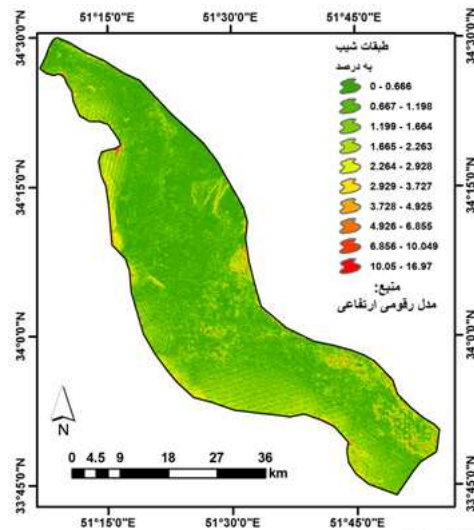
از منظر توپوگرافی بلندترین نقطه در محدوده حوزه آبخوان کاشان، ارتفاعی حدود ۱۱۸۵ متر از سطح دریا دارد و در قسمت جنوبی منطقه واقع است. کمترین ارتفاع منطقه ۷۹۴ متر از سطح دریا است که قسمت میانی و شمالی منطقه را شامل می‌شود. ارتفاع متوسط منطقه ۹۹۰ متر از سطح دریا است (شکل ۶). همان گونه که در نقشه‌های شیب و جهت شیب



شکل ۷. نقشه جهت شیب آبخوان کاشان.



شکل ۶. نقشه طبقات ارتفاعی آبخوان کاشان نسبت به سطح دریا.



شکل ۸. نقشه درصد شیب آبخوان کاشان.

۳. روش تحقیق

گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، اقلیم، کشاورزی، توسعه تکنولوژی و اقتصادی-اجتماعی که به جهت کمی کردن آن‌ها از شاخص‌های مربوط به هر معیار کمک گرفته می‌شود (احمدی، ۱۳۸۳). بر مبنای مدل IMDPA، نقشه نهایی بیابان‌زایی در چهار کلاس خطر کم (ناچیز)، خطر متوسط، خطر شدید و خیلی شدید پهنه‌بندی می‌شود (بخشنده‌مهر و همکاران، ۱۳۹۲). در این راستا به هر لایه بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و استناد به کار محققین و با توجه به شرایط خاص منطقه، وزنی بین ۱ تا ۴ تعلق می‌گیرد، به طوری که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین شرایط بیابان‌زایی را به تصویر می‌کشد (جدول ۱). در نهایت برای تلفیق نقشه‌ها از میانگین هندسی و معادله (۱) استفاده می‌شود.

برای ارزیابی و تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی از جنبه معیار آب زیرزمینی با توجه به شرایط منطقه از مدل IMDPA استفاده شده که جدیدترین مدل ملی برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی است. مدل IMDPA در برگیرنده ۹ معیار مؤثر در بیابان‌زایی و ۳۶ شاخص برای ارزیابی کمی هریک از معیارها است و توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در پروژه‌ای تحت عنوان تدوین شرح خدمات و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با کمک گروهی از اساتید و محققین کشور در سال ۱۳۸۴ ارائه شده است (زهتاییان و اسفندیاری، ۱۳۸۹). این نه معیار که به‌عنوان معیارهای بیابان‌زایی معرفی شده‌اند عبارت‌اند از: آب، خاک، پوشش

جدول ۱. تعیین امتیاز شاخص‌های معیار آب در مدل IMDPA.

شاخص	کلاس بیابان‌زایی	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
ارزیابی	امتیاز	۱/۰۰-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴
	EC(μmhos/cm)	<۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	>۵۰۰۰

۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰، $Q_{(1,3)}$ امتیاز شاخص هدایت الکتریکی از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ و $Q_{(1,4)}$ امتیاز شاخص هدایت الکتریکی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ است.

$$Q_1 = U_1^4 Q_{(1,j)} = \sqrt[4]{Q_{(1,1)} \cdot Q_{(1,2)} \cdot Q_{(1,3)} \cdot Q_{(1,4)}} \quad (1)$$

در این معادله $Q_{(1,1)}$ امتیاز شاخص هدایت الکتریکی (EC^1) در سال ۱۹۷۵، $Q_{(1,2)}$ امتیاز شاخص هدایت الکتریکی از سال

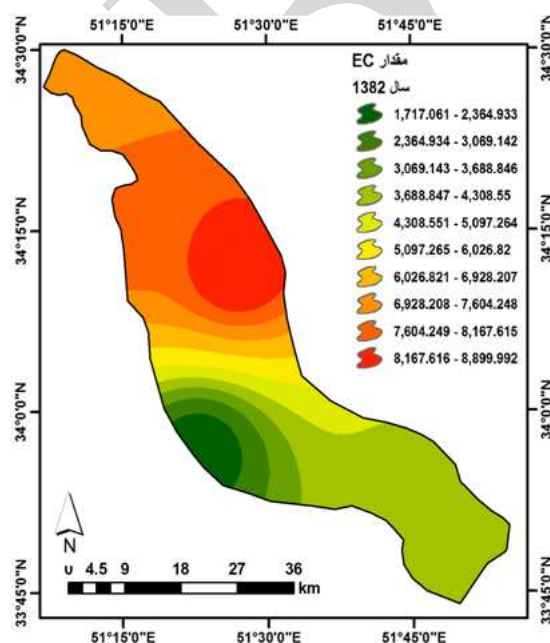
۴. یافته‌ها و بحث

حالت نقطه‌ای به پهنه‌ای از روش میان‌یابی استفاده و نتایج حاصل از آن در شکل‌های (۹) تا (۱۷) ارائه شد. در این شکل‌ها، نقشه پهنه‌بندی آبخوان کاشان بر اساس هدایت الکتریکی آب از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ و نیز تغییرات آن در همین سال‌ها بر اساس آمار اداره آب شهرستان کاشان به تصویر کشیده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با حرکت از مناطق جنوبی به طرف مناطق شمال شرقی، بر میزان هدایت الکتریکی آب افزوده می‌شود. این اتفاق به دلیل وجود دریاچه نمک در سمت شمال شرقی این ناحیه رخ می‌دهد. همچنین کاملاً مشخص است که در مرکز آبخوان کاشان بیشترین تغییرات کیفی آب زیرزمینی رخ داده است؛ زیرا مکان فضایی شهرهای کاشان و آران بیدگل با مرکز آبخوان کاشان انطباق دارد، به همین دلیل بیشترین تغییرات هدایت الکتریکی آب نیز در مرکز آبخوان مشاهده می‌شود.

