تخمین سطح ایستابی با استفاده از یک روش ترکیبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک در دشت رامهرمز

رضا زمانی‌احمدمحمودی[۱]، علی‌محمد آخوندعلی[۲]، حیدر زارعی[۳]، فریدون رادمنش[۴]

تاریخ دریافت ۱۳۹۱/۰۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۴/۲۳

مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

چکیده

با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی، برای محاسبه مقدار متوسط و تخمین سطح آب در دشت‌ها، ضروری است که اطلاعات حاصل از برداشت نقطه‌ای به سطح دشت تعمیم داده شود. به این منظور کاربرد مدل‌های زمین آماری، همواره با خطا همراه بوده است، چرا که در اکثر موارد تابع برازش داده شده شامل کلیه نقاط تجربی محاسبه شده نمی‌باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی کاربرد روش ترکیبی زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک در تخمین سطح آب زیرزمینی در دشت رامهرمز می‌باشد. نتایج حاصل از کاربرد روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ و روش عکس فاصله نشان داد که روش کوکریجینگ با مدل نیم‌تغیرنمای گوسین، بهترین روش زمین آماری برای تخمین سطح ایستابی و ترکیب با شبکه‌های عصبی می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از ترکیب این دو مدل نشان داد که مدل ترکیبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک دارای معیارهای ارزیابی مناسب‌تری در تخمین سطح ایستابی نسبت به کاربرد روش‌های زمین آماری به تنهایی می‌باشد و به عنوان یک روش ترکیبی مناسب جهت تخمین سطح ایستابی پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، الگوریتم ژنتیک، دشت رامهرمز ، زمین آمار، شبکه عصبی مصنوعی.

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: (reza.zamani65@yahoo.com)
[۲] استاد گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز، پست الکترونیکی: (aliakh@scu.ac.ir)
[۳] استادیار گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز، پست الکترونیکی: (zareih@scu.ac.ir)
[۴] استادیارگروه هیدرولوژی و منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز، پست الکترونیکی: (feridon_radmanesh@yahoo.com)

مقدمه

آب‌های زیرزمینی بزرگ‌ترین ذخیره قابل دسترس آب شیرین در کره زمین را تشکیل می‌دهند. با توجه به کاهش نزولات جوی و خشکسالی سال‌های اخیر و در نتیجه کمبود آب در پهنه وسیعی از کشور و افزایش میزان تقاضا برای مصارف مختلف، مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی از اهمیت و حساسیت بسیار زیادی برخوردار است. برای اعمال یک مدیریت صحیح نیاز به شناسایی، به مدل درآوردن و تخمین سطح آب زیرزمینی در دشت‌ها جهت برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استفاده بیشتر و بهتر از پتانسیل‌های آبی موجود در دشت‌ها عمیقا احساس می‌شود (زمانی‌احمدمحمودی، ۱۳۹۱). از اساسی‌ترین موارد در مدیریت کمی منابع آب زیرزمینی تخمین سطح آب با استفاده از داده‌های برداشت شده از شبکه چاه‌های مشاهده‌ای می‌باشد (زارعی و آخوندعلی، ۱۳۸۶). امروزه جهت پیش‌بینی، یافتن و درک روابط بین پارامترهای موثر در تخمین و بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی (زمانی و مکانی) از تکنیک‌های پیشرفته استفاده می‌گردد (رحمانی، ۱۳۹۰). یکی از روش‌های معمول استفاده از مدل‌های ریاضی می‌باشد، که با توجه به پیشرفت‌ها و قابلیت‌های کامپیوتر در دهه‌های اخیر گسترش چشم‌گیری یافته است (رحمانی، ۱۳۹۰). از جمله این روش‌ها و مدل‌های ریاضی می‌توان به علم زمین آمار وشبکه‌های عصبی مصنوعی اشاره کرد. 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.

