



Semnan University

Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions

<https://ceasr.semnan.ac.ir>



Research Article

Comparison of the Accuracy of Different Geostatistical Methods in Estimating the Salinity of Alluvial Aquifers

Alireza Shahsavari Pour^a, Alijan Abkar^b, Hamzeh Saeediyan^{c,*}

^a Senior Expert in Watershed Management, Agricultural Jihad Management of Sirjan, Iran.

^b Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.

^{*c} Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 12 July 2026

Revised: 11 August 2026

Accepted: 6 September 2026

Keywords:

Geostatistics,
Salinity,
Zoning,
Sirjan Plain.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: The health of alluvial aquifers is one of the most important issues that have been considered by researchers and policymakers in the watersheds around the world; among them, water resources salinity is very important. Population growth and agricultural demand have increased the extraction of groundwater resources in arid and semi-arid regions. The quality of these resources is particularly affected by pollution from fertilizers and agricultural chemicals, the intensity of which has a direct relationship with the amount of these substances. Meanwhile, electrical conductivity of water is considered a key indicator for monitoring and determining qualitative changes in groundwater.

Materials and Methods: In this study, the salinity of 55 water sources in Sirjan plain aquifer was investigated. Then, geostatistical methods such as ordinary kriging (OK), inverse distance weight (IDW) and normal distance weight (NDW) were used for zoning of water salinity in Sirjan plain. To evaluate the performance of prediction and estimation models, performance indicators of coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), mean square error (MSE), mean absolute error (MAE), correlation coefficient (R) and Nash-Sutcliffe (NS) coefficient are used. After selecting the best method of interpolation, spatial zoning maps related to water salinity were prepared in Arc GIS and GS⁺ softwares.

Results: Results showed that minimum salinity of water is 440 μ mhos/cm that is related to the water source of Deh Ghazi aqueduct and maximum salinity level is 19700 μ mhos/cm that is related to the Mollahaji water source. In general, average salinity of studied water sources in Sirjan plain alluvial aquifer is 2323.7273 μ mhos/cm. The ordinary kriging (OK) method showed the most appropriate amount in terms of MSE (5797901), RMSE of 2407.883, R^2 of 0.856806, R of 1 and NS of 0.580792, compared to IDW and NDW.

Conclusion: Water salinity is an important factor in determining the chemical properties of natural waters and its biological processes. So, it is highly regarded by researchers as well as water policymakers. Obtaining an appropriate database in relation to salinity of water resources in different regions, especially in desert provinces, is of particular importance. Results of this research showed that in the west and north-west of this region, because of proximity of Sirjan salt crust,

* Corresponding author: hamzah.4900@yahoo.com

water salinity is higher and in the southeastern part due to the proximity to the Chahghale and accumulation of sediments and high evaporation, the salinity is increasing compared to other regions. It is recommended that water resources of different aquifers of Iran be studied in a highly specialized and scientific manner along with different methods of determining water salinity in order to obtain a suitable database of water resources of different aquifers throughout the country and be used in hydro-soil projects.

Cite this article: Shahsavari Pour, A., Abkar, A., & Sacediyan, H. (2026). Comparison of the accuracy of different geostatistical methods in estimating the salinity of alluvial aquifers. *Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions*, 3(1), 104-119.

© 2026 Published by Semnan University Press.
DOI: <https://doi.org/10.22075/ceasr.2026.41944.1070>

مقایسه دقت روش‌های مختلف زمین‌آمار در تخمین شوری آبخوان‌های آبرفتی

علیرضا شهسواری پور^۱، علیجان آبکار^۲، حمزه سعیدیان^{۳*}

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سیرجان، ایران.

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

*: نویسنده مسئول، hamzah.4900@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۲۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۶	سابقه و هدف: سلامت آبخوان‌های آبرفتی یکی از مهمترین مقوله‌هایی است که در حوضه‌های آبخیز سراسر دنیا بسیار مورد توجه محققان و سیاستمداران قرار گرفته است که در این میان شوری منابع آب بسیار حائز اهمیت می‌باشد. افزایش جمعیت و تقاضای کشاورزی، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش داده است. کیفیت این منابع به‌ویژه تحت تأثیر آلودگی ناشی از کودها و مواد شیمیایی کشاورزی قرار دارد که شدت آن رابطه‌ی مستقیمی با میزان مصرف این مواد دارد. در این میان، هدایت الکتریکی آب، شاخصی کلیدی برای پایش و تعیین تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود. مواد و روش‌ها: در این تحقیق، میزان شوری آب ۵۵ منبع آب در آبخوان دشت سیرجان بررسی شد. سپس روش‌های زمین‌آماري کریجینگ معمولی، عکس فاصله و فاصله نرمال جهت پهنه‌بندی شوری آب دشت سیرجان مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی عملکرد مدل‌های تخمین و پیش‌بینی، شاخص‌های عملکردی ضریب تعیین، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین مربعات خطا، میانگین مطلق خطا، ضریب تعیین، و ضریب نش - ساتکلیف به‌کار گرفته شد. پس از انتخاب بهترین روش میان‌یابی، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی مربوط به میزان شوری آب در محیط نرم‌افزاری Arc GIS و GS⁺ تهیه گردید. یافته‌ها: حداقل میزان شوری آب ۴۴۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد که مربوط به قنات ده قاضی است و حداکثر میزان شوری آب نیز ۱۹۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد که مربوط به منبع آب ملاحاجی است. در مجموع، میانگین کل شوری منابع آب مطالعه شده آبخوان آبرفتی دشت سیرجان ۲۳۲۳/۷۲۷۳ میکروموس بر سانتی‌متر است. روش کریجینگ معمولی از نظر میانگین مربعات خطا با مقدار ۵۷۹۷۹۰۱، مجذور میانگین مربعات خطا با مقدار ۲۴۰۷/۸۸۳، ضریب تعیین با مقدار ۰/۸۵۶۸۰۶، ضریب همبستگی با مقدار ۱ و ضریب نش - ساتکلیف با مقدار ۰/۵۸۰۷۹۲ مناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و فاصله نرمال از خود نشان دادند. نتیجه‌گیری: شوری آب عامل مهمی در تعیین ویژگی‌های شیمیایی آب‌های طبیعی و فرایندهای زیستی آن است. بنابراین بسیار مورد توجه محققان و همچنین سیاست‌گذاران حوزه آب می‌باشد. به‌دست آوردن بانک

اطلاعاتی مناسب در ارتباط با شوری منابع آب در مناطق مختلف، به خصوص استان‌های کویری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در قسمت غرب و شمال غرب منطقه به دلیل همجواری با کفه نمک سیرجان، شوری آب بیشتر می‌باشد و در بخش جنوب شرقی به دلیل نزدیکی به کفه چاه قلعه و تجمع رسوبات و تبخیر بالا، میزان شوری آب به صورت موضعی نسبت به سایر مناطق روند افزایشی دارد. توصیه می‌شود که منابع آب آبخوان‌های مختلف کشور به صورت کاملاً تخصصی و علمی همراه با روش‌های مختلف تعیین شوری آب مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد تا بانک اطلاعاتی مناسبی از شوری منابع آب آبخوان‌های مختلف سراسر کشور به دست آید و مورد استفاده در طرح‌های آبی-خاکی قرار گیرد.

استناد: شهسواری پور، ع.، آبکار، ع. و سعیدیان، ح. (۱۴۰۵). مقایسه دقت روش‌های مختلف زمین‌آمار در تخمین شوری آبخوان‌های آبرفتی. *اقلیم و بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه‌خشک*، ۳(۱)، ۱۰۴-۱۱۹.