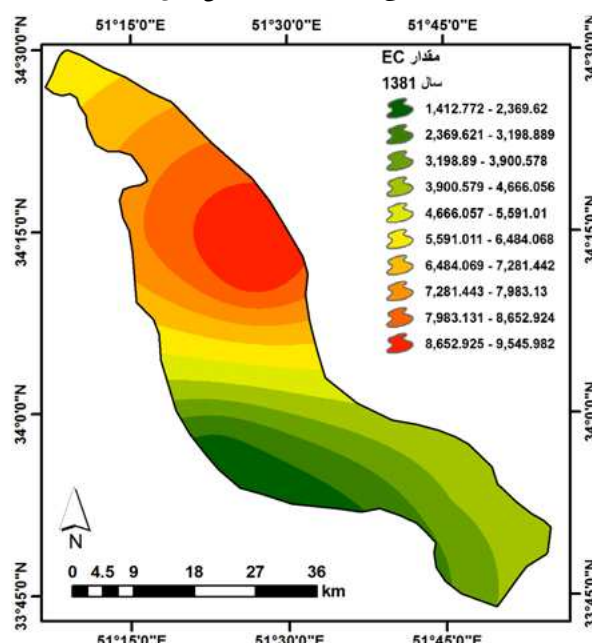
نتایج مساحی سنجی پهنه‌های میان‌یابی شده هدایت الکتریکی آب منطقه مورد مطالعه نیز در جدول (۲) گزارش شده است. در این جدول مساحت پهنه‌های مقدار هدایت الکتریکی آبخوان کاشان در واحد $(\mu\text{mhos/cm})$ بر حسب کیلومترمربع و درصد مساحت از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ که از نقشه‌های بالا تهیه شده، قابل مشاهده است.

هدایت الکتریکی که برحسب دسی زیمنس بر متر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌شود، نمایانگر میزان املاح کاتیونی و آنیونی محلول موجود در آب است که می‌تواند هدایت جریان الکتریسته در آب را تسریع کند. این پارامتر را که در جهت عکس مقاومت الکتریکی با واحد اهم در مقیاس کوچک‌تر عمل می‌کند، می‌توان به صورت آزمایشات آزمایشگاهی و حتی صحرایی (دستگاه کنداکومتر) اندازه‌گیری کرد. هر چه میزان هدایت الکتریکی یک نمونه آب بیشتر باشد، میزان املاح موجود در آن بیشتر است. در این صورت با توجه به تقسیم‌بندی‌های کیفیت می‌تواند نشانگر کیفیت نامطلوب آب باشد.

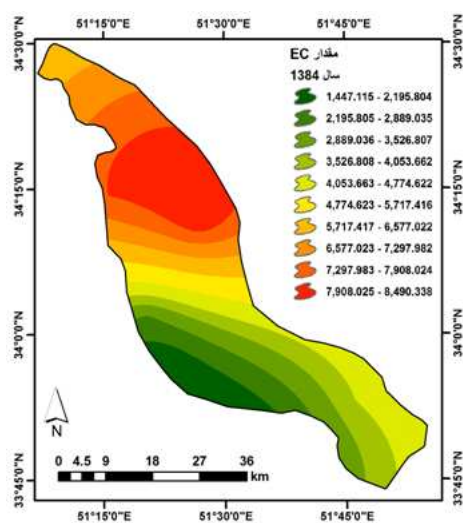
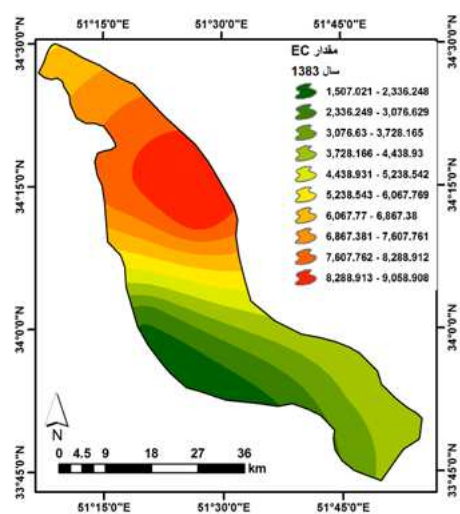
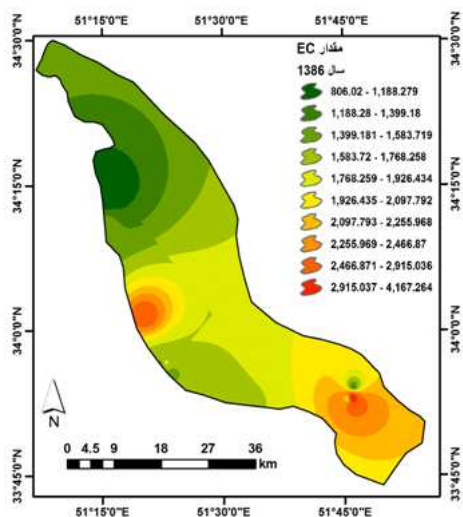
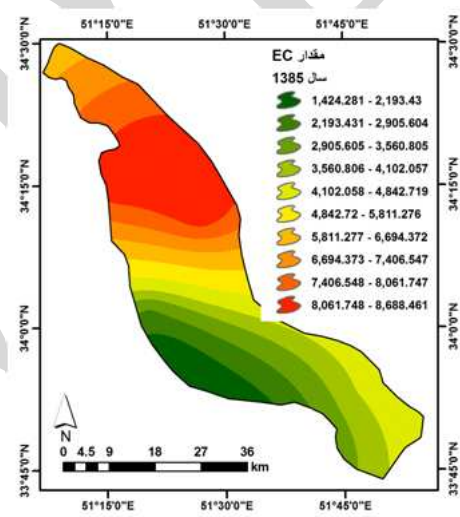
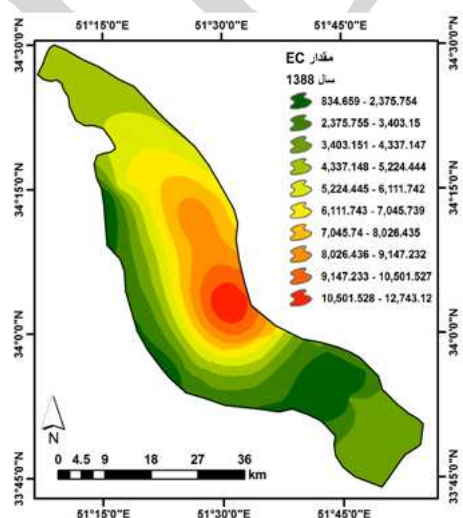
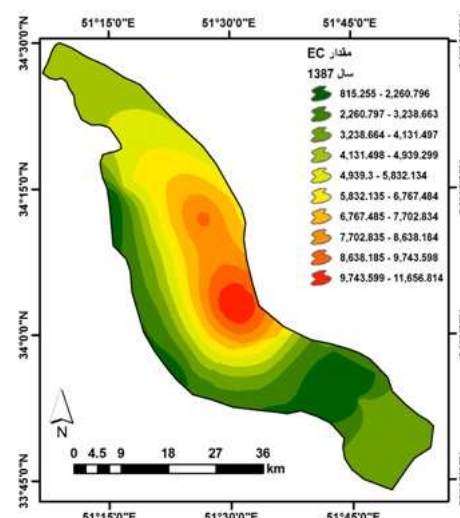
در این پژوهش برای بررسی وضعیت بیابان‌زایی حوضه دشت کاشان با استفاده از شاخص هدایت الکتریکی (EC)، بازه زمانی ۳۶ ساله (از ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰)، به سه دوره مطالعاتی تقسیم شد تا امکان مقایسه آن‌ها با یکدیگر وجود داشته باشد. دوره‌های مطالعاتی شامل دوره اول از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰ (۱۶ ساله)، دوره دوم از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ (۱۰ ساله) و دوره سوم از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ (۱۰ ساله) است. داده‌های موجود برای کیفیت آب‌های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه، سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ را در بر می‌گیرند. برای تبدیل این داده‌ها از