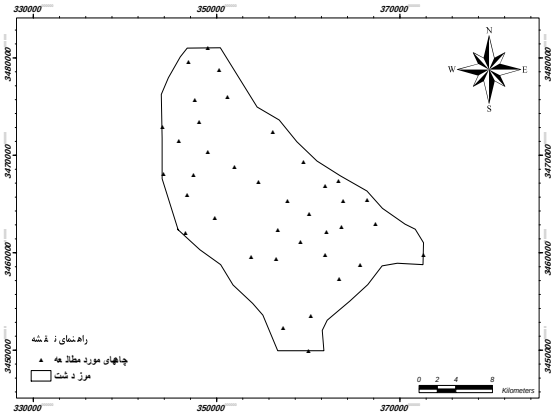
قهرمان و همکاران (۲۰۰۵) کاربرد زمین آمار را در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی ارزیابی کفایت شبکه چاه‌های آب شرب شهر مشهد در ردیابی نیترات و هدایت هیدرولیکی با استفاده از کریجینگ انجام گرفت. خلقی و حسینی (۲۰۰۹) در پژوهشی برای تخمین سطح آب زیرزمینی از ترکیب روش کریجینگ معمولی با روش نرو- فازی در دشت قزوین استفاده کردند. دهقانی و همکاران (۱۳۸۹) به مقایسه سه روش شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاجی فازی- عصبی تطبیقی و زمین آمار در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی در دشت قزوین پرداخته‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش سیستم استنتاجی فازی- عصبی برای برآورد سطح آب در نقاط مجهول آبخوان داری دقت بیشتری نسبت به دو روش دیگر می‌باشد. حاجی‌هاشمی‌جزی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های زمین آماری به برآورد مکانی مولفه‌های کیفی آب زیرزمینی دشت گلپایگان پرداخته‌اند. آنها نشان دادن که روش کوکریجینگ برتری نسبت به روش کریجینگ در دشت مذکور ندارد. بارکای و پارسالا (۲۰۰۸) برای تهیه نقشه خطر نیترات از روش کریجینگ و روش‌های شبیه‌سازی استفاده کردند. نتایج حاصله از تحقیق آنها نشان داد که روش کریجینگ مناسب‌تر می‌باشد. وی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به پیش‌بینی شاخص‌های خاک با استفاده از مدل کریجینگ- رگرسیون پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل ذکر شده همیشه پیش‌بینی خوبی انجام نمی‌دهد، اما برای موارد خاص به صورت دقیق عمل می‌کند. از جمله دیگر تحقیقات می‌توان به مواردی همچون تحقیق لی (۲۰۱۲) و اموریم (۲۰۱۲) اشاره کرد. استیل (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی را در زمینه‌ی ژئوهیدورلوژی مورد بررسی قرارداد. وی کاربرد انواع شبکه‌های عصبی را با استفاده از الگوریتم‌های متعدد مورد تحلیل قرار داده و بیان داشت که شبکه‌های پیشرو همراه با تاخیر زمانی موثرترین نوع شبکه در زمینه ژئوهیدولوژی هستند. سریکانت و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد شبکه عصبی استاندارد (FFN) که با الگوریتم لونبرگ- مارکورت (LM) آموزش داده شده، برای پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز می‌شی‌وارم حیدرآباد هند را مورد آزمایش قراردادند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل مذکور بهترین انطباق و روند پیش‌بینی با داده‌های مشاهداتی دارد. اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی به پیش‌بینی مکانی غلظت فلوئورید با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و زمین آمار در دشت‌های بازرگان و پلدشت پرداخته‌اند. آنها در این تحقیق نتایج حاصل از مدل‌سازی شبک عصبی مصنوعی را با روش‌های زمین آماری کوکریجینگ و کریجینگ مقایسه و به این نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای تخمین دقیق‌تری نسبت به

تخمین‌گرهای زمین آماری می‌باشد. رحمانی (۱۳۹۰) در تحقیقی به شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با نتایج مدل ریاضی تفاضلات محدود پرداخته است. نتایج حاصل دقت بسیار بالای شبکه عصبی مصنوعی را در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت عقیلی نشان دادند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت رامهرمز با مساحت ۴۴۶/۹ کیلومترمربع، در طول جغرافیایی ´۲۲ °۴۹ تا ´۳۸ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۰ °۳۱ تا ´۲۶ °۳۱ شمالی، در فاصله ۹۰ کیلومتری شهرستان اهواز قرار دارد و رودخانه الله در جنوب این دشت جریان دارد. در این پژوهش از ۳۸ حلقه چاه مشاهده‌ای موجود در دشت رامهرمز استفاده شده است. دوره آماری ۵ ساله اخیر از سال آبی (۱۳۸۶-۱۳۸۵) تا سال آبی (۱۳۹۰-۱۳۸۹) برای رسم هیدروگراف واحد آب زیرزمینی و انتخاب ماه‌هایی که در دوره مورد مطالعه دشت دارای حداکثر، حداقل و متوسط سطح ایستابی بوده مورد بررسی قرار گرفته شد. شکل (۱) نحوه پراکنش چاه‌های مورد مطالعه در دشت رامهرمز را نشان می‌دهد.



شکل(۱): موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در دشت رامهرمز.

روش انجام پژوهش

قبل از استفاده از تخمین‌گرهای زمین آماری، با استفاده از نرم‌افزار spss16 پارامترهای توصیفی حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، چولگی و کشیدگی، انحراف معیار، ضریب تغیرات و تست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمرینوف[1] داده‌ها بررسی شد و متناسب با نتایج حاصله، از تبدیل لاگ نرمال[2] یا تبدیل ریشه‌ی مربعات[3] در محیط نرم‌افزار GS^+9 استفاده شد.

برازش مدل‌های نیم‌تغییرنما

در استفاده از روش‌های زمین آماری برای هر نوع تخمینی، ابتدا نیاز به محاسبه نیم‌تغییرنما می‌باشد و برای رسم نیم‌تغییرنما هم نیاز به تعیین نوع توزیع داده‌ها و نرمال کردن آنها می‌باشد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). در این پژوهش از چهار نوع مدل نیم‌تغییرنمای تجربی کروی، خطی، نمایی و گوسین برای برازش بر داده‌ها استفاده گردید. در واقع با مشخص کردن مدل‌های نیم‌تغییرنمای مناسب برای برازش بر داده‌ها و تعیین شاخص‌های آنها، ارتباط مکانی داده‌ها با هم و نحوه اختصاص عامل وزنی به آنها تعیین گردیده است و به فرمول‌های ریاضی مربوطه تبدیل شده و سپس عملیات تخمین با روش‌های ذکر شده انجام می‌شد. یک نیم‌تغییرنمای ایده‌آل دارای سه پارامتر شامل اثر قطعه‌ای[4] (C_0)، حد آستانه[5] (C_0+C) و دامنه مؤثر[6] می‌باشد. (محمدی، ۱۳۸۵). با مشخص شدن بهترین مدل نیم‌تغییرنما و نیم‌تغییرنمای متقابل در هر دشت، اقدام به تخمین و میان‌یابی سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ (کریجینگ بلوکی) و روش معین عکس فاصله با استفاده از نرم‌افزار GS^+9 شد. همچنین در در ابتدا نیاز به ترسیم هیدرگراف واحد هر دشت در دوره آماری مورد مطالعه، جهت یافتن ماه‌های دارای حداقل، حداکثر و متوسط سطح آب می‌باشد. به این منظور از نرم‌افزار Arcgis 9.3 و داده‌های سطح آب چاه‌های