ناشر: دانشگاه سمنان

DOI: <https://doi.org/10.22075/ceasr.2026.41944.1070>

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، با رشد جمعیت و همچنین افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و گسترش صنعت و کشاورزی، میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به عنوان مهمترین تأمین‌کننده آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است (Balali و Kasbian Lal، ۲۰۲۲). کیفیت آب‌های زیرزمینی یکی از موارد مهم در مطالعات هیدرولوژیک محسوب می‌شود (Salarifar، ۲۰۲۲). آلودگی آب‌های زیرزمینی در بخش‌های مختلف حوضه‌های آبخیز در سراسر دنیا ممکن است اتفاق بیفتد و با توجه به شرایط مختلف حاکم بر حوضه‌های آبخیز تغییرات بسیاری دارد. آلودگی منابع آب زیرزمینی در اثر فعالیت‌های کشاورزی ناشی از استفاده از انواع کودها و مواد شیمیایی، جهت افزایش بازده تولید محصولات می‌باشد و ارتباط مستقیمی بین میزان مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی و شدت آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد (Gheisari و همکاران، ۲۰۰۷). میزان هدایت الکتریکی آب یکی از شاخص‌های مؤثر در تعیین میزان تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی است (Taghizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). کاهش سطح آب و شوری آن مانع مهمی در قابلیت کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Chen و همکاران، ۲۰۱۰). شوری آب یکی از مهمترین دلایل تخریب کیفی آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Faryabi و همکاران، ۲۰۲۳). ضمناً، آب‌های زیرزمینی با کیفیت و کمیت مناسب منابع قابل اطمینانی برای تأمین نیازهای انسان به حساب می‌آیند (Dent، ۲۰۰۷). البته آب‌های زیرزمینی شیرین در مناطق بالادست و نواحی تغذیه آبخوان‌ها قرار دارند و با حرکت به طرف مناطق پایین‌دست، مقادیر شوری آنها زیاد می‌شود (Yaouti و همکاران، ۲۰۰۹).

علم زمین‌آمار شامل مجموعه‌ای از روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی داده‌ها، قادر به تهیه نقشه‌های کمی پراکنش مکانی با حداقل واریانس ممکن می‌باشد (Isaak و Srivastava، ۱۹۸۹). از طرفی، در رسم نقشه‌ها لازم است تعداد نقاط در حدی باشند که خطای تخمین در محدوده مجاز باشد تا بتوان به دقت قابل قبولی دست یافت (Ayoubi، ۲۰۰۷). از اهداف اصلی زمین‌آمار، ارائه مدلی مناسب جهت توصیف متغیر ناحیه‌ای با در نظر گرفتن مؤلفه‌های تغییرپذیری ساختاری و تصادفی است (Yari و Koochakzadeh، ۲۰۰۸). اولین بار در سال ۱۹۵۱ شخصی به اسم کریج که کارشناس معدن بود وجود ارتباط مکانی بین نمونه‌ها را برای ارزیابی ذخایر معدنی پیشنهاد کرد. پس از آن، ماترون در دهه ۱۹۶۰ به توسعه روش‌های آماری در علوم پرداخت که نتیجه آن، ابداع شاخه جدیدی از علم آمار تحت عنوان زمین‌آمار

بود (Madani, ۱۹۹۴). زمین‌آمار رویکرد آماری جهت مدل‌سازی متغیرهای ناحیه‌ای در قالب نظریه احتمال و با استفاده از تابع تصادفی است (Hossaini و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی، آنالیز زمین‌آمار به بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان و آنالیز نقاط نمونه‌برداری شده با موقعیت متفاوت و به‌منظور تولید یک سطح پیوسته می‌پردازد (Johnston, ۲۰۰۱). Marengo و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی توزیع آلاینده‌های زیرزمینی با استفاده از کریجینگ معمولی پرداختند و نتایج آن حاکی از دقت خوب روش کریجینگ در توزیع آلاینده‌های زیرزمینی است. Yazdani Moghadam و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که در زیرحوضه آبریز مطالعه شده دریاچه نمک در شمال استان اصفهان، از سمت غرب به شرق از کیفیت آب زیرزمینی کاسته می‌شود که علت آن توسعه نامناسب اراضی کشاورزی و بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی است که باعث هجوم آب‌های شور شده است. Valizadeh Kamran و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی دشت شیرامین استان آذربایجان شرقی پرداختند و بیان کردند که روش کریجینگ ساده به دلیل R بالاتر و RMSE کمتر مناسب‌ترین روش می‌باشد.

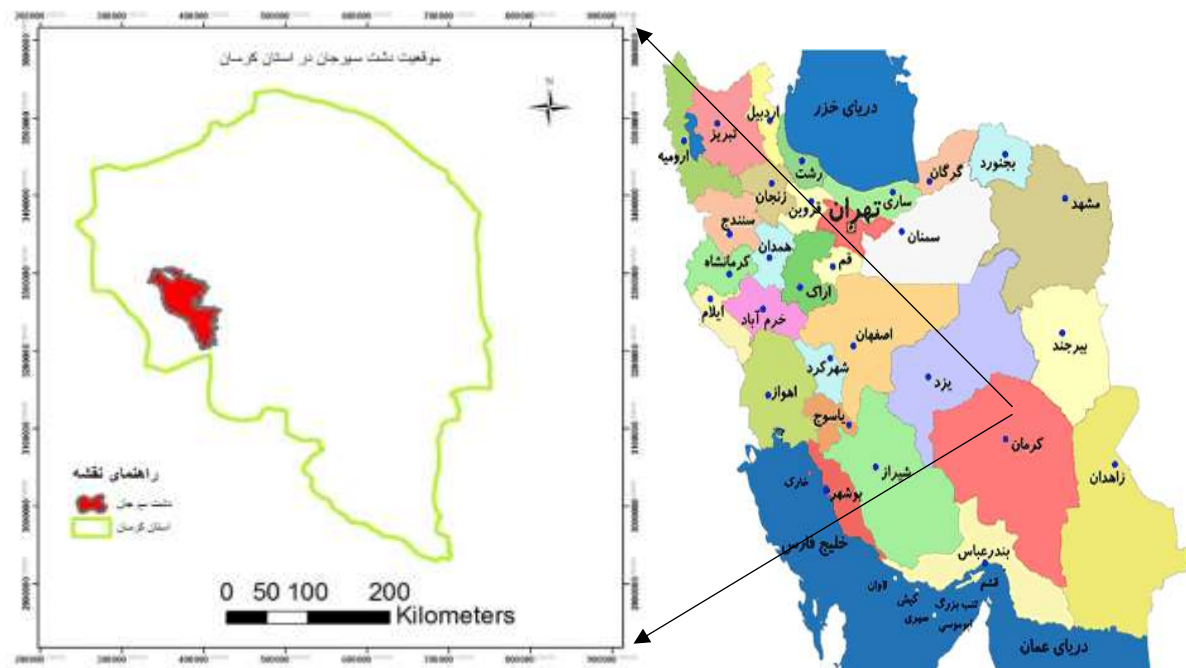
بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دهه‌های اخیر به عنوان مهمترین و آسیب‌پذیرترین منبع تأمین آب اهمیت زیادی دارد (Fashaei و Ghoochanian, ۲۰۲۲). بنابراین، انتخاب روش مناسب برای پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی نقش مهم و ارزنده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری، مدیریت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دارد (Johnston و همکاران، ۲۰۰۱؛ Dorgham و همکاران، ۲۰۰۴؛ Shi و همکاران، ۲۰۰۷؛ Jang و همکاران، ۲۰۱۳).