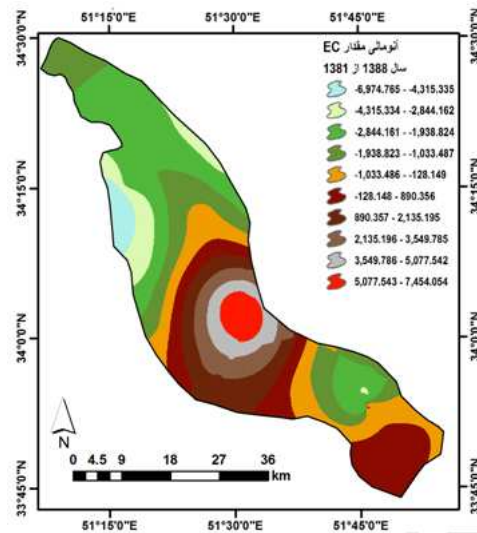


شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۳.



شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۲.

شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۵.شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۴.شکل ۱۴. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۷.شکل ۱۳. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۶.شکل ۱۶. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۹.شکل ۱۵. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ در سال ۲۰۰۸.



شکل ۱۷. نقشه پهنه‌بندی $Ec(\mu\text{mhos/cm})$ از سال (۲۰۰۹-۲۰۰۲).

جدول ۲. نتایج مساحی سنجی پهنه‌های هدایت الکتریکی میان‌یابی شده از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹.

تغییرات کل (۲۰۰۲-۲۰۱۰)		سال ۲۰۰۵		سال ۲۰۰۴		سال ۲۰۰۳		سال ۲۰۰۲	
Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت
-۵۶۴۵/۱	۴۷/۷	۱۸۲۱/۵	۴۲/۱	۱۹۲۱/۶	۱۴۶/۲	۲۰۴۱	۷۵/۱	۱۸۱۹/۲	۱۱۶/۳
-۳۵۷۹/۷	۱۰۳/۸	۲۵۴۲/۴	۱۳۷/۴	۲۷۰۶/۴	۱۷۰/۱	۲۷۱۷	۸۷/۷	۲۷۸۴/۳	۱۵۷/۲
-۲۳۹۱/۵	۴۴۷/۱	۳۲۰۷/۹	۱۶۶/۶	۳۴۰۲/۴	۲۵۶/۱	۳۳۷۹	۸۸/۸	۳۵۴۹/۷	۲۵۲/۲
-۱۴۸۶/۲	۳۰۱/۱	۳۷۹۰/۲	۳۰۸/۳	۴۰۸۳/۵	۳۳۴/۹	۳۹۹۸/۷	۵۵۱/۲	۴۲۸۳/۳	۳۲۲/۳
-۵۸۰/۸	۲۳۹/۷	۴۴۱۴/۱	۲۹۰/۵	۴۸۳۸/۷	۷۶/۶	۴۷۰۲/۹	۱۰۶/۴	۵۱۲۸/۵	۹۲/۴
۵۰۹/۳	۲۸۰/۲	۵۲۴۶	۷۲/۲	۵۶۵۳/۲	۷۴/۳	۵۵۶۲	۶۷/۸	۶۰۳۷/۵	۱۳۲/۶
۱۵۱۲/۸	۱۷۶/۲	۶۱۴۷/۲	۸۴/۴	۶۴۶۷/۶	۱۳۹/۵	۶۴۷۷/۵	۶۸/۴	۶۸۸۲/۸	۱۷۱/۲
۲۸۴۲/۵	۱۱۵/۸	۶۹۳۷/۵	۱۳۲/۷	۷۲۳۷/۶	۱۷۱/۳	۷۲۶۶/۲	۲۴۲/۳	۷۶۳۲/۳	۲۰۲
۴۳۱۳/۷	۸۱/۲	۷۶۰۳	۱۹۳/۹	۷۹۴۸/۳	۲۳۷/۷	۷۸۸۵/۹	۳۶۸/۶	۸۳۱۸	۲۱۳/۷
۶۲۶۵/۸	۵۶/۷	۸۱۹۹/۲	۴۲۱/۲	۸۶۷۳/۹	۲۴۲/۷	۸۵۳۳/۸	۲۰۲/۲	۹۰۹۹/۵	۱۸۹/۷
مساحت کل	۱۸۴۹/۵	سال ۲۰۰۹		سال ۲۰۰۸		سال ۲۰۰۷		سال ۲۰۰۶	
		Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت	Ec ($\mu\text{mhos/cm}$)	km^2 مساحت
		۱۶۰۵/۲	۱۸۸/۶	۱۵۳۸	۱۸۷/۸	۹۹۷/۱	۷۸/۵	۱۸۰۸/۹	۱۲۴/۵
		۲۸۸۹/۵	۲۶۳/۲	۲۷۴۹/۷	۲۶۰/۹	۱۲۹۳/۷	۲۰۱/۲	۲۵۴۹/۵	۱۵۱/۶
		۳۸۷۰/۱	۳۲۵/۷	۳۶۸۵/۱	۳۳۰/۱	۱۴۹۱/۵	۳۲۷/۷	۳۲۳۳/۲	۱۹۶/۵
		۴۷۸۰/۸	۲۸۴/۳	۴۵۳۵/۴	۲۷۳/۵	۱۶۷۶	۳۲۶/۷	۳۸۳۱/۴	۲۴۳
		۵۶۶۸/۱	۲۱۲/۷	۵۳۸۵/۷	۲۲۱/۸	۱۸۴۷/۳	۴۲۱	۴۴۷۲/۴	۲۳۹/۸
		۶۵۷۸/۷	۱۸۳	۶۲۹۹/۸	۱۸۰/۴	۲۰۱۲/۱	۲۰۸/۶	۵۳۲۷	۸۶
		۷۵۳۶/۱	۱۴۴/۱	۷۲۳۵/۲	۱۴۳/۴	۲۱۷۶/۹	۱۶۵/۷	۶۲۵۲/۸	۱۱۱/۳
		۸۵۸۶/۸	۱۳۹/۴	۸۱۷۰/۵	۱۴۳/۳	۲۳۶۱/۴	۸۵/۹	۷۰۵۰/۵	۱۴۲/۸
		۹۸۲۴/۴	۶۶	۹۱۹۰/۹	۶۷/۵	۲۶۹۱	۳۲/۵	۷۷۳۴/۱	۱۷۹/۱
		۱۱۶۲۲/۳	۴۲/۵	۱۰۷۰۰/۲	۴۰/۶	۳۵۴۱/۲	۱/۶	۸۳۷۵/۱	۳۷۵