[1] Kolmogorov- Smirnov
[2] Log- Normal Trasform
[3] Root Square Transform
[3] Nugget effect
[4] Sill
[5] Range of influence

مشاهده‌ای و روش شبکه‌بندی تیسن استفاده شد. بعد از مشخص شدن ماه‌های مورد نظر، داده‌های سطح ایستابی چاه‌های مشاهده‌ای مورد بررسی در ماه انتخابی برای مقایسه تخمین روش‌های زمین آماری کوکریجینگ، کریجینگ و روش معین عکس فاصله و کاربرد در روش ترکیبی با شبکه‌های عصبی مصنوعی انتخاب گردید.

معیارهای ارزیابی

قابل ذکر است که ارزیابی مدل‌های نیم‌تغییرنمای برازش داده شده بر داده‌ها با استفاده از پارامترهای آماری ضریب تبیین (R^2)، مجموع مربعات باقیمانده[1](RSS) و نسبت ($\frac{c}{c_0+c}$)[2] که شاخصی از قدرت ساختار مکانی در داده‌های مورد مطالعه است انجام شد. و برای ارزیابی میزان دقت و انتخاب بهترین روش تخمین معیارهای مختلفی مانند میانگین خطای مطلق[3] (MAE)، میانگین خطای انحراف[4] (MBE) و ریشه میانگین مربعات خطا[5] (RMSE) خطا استفاده شده است.

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

یکی از مهمترین مراحل آماده سازی داده‌ها قبل از طراحی و آموزش شبکه عصبی مصنوعی هم مقیاس کردن داده‌های ورودی و خروجی شبکه است. به این فرآیند نرمال کردن داده‌ها گفته می‌شود که این مرحله به صورت خودکار توسط نرم‌افزار Neuro Sulution انجام می‌شود. در نهایت داده‌ها به سه دسته آموزش و آزمایش و صحت‌سنجی تقسیم می‌شوند. در نحوه این تقسیم‌بندی قاعده خاصی وجود ندارد (آذری و همکاران، ۱۳۸۷). اگرچه مطالعات مختلف نشان داده است که به جهت آموزش بهتر شبکه عصبی مصنوعی تعداد داده‌های آموزش باید بیش از مرحله‌ی آزمایش باشد (دیامانتوپولا، ۲۰۰۵).

استفاده بهتر از شبکه‌های عصبی مصنوعی مستلزم بهینه کردن پارامترهای مورد استفاده در آن می‌باشد. برای تعیین بهترین مقادیر پارامترهای مختلف ANN نظیر تعداد لایه‌ها، نرون‌ها و وزن‌ها در هر لایه زمان زیادی صرف واسنجی این پارامترها به روش آزمون و خطا می‌شود (زهرایی و حسینی، ۱۳۸۸). به همین منظور در این پژوهش با ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک (GA-ANN) به عنوان یک روش بهینه‌سازی، دستیابی به مقادیر مطلوب پارامترهای ANN به آسانی میسر گردید. به منظور دستیابی آسان‌تر به این پارامترها و نیز تعیین ترکیب مؤثر در واسنجی ضرایب شبکه عصبی مصنوعی از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک ابزار بهینه‌سازی استفاده گردیده است. به منظور بهینه‌سازی مطابق رابطه (۱) تابع هدف حداقل نمودن MSE کل داده‌های شبیه‌سازی و تخمین در نظر گرفته شده است.

$$F = \min imize(MSE) \qquad (۱)$$

که در رابطه بالا، f تابع هدف می‌باشد.

قابل ذکر است که در تدوین ساختار شبکه عصبی از دو نوع شبکه عصبی MLP و GFF (FFN)، همراه با سه الگوریتم آموزش ممنتم، لونبرگ مارکوات و شیب مزدوج و دو نوع تابع انتقال Tan Axon و Sig Axon استفاده شد. بعد از ساختن بهترین مدل شبکه عصبی برای ترکیب با خروجی‌های حاصل از تخمین روش زمین آماری، با الگوریتم ژنتیک به بهینه‌سازی وزن‌ها و سایر پارامترهای شبکه عصبی پرداخته شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از رسم هیدروگراف واحد دشت رامهرمز در دوره آماری مورد مطالعه در جدول (۱) ذکر شده است. برای مقایسه تخمین حاصل از روش‌های زمین آماری و کاربرد در روش ترکیبی با شبکه‌های عصبی مصنوعی، داده‌های سطح ایستابی در ماه‌های ذکر شده در این جدول انتخاب شد. خلاصه آماری داده‌های مورد استفاده ازچاه‌های موجود در دشت رامهرمز در ماه‌های انتخابی، در جدول (۲) ذکر شده است.

[1] Residual Sums of Squares
[2] Proportion
[3] Mean Absolute Error
[4] Mean Bias Error
[5] Root Mean Square Error

جدول(۱): نتایج حاصل از رسم هیدروگراف واحد دشت رامهرمز.

وضعیت	حداقل سطح آب	متوسط سطح آب	حداکثر سطح آب
ماه انتخابی	مهرماه ۱۳۸۸	اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸	اسفندماه ۱۳۸۶

جدول(۲): خلاصه آماری داده‌های مورد استفاده در دشت رامهرمز.

