Research Paper

Evaluation and Accuracy of Artificial Intelligence, Geostatistics and Inverse distance weighting Methods in Simulation the Groundwater Depth

Atefeh Sayadi Shahraki[1*], Saeed Boroomand Nasab[2], Abd Ali Naseri[2], Amir Soltani Mohammadi[3]

1-Ph.D. of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran.
2-Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran.
3-Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Enviromental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: 2019/09/28
Revised: 2020/09/08
Accepted: 2020/12/28

Use your device to scan and read the article online

DOI: 10.30495/wej.2021.22817.2196

Keywords:
Artificial Neural Network, Geostatistics, Groundwater Depth,IDW.

Abstract

Introduction: Water conflict is a major challenge that, if left unmanaged, will become a security issue. Although tensions over water have increased, conflicts over shared water resources are more likely to happen. The study aimed to investigate water conflict and its management strategies among farmers.

Methods: The descriptive-survey research method was used. The data-gathering tool was the questionnaire, which its validity was verified through face validity. The study population included farmers who used shared water wells to provide water for agriculture (N=478). Using Cochran's formula, the sample size was 214 farmers who were selected by the simple random sampling method. Data were analyzed using SPSS software.

Findings: The results showed that "drought" and "increasing number of farmers", with an average score of 3.56 and 3.45 respectively on a scale of 1 to 5, are considered as the main causes of agricultural water conflict. From the farmers' view, the priority for reducing water conflicts was the participation of farmers in managing water wells and negotiating with farmers around the water. On a scale of 13 to 65 with an average of 38.51, the perceived agricultural water conflict was at the medium level. By increasing farm distance from the well, area of agricultural rental land, and annual income from non-agricultural activities, the perception of agricultural water conflict increased. However, by increasing owned agricultural land area and agricultural income, the perception of agricultural water conflict decreased. The main strategy used by farmers to manage agricultural water conflict was "control", in which coercion and force are used to manage conflict. The "problem-solving" and "avoidance" strategies were the second and third priorities respectively.

Citation: Sayadi Shahraki A, Boroomand Nasab S, Naseri A.A, Soltani Mohammadi A. Evaluation and Accuracy of Artificial Intelligence, Geostatistics and Inverse distance weighting Methods in Simulation the Groundwater Depth. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14 (50):63-74

***Corresponding author:** Atefeh Sayadi Shahraki
Address: Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran.
Tell: 061-33330012
Email: sayadi.atefeh@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Groundwater is the largest available freshwater reservoir on Earth. In areas of the planet where surface water resources are limited or not easily accessible, human water needs can be met through groundwater. In low water areas, proper groundwater management, modeling and forecasting of groundwater is more necessary for long-term planning and better use of existing potentials. For this purpose, modeling groundwater aquifers and consequently predicting groundwater level is very important. Computer advances have also made it possible to collect, store, and process many of the factors influencing time and space for modeling and simulation. Geostatistical methods and artificial neural network are among the modeling methods considered in recent years, which seek to discover the spatial structure of variables and generalize the knowledge behind the experimental information to the model structure. Due to the importance of the subject and the limited groundwater studies in the study area, in this study, artificial intelligence, geostatistics and inverse distance weighting methods with different inputs, to simulate the depth of groundwater in agriculture and industry Salman Farsi sugarcane has been used.

Materials and Methods

This research was carried out in Salman Farsi Sugarcane Cultivation and Industry Farms, which is one of the weekly units of Sugarcane Development and Ancillary Industries Company in Khuzestan Province. In this research, to simulate the groundwater depth, 160 observation wells were constructed in the study area and groundwater depth information was collected twice a month during two years from July 2017. Also, evapotranspiration, air temperature and precipitation data were collected during this period and used as input of artificial neural network model and geographical location and groundwater depth of wells for kriging and IDW models. In this study, MATLAB software was used to design the artificial neural network model. The training algorithm used in the model is error propagation. Also, 75% of the data were used for training and 25% for testing.

Findings and Discussion

The results showed that the highest accuracy of groundwater depth simulation in Salman Farsi sugarcane cultivation and industry is related to the artificial model of artificial neural network, with the highest value of R2 index and the lowest value of RMSE and MAE. Also, among the kriging and IDW models used, the simulation accuracy of the kriging model was higher than the IDW model. . Considering that the inputs of the artificial neural network model (evapotranspiration, air temperature and precipitation) had a high correlation with groundwater depth, the performance of the model in simulation is appropriate. Considering that in IDW method all points are used to calculate the unknown value and in geostatistical methods by adjusting the variogram for the whole data it is tried to calculate the amount of variance with respect to the distance, it can be expected that Such methods, with all their advantages, have one major drawback. This weakness is the use of a general rule for calculating unknown points.

Conclusion

In this study, artificial intelligence and geostatistical methods (Kriging) and IDW with inputs of evapotranspiration, air temperature, precipitation and geographical location were used to simulate the groundwater depth of Salman Farsi sugarcane cultivation and industry. The results showed that the highest accuracy of groundwater depth simulation in Salman Farsi sugarcane agro-industry is related to the artificial model of artificial neural network, with the highest value of R2 index and the lowest value of RMSE and MAE. Also, among the kriging and IDW models used, the simulation accuracy of the kriging model was higher than the IDW model.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The authors of the article declare that the ethical principles of doing and publishing Research has followed

Funding

we are grateful to the Research Council of Shahid Chamran University of Ahvaz for financial support (GN: SCU.WI99.399.)