پژوهش حاضر برای تکمیل پایگاه داده‌ها در کل دوره ۳۶ ساله بدین روش عمل شد. به دلیل این که آمار بارش سالانه از ۵۰ سال گذشته برای منطقه موجود بود، برای تکمیل داده‌های

از آنجایی که پایگاه داده‌های موجود از کیفیت آب‌های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در فاصله سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ تهیه شده و قبل از سال ۲۰۰۲ آماری ثبت نشده است،

مطالعه و آمار بارش (میلی‌متر) و ارتفاع هر ایستگاه (متر) گزارش شده است. از این آمار برای به دست آوردن ضریب همبستگی (R^2) بین میزان بارش و ارتفاع در دوره‌های مختلف استفاده شده است.

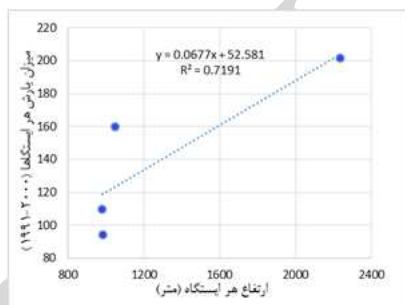
کیفیت آب، معیار میزان بارش مبنای کار قرار گرفت و آمار ناقص از روی داده‌های بارش تخمین زده شد. بدین منظور ابتدا ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مشخص و مشخصات آن‌ها جمع‌آوری شد (جدول ۳). در جدول (۳) ایستگاه‌های مورد

جدول ۳. آمار میانگین بارش (میلی‌متر) در هر دوره مورد مطالعه و ارتفاع (متر) هر ایستگاه.

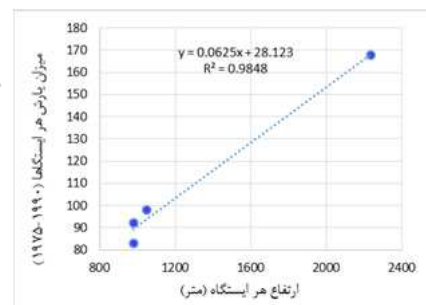
نام ایستگاه	ارتفاع ایستگاه	میانگین بارش از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰	میانگین بارش از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰	میانگین بارش از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰
فین	۱۰۵۰	۱۳۷	۱۶۰	۹۸
ایبانه	۲۲۳۴	۲۱۴	۲۰۲	۱۶۸
آران	۹۸۰	۱۲۵	۱۱۰	۹۲
کاشان	۹۸۲	۱۳۴	۹۴	۸۳

است. در این شکل‌ها، نمودار رگرسیون خطی همراه با ضریب تعیین (R^2)، معادله خط آن و گرادیان بارش منطقه که بین میانگین بارش سالانه ایستگاه‌ها (میلی‌متر) و میزان ارتفاع آن‌ها (متر) قرار دارد، برای دوره‌های مورد مطالعه به تصویر کشیده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ضرایب تعیین بالای ۷۰ درصد نشان از معنی‌داری روابط مذکور دارند.

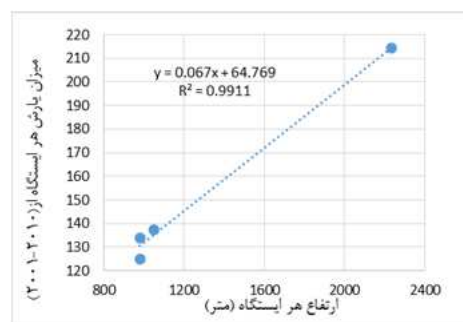
در مرحله بعد، رابطه بین ارتفاع و میزان بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه سنجیده و گرادیان بارش منطقه مشخص شد. این موضوع بدان دلیل است که رابطه مستقیم و معنی‌داری بین ارتفاع و بارش هر منطقه وجود دارد، بدین معنی که هر چه ارتفاع افزایش یابد، میزان بارش در آن مکان نیز زیاد می‌شود. نتایج حاصل از رابطه‌سنجی بین ارتفاع و بارش منطقه در دوره‌های مختلف در شکل‌های (۱۸) تا (۲۰) آورده شده



شکل ۱۹. نمودارهای رگرسیون خطی همراه با ضریب همبستگی (R^2) و معادله خط آن بین آمار بارش سالانه هر ایستگاه (میلی‌متر) و میزان ارتفاع آن ایستگاه (متر) در سال ۱۹۹۱-۲۰۰۰.



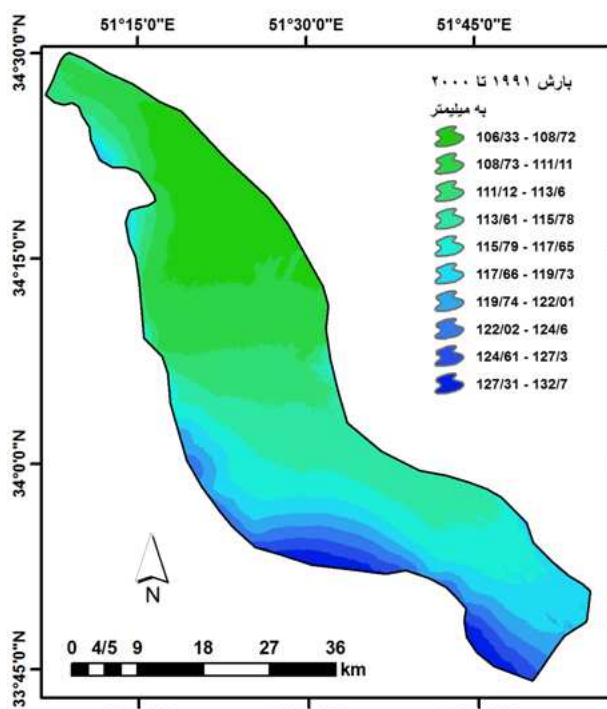
شکل ۱۸. نمودارهای رگرسیون خطی همراه با ضریب همبستگی (R^2) و معادله خط آن بین آمار بارش سالانه هر ایستگاه (میلی‌متر) و میزان ارتفاع آن ایستگاه (متر) در سال ۱۹۷۵-۱۹۹۰.