پارامترآماری / ماه	تعداد چاه	میانگین (متر)	واریانس	انحراف معیار	حداقل مقدار(متر)	حداکثر مقدار(متر)	ضریب چولگی	ضریب کورتوسیس
اسفندماه ۱۳۸۶	۳۸	۱۰۱/۰۱	۸۶۷/۲۶	۲۹/۴۴	۵۵/۳۸	۱۷۹/۲	۰/۳۴	-۰/۳۶
اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸	۳۸	۱۰۰/۱۸	۸۰۷/۷۷	۲۸/۴۲	۵۵/۰۶	۱۷۱/۲۹	۰/۲۲	-۰/۵۹
مهرماه ۱۳۸۸	۳۸	۹۹	۷۷۰/۸۶	۲۷/۷۶	۵۴/۹۲	۱۶۸/۹۶	۰/۲	-۰/۵۸

نتایج حاصل از برازش مدل‌های نیم‌تغییرنما و نیم‌تغییرنمای متقابل بر داده‌های مورد استفاده در جدول (۳) ذکر شده است. با توجه به معیارهای ارزیابی ذکر شده در جدول (۳) مدل، نیم‌تغییرنماتغییرنمای گوسین، بهترین مدل برای برازش بر داده‌های سطح ایستابی دشت رامهرمز می‌باشد. همچنین مشخصات عمومی روش‌های زمین آماری مورد استفاده در تخمین سطح ایستابی دشت رامهرمز در جدول (۴) ذکر شده است.

جدول(۳): مشخصات مدل‌های نیم‌تغییرنما و نیم‌تغییرنمای متقابل انتخاب شده برای سه ماه دارای حداقل، متوسط و حداکثر سطح آب در دشت رامهرمز.

ماه	Variogram or Cross Variogram	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	Range Parameter (A_0)	Proportion $(\frac{C}{C_0+C})$	RSS	R^2
مهرماه۱۳۸۸	Variogram	۰/۰۰۱	۱/۷۴۴	۶۱۱۰۰	۰/۹۹۹	$۱/۹۴۲\times۱۰^{-۳}$	۰/۹۸۲
	Cross Variogram	۰/۰۰۱	۱/۶۸۴	۶۱۱۰۰	۰/۹۹۹	$۱/۹۷\times۱۰^{-۳}$	۰/۹۸۱
اردیبهشت‌ماه۱۳۸۸	Variogram	۰/۰۰۱	۱/۹۸	۶۹۶۸۰	۰/۹۹۹	$۵/۵۲۹\times۱۰^{-۴}$	۰/۹۹
	Cross Variogram	۰/۰۰۱	۲/۰۱	۶۹۵۲۰	۰/۹۹۹	$۵/۸۲۶\times۱۰^{-۴}$	۰/۹۹
اسفندماه ۱۳۸۶	Variogram	۰/۰۰۱	۱/۷۹	۶۱۱۰۰	۰/۹۹۹	$۲/۰۶\times۱۰^{-۳}$	۰/۹۸۲
	Cross Variogram	۰/۰۰۱	۱/۷۵	۶۱۱۰۰	۰/۹۹۹	$۲/۰۳\times۱۰^{-۳}$	۰/۹۸۱

جدول (۴): مشخصات روش‌های میان‌یابی مورد استفاده در دشت رامهرمز.

method	Active Lag Distance	Lag Class Distance Interval*	Radius	Neighbors	Weighting Power
Co Kriging	۳۲۳۱۴/۴۱	۴۶۳۳/۹۰	۳۳۰۲۳/۷۴	۵	-
Kriging	۳۲۳۱۴/۴۱	۴۶۳۳/۹۰	۳۲۱۲۴	۵	-
IDW		-		۷	۳

قابل ذکر است که مشخصات عمومی روش‌های زمین آماری مورد استفاده در جدول (۴) به گونه‌ای تنظیم شده‌اند که تخمین حاصل دارای مناسب‌ترین معیارهای ارزیابی باشد.