Authors' contributions

Design: Atefeh Sayadi Shahraki; Methodology and data analysis: Atefeh Sayadi Shahraki, Saeed Boroomand nsab, Abd Ali Naseri, Amir Soltani Mohammadi; Final writing: Atefeh Sayadi Shahraki.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

ارزیابی و دقت سنجی روش های هوش مصنوعی، زمین آمار و وزن دهی معکوس فاصله در شبیه سازی عمق آب زیرزمینی

عاطفه صیادی شهرکی[1*]، سعید برومندنسب[2]، عبدعلی ناصری[2]، امیر سلطانی محمدی[3]

۱دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. استاد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳. دانشیار آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۶/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2021.22817.2196

واژه‌های کلیدی:
زمین آمار، شبکه عصبی مصنوعی، عمق آب زیرزمینی، وزن‌دهی معکوس فاصله.

چکیده

مقدمه: اگرچه تنش بر سر آب افزایش یافته است، اما احتمال بروز تضاد درباره منابع آب مشترک بیشتر است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تضاد آب و روش‌های مدیریت آن در بین کشاورزان انجام گرفت.

روش: این تحقیق با روش توصیفی–پیمایشی انجام شد. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پرسشنامه بود که روایی آن با مراجعه به اساتید دانشگاه تأئید گردید. جمعیت موردمطالعه، کشاورزان شهرستان بهار در استان همدان بودند که از چاه‌های آب مشترک برای تأمین آب کشاورزی استفاده می‌کردند. با استفاده از فرمول کوکران، حجم نمونه برابر ۲۱۴ نفر برآورد گردید که با روش نمونه‌گیری ساده تصادفی انتخاب شدند.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد در دامنه امتیاز ۱ تا ۵، "خشکسالی" و "افزایش تعداد کشاورزان" به ترتیب با میانگین ۳/۵۶ و ۳/۴۵، از دلایل اصلی ایجاد تضاد آب کشاورزی می‌باشند. همچنین اولویت روش‌های کاهش تضاد آب مربوط به مشارکت کشاورزان در مدیریت آب چاه‌های کشاورزی و مذاکره با آنان پیرامون آب بود. نتایج نشان داد در مقیاس با دامنه ۱۳ تا ۶۵، تضاد ادراک‌شده پیرامون آب کشاورزی با میانگین ۳۸/۵۱ در حد متوسط بود و با افزایش فاصله مزرعه از چاه آب، مساحت زمین کشاورزی اجاره‌ای و همچنین درآمد سالانه از فعالیت‌های غیر کشاورزی، ادراک و احساس کشاورزان از تضاد آب کشاورزی افزایش می‌یافت. در مقابل، با افزایش مساحت زمین کشاورزی ملکی و میزان درآمد حاصل از کشاورزی، ادراک و احساس کشاورزان از تضاد آب کشاورزی کمتر می‌شد. بیشترین استفاده کشاورزان برای مدیریت تضاد آب از راهبرد «کنترل» بود. از این نظر، راهبرد «راه‌حل‌گرایی» و راهبرد «عدم مقابله» به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار داشتند.

نتیجه‌گیری: لازم است سیاست‌های مناسب برای محافظت از کشاورزان در هنگام خشکسالی به منظور کاهش تضاد آب دنبال شود. کسب درآمد از طریق فعالیت‌های غیرکشاورزی به تنهایی نمی‌تواند ادراک کشاورزان از تضاد آب را کاهش دهد و افزایش درآمد کشاورزان از کشاورزی برای کاهش تضاد آب مورد نیاز است. برگزاری جلسات گفتگو و تعامل بین کشاورزان می‌تواند به تحلیل دلایل تضاد آب کشاورزی و یافتن روش‌های مناسب برای کاهش آن کمک نماید.

* **نویسنده مسئول:** عاطفه صیادی شهرکی
نشانی: دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۶۱-۳۳۳۳۰۰۱۲
پست الکترونیکی: sayadi.atefeh@gmail.com