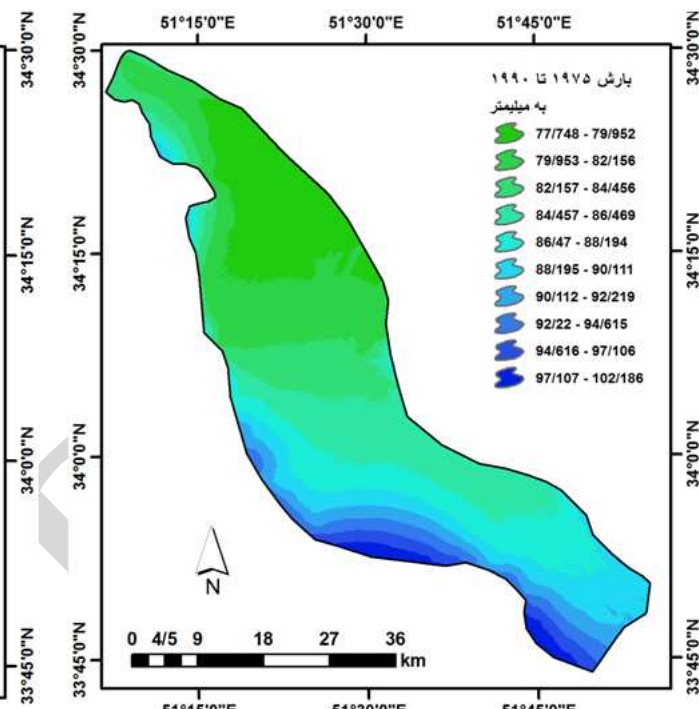
شکل ۲۰. نمودارهای رگرسیون خطی همراه با ضریب همبستگی (R^2) و معادله خط آن بین آمار بارش سالانه هر ایستگاه (میلی‌متر) و میزان ارتفاع آن ایستگاه (متر) در سال ۲۰۰۱-۲۰۱۰.

منطقه اعمال و نقشه‌های هم‌دمای دوره‌ای تهیه شد. سپس این نقشه‌ها با هم تلفیق شدند و نقشه هم‌بارش کلی تهیه شد (شکل‌های ۲۱ تا ۲۴).

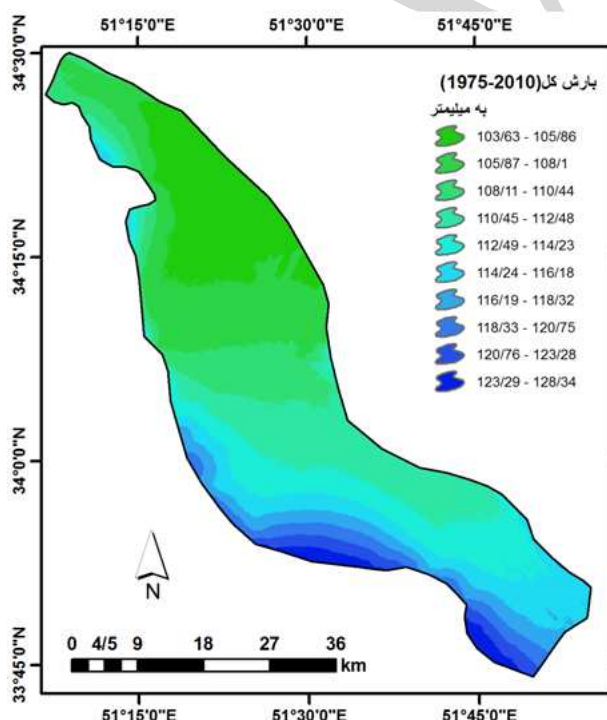
با توجه به ضریب تعیین معنی‌دار و قابل قبول (بالتر از ۰/۷)، برای ترسیم نقشه‌های هم‌بارش منطقه، گرادیان‌های بارش به صورت دوره‌ای (معدلات مذکور) روی مدل رقومی ارتفاعی



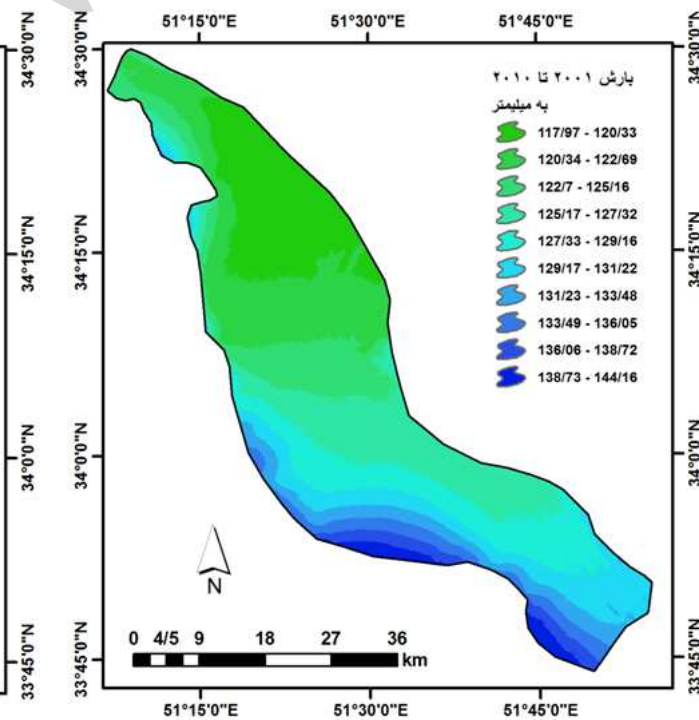
شکل ۲۲. نقشه هم‌بارش دوره دوم (۱۹۹۱-۲۰۰۰).



شکل ۲۱. نقشه هم‌بارش دوره اول (۱۹۷۵-۱۹۹۰).



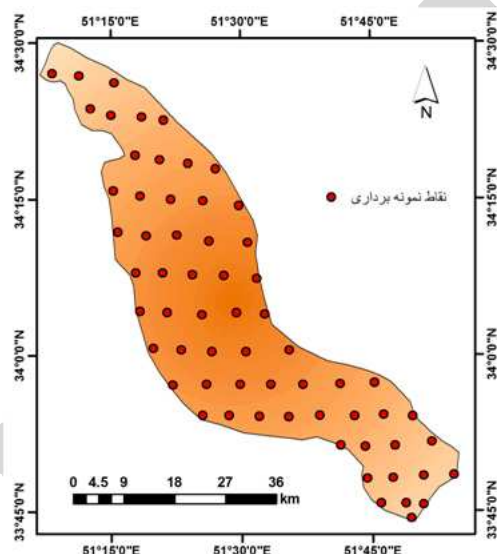
شکل ۲۴. نقشه میانگین هم‌بارش کل دوره (۱۹۷۵-۲۰۱۰).