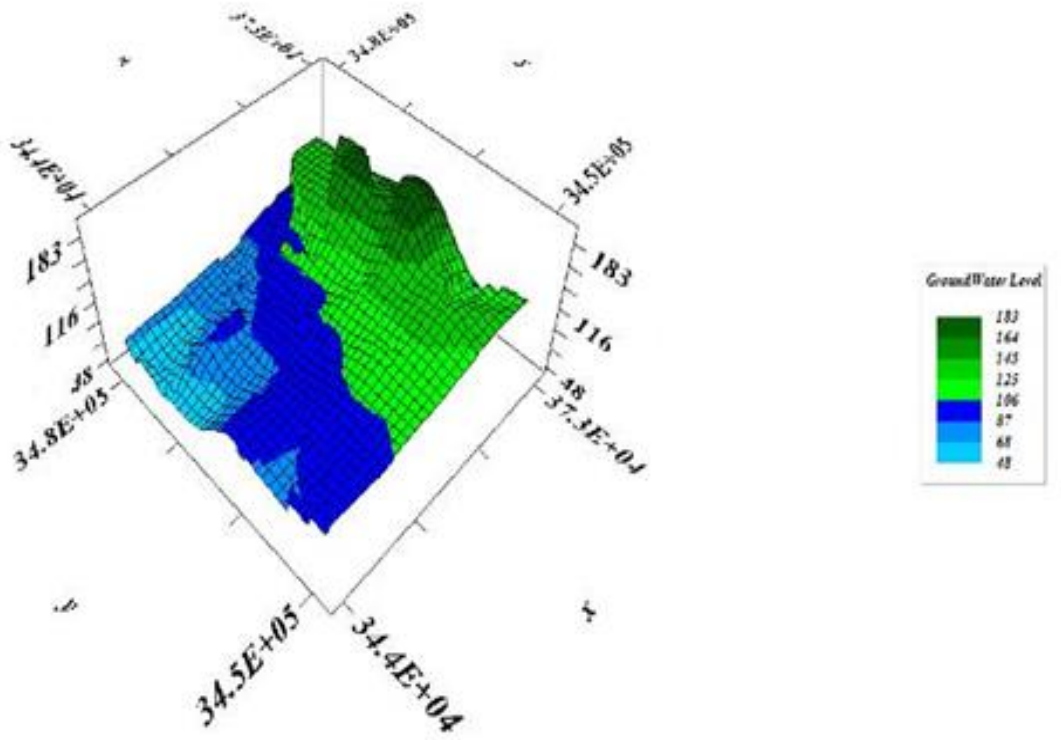
مطابق نتایج ذکر شده در جدول (۵) روش کوکریجینگ به عنوان بهترین روش برای تخمین سطح ایستابی در دشت رامهرمز انتخاب و به عنوان روش زمین آماری انتخاب شده برای ترکیب با شبکه‌های عصبی مصنوعی به کار گرفته شد. در ادامه اقدام به رسم نقشه‌های میان‌یابی سطح ایستابی در ماه‌های مورد مطالعه مطابق شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) شد. در ادامه پس از اعمال یک شبکه [۵۰×۴۵] بر روی دشت، نقاطی از شبکه ایجاد شده که درون دشت قرار می‌گیرند، به عنوان ورودی شبکه‌های عصبی مصنوعی انتخاب شده‌اند. مشخصات شبکه ایجاد شده روی دشت رامهرمز در جدول (۶) آمده است. لازم به ذکر است که از [۲۲۵۰] نقطه تخمینی توسط روش کوکریجینگ، [۱۰۹۷] نقطه درون مرز دشت بوده و به عنوان ورودی شبکه‌های عصبی مصنوعی انتخاب شده‌اند. همچنین برای بررسی کاربرد روش ترکیبی کوکریجینگ با شبکه‌های عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک، فقط داده‌های مربوط به ماه دارای متوسط سطح آب (اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸) در دشت مبنای محاسبات قرار گرفت.

جدول (۵): نتایج حاصل از میان‌یابی با استفاده از روش‌های زمین آماری موردمطالعه در دشت رامهرمز.

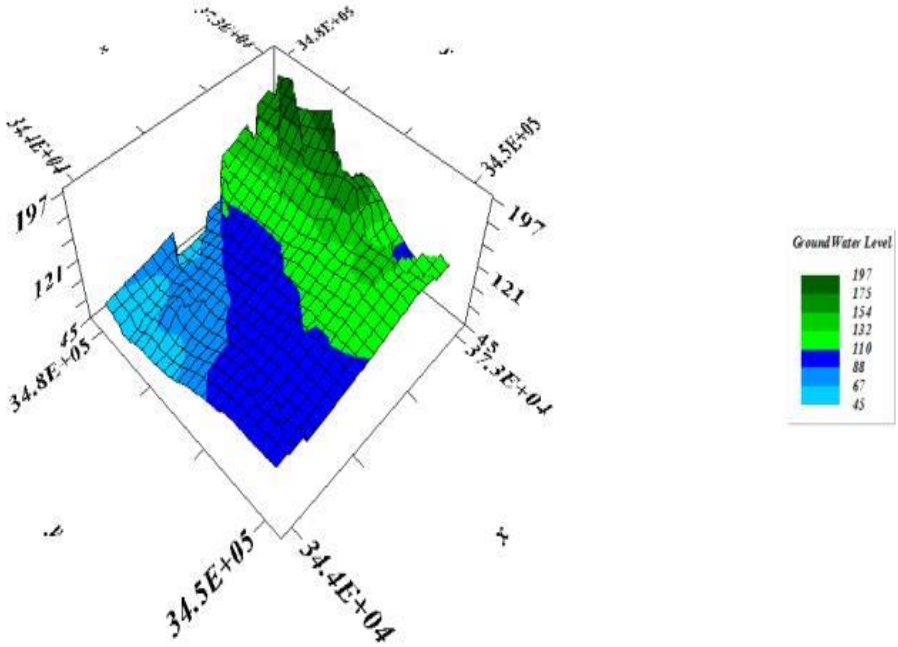
	method	MBE (m)	MAE	RMSE	R^2
	Co Kriging	۰/۰۹	۵/۰۲۷	۸/۴۳	۰/۹۱۸
مهرماه ۱۳۸۸	Kriging	-۰/۶۶	۶/۶۵	۱۰/۱۳	۰/۸۷۹
	IDW	۱/۸۷	۷/۲۱	۱۴/۵۵	۰/۸۱۵
	Co Kriging	-۰/۱۹	۵/۲	۷/۹۳	۰/۹۲
اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸	Kriging	-۰/۴۶۳	۶/۹۴	۸/۴۴	۰/۹۰۱
	IDW	۱/۴	۷/۰۵	۱۱/۲۸	۰/۸۴۹
	Co Kriging	۰/۰۶۵	۵/۱۷	۷/۸۸	۰/۹۱۷
اسفندماه ۱۳۸۶	Kriging	-۰/۷۴	۶/۲۲	۸/۸۳	۰/۸۹۶
	IDW	۲/۲۸	۶/۷۶	۱۲/۹۶	۰/۸۲۶

جدول (۶): مشخصات شبکه ایجاد شده روی دشت رامهرمز.