هدف تحقیق حاضر، مقایسه دقت روش‌های مختلف زمین‌آمار در تخمین شوری آبخوان آبرفتی دشت سیرجان در استان کرمان می‌باشد که با توجه به اقلیم خاص استان‌های کویری و ارزیابی دقت روش‌های مختلف زمین‌آمار در این مناطق، ارزش تحقیق دوچندان می‌شود. نوآوری دیگر تحقیق، ترسیم نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی شوری است که به‌وضوح هجوم شوری را در منطقه دشت سیرجان نشان می‌دهند. این نقشه‌ها نه تنها الگوی پراکنش را نشان می‌دهند، بلکه مناطق بحرانی در معرض خطر پیشروی آب شور به سمت چاه‌های کشاورزی شرق دشت را به‌صورت کمی مشخص کرده است. با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استان کرمان، تخمین دقیق شوری آبخوان‌ها برای مدیریت بهینه منابع آب ضروری است. اهمیت این پژوهش به دلیل بررسی عملکرد روش‌های زمین‌آمار در شرایط چالش‌برانگیز مناطق خشک مانند پراکندگی داده‌ها، محدودیت نمونه‌برداری و تغییرپذیری بالای مکانی دوچندان است. یافته‌های آن می‌تواند به انتخاب دقیق‌ترین روش برای پایش و مدل‌سازی شوری در آبخوان‌های مشابه مناطق خشک و نیمه‌خشک کمک شایانی کند و مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و زیست‌محیطی فراهم آورد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه پژوهش

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، دشت سیرجان در استان کرمان می‌باشد (شکل ۱). شهرستان سیرجان یکی از شهرستان‌های استان کرمان است که در غرب این استان قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی دشت سیرجان با وسعت ۱۲۵۲۷ کیلومتر مربع بین طول‌های ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض‌های ۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی قرار دارد. حداکثر ارتفاع ۳۸۱۳ متر را در سمت ارتفاعات شمال شرق شامل می‌گردد. حداقل ارتفاع این محدوده مطالعاتی برابر با ۱۶۵۰ متر و در کویر غربی است و ارتفاع متوسط مرکز دشت سیرجان نیز ۱۷۷۰ متر می‌باشد. دشت سیرجان به دلیل وقوع در حاشیه کویر دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت دشت سیرجان در نقشه استان کرمان و همچنین موقعیت منطقه مطالعه شده

Fig.1. Location of Sirjan Plain on the map of Kerman Province and also the location of the studied area

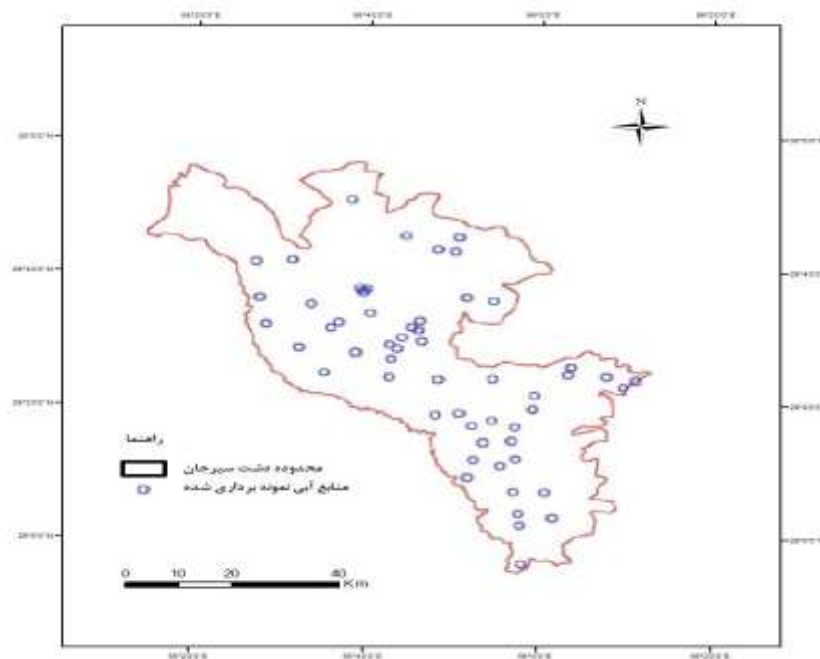
2-2- روش کار

به منظور بررسی تغییرات مکانی شوری آب دشت سیرجان، این تحقیق به صورت مقطعی انجام گردید. در ابتدا محدوده آبخوان‌های مهم شهرستان بر اساس نقشه‌های مختلف توپوگرافی ترسیم شد. در مرحله بعد، حوضه‌های آبریز مشرف به دشت‌های مهم شهرستان سیرجان تعیین گردید. با توجه به مساحت، آبخوان‌های مهم شهرستان سیرجان به شبکه‌های دو تا چهار کیلومتری تقسیم‌بندی شدند به طوری که حداقل چند نمونه از هر منطقه قابل برداشت باشد. در مرحله بعد، اقدام به برداشت نمونه از آب‌های زیرزمینی گردید. محل‌های مناسب نمونه‌برداری با توجه به هدف کلی مطالعه در دشت سیرجان انتخاب شده است. این مکان‌های نمونه‌برداری که از چاه‌های شرب، کشاورزی و قنوات می‌باشند، مکان‌های مناسبی برای نشان دادن وضعیت کیفی این آبخوان می‌باشند (شکل ۲).

به دلیل حساسیت آب شرب دشت‌ها، سعی شد که از کلیه چاه‌های آب شرب و قنوات و چشمه‌ها نمونه‌برداری صورت گیرد. هدایت الکتریکی (EC^1) آب بلافاصله بعد از برداشت در محل اندازه‌گیری به دست آمد و محل‌های برداشت نیز با دستگاه GPS² ثبت شدند. جهت نمونه برداری، از بطری‌های پی وی سی یک لیتری استفاده گردید و نقاط نمونه‌برداری شده تقریباً به گونه‌ای پراکنده شدند که با پوشش دادن تمامی سطح آبخوان بتوان به بررسی همبستگی مکانی متغیر مورد بررسی پرداخت. همچنین بازسازی روی داده‌های آب زیرزمینی صورت گرفت و به منظور بازسازی آمار چاه‌ها از روش گلموگروف-اسمیرنوف برای تست نرمال بودن توزیع داده‌های EC آب زیرزمینی استفاده گردید. سپس واریوگرام مناسب با ساختار فضایی داده‌ها انتخاب شد که این امر در محیط نرم‌افزار زمین‌آماري GS^+ صورت گرفت. تخمین‌های زمین‌آماري شامل دو مرحله می‌باشد: مرحله اول شامل شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیر و مرحله دوم شامل تخمین متغیر مورد نظر بود. از طرفی، در رسم نقشه‌ها لازم است تعداد نقاط به گونه‌ای انتخاب شوند که خطاهای مورد بررسی در محدوده مجاز باشند.