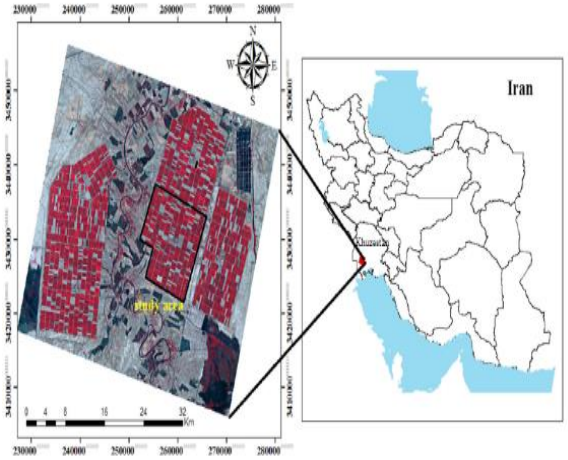
مقدمه

آب‌های زیرزمینی بزرگ‌ترین ذخیره قابل دسترس آب شیرین در کره زمین هستند. در مناطقی از کره زمین که منابع آب سطحی محدود بوده و یا به راحتی قابل دسترس نیست، نیاز انسان‌ها به آب را می‌توان از طریق آب‌های زیرزمینی برطرف نمود. همچنین از مهم‌ترین پارامترهای آبیاری و زهکشی که بر عملکرد نیشکر مؤثر است، می‌توان به سطح آب زیرزمینی اشاره کرد که با بررسی این پارامتر و تعیین میزان اثر آن می‌توان راهکارهایی ارائه داد که با بهره‌گیری از امکانات و شرایط موجود حداکثر عملکرد را در مزارع نیشکر بدست آورد. اما با توجه به اینکه پارامترها و عوامل مختلفی بر روی این پدیده تأثیر گذارند، تحلیل آن را مشکل می‌سازند (۱۲،۱۹). در مناطق کم‌آب مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی، مدل‌سازی و پیش‌بینی آب‌های زیرزمینی جهت برنامه‌ریزی بلندمدت و استفاده بهتر از پتانسیل‌های موجود، ضرورت بیشتری دارد. بدین منظور مدل‌کردن سفره‌های آب زیرزمینی و به‌تبع آن پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی از اهمیت بسیاری برخوردار است. پیشرفت‌های رایانه‌ای نیز امکان جمع‌آوری، ذخیره و پردازش بسیاری از عوامل موثر در بعد زمان و مکان را برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی فراهم نموده است. روش‌های زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی از جمله روش‌های مدل‌سازی مورد توجه در سال‌های اخیر هستند که به‌ترتیب در پی کشف ساختار مکانی متغیرها و تعمیم دانش نهفته در ورای اطلاعات تجربی به ساختار مدل می‌باشند (۱۳). محققان بسیاری از زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی در بررسی و مطالعه منابع آب زیرزمینی استفاده کرده‌اند که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. حسینعلی‌زاده و یعقوبی (۱۳۸۹)، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار پرداختند. آن‌ها تعداد ۷۶ داده سطح آب زیرزمینی چهار فصل آبی ۱۳۸۲-۸۳ دشت‌های چهارگانه گناباد و ۷۱ داده سطح آب زیرزمینی فصل زمستان ۸۱ و ۸۵ را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد، نوسان‌های سطح آب زیرزمینی تمامی فصول دارای روند و ناهمسانگردی بوده‌اند. افزون بر نیم تغییرنماهای بدست آمده فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مدل‌نمایی و فصل‌های زمستان ۸۱، ۸۲ و ۸۵ مدل کروی را نشان می‌دهند (۶). میرزایی و ناظمی (۱۳۹۰)، تراز سطح ایستابی را با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و نیز سامانه عصبی- فازی تطبیقی و برنامه‌ریزی ژنتیک در ۲۰ پیزومتر دشت شبستر واقع در استان آذربایجان شرقی واقع در شمال غرب ایران پیش‌بینی کردند. نتایج حاکی از توانایی مطلوب برنامه‌ریزی ژنتیک نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد (۱۴). همچنین کارتیکان و همکاران (۲۰۱۲)، برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در یک تالاب گرمسیری مرتفع در هند از متدهای شبکه‌های پیشرو و برگشتی شبکه عصبی مصنوعی با پنج الگوریتم مختلف استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی پیشرو با الگوریتم گرادیان مزدوج فلچر ریویز نسبت به سایر الگوریتم‌های شبیه‌سازی نتایج بهتری ارائه داد (۱۰). جمشیدی اوانکی و ابراهیمی (۱۳۹۱)، به مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی و رویکرد زمین آماری در پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی پرداختند. داده‌های مورد استفاده در تحقیق مربوط به یک دوره ۸ ساله شامل تراز ماهانه ۸۴ حلقه چاه، بارش ماهانه، تبخیر و تعرق واقعی ماهانه و نوسانات مکانی وابسته در دو چاه همسایه بوده‌اند. تراز آب زیرزمینی در بعد زمانی با ۴ نوع شبکه عصبی و روش کریجینگ تخمین زده شده است. نتایج تحقیق حاضر حاکی از دقت بیش‌تر شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به روش کریجینگ در تخمین تراز آب زیرزمینی دشت مشهد است (۸). رشیدی و همکاران (۲۰۱۵)، شبکه عصبی مصنوعی و نروفازی را برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت لیلاخ بکار بردند. نتایج نشان داد که مدل دینامیک شبکه عصبی مصنوعی با سه پارامتر ورودی متوسط سطح آب زیرزمینی، بارش، دما و تبخیر ماهانه بهترین نتایج را در منطقه دارد (۱۷). در پژوهشی دیگر زارع ابیانه و بیات ورکشی (۱۳۹۳)، مدل‌های عصبی، فازی، الگوریتم ژنتیک و زمین آمار را در برآورد توزیع مکانی سطح ایستابی در دشت همدان- بهار بکار بردند. آن‌ها نشان دادند که این روش‌ها عملکرد مناسبی در برآورد سطح آب زیرزمینی دارند و برای پیش‌بینی و پهنه‌بندی سطح ایستابی در منطقه، روش ترکیبی عصبی- ژنتیک بهترین روش بود. نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که نمی‌توان یک روش مشخص را به‌عنوان بهترین روش شبیه‌سازی و پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی انتخاب کرد. بلکه بهترین روش به عواملی مانند تعداد و نحوه توزیع چاهک‌های مشاهده‌ای، پارامترهای اندازه‌گیری شده و دوره زمانی اندازه‌گیری دارد (۲۱). بیات ورکشی و فصیحی (۱۳۹۷)، به مقایسه مدل عددی، روش‌های هوشمند و زمین آمار برای تخمین سطح آب زیرزمینی دشت همدان بهار پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد بالاترین دقت تخمین سطح آب زیرزمینی به‌ترتیب مربوط به مدل‌های عصبی- موجک، زمین آمار، شبکه عصبی مصنوعی و مدل عددی بود (۲). با توجه به اهمیت موضوع و محدود بودن مطالعات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، در این پژوهش از روش‌های هوش مصنوعی ، زمین آمار و وزن‌دهی معکوس فاصله با ورودی‌های متفاوت، برای شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در مزارع کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی که یکی از واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در استان خوزستان است، به اجرا درآمد. این کشت و صنعت در ۴۵ کیلومتری جنوب شهرستان اهواز و مختصات جغرافیایی ″۳۰ ′۳۱ °۰۰ تا ″۰۰ ′۰۰ °۳۲ عرض شمالی و ″۰۰ ′۱۵ °۴۸ تا ″۴۰ ′۴۸ °۴۰ طول شرقی واقع شده است. وسعت این کشت و صنعت در حدود ۱۴۰۰۰ هکتار است که مساحت خالص اراضی آن ۱۲۰۰۰ هکتار و مابقی کانال، جاده، ساختمان و کارخانه می‌باشد که سالانه ۱۰۰۰۰ هکتار آن برداشت نیشکر صورت گرفته و ۲۰۰۰ هکتار آن در حال آیش و کشت مجدد است. کشت و صنعت سلمان فارسی از شمال به کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی و از شرق به جاده اهواز -آبادان محدود می‌شود و پیچانرودهای رودخانه کارون بزرگ از غرب و جنوب آن را در برگرفته اند. از نظر فیزیوگرافی، محدوده مورد مطالعه، سرزمین مسطح و نسبتا کم ارتفاعی است که در پهنه وسیع و گسترده دشت