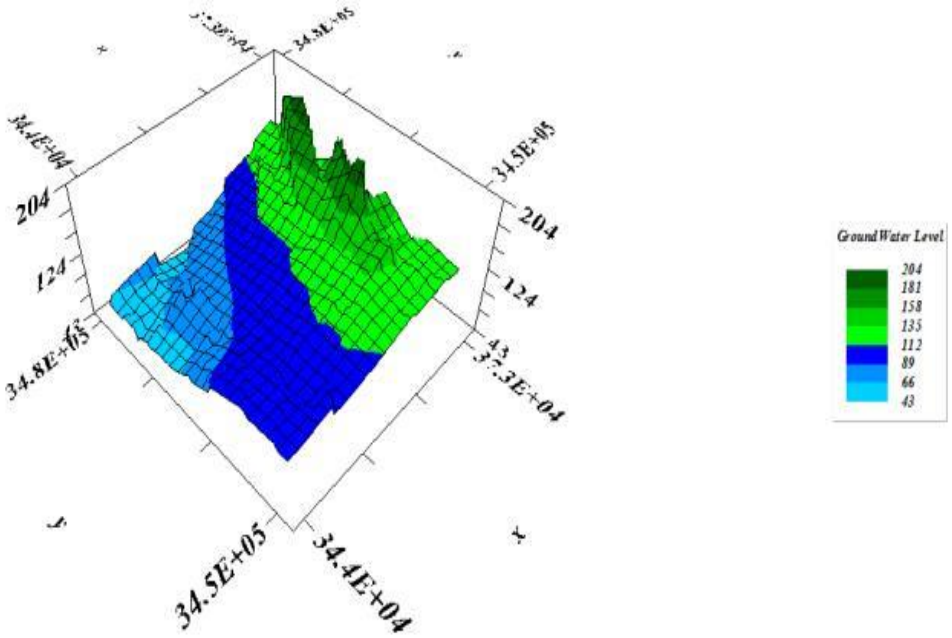
Direction	Interpolation Rang	Distance Interval (m)	Nomber of points
x	۳۴۴۱۰۰-۳۷۲۵۷۲	۶۴۷/۰۹	۴۵
y	۳۴۴۹۸۹۷-۳۴۸۱۰۴۳	۶۳۵/۶۳	۵۰



شکل(۲): نقشه میان‌یابی سطح ایستابی دشت رامهرمز (مهرماه ۱۳۸۸).



شکل(۳): نقشه میان‌یابی سطح ایستابی دشت رامهرمز (اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸).



شکل(۴): نقشه میان‌یابی سطح ایستابی دشت رامهرمز (اسفندماه ۱۳۸۶)

با توجه به نتایج ذکر شده روش کوکریجنگ به عنوان بهترین روش میان‌یابی سطح ایستابی در دشت رامهرمز انتخاب و در ادامه مختصات نقاط انتخابی از شبکه ایجاد شده روی دشت به عنوان ورودی و سطح ایستابی نقاط را به عنوان خروجی شبکه‌های عصبی انتخاب و اقدام به ساختن و ترکیب این مدل‌ها شد. قابل ذکر است که ابتدا مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی بدون ترکیب با الگوریتم ژنتیک ساخته و به کار گرفته شده‌اند و در ادامه از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی پارامترهای بهترین ساختار شبکه عصبی انتخاب شده استفاده شده است. همچنین درصد تقسیم‌بندی داده‌های مورد استفاده در کلیه شبکه‌های ساخته شده به صورت [۶۰]درصد داده‌های آموزش، [۲۰] درصد داده‌های صحت‌سنجی و [۲۰] درصد داده‌های آزمایش (تست) می‌باشند، به طوری‌که تقسیم‌بندی داده‌ها نیز با سعی و خطا تعیین شده‌اند. هم‌چنین در مدل‌سازی شبکه‌های عصبی تعداد لایه پنهان [۲]، تعداد نرون در لایه پنهان اول و دوم به ترتیب [۷] و [۴] و حداکثر الگوها [۱۰۰۰] در نظر گرفته شده است. همچنین در استفاده از قانون آموزش ممنتم در شبکه MLP مقدار ممنتم [۰/۹] به عنوان بهترین مقدار ممنتم و در نوع شبکه GFF مقدار ممنتم [۰/۷] به عنوان مقدار ممنتم مناسب انتخاب شد. نتایج حاصل از تدوین شبکه‌های عصبی مصنوعی در انتخاب نوع شبکه، نوع تابع انتقال و قانون آموزش مناسب با تغییر تابع انتقال و قانون آموزش در هریک از دو نوع شبکه مورد مطالعه در جدول (۷) ذکر شده است. با توجه به نتایج این جدول، شبکه عصبی GFF، تابع انتقال Sig Axon و قانون آموزش لونبرگ مارکوات به عنوان بهترین ساختار در دشت رامهرمز انتخاب شد.

در ادامه ساختار انتخاب شده با تقسیم‌بندی داده‌ها به صورت ذکر شده، با استفاده از الگوریتم ژنتیک تلفیق شده است تا مشخصات آن از جمله تعداد لایه پنهان مناسب، تعداد نرون در هر لایه، بهترین تعداد تکرار و وزن‌های بهینه مشخص شود. لازم به ذکر است که مشخصات آموزش شبکه انتخاب شده در ترکیب با الگوریتم ژنتیک دقیقا همان خصوصیات و پارامترهای شبکه در حالت بدون ترکیب با الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در واقع همانطور که قبلا ذکر شد