¹- Electrical Conductivity

²- Global Positioning System



شکل ۲. موقعیت منابع آب نمونه برداری شده در دشت سیرجان

Fig. 2. Location of sampled water sources in the Sirjan Plain

معمولاً هر تجزیه و تحلیل زمین‌آماري با محاسبه نیم‌تغییرنمای خصوصیت مورد بررسی آغاز می‌شود. نیم‌تغییرنما یک ابزار اساسی در زمین‌آمار و نشانگر همبستگی مکانی بین داده‌های اندازه‌گیری شده برحسب فاصله بین نقاط است. در انتخاب بهترین مدل نیم‌تغییرنمای برازش داده‌شده دقت شده است تا شاخص‌های نیم‌تغییرنما به مقدار بهینه خود برسند. نیم‌تغییرنمای واقعی (تئوری)، از لحاظ عملی قابل دسترس نیست زیرا محاسبه آن نیازمند نمونه‌برداری از همه اجزای بی‌نهایت کوچک محیط مورد مطالعه می‌باشد و این در طبیعت غیرممکن است. نوع دیگری از نیم‌تغییرنما وجود دارد که همان نیم‌تغییرنمای تئوری است، ولی این بار در یک فضای کوچکتری بررسی می‌شود که باز هم در طبیعت قابل دستیابی نیست. به این نیم‌تغییرنما، نیم‌تغییرنمای مکانی گفته می‌شود. بنابراین در بررسی‌های زمین‌آماري، معمولاً از نوع دیگری از نیم‌تغییرنما که نیم-تغییرنمای تجربی نام دارد، استفاده می‌گردد. برای محاسبه و تعیین مدل نیم‌تغییرنمای تجربی، در قدم اول مجذور اختلاف مقدار یک کمیت در دو نقطه به فاصله h ، محاسبه می‌شود. این محاسبه در مورد تمامی نقاطی که به فاصله h از یکدیگر قرار دارند، انجام می‌شود و میانگین مجذور اختلاف‌ها محاسبه می‌گردد. برای ارزیابی عملکرد مدل‌های تخمین و پیش‌بینی، شاخص‌های عملکردی مختلفی وجود دارند که در این پژوهش شاخص‌های، ضریب تعیین R^2 ، مجذور میانگین مربعات خطا 4 (RMSE)، میانگین مربعات خطا 5 (MSE)، میانگین مطلق خطا 6 (MAE)، ضریب همبستگی 7 (R) و ضریب نش-ساتکلیف 8 (NS) به کار گرفته شده است. ضمناً، در این پژوهش از نرم‌افزارهای AutoCAD، Google Earth، Global Mapper، SPSS، Excel و GS+ نیز استفاده شده است. مدل‌های برازش شده به نیم‌تغییرنماهای تجربی داده‌های EC منطقه مورد مطالعه شامل خطی، کروی، گوسین و نمایی می‌باشند. روش‌های انجام شده جهت ارزیابی مدل ارائه شده متغیر EC نیز کریجینگ معمولی، عکس فاصله و فاصله نرمال می‌باشند.

³- Coefficient of determination

⁴- Root Mean Square Error

⁵- Mean Square Error

⁶- Mean Absolute Error

⁷- Correlation Coefficient

⁸- Coefficient of Nash - Sutcliffe

۳- نتایج و بحث

پارامترهای مختلف آماری مربوط به میزان شوری منابع مختلف آب در بررسی آبخوان آبرفتی دشت سیرجان در جداول ۱ تا ۵ و شکل‌های ۳ تا ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱. موقعیت و میزان EC منابع آب مورد مطالعه در دشت سیرجان در سال ۲۰۱۵

Table 1. Location and EC of the studied water resources in the Sirjan Plain in 2015

شماره	نام محل	شوری	شماره	نام محل	شوری
Number	Place Name	EC	Number	Place Name	EC
1	اسحاق آباد	819	31	امیرآبادسوخک	906
2	قناتوت	605	32	جنب صدا و سیما	1265
3	کشکویه بلورد	806	33	17 کیلومتری شمال سیرجان	1118
4	چاه رضا رحمت	2520	34	شمال شرق سیرجان	1323
5	کهن شهر	1220	35	مهدی آباد زینلی	960
6	قاسم آباد	1143	36	موقوفه کرمانیان	540
7	کران	567	37	قنات مهدی آباد	1000
8	دوچاهی	1189	38	قنات میاندوآب	654
9	دارستان	889	39	ده بیابانی زید آباد	18000
10	زمزرج	625	40	شیلہ حیدری	1800
11	سلطان پیرغیب	632	41	موتورجلال سلطانی	2300
12	کفریز	460	42	پشته اسبی	1400
13	حومه سیرجان	1053	43	قیچ آباد خواجویی	1350
14	جنب شهرک نصر	1056	44	شیلہ مارانی	1120
15	روبروی صدا و سیما	1052	45	محمدکاظم یزدانی-فرودگاه	1800
16	جنب کارخانه لاستیک	1012	46	محمدیه زیدآباد	1470
17	جنب کمربندی کرمان	1065	47	خرم آباد احمد گلزاری	3730
18	حومه شهر	1031	48	طاقی مظفر عباسلو	5400
19	دشت شرقی سیرجان	1003	49	موتورغلامرضا صفاری	3730
20	دشت شرقی سیرجان	1056	50	قنات یحیی آباد	620
21	قنات ده قاضی	440	51	اسلام آباد زیدآباد برومند و میرشاهی	9600
22	قنات گوغین بلورد	470	52	ملاحاجی	19700
23	محمد مهدی اصطهباناتی	1200	53	جعفرآباد	10500
24	ابراهیم آباد رضوی	1211	54	قنات فیروزه	4100
25	محمودآباد سید	1777	55	ده ترکان احمد حکمتی	1908
26	نصرت آباد	1233	-	-	-
27	چاه زهرا	1381	-	-	-
28	عزت آباد	1276	-	-	-
29	عسکرآباد	1200	-	-	-
30	کاظم آباد	1520	-	-	-

جدول ۲. آنالیز آماری متغیر EC (میکروموس بر سانتی‌متر)

Table 2. Statistical analysis of EC variable (Microomhos per centimeter)

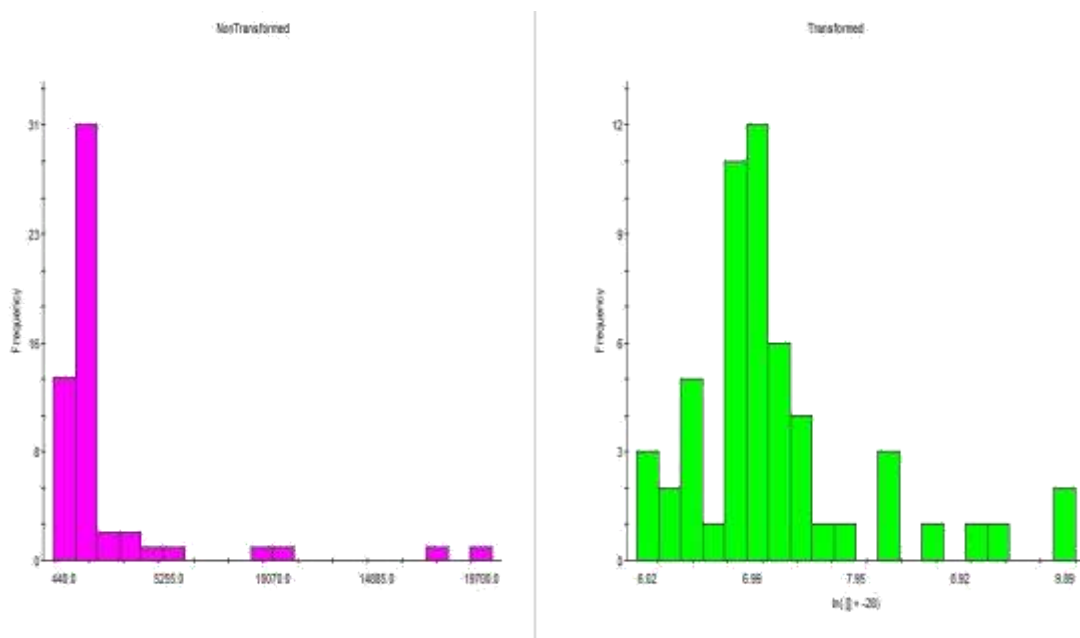
متغیر Variable	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Average	چولگی skewness	کشیدگی Kurtosis	واریانس Variance	انحراف معیار Standard deviation	میانه median	تعداد Number
EC	440	19700	2323.72 73	3.48	11.83	14309006.55	3782.72	1189	55