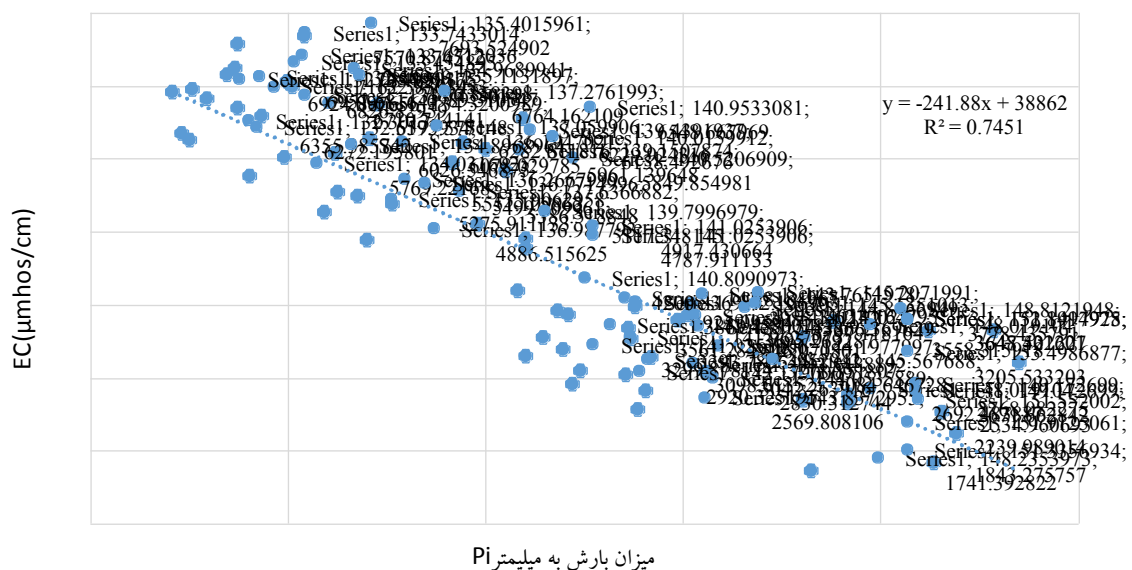
شکل ۲۳. نقشه هم‌بارش دوره سوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰).

تمامی محدوده مورد مطالعه را پوشش دهند. پس از تهیه ۸ نقشه متناظر از پهنه‌بندی EC و هم‌بارش منطقه، اطلاعات داده‌های ۶۳ نقطه مورد نظر از تمام نقشه‌ها استخراج شد، بدین معنی که مقدار پارامترهای بارش و هدایت الکتریکی برای نقاط نمونه‌گیری مجدداً محاسبه شد. برای این که مشخص شود چه میزان میانگین آمار بارش با میانگین داده EC ارتباط و همبستگی دارد، در نقاط نمونه‌برداری، رگرسیون خطی به داده‌های بارش و EC برازش داده شد (شکل ۲۶).

پس از تهیه نقشه هم‌بارش منطقه و نقشه‌های پهنه‌بندی هدایت الکتریکی، به صورت متناظر نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ که به صورت مشترک آمار کیفی آب و بارش آن‌ها موجود بود، با یکدیگر مورد برازش قرار گرفتند تا ارتباط منطقی بین بارش و هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی مدلسازی شود. بدین منظور موقعیت فضایی ۶۳ نقطه در منطقه مورد مطالعه به‌عنوان نقاط نمونه‌گیری طبق شکل (۲۵) به صورت منظم و موزاییکی تعیین شد. نقاط به گونه‌ای انتخاب شدند که پراکنش فضایی آن‌ها منطقی باشد و به صورت نسبتاً مساوی



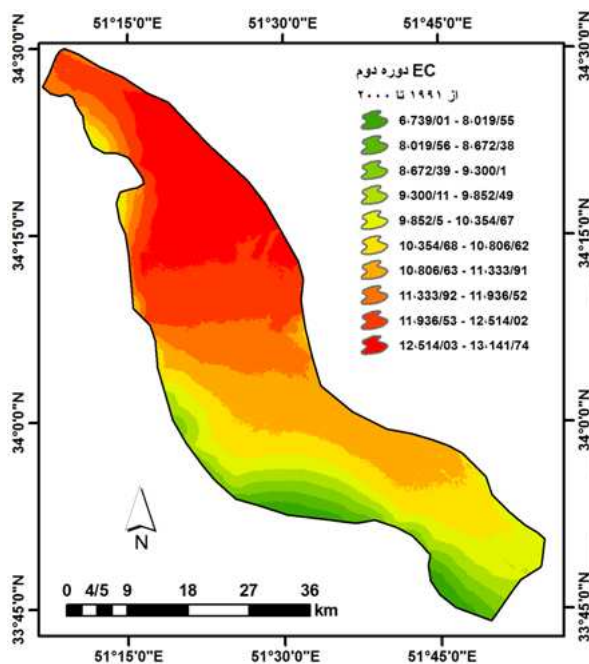
شکل ۲۵. نقشه مختصات نقاط نمونه‌گیری در منطقه مورد مطالعه.



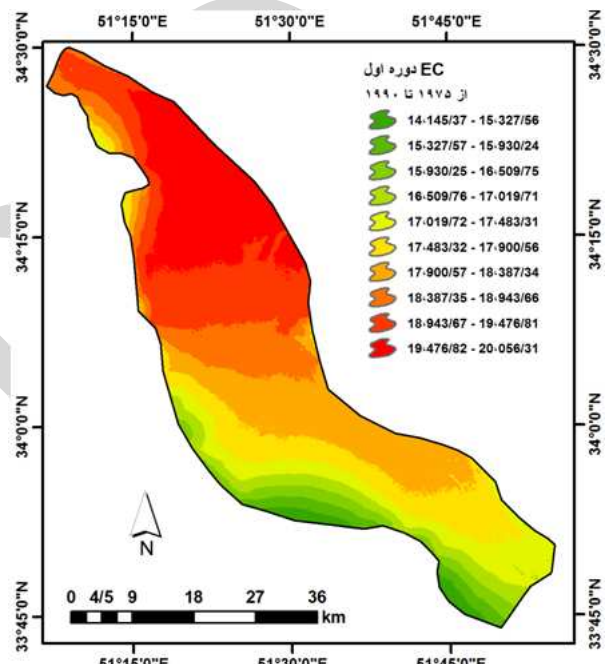
شکل ۲۶. نمودار رگرسیون خطی بین میانگین آمار بارش (میلی‌متر) با میانگین EC (μmhos/cm) از سال ۲۰۰۲-۲۰۰۹.

رابطه‌ای که از طریق رگرسیون خطی بین بارش و EC آب زیرزمینی در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ به دست آمده است، می‌توان آمار هدایت الکتریکی را برای کل دوره ۳۶ ساله بازسازی و نقشه‌های آن را ترسیم کرد. در شکل‌های (۲۷) تا (۳۰) نقشه‌هایی که در دوره‌های مختلف با استفاده از روش فوق‌الذکر ترسیم شده‌اند، به تصویر کشیده شده است.