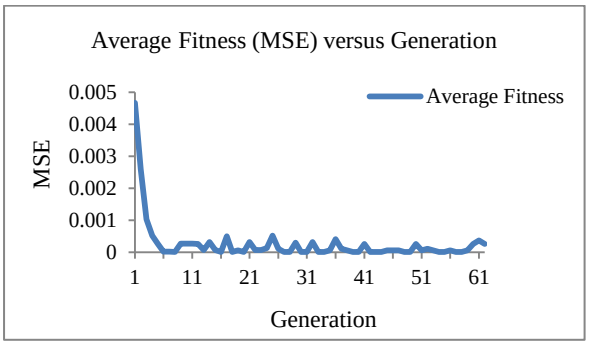
هدف از ترکیب و استفاده از الگوریتم ژنتیک کاهش خطا در مرحله آموزش و انتخاب بهتر پارامترهای اولیه می‌باشد. در این تحقیق برای اجرای بهینه‌سازی، در الگوریتم ژنتیک از تزویج یک نقطه‌ای با احتمال [۰/۹]، جهش یکنواخت با احتمال [۰/۰۱]، چرخ رولت، تعداد جمعیت [۴۰]، حداکثر نسل تولید شده [۸۰] و تعداد تکرار [۱۰۰۰] استفاده شد. خلاصه نتایج حاصل از بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در جدول (۸) و شکل (۵) نشان داده شده است.

جدول (۷): نتایج حاصل از مراحل آموزش و آزمایش ساختار شبکه عصبی انتخاب شده.

نوع شبکه	تابع انتقال	قانون آموزش	تعداد لایه پنهان	train			test		
				MSE	MAE	R	MSE	MAE	R
GFF	Sig Axon	لونبرگ مارکوات	۲	۲/۰۱	۱/۴۵	۰/۹۹۸	۳/۷۶	۲/۰۱	۰/۹۹۷

جدول(۸): خلاصه بهینه‌سازی ساختار شبکه عصبی انتخاب شده با الگوریتم ژنتیک.

Optimization Summary	Best Fitness	Average Fitness
Generation	۸	۱۸
Minimum MSE	$۱/۴۲\times۱۰^{-۵}$	$۱/۴۲\times۱۰^{-۵}$
Final MSE	$۱/۴۲\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۰۰۲۶۷



شکل(۵): خروجی حاصل از بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک.

نتایج حاصل از مراحل آموزش و آزمایش ساختار شبکه انتخاب شده که با الگوریتم ژنتیک بهینه شده است، به صورت جدول (۹) می‌باشد. در ادامه با استفاده از مدل ترکیبی بهینه شده به تخمین سطح ایستابی دشت رامهرمز در مردادماه ۱۳۸۷پرداخته شد. مطابق نتایج بیان شده در جدول (۹) روش ترکیبی کوکریجینگ- شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک (GA-ANN-Co K)، نسبت به روش کوکریجینگ دارای معیارهای ارزیابی مناسب‌تری برای تخمین نقطه‌ای سطح ایستابی می‌باشد. از جمله تفاوت‌های فاحش حاصل از تخمین با استفاده از روش ترکیبی بهینه شده و تخمین با روش کوکریجینگ در دشت رامهرمز می‌توان به موارد زیر اشاره شده در جدول (۱۱) اشاره کرد.

جدول (۹): نتایج حاصل از مراحل آموزش و آزمایش ساختار بهینه شده با الگوریتم ژنتیک.

train			test		
MSE	MAE	R	MSE	MAE	R
۰/۳۹۷	۰/۴۴	۰/۹۹۹	۱/۸۳	۱/۱۱	۰/۹۹۸

جدول (۱۰): مقایسه تخمین روش ترکیبی و روش کوکریجینگ در دشت رامهرمز (مردادماه ۱۳۸۷).

method	MBE (m)	MAE	RMSE	R^2
GA-ANN-Co K	-۰/۰۴	۱/۰۷	۱/۴۸	۰/۹۹۶
Co Kriging	-۰/۱۹	۵/۲	۷/۹۳	۰/۹۲

جدول (۱۱): مقایسه تخمین روش ترکیبی با روش کوکریجینگ در تعدادی از چاه‌های دشت رامهرمز (مردادماه ۱۳۸۷).

مختصات		سطح ایستابی واقعی (متر)	تخمین روش کوکریجینگ (متر)	تخمین روش ترکیبی (متر)
x	y			
۳۴۹۰۶۱	۳۴۸۱۰۴۳	۷۲/۹	۶۰/۶۴	۶۹/۶۹
۳۴۷۶۴۰	۳۴۷۵۷۴۳	۵۹/۷۱	۶۹/۱۳	۶۰/۸۵
۳۴۶۶۰۳	۳۴۶۲۰۸۷	۹۳/۳۸	۸۴/۲۸	۹۲/۶۱
۳۶۷۳۱۱	۳۴۶۳۰۱۸	۱۷۱/۲۹	۱۴۴/۱	۱۶۹/۲۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در انتخاب بهترین مدل نیم‌تغییرنما و نیم‌تغییرنمای متقابل، مدل گوسین به عنوان بهترین مدل انتخاب و دارای مناسب‌ترین معیارهای ارزیابی بوده است. این مطلب با نتایج بسیاری از تحقیقاتی که از روش‌های زمین آماری در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی استفاده کرده‌اند، مطابقت دارد. می‌توان مدل گوسین را به عنوان مناسب‌ترین مدل قابل برازش نیم‌تغییرنما در تحقیقات مرتبط با سطح آب زیرزمینی به حساب آورد. در دشت رامهرمز روش کوکریجینگ نسبت به دو روش دیگر (کریجینگ و روش عکس فاصله) دارای معیارهای ارزیابی مناسب‌تر و به عنوان بهترین روش زمین آماری در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی انتخاب گردید. در این دشت تخمین با استفاده از روش کوکریجینگ نزدیک‌تر به مقادیر واقعی سطح آب می‌باشد و به عبارتی استفاده از متغیر کمکی ارتفاع نقاط در تخمین موثر واقع شد. نتایج حاصل از مقایسه دو نوع شبکه عصبی مورد استفاده، نشان داد که شبکه GFF تا حدودی بهتر از شبکه MLP عمل می‌کند. و از بین قانون‌های آموزش مورد استفاده، قانون آموزش لونبرگ مارکوات بهتر از دو نوع دیگر عمل می‌کند. همچنین تابع انتقال Tan Axon نیز به عنوان تابع انتقال مناسب انتخاب شده است. بهینه‌سازی ساختار شبکه عصبی انتخاب شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک مفید واقع شد. مطابق نتایج حاصل از جدول (۹)، تلفیق شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک، باعث کاهش خطا در فرآیندهای آموزش و به دنبال آن در فرآیند آزمایش شده است. همچنین بررسی ترکیب روش زمین آماری انتخاب شده با بهترین ساختار شبکه عصبی ساخته شده برای تخمین سطح ایستابی در دشت دزفول نشان داد، که این ترکیب باعث بهبود تخمین نقطه‌ای در اکثر چاه‌های مورد مطالعه شد. با توجه به نتایج حاصل از جدول (۱۰)، معیارهای ارزیابی روش ترکیبی کوکریجینگ-شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک (GA-ANN-CoK) مناسب‌تر و بهتر از روش کوکریجینگ به تنهایی می‌باشد. با توجه با نتایج حاصل از