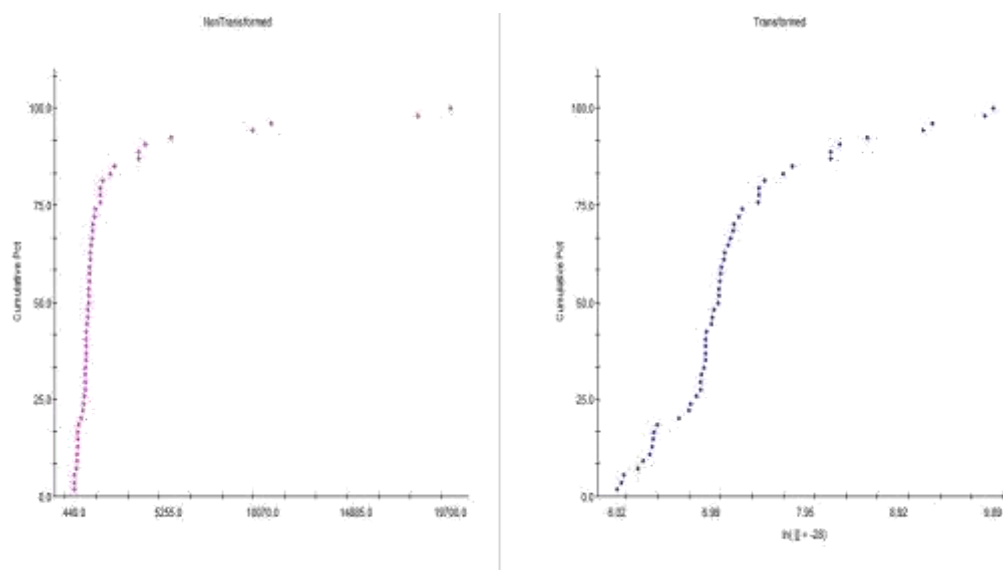
نتایج مطالعه میزان شوری 55 منبع آب در آبخوان آبرفتی دشت سیرجان (جدول 1) نشان داد که حداقل میزان شوری آب 440 میکروموس بر سانتی‌متر (معادل 0/440 دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد که مربوط به آب قنات ده قاضی بود و حداکثر میزان شوری آب نیز 19700 میکروموس بر سانتی‌متر (معادل 19/7 دسی‌زیمنس بر متر) مربوط به منبع آب ملاحجی می‌باشد. در مجموع، میانگین کل شوری منابع آب مطالعه شده آبخوان آبرفتی دشت سیرجان 2323/7273 میکروموس بر سانتی‌متر و واریانس و انحراف معیار میزان شوری منابع آب ذکر شده نیز به ترتیب 1430900/55 و 3782/72 می‌باشد (جدول 2). همچنین، میزان چولگی و کشیدگی میزان شوری منابع آب ذکر شده به ترتیب 3/48 و 11/83 و میانه میزان شوری منابع آب نیز 1189 است.

جدول ۳. نتایج آنالیز داده‌ها با آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو ویلک

Table 3. Results of data analysis using the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
EC	0.362	55	0.000	0.462	55	0.000

شکل ۳. فراوانی متغیر EC قبل و بعد از نرمال سازی با گرفتن $\ln(X+28)$ از داده‌هاFig. 3. Frequency of the EC variable before and after normalization by taking $\ln(X+28)$ from the data



شکل ۴. نمودار فراوانی تجمعی متغیر EC قبل و بعد از نرمال سازی با گرفتن لگاریتم $\ln(X+(-28))$ از داده‌ها

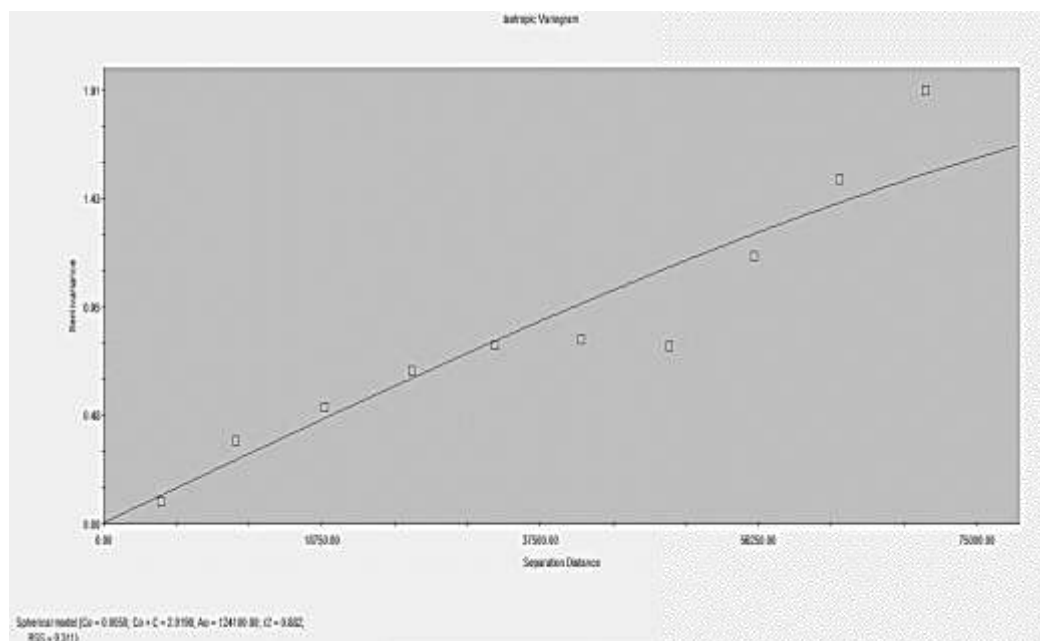
Fig. 4. Cumulative frequency plot of the EC variable before and after normalization by taking $\ln(X+(-28))$ from the data

جدول ۴. مشخصات مدل‌های برازش شده به نیم‌تغییرنماهای تجربی داده‌های EC

Table 4. Characteristics of the models fitted to experimental semivariograms of EC data

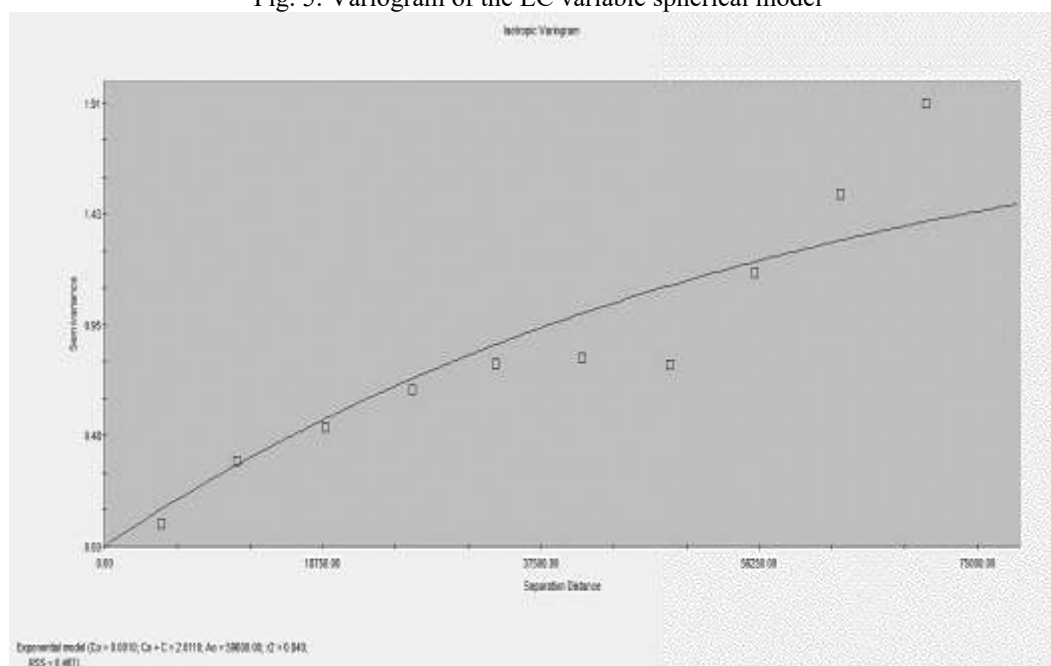
	اثر قطعه‌ای (C0) Nugget effect	آستانه (C0+C) Sill	دامنه تأثیر Range(m)	C0/(C0+C)	R ²	RSS	مناسب‌ترین مدل The most suitable model
کروی Spherical	0.005	2.019	24100	0.998	0.882	0.311	
نمایی Exponential	0.001	2.011	78800	1	0.84	0.467	
خطی Linear	0.00005	1.625	70591	1	0.905	10	
گوسین Gaussian	0.265	2.54	25746	0.896	0.91	0.239	*