بین‌النهرین قرار گرفته است. شکل (۱) نمایی از موقیت کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقیت منطقه مورد مطالعه.

داده‌های مورد نیاز: در این تحقیق برای شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی ۱۶۰ چاهک مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه احداث و اطلاعات عمق آب زیرزمینی در طی دو سال از تیرماه ماه سال ۱۳۹۶ به صورت دوبار در ماه برداشت گردیده است. همچنین اطلاعات تبخیر و تعرق، دمای هوا و بارش طی این بازه زمانی جمع‌آوری و به‌عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی و موقعیت جغرافیایی و عمق آب زیرزمینی چاهک‌ها برای مدل‌های کریجینگ و IDW مورد استفاده قرار گرفت. شکل (۲) موقعیت چاهک‌های مشاهداتی را در منطقه نشان می‌دهد.

شکل ۲- موقعیت چاهک‌های مشاهداتی

زمین آمار: زمین آمار شعبه‌ای از آمار است که در آن مختصات داده‌های مربوط به جامعه‌ی تحت بررسی و ساختار فضایی[1] داده‌های مربوطه، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. (۵). این علم شامل مجموعه مطالعاتی است که به بررسی تغییرات یک پدیده در زمان و مکان می‌پردازد و قادر به مدل‌سازی آن پدیده به صورت قطعی یا غیرقطعی زمانی و مکانی می‌باشد. علم زمین‌آمار با ارائه‌ی مدلی مناسب جهت توصیف این متغیرها، ضمن درنظر گرفتن مؤلفه‌های تغییرپذیری ساختاری و تصادفی آنان، قادر به تعیین مقدار متوسط این کمیت‌ها در یک محدوده، تخمین مقدار آنان در یک مکان خاص، ترسیم نقشه پراکندگی متغیرها و غیره می‌باشد. در این پژوهش روش میان‌یابی مبتنی بر زمین آمار تحت عنوان کریجینگ برای پیش‌بینی عمق آب زیرزمینی استفاده شده است.

روش کریجینگ: روش کریجینگ از مهم‌ترین و مرسوم‌ترین روش‌های تخمین زمین آماری می‌باشد. این روش متکی بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار و بهترین تخمین‌گر خطی ناریب می‌باشد که علاوه بر مقادیر تخمین، میزان خطای تخمین در هر نقطه را نیز مشخص می‌کند (۴). معادله مورد استفاده برای تخمین در روش کریجینگ مطابق رابطه (۱) است.

وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW): در این روش نیز همچون روش کریجینگ، مقدار یک متغیر در نقطه‌ای که نمونه‌برداری نشده باشد، از روی نقاط مجاورش، با استفاده از رابطه تخمین زده می‌شود. در این روش وزن‌ها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم نسبت به نقطه مجهول و بدون توجه به موقعیت و چگونگی پراکندگی نقاط حول نقطه تخمین، تعیین می‌شوند. بدین ترتیب که به نقاط نزدیک‌تر وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری اختصاص داده می‌شود. در واقع نقاط با فاصله کم‌تر، اثر بیشتری در تخمین می‌گذارند (۵). این روش برای برآورد نقطه‌ی ناشناخته، به هر یک از نمونه‌های اندازه‌گیری شده، وزنی را نسبت می دهد (روابط ۲ و ۳):

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot Z(x_i) \qquad (۱)$$

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot Z(x_i) \qquad (۲)$$

$$\lambda_i = \frac{1}{h_i^n} \qquad (۳)$$

که در آن Z^* مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $Z(x_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه، λ_i وزن آماری که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود و بیانگر اهمیت نقطه iام در برآورد است، h_i فاصله بین نقطه x_i و نقطه‌ای که متغیر آن برآورد می‌شود و n توان فاصله است (۱۵).