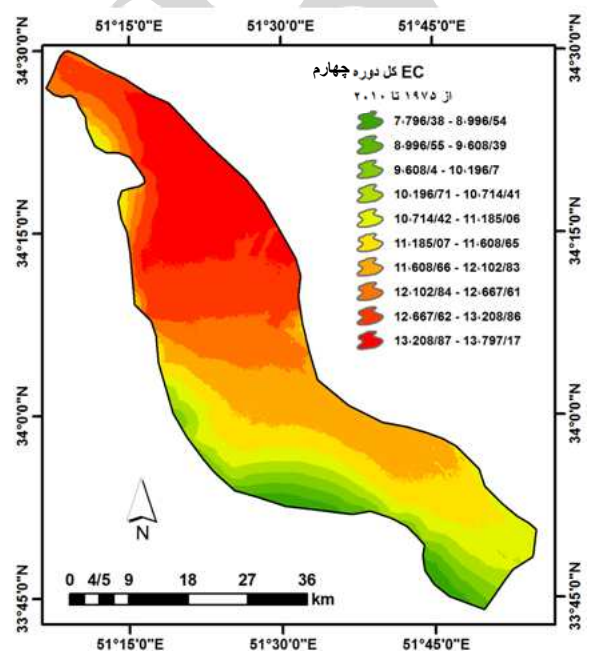
با توجه به ضریب تبیین (R^2) معنی‌دار و قابل قبول رابطه میانگین داده‌های بارش و هدایت الکتریکی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ که برابر با ۰/۷۴۵۱ است، می‌توان از فرمول به دست آمده برای تهیه نقشه‌های EC در تمام سال‌های فاقد داده‌های هدایت الکتریکی استفاده کرد. با توجه به موارد مذکور، نقشه و آمار میزان بارش سالانه به‌عنوان متغیر مبنا و پایه در تهیه نقشه‌های EC در کل ۳۶ سال استفاده شد. حال به کمک



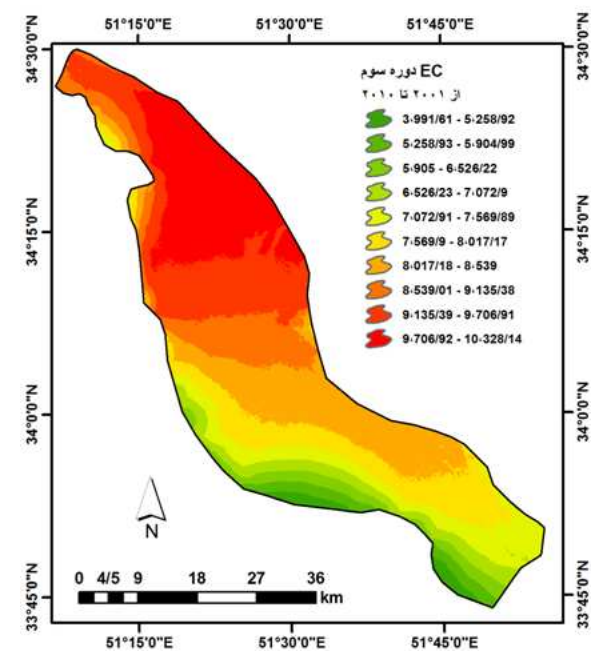
شکل ۲۸. نقشه هدایت الکتریکی دوره دوم (۱۹۹۱-۲۰۰۰).



شکل ۲۷. نقشه هدایت الکتریکی دوره اول (۱۹۷۵-۱۹۹۰).



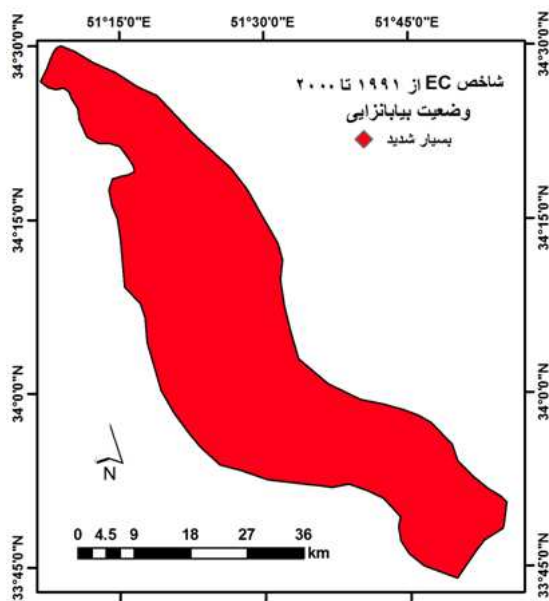
شکل ۳۰. نقشه میانگین هدایت الکتریکی کل دوره (۱۹۷۵-۲۰۱۰).



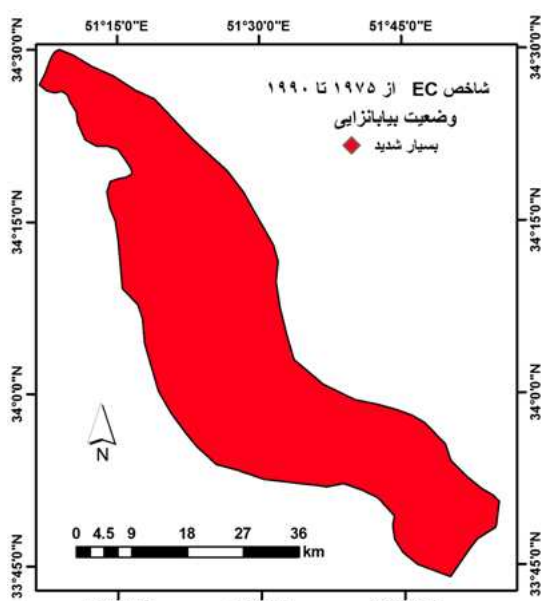
شکل ۲۹. نقشه هدایت الکتریکی دوره سوم (۲۰۰۱-۲۰۱۰).

(شکل‌های ۳۱ تا ۳۴). همان‌گونه که در نقشه‌های بیابان‌زایی منطقه مشخص است، در طول ۳۶ سال گذشته منطقه از نظر کلاس‌بندی مدل IMDPA در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد.

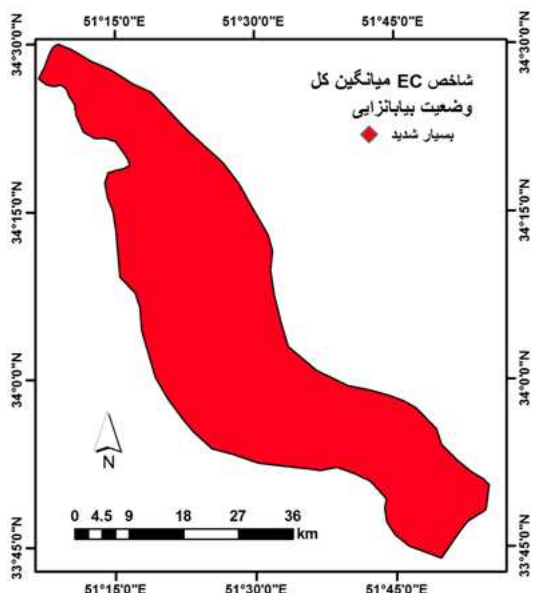
در پایان نقشه‌های هدایت الکتریکی دوره‌های مورد مطالعه بر اساس مدل IMDPA و روش میانگین‌گیری هندسی با یکدیگر تلفیق شدند و نقشه بیابان‌زایی دوره‌ها ترسیم شد. همچنین از تلفیق نقشه‌های دوره‌ای با یکدیگر نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه برای کل دوره ۳۶ ساله به دست آمد.