در این پژوهش، بیشترین دامنه تأثیر مربوط به مدل نمایی با 78800 و کمترین دامنه تأثیر مربوط به مدل کروی با 24100 می‌باشد (جدول 4). مدل نمایی با دامنه تأثیر بالاتر باعث ساختار مکانی بالا و گسترده‌تر می‌گردد. همچنین، در این پژوهش، نسبت مؤلفه ساختاری به آستانه در مدل‌های نمایی و خطی دارای بالاترین میزان و در مدل گوسین دارای کمترین میزان می‌باشد. بنابراین مدل‌های نمایی و خطی دارای واریوگرام مطلوب‌تری نسبت به دیگر مدل‌ها می‌باشند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل گوسین دارای کمترین باقیمانده مربعات خطا با مقدار 0/239 و مدل خطی دارای بیشترین باقیمانده مربعات خطا با مقدار 10 می‌باشد (جدول 4). بنابراین مدل گوسین با کمترین باقیمانده مربعات خطا از واریوگرام مطلوب‌تری برخوردار می‌باشد و ضعیف‌ترین واریوگرام نیز از نظر باقیمانده مربعات خطا مربوط به مدل خطی می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که بالاترین ضریب تعیین (0/91) مربوط به مدل گوسین و کمترین ضریب تعیین (0/84) مربوط به مدل نمایی می‌باشد. بنابراین در مجموع، با توجه به همه پارامترهای آماری به دست آمده، مدل گوسین مناسب‌ترین مدل، تشخیص داده شد. البته بقیه مدل‌ها نیز پارامترهای آماری نسبتاً مناسبی از خود نشان دادند به طوری که در برخی پارامترها اختلافات بسیار جزئی با مدل گوسین داشتند (جدول 5).



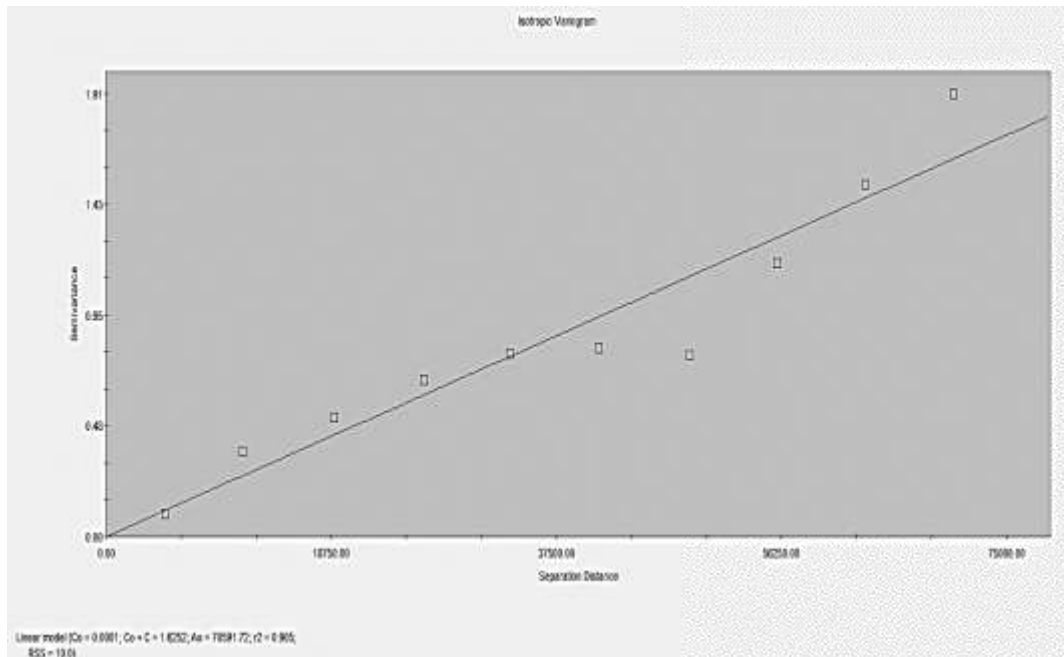
شکل ۵. واریوگرام مدل کروی متغیر EC

Fig. 5. Variogram of the EC variable spherical model



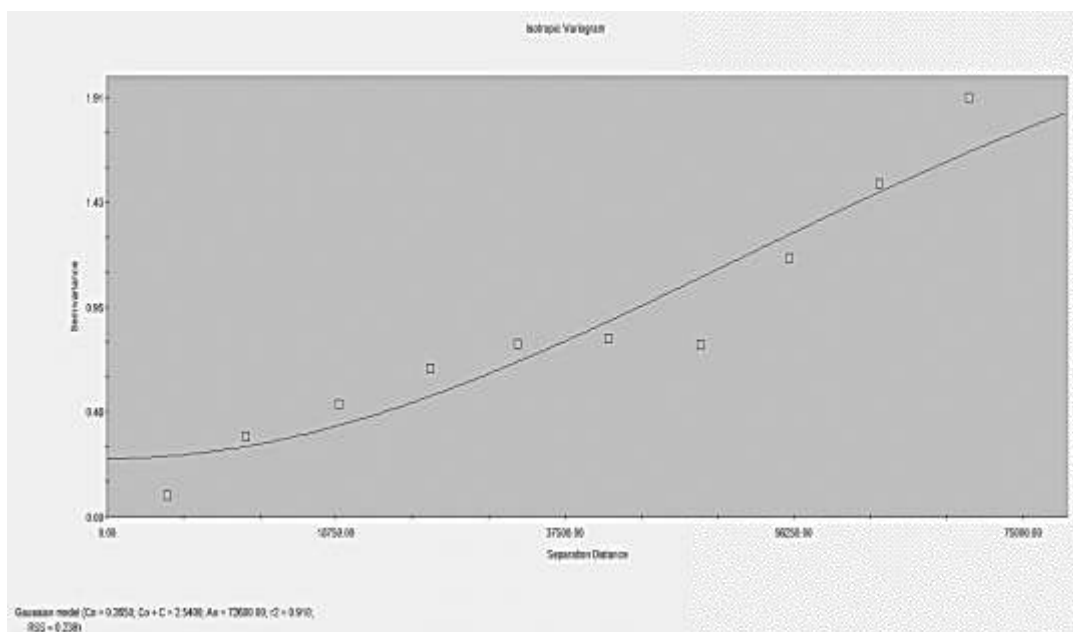
شکل ۶. واریوگرام مدل نمایی متغیر EC

Fig. 6. Variogram of the exponential model of the EC variable



شکل ۷. واریوگرام مدل خطی متغیر EC

Fig. 7. Variogram of the linear model of the EC variable



شکل ۸. واریوگرام مدل گوسین متغیر EC

Fig. 8. Variogram of the Gaussian model of the EC variable

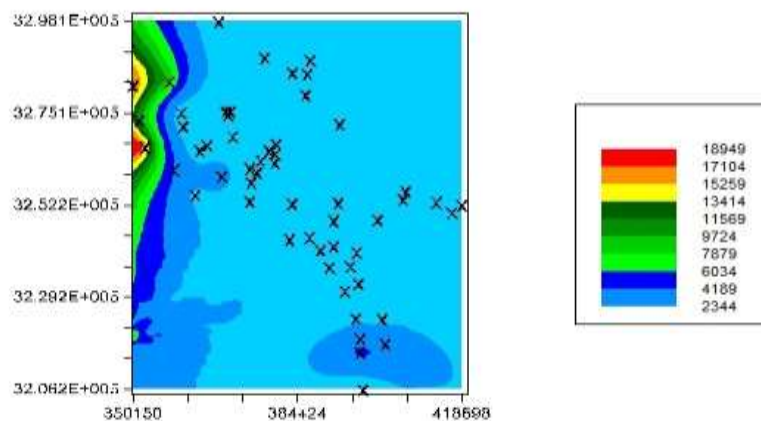
جدول ۵. نتایج حاصل از بهترین روش ارزیابی مدل ارائه شده متغیر EC