[1] Spatial Structure

مدل شبکه عصبی مصنوعی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری[۲] و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد. لایه یا لایه‌های مخفی، اطلاعات دریافت شده از لایه ورودی را پردازش کرده و در اختیار لایه خروجی قرار می‌دهند. هر شبکه با دریافت مثال‌هایی آموزش می‌بیند. آموزش فرایندی است که در نهایت منجر به یادگیری می‌شود. یادگیری شبکه، زمانی انجام می‌شود که وزن‌های ارتباطی بین لایه‌ها چنان تغییر کند که اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی شده و محاسبه شده در حد قابل قبولی باشد. با دستیابی به این شرایط فرایند یادگیری محقق شده است. این وزن‌ها حافظه و دانش شبکه را بیان می‌کنند. شبکه عصبی آموزش دیده می‌تواند برای پیش‌بینی خروجی‌های متناسب با مجموعه جدید داده‌ها بکار رود (۳). با توجه به ساختار شبکه عصبی مصنوعی، ویژگی‌های عمده آن، سرعت بالای پردازش، توانایی یادگیری الگو به روش اراده الگو، توانایی تعمیم دانش پس از یادگیری، انعطاف‌پذیری در برابر خطاهای ناخواسته و عدم ایجاد اخلال قابل توجه درصورت بروز اشکال در بخشی از اتصال‌های به دلیل توزیع وزن‌های شبکه است (۹). در این پژوهش از نرم افزار MATLAB برای طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. الگوریتم آموزشی بکار گرفته در مدل، پس انتشار خطا می‌باشد. همچنین ۷۵ درصد داده‌ها برای آموزش و ۲۵ درصد برای آزمون بکار گرفته شد.

معیارهای ارزیابی مدل: برای تعیین میزان دقت مدل‌ها از مقادیر $RMSE$ ، MAE و R^2 استفاده شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_{observed,i} - y_{predicted,i})^2} \qquad (۴)$$

$$MAE = 100 * \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y_{observed,i} - y_{predicted,i}\right| \qquad (۵)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{predicted,i} - y_{observed,i})}{\sum_{i=1}^{n} y_{predicted,i}{}^2 - \frac{y_{observed,i}}{n}} \qquad (۶)$$

در رابطه بالا $y_{predicted}$: مقادیر پیش‌بینی شده $y_{observed}$: مقادیر مشاهداتی و n : تعداد داده‌ها است. هر چه $RMSE$ و MAE به صفر نزدیک‌تر ، و مقدار R^2 به یک نزدیک‌تر باشد، دقت مدل در پیش‌بینی بهتر است.

نتایج و بحث

در این تحقیق برای شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی، ۱۶۰ چاهک مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه احداث و اطلاعات عمق آب زیرزمینی در طی دو سال از تیر ماه سال ۱۳۹۶ به صورت دوبار در ماه برداشت می‌گردد. همچنین اطلاعات تبخیر و تعرق، دمای هوا و بارش طی این بازه زمانی جمع‌آوری و به‌عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی و موقعیت جغرافیایی چاهک‌ها برای مدل کریجینگ و IDW مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۱) مشخصات آماری عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۱)، ضریب چولگی بین ۱- و ۱+ قرار دارد که نشان می‌دهد مقدار عمق آب زیرزمینی در طول دوره اندازه‌گیری از توزیع نرمال برخوردار است (۱).

جدول ۱- مشخصات آماری عمق آب زیرزمینی در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی

پارامتر	عمق آب زیرزمینی
واحد	cm
ماکزیمم	۲۵۵
مینیمم	۳۹/۰۷
میانگین	۱۳۴/۳۸
انحراف معیار	۳۷/۵۲
چولگی	۰/۵۸
کشیدگی	۱/۳۹

در این پژوهش برای شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی از یک روش میان‌یابی مبتنی بر زمین آمار تحت عنوان و کریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) و مدل هوشمند شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. اطلاعات تبخیر و تعرق، دمای هوا و بارش به‌عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی و موقعیت جغرافیایی چاهک‌ها برای مدل‌های کریجینگ وIDW مورد استفاده قرار گرفت. برای مدل شبکه عصبی مصنوعی از ۷۵ درصد داده‌ها (یعنی داده‌های مربوط به ۱۲۰ حلقه چاهک مشاهده‌ای) برای آموزش مدل و ۱۵ درصد داده‌ها (داده‌های مربوط به ۴۰ حلقه چاهک مشاهده‌ای) برای آزمون مدل استفاده شده است. شایان ذکر است که تقسیم چاهک‌ها برای آموزش و آزمون به صورت سعی و خطا بوده است. نتایج حاصل از آماره‌های محاسبه شده بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در جدول (۲) ارائه گردیده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از آماره‌های محاسبه شده بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده

مدل/ شاخص آماری	$RMSE$	MAE	R^2
شبکه عصبی مصنوعی	۱/۲۵	۱/۷۴	۰/۹۲
کریجینگ	۱/۷۲	۲/۰۱	۰/۸۳
IDW	۹/۲۴	۹/۲۵	۰/۶۹