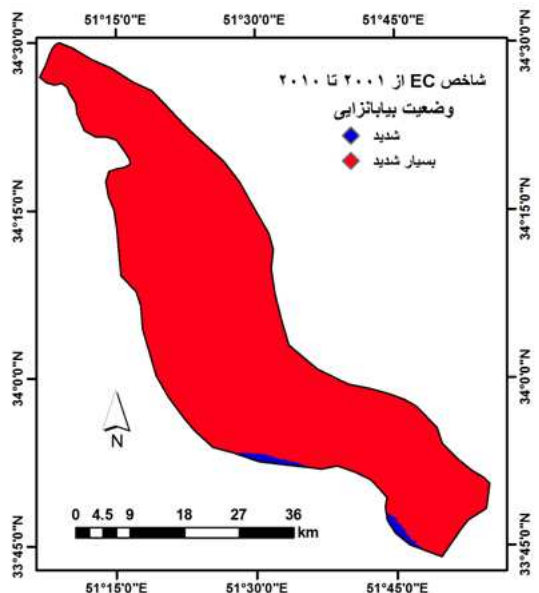
شکل ۳۲. نقشه کلاس‌بندی بیابان‌زایی منطقه در دوره دوم.



شکل ۳۱. نقشه کلاس‌بندی بیابان‌زایی منطقه در دوره اول.



شکل ۳۴. نقشه کلاس‌بندی بیابان‌زایی منطقه در کل دوره.



شکل ۳۳. نقشه کلاس‌بندی بیابان‌زایی منطقه در دوره سوم.

ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی به ویژه گسترش بیابان، تخریب اراضی و کاهش توان اکولوژیکی و بیولوژیکی آن در بازه زمانی ۳۶ ساله (۱۹۷۵-۲۰۱۰) رخ داده است، به طوری که

۵. نتیجه‌گیری

نتایج شناسایی وضعیت، شدت و روند بیابان‌زایی منطقه دشت کاشان نمایانگر این موضوع است که تغییرات گسترده‌ای در

زهتابیان، غ.، جان‌فزا، ع.، محمدعسگری، ح. و نعمت‌الهی، م. ج. (۱۳۸۹) مدل‌سازی توزیع مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی در حوزه آبخیز گرمسار). نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷(۳)، ۶۱-۷۳.

زهتابیان، غ. و اسفندیاری، م. (۱۳۸۹) بررسی اثرات توسعه کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیابان‌زایی منطقه طشک (استان فارس). فصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم، ۱(۲)، ۸-۱.

شیخ‌گودرزی، م.، موسوی، س. ح. و خراسانی، ن. (۱۳۹۱) شبیه‌سازی تغییرات مکانی در ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با روش زمین‌آمار (مطالعه موردی: دشت تهران-کرج). نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۵(۱)، ۸۳-۹۳.

میرزاوند، م. (۱۳۹۱) بررسی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان به وسیله سیستم‌های عصبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ۱۳۲ ص.

ناطق، س.، زهتابیان، غ. و احمدی، ح. (۱۳۸۸) ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۲(۳)، ۴۱۹-۴۳۰.

وصالی، س. ع. (۱۳۸۷) بررسی شاخص‌های بیوفیزیکی شدت بیابان‌زایی متأثر از فعالیت‌های انسانی (منطقه مورد مطالعه: کاشان و آران بیدگل). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۱۹۱.

FAO/UNEP. (1984) Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification.

Malins, D. & Metternicht, G. (2006) Assessing the spatial extent of dry land salinity through fuzzy modeling. Ecological Modeling, 193(3-4), 387-411.

Reynolds, J. F. & Stafford Smith, D. M. (2002) *Global desertification: do humans cause deserts?* Berlin: Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press. 437.

Sepehr, A. & Zucca, C. (2012) Ranking desertification indicators using TOPSIS algorithm. *Natural Hazard*, 62(3), 1137-1153.

Shakerian, N., Zehtabian, Gh. R., Azarnivand, H., & Khosravi, H. (2011) Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. *Journal of Desert*, 16(1), 23-32.

تقریباً تمامی منطقه مورد مطالعه با بیابان‌زایی و افت پتانسیل شدید آب زیرزمینی روبه‌رو هستند. با توجه به نتایج تحقیق و استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی و داده‌های هدایت الکتریکی می‌توان علت کاهش توان و تخریب اراضی محدوده مورد مطالعه را مواردی از قبیل کاهش کیفیت، افزایش شوری و افزایش هدایت الکتریکی آب برشمرده که این نیز خود می‌تواند ناشی از گسترش محدوده پلایا در نتیجه افزایش تجمع نمک در سطح، افزایش دما و تبخیر و تعرق، کاهش بارندگی، تداوم خشکسالی‌های اخیر، افزایش برداشت از آب‌های اطراف پلایا، پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و آبیاری زمین با آب شور باشد. در مجموع نتایج نشان می‌دهد که حداکثر مساحت منطقه مورد مطالعه در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد و این موضوع توجه هر چه بیشتر مسئولان امر را در زمینه انجام اقدامات جلوگیری از بیابان‌زایی می‌طلبد.

منابع

احمدی، ح. (۱۳۸۳) گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۶۸ ص.

بخشنده مهر، ل.، سلطانی، س. و سپهر، ع. (۱۳۹۲) ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زدایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی اصفهان. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶(۱)، ۲۷-۴۱.

ذاکری‌نژاد، ر.، مسعودی، م.، سید فلاح شمسی، ر. و سیدافضلی، ف. (۱۳۹۱) ارزیابی شدت بیابان‌زایی با معیار آب زیرزمینی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی زرین دشت فارس. فصلنامه علمی پژوهشی انجمن آبیاری و آب ایران، ۲(۷)، ۹-۳.

ذوالفقاری، ف.، شهریار، ع.، فخره، ا.، راشکی، ع.، نوری، س. و خسروی، ح. (۱۳۹۰) ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA. فصلنامه پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۴(۲)، ۹۷-۱۰۷.

رضوی، س. م. (۱۳۸۷) ارزیابی و تعیین شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA با تأکید بر معیارهای آب، خاک و پوشش گیاهی (مطالعه موردی کویر میقان-اراک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۰۰ ص.