Table 5. Evaluation results of the best method performed to evaluate the EC variable

نوع روش Methods	مدل Model	R^2	R	MSE	RMSE	MAE	NS	بهترین روش The best method
کریجینگ معمولی Ordinary Kriging	گوسین Gaussian	0.856806	1	5797901	2407.883	964	0.580792	*

عکس فاصله	گوسین	0.734107	-1	11759351	3429.191	0.006253	0.1497589
IDW	Gaussian						
فاصله نرمال	گوسین	0.620669	1	13538078	3679.413	0.006373	0.021151
Normal Interval	Gaussian						

همچنین نتایج مطالعه با استفاده از مدل گوسین نشان داد که بالاترین ضریب تعیین ($0/856806$) مربوط به روش کریجینگ معمولی و کمترین ضریب تعیین ($0/620669$) مربوط به روش فاصله نرمال می‌باشد. بنابراین از نظر مقدار ضریب تعیین، روش کریجینگ معمولی مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. بالاترین ضریب همبستگی ($1/0$) مربوط به روش‌های کریجینگ معمولی و فاصله نرمال و کمترین ضریب همبستگی (-1) مربوط به روش عکس فاصله می‌باشد. بنابراین از نظر مقدار ضریب همبستگی، روش‌های کریجینگ معمولی و فاصله نرمال مناسب‌ترین روش تشخیص داده شدند. بالاترین مقدار میانگین مربعات خطا (13538078) مربوط به روش فاصله نرمال و کمترین مقدار میانگین مربعات خطا (11759351) مربوط به روش کریجینگ معمولی می‌باشد. بنابراین از نظر مقدار میانگین مربعات خطا، روش کریجینگ معمولی مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. بالاترین مقدار مجذور میانگین مربعات خطا ($3679/413$) مربوط به روش فاصله نرمال و کمترین مقدار مجذور میانگین مربعات خطا ($3429/191$) مربوط به روش کریجینگ معمولی مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. بالاترین مقدار میانگین مطلق خطا ($0/0620669$) مربوط به روش عکس فاصله می‌باشد. بنابراین از نظر مقدار میانگین مطلق خطا، روش عکس فاصله مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. همچنین بالاترین مقدار ضریب نش - ساتکلیف ($0/580792$) مربوط به روش کریجینگ معمولی و کمترین مقدار ضریب نش - ساتکلیف ($0/021151$) مربوط به روش فاصله نرمال می‌باشد. بنابراین از نظر مقدار ضریب نش - ساتکلیف، روش کریجینگ معمولی مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد.

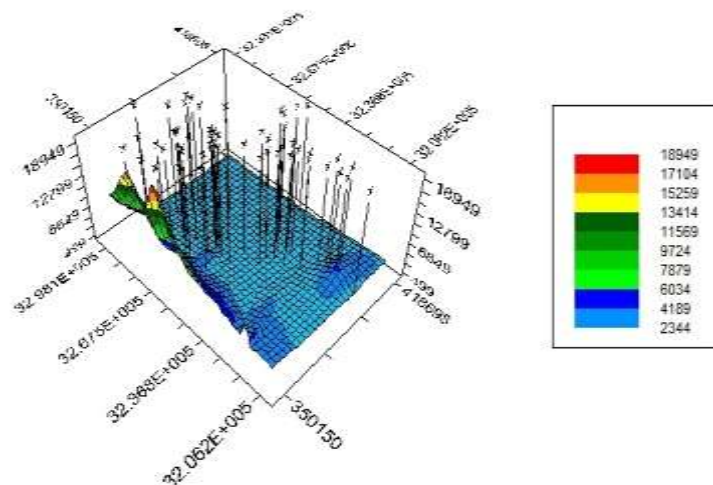


شکل ۹. نقشه پهنه‌بندی دو بُعدی شوری آب دشت سیرجان

Fig. 9. Two-dimensional salinity zoning map of the Sirjan Plain

به طور کلی، روش کریجینگ معمولی از نظر میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین، ضریب همبستگی و ضریب نش - ساتکلیف مناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و فاصله نرمال نشان داد و همچنین از نظر میانگین مطلق خطا نامناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و فاصله نرمال نشان داد. بنابراین، به طور کلی، با توجه به پارامترهای مختلف آماری، روش کریجینگ معمولی بهترین روش جهت ارزیابی مدل‌های نیم‌تغییرنمای برازش داده‌شده جهت پهنه‌بندی متغیر شوری آب در آبخوان آبرفتی دشت سیرجان می‌باشد. بنابراین، روش

کریجینگ معمولی در این پژوهش دقت مناسبی داشت که با نتایج تحقیق Marengo و همکاران (۲۰۰۸) که معتقدند کریجینگ معمولی در توزیع آلاینده‌های زیرزمینی دقت خوبی دارد، مطابقت دارد و همچنین با نتایج تحقیق Valizadeh Kamran و همکاران (۲۰۱۶) که معتقدند روش کریجینگ ساده مناسب‌ترین روش برای بررسی تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی دشت شیرامین استان آذربایجان شرقی می‌باشد، مطابقت دارد. روش فاصله نرمال از نظر میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین و ضریب نش - ساتکلیف نامناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و کریجینگ معمولی از خود نشان داد و همچنین از نظر میانگین مطلق خطا و ضریب همبستگی مناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و کریجینگ معمولی از خود نشان داد.



شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی سه بعدی شوری آب دشت سیرجان

Fig. 10. Three-dimensional salinity zoning map of the Sirjan Plain

بنابراین به‌طور کلی با توجه به پارامترهای مختلف آماری، روش فاصله نرمال، نامناسب‌ترین روش جهت ارزیابی مدل‌های نیم‌تغییرنما برازش داده‌شده، جهت پهنه‌بندی برای متغیر شوری آب در آبخوان آبرفتی دشت سیرجان تشخیص داده شد (جدول ۵). نتایج تحقیق همچنین نشان داد که در قسمت غرب و شمال غرب دشت، به دلیل همجواری با کفه نمک سیرجان، شوری آب بیشتر می‌باشد و در بخش جنوب شرقی به دلیل نزدیکی به کفه چاه قلعه و تجمع رسوبات و تبخیر بالا، میزان شوری آب به صورت موضعی نسبت به سایر مناطق روند افزایشی دارد. در سایر مناطق دشت سیرجان، شوری آب تقریباً از روند ثابت و یکسان برخوردار می‌باشد که دلیل آن می‌تواند تغذیه آبخوان از سمت شرق و شمال شرق حوضه آبخیز تنگ‌ویه سیرجان باشد. ضمناً، به دلیل همجواری با کفه نمکی سیرجان، چنانچه در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی این دشت دقت لازم به عمل نیاید، هجوم جبهه آب شور به سمت شرق و چاه‌های اراضی کشاورزی امکان‌پذیر است. البته در حال حاضر هم پیشروی شوری در کل بخش غربی قابل مشاهده می‌باشد (شکل‌های ۷ و ۸) که با نتایج تحقیق Yazdani Moghadam و همکاران (۲۰۱۴) که معتقدند توسعه غیرعلمی و نامناسب اراضی کشاورزی و استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی زیرحوضه مطالعه شده حوضه آبریز دریاچه نمک در شمال استان اصفهان از غرب به شرق از کیفیت آب‌های زیرزمینی کم شده و باعث هجوم آب‌های شور شده است، مطابقت دارد.