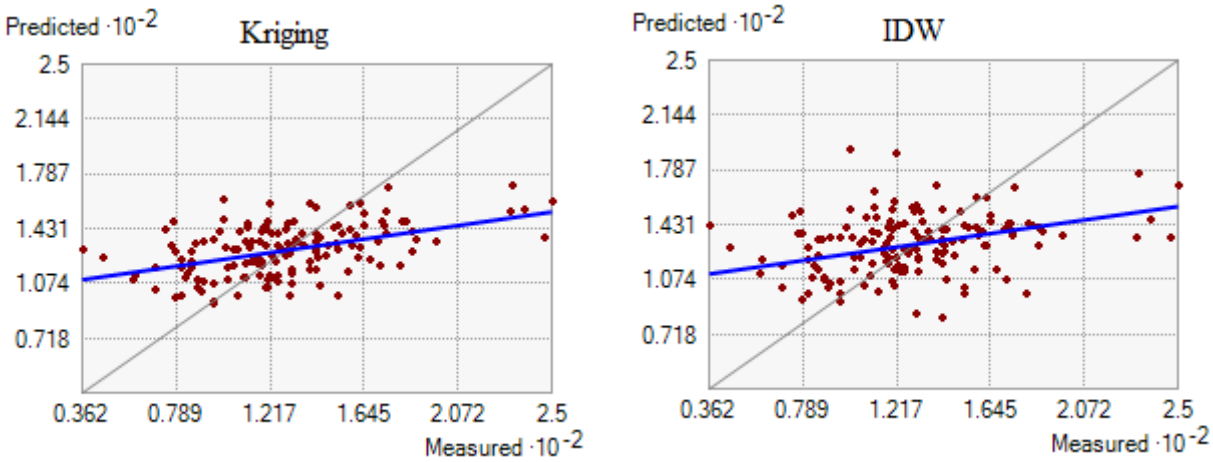
مطابق جدول (۲)، بالاترین دقت شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی، مربوط به مدل هوشمند شبکه عصبی مصنوعی، با بیشترین مقدار شاخص R^2 و کم‌ترین مقدار

[2] Learning

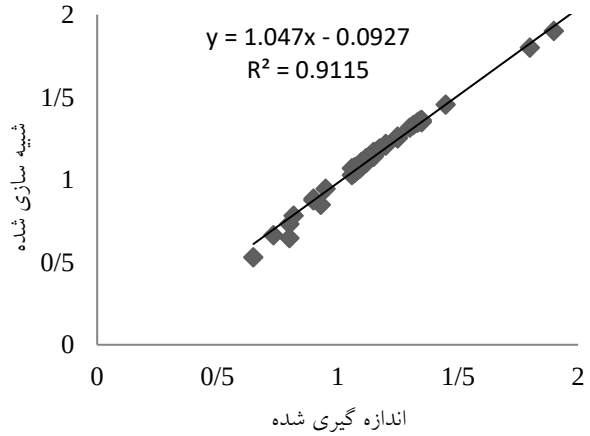
RMSE و MAE می‌باشد. هم‌چنین در بین مدل‌های کریجینگ و IDW به‌کار رفته، دقت شبیه‌سازی مدل کریجینگ بیش‌تر از مدل IDW بود که با نتایج یو و همکاران (۲۰۰۹)، رستمی فتح آبادی (۱۳۹۵) و پیری و همکاران (۱۳۹۳)، مطابقت دارد. با توجه به اینکه ورودی‌های مدل شبکه عصبی مصنوعی (تبخیر و تعرق، دمای هوا و بارش) همبستگی بالایی با عمق آب زیرزمینی داشتند، عملکرد مدل در شبیه‌سازی مناسب است. با توجه به اینکه در روش IDW از تمام نقاط برای محاسبه مقدار مجهول استفاده شده و در روش‌های زمین آماری نیز با تنظیم واریوگرام برای کل داده‌ها سعی بر محاسبه میزان واریانس نسبت به فاصله می‌شود، می‌توان انتظار داشت که چنین روش‌هایی با تمامی مزیت‌هایی که دارند، دارای یک ضعف عمده هستند. این ضعف استفاده از یک قانون کلی برای محاسبه نقاط مجهول می‌باشد (۵). کرد و همکاران (۱۳۹۸)، پژوهشی با در خصوص مقایسه روش‌های سیستم استنتاج فازی- عصبی، وزن دهی معکوس فاصله و کریجینگ برای تخمین سطح آب ایستابی دشت دهگلان انجام دادند. نتایج آن‌ها نیز نشان داد مدل فازی- عصبی دقت بالاتری برای تخمین سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارد.

شکل (۳) نمودار برازش شده بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در محیط نرم افزار GIS برای مدل‌های کریجینگ، IDW و همچنین شکل (۴) نمودار برازش شده بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم افزار MATLAB را نشان می‌دهد. شکل (۵) مقایسه بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های کریجینگ،IDW و مدل شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد.