۴- نتیجه‌گیری

شوری آب یکی از ملموس‌ترین پارامترهای شیمیایی آب است که به‌راحتی توسط عموم مردم قابل درک می‌باشد. بنابراین لازم است که مورد توجه جدی قرار گیرد و از شور شدن و غیرقابل استفاده شدن منابع مختلف آب، به خصوص در استان-

های کویری، جلوگیری شود که این مهم در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته شده است. شوری آب عامل مهمی در تعیین ویژگی‌های شیمیایی آب‌های طبیعی و فرایندهای زیستی آن است. بنابراین بسیار مورد توجه محققان و همچنین سیاست‌گذاران حوزه آب می‌باشد. به دست آوردن بانک اطلاعاتی مناسب در ارتباط با شوری منابع آب در مناطق مختلف، به خصوص استان‌های کویری، اهمیت ویژه‌ای دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در دشت سیرجان، حداقل میزان شوری آب ۴۴۰ میکروموس بر سانتی‌متر و حداکثر میزان شوری آب ۱۹۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. در مجموع، میانگین کل شوری منابع آب آبخوان آبرفتی دشت سیرجان ۲۳۲۳/۷۲۷۳ میکروموس بر سانتی‌متر است. با توجه به همه پارامترهای آماری به دست آمده، مدل گوسین مناسب‌ترین مدل، تشخیص داده شد. روش کریجینگ معمولی از نظر میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین، ضریب همبستگی و ضریب نش - ساتکلیف مناسب‌ترین میزان را نسبت به روش‌های عکس فاصله و فاصله نرمال نشان داد و همچنین از نظر میانگین مطلق خطا نامناسب‌ترین میزان را نسبت به عکس فاصله و فاصله نرمال نشان داد. نتایج تحقیق همچنین نشان داد که در قسمت غرب و شمال غرب دشت، به دلیل همجواری با کفه نمک سیرجان، شوری آب بیشتر است و در بخش جنوب شرقی به دلیل نزدیکی به کفه چاه قلعه و تجمع رسوبات و تبخیر زیاد، میزان شوری آب به صورت موضعی نسبت به سایر مناطق روند افزایشی دارد. با توجه به پارامترهای مختلف آماری، روش کریجینگ معمولی بهترین روش جهت ارزیابی مدل‌های نیم‌تغییرنمای برازش داده‌شده جهت پهنه‌بندی شوری آب در آبخوان آبرفتی دشت سیرجان می‌باشد. توصیه می‌شود که منابع آب آبخوان‌های مختلف کشور به صورت کاملاً تخصصی و علمی همراه با روش‌های مختلف تعیین شوری آب مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرند تا بانک اطلاعاتی مناسبی از شوری منابع آب آبخوان‌های مختلف سراسر کشور به دست آید و مورد استفاده در طرح‌های آبی - خاکی قرار گیرد.

۵- سپاس‌گزاری

از همکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان و همچنین شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان سپاسگزاری می‌شود.

۶- داده‌ها و اطلاعات

مبنای داده‌ها و اطلاعات مقاله حاضر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان و همچنین از شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان است.

۷- تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

۸- مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این مقاله به شرح زیر است:

علیرضا شهنسوازی: جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل، علیجان آبکار: تجزیه و تحلیل داده‌ها، حمزه سعیدیان: تجزیه و تحلیل داده‌ها.

۹- اصول اخلاقی

نویسندگان، اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها می‌باشد.

۱۰- حمایت مالی

این مقاله حاصل نتایج پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد می‌باشد.

۱۱- مراجع

1. Ayoubi, Sh. (2007). Estimation of soil nitrogen content using organic matter using Kriging, Cokriging and Kriging-Regression methods in a part of Sorkhankalate lands of Golestan province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14, 33-43. [In Persian]
2. Balali, H., & Kasbian Lal, F. (2022). Economic valuation of groundwater in agriculture sector (Case study: Hamedan-Bahar Plain). *Journal of Agricultural Economics and Development*, 36(1), 37-48. [In Persian]
3. Chen, Y., Chen, J., Xevi, E., Mobin-ud-Din, A., & Walker, G. (2010). GIS-based spatial hydrological zoning for sustainable water management of irrigation areas. *International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment's Sake*, International Environmental Modelling and Software Society (IEMSS), Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada.
4. Dent, D. (2007). Environment geophysics mapping salinity and water resources. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9, 130-136.
5. Dorgham, M. M., Abdel-Aziz, N., El-Deeb, K., & Okbah, M. (2004). Eutrophication problems in the western harbour of Alexandria, Egypt. *Oceanologia*, 46(1), 25-44.
6. Faryabi, M. (2023). Delineating the source and mechanism of groundwater salinization in a semi-arid region of southeastern Iran using geophysical and hydrochemical approaches. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(2), 93-111.
7. Fashae, M., & Ghoochanian, M. (2022). Spatial evaluation of qualitative parameters of groundwater resources with the aim of its application in agriculture and drinking (Case study: Mehvalat-Feyzabad plain), *Water and Soil Management and Modelling*, 2(2), 28-44. [In Persian]
8. Gheisari, M., Hoodaji, M., Marzban, M., Najafi, P., & Abdollahi, A. (2007). Investigation of nitrate contamination in groundwater in southeast of Isfahan city. *Journal of Environmentalism*, 33(42), 43-50. [In Persian]
9. Hossaini, F., Hill, A. J. & Bagtzoglou, A. C. (2007). Geostatistically based management of arsenic contaminated ground water in shallow wells of Bangladesh. *Water Resources Management*, 21, 1245-1261.
10. Isaak, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). An introduction to applied geostatistic. New York, Oxford University Press, pp. 278-322.
11. Jang, C. S., Chen, S. K., & Kuo, Y. M. (2013). Applying indicator-based geostatistical approaches to determine potential zones of groundwater recharge based on borehole data. *Catena*, 101, 178-187.
12. Johnston, A. (2001). Using geostatistical analyst. Environmental System Research Institute, Inc., 226, 340-351.
13. Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). Using ArcGIS geostatistical analyst. *Esri Redlands, CA*, New York, USA, 306 p.
14. Madani, H. N. (1994). Basics of geostatistics. First Edition, Amirkabir University of Technology Press, Tehran. [In Persian]
15. Marengo, E., Gennaro, M. C., Robotti, E., Maiocchi, A., Pavese, G., Indaco, A., & Rainero, A. (2008). Statistical analysis of groundwater distribution in Alessandria Province (Piedmont-Italy). *Microchemical Journal*, 88(2), 167-177.
16. Salarifar, M. (2022). Comparison of the performance of algebraic methods and statistical context in determining spatial changes in groundwater quality in Tabriz plain. *Hydrogeology*, 7(2), 160-171. [In Persian]
17. Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, J., Liu, X., Zhu, H., & Yu, C. (2007). Spatial distribution of heavy metals in soils: A case study of Changxing, China. *Environmental Geology*, 52(1), 1-10.
18. Taghizadeh, M., Halabian, H., Alipour, M., & Kiumarsi, H. (2017). Identification and zoning of groundwater salinity using GIS (Case study: Namdan plain of Eghlid township). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 28(3), 132-146. [In Persian]
19. Valizadeh Kamran, Kh., Roustaei, Sh., Rahimpour, T., & Nakhostinrouhi, M. (2016). Determination of the most appropriate geostatistical method in preparing a map of the changes in groundwater salinity (Case study: Shiramin plain of East Azarbaijan province). *Hydrogeomorphology*, 2(6), 17-32. [In Persian]
20. Yaouti, F., Mandour, A., Khattach, D., Benavente, J., & Kaufman, O. (2009). Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NE Morocco), a geostatistical, geochemical and tomographic study. *Applied Geochemistry*, 24, 16-31.
21. Yari, R. & Koochakzadeh M. (2008). Comparison of geostatistical methods for prediction of groundwater salinity distribution. *3rd Iranian Conference on Water Resources Management*. [In Persian]
22. Yazdani Moghadam, Y., Vali, A., & Ghazavi, R. (2014). Geostatistical methods in qualitative zoning of groundwater resources in Kashan Plain. *Geography and Environmental Planning*, 25(3), 171-184. [In Persian]