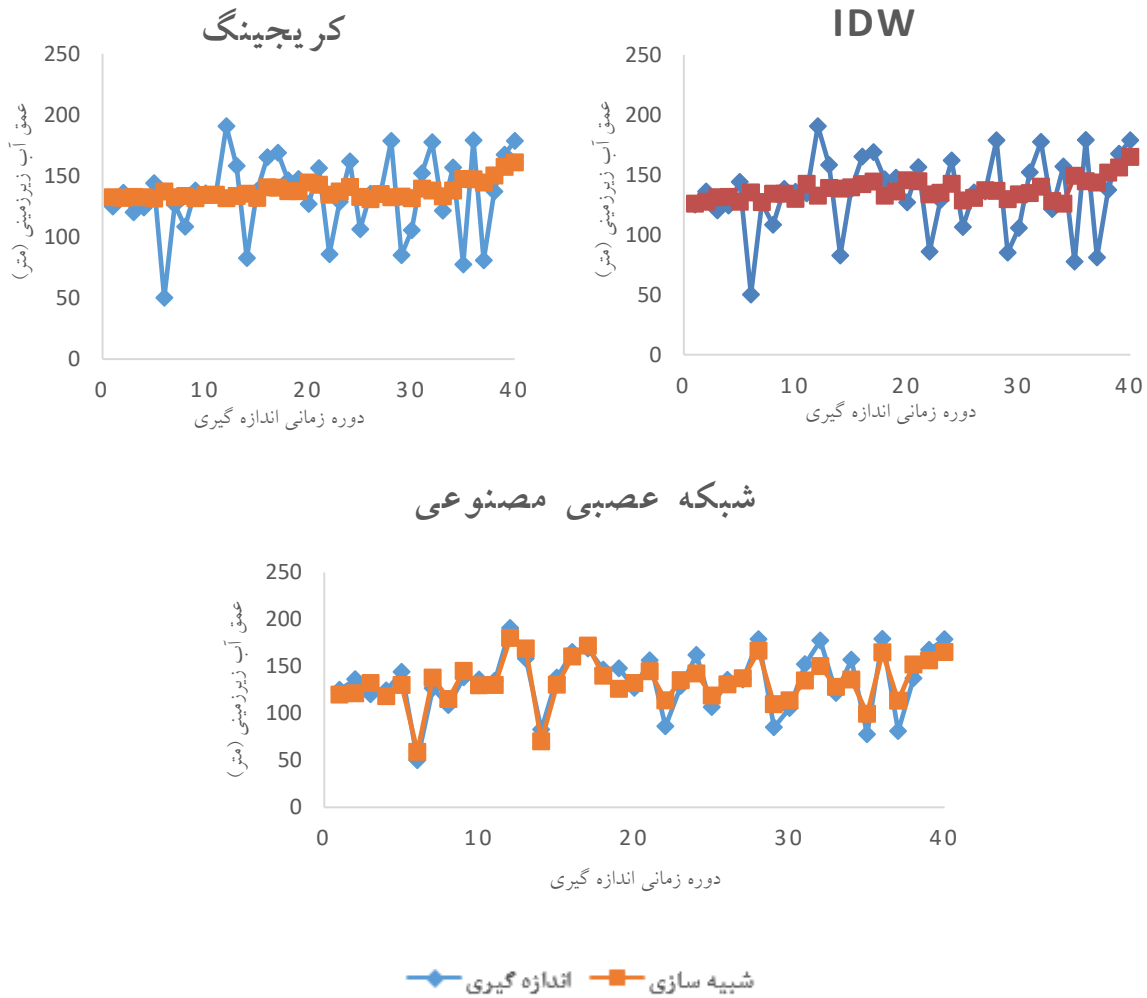
شکل (۶) نقشه‌های پیش‌بینی آب زیرزمینی با استفاده از دو روش کریجینگ و IDW که در محیط نرم افزار GIS رسم شده است، را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌های رسم شده، بیش‌ترین عمق آب زیرزمینی در قسمت‌های شمال غرب و غرب کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی که در مجاورت رودخانه هست، می‌باشد.



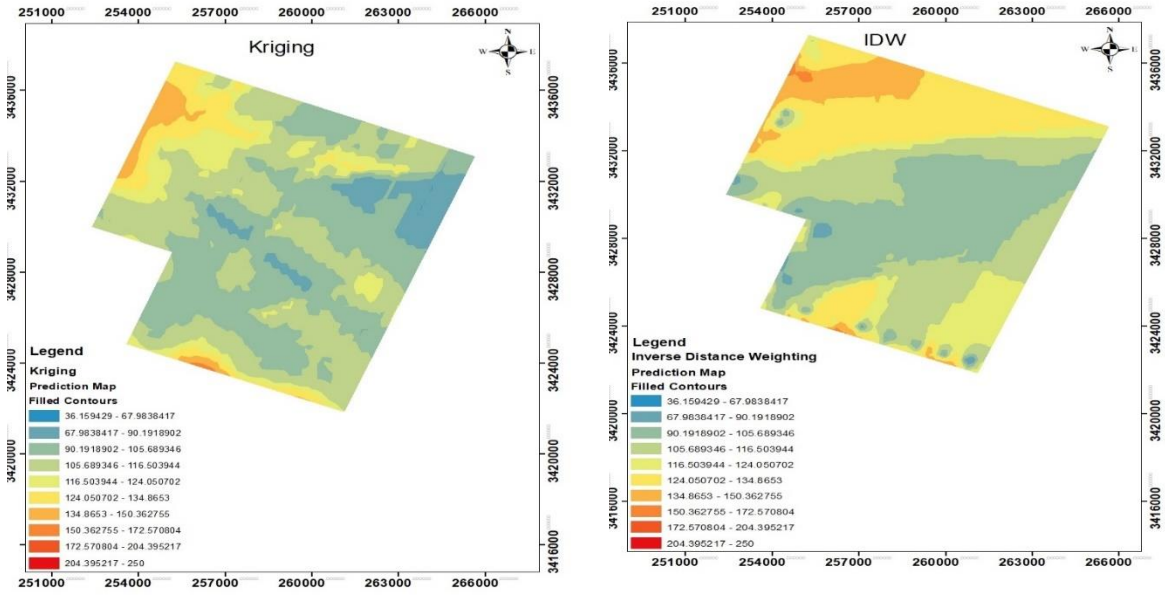
شکل ۳- نمودار برازش شده بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های مدل‌های کریجینگ و IDW



شکل ٤- نمودار برازش شده بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۵- مقایسه بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده



شکل ٦- نقشه پیش‌بینی آب زیرزمینی با استفاده از دو روش کریجینگ و IDW

نتیجه‌گیری

داده‌های سطح آب زیرزمینی در مدل‌سازی سیستم آب زیرزمینی، مدیریت منابع آب و خشکسالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. با توجه به این که اکثر مدل‌های جریان آب زیرزمینی برای شبیه‌سازی رفتار سیستم آب زیرزمینی نیاز به در اختیار داشتن داده‌های سطح آب دارند و تعداد چاهک‌های مشاهده‌ای در اغلب مناطق مطالعاتی محدود و احداث آن‌ها هزینه‌بر است، نیاز مبرم به روش‌های مختلف شبیه‌سازی احساس می‌گردد. در این پژوهش از روش‌های هوش مصنوعی و زمین آمار (کریجینگ) و IDW با ورودی‌های تبخیر و تعرق، دمای هوا، بارش و موقعیت جغرافیایی، برای شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی استفاده گردید. نتایج نشان داد بالاترین دقت شبیه‌سازی عمق آب زیرزمینی در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی، مربوط به مدل هوشمند شبکه عصبی مصنوعی، با بیشترین مقدار شاخص R^2 و کم‌ترین مقدار RMSE و MAE می‌باشد. هم‌چنین در بین مدل‌های کریجینگ و IDW به‌کار رفته، دقت شبیه‌سازی مدل کریجینگ بیش‌تر از مدل IDW بود.

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان مقاله اعلام می نمایند که از اصول اخلاقی انجام و انتشار پژوهش پیروی نموده اند

حامی مالی

بدین وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (GN:.SCU.WI99.399.) در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: عاطفه صیادی شهرکی؛ روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: عاطفه صیادی شهرکی، سعید برومندنسب، عبدعلی ناصری، امیر سلطانی محمدی ؛ نگارش نهایی: عاطفه صیادی شهرکی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Bameri, A.; Khormali, F.; Kiani, F.; and Dehghani, A.A. 2012. Spatial variability of soil organic carbonon different slope positions of loess hillslopes in Toshan area, Golestan Province. Journal of Soil and Water Conservation Research, 19 (2): 43-62. [In Persian].
2. Bayatvarkeshi, M.; and Fasihi, R. 2018. Comparison of numerical model, neural intelligent and GeoStatistical in estimating groundwater table. researches in Geographical Sciences, 18 (48) :165-182. [In Persian].
3. Dayhoff, J. E. 1990. Neural Network Principles. Prentice-Hall International, U.S.A.
4. Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natura Resources Evaluation. NewYork: Oxford University Press.
5. Hasani Paak, A. 1998. Geostatistics. University of Tehran Press, 330 pp. [In Persian].
6. Hosseinali Zadeh, M.; and Yaghubi, A. 2010. Temporal and spatial changes of groundwater aquifer surface using geostatistics. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 4 (10): 63-67. [In Persian].
7. Jahani, S.; and Delbari, M. 2009. Evaluation and Estimation of the 24 hour Maximum Rainfall in the Provice of Golestan. Journal of Water Engineering, 2 (4): 13-22. [In Persian].
8. Jamshidi Avanaki, M.; and Ebrahimi, K. 2012. Comparison of artificial neural network and geostatistical approach in predicting groundwater level - Case study: Mashhad plain aquifer. Second Conference on Environmental Planning and Management. University of Tehran. [In Persian].
9. Khanna, T. 1990. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.
10. Karthikeyan, L., Kumar, N.D., Graillot, D. and Gaur, S., 2012. Prediction of Ground Water Levels in the Uplands of a Tropical Coastal Riparian Wetland using Artificial Neural Networks. Water Resources Management, 27(3): 871–883.
11. Kord, M.; Yuosefi, N.; and Abbas Novinpour, E. 2019. Comparison of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), Inverse Distance Weighting and Geostatistics Methods for Estimating the Water Table (Case Study: Dehgolan Plain, Kurdistan Province). Journal of Echo Hydrology, 6 (1): 51-64. [In Persian].
12. Mansouri, F. 2005. Investigation of design parameters of underground drainage systems in irrigation and drainage project of sugarcane

development plan, case study of Amirkabir unit. Master's thesis. Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
13. Misaghi, F.; and Mohammadi, K. 2006. Zoning of rainfall information using classical and geostatistical methods and comparison with artificial neural network. Scientific Journal of Agriculture, 23 (13): 1-4. [In Persian].
14. Mirzaei, A.; amd Nazemi, A.H. 2011. Water level prediction using intelligent systems (Case study: Shabestar plain). Journal of Water Resources Engineering, 4 (8): 1-10. [In Persian].
15. Nikbakht, S.; and Delbari, M. 2013. Estimation of groundwater water table using geostatistical methods. Journal of Water and Sustainable Development, 1 (1): 49-56. [In Persian].
16. Piri, H.; and Bameri, A. 2014. Investigating the quantity variation trend of ground water table using geostatistics and GIS (Case study: Sirjan Plain). Journal of Remote Sensing and GIS, 5 (1): 29-44. [In Persian].
17. Rashidi, S., Mohammadan, M. and Azizi, K., 2015. Predicting of Groundwater Level Fluctuation Using ANN and ANFIS in Lailakh plain. Journal of Renewable Natural Resources Bhutan, 3 (1):77-84.
18. Rostami Fathabadi, M. 2016. Evaluation and accuracy of geostatistical methods in estimating the optimal groundwater level, Case study: Northwest of Kermanshah plain. Journal of Geographical Sciences, 12 (25): 33-49. [In Persian].
19. Shayan, M.A. 2000. Correlation between meteorological factors and yield indices in sugarcane cultivation in Haft Tappeh region. Master Thesis, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
20. Yue, S., Kang, S., Li, F. and Zhang L. 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. Environmental Modelling & Software, 24(10): 1163-1170.
21. Zare Abyaneh, H.; and Bayat Varkeshi, M. 2014. Development and application of statistical and neural, Fuzzy, Genetic Algorithm models in estimation of spatial distribution of water table level. Journal of Soil and Water Conservation Research, 20 (4): 1-25. [In Persian].