ترکیب روش زمین آمار و شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان گفت که این روش ترکیبی برای تخمین سطح ایستابی بسیار مفید و باعث بهبود تخمین نقطه‌ای شده است و به عنوان روشی مناسب در مطالعات مربوط به سطح آب زیرزمینی توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود از مدل ترکیبی معرفی شده در میان‌یابی بارش، تخمین نقطه‌ای و منطقه‌ای بارش و همچنین ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی و میان‌یابی سایر پارامترهای مرتبط با آب زیرزمینی استفاده کرد. ترکیب روش‌های زمین آمار با روش‌های نوین دیگر مانند سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی، مقایسه با سایر الگوریتم‌های ترکیبی دیگر و بهینه‌سازی فرآیند تخمین با دیگر روش‌های بهینه‌سازی و ...، ازجمله مباحث مهمی هستند که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

۱. آذری، ا. ۱۳۸۷. برآورد میزان بار گاز مصرفی شهر تهران با استفاده از فناوری شبکه های عصبی. نشریه دانشکده فنی. جلد ۴۲(۸) ، ص۹۶۱ تا ۹۶۸.

۲. اصغری مقدم، ا.، ع. ندیری و ا. فیجانی. ۱۳۸۸. پیش‌بینی مکانی غلظت فلوئورید با استفاده از مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و زمین آمار. مجله دانش آب وخاک. جلد۱۹(۲)، ص۱۴۵-۱۲۹.

۳. حاجی‌هاشمی‌جزی، م.، م. آتشگاهی و ا.ح. حمیدیان. ۱۳۸۹. برآورد مکانی مولفه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار(مطالعه موردی: دشت گلپایگان). نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره (۴)۶۳، ص۳۵۷-۳۴۷.

۴. حسنی پاک، ع.ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک)، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ ص.

۵. دهقانی، ا.، ا. عسگری و ا. مساعدی. ۱۳۸۹. مقایسه سه روش شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاجی فازی-عصبی تطبیقی و زمین آمار در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی:دشت قزوین). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(ب-۱).

۶. رحمانی، غ.ر. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با نتایج مدل ریاضی تفاضلات محدود. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۵۷ ص.

۷. زارعی، ح. و ع.م. آخوندعلی. ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های زمین آماری و آمار کلاسیک در ترسیم هیدروگراف واحد آب زیر زمینی. طرح پژوهشی سازمان آب و برق خوزستان. ۷۱ ص.

۸. زمانی، ا. و ر. محمودی. ۱۳۹۱. بررسی کاربرد روش ترکیبی زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۵۲ص.

۹. زهرایی، ب. و س.م. حسینی. ۱۳۸۸. الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی مهندسی، انتشارات گوتنبرگ.

۱۰. محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری- جلد دوم (آمار مکانی). انتشارات پلک، ۴۵۲ ص.

11. Amorim, A.M.T., A.B. Gonçalves, L.M. Nunes and A.J. Sousa. 2012. Optimizing the location of weather monitoring stations using estimation uncertainty. International Journal of Climatology 32 (6) , pp. 941-952.

12. Barcae, E. and G. Passarella. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: Acomparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation , Journal ofEnvironmental Monitoring and Assessment.133: 261-273.

13. Diamantopoulou, M.J., V.Z. Antonopoulos and D.M. Papamichail. 2005. The use of a neural network technique for the prediction of water quality parameters of Axios River in Northern Greece. European Water. 11/12, 5562.

14. Ghahreman, B., M. Hoseini and H. Asgari. 2005. Application of Geostatistics in Ground WaterQuality. Journal of Technical and Engineering. Amir Kabir Univ., 55 No 5, 971-981.
15. Kholghi, M. and S.M. Hosseini. 2009. Comparison of Groundwater Level Estimation UsingNeuro-fuzzy and Ordinary Kriging. Journal of Environmental Modeling and Assessment, 14 No 6,729-753.
16. Le, T.M.H., D. Gallipoli, M. Sanchez and S.J. Wheeler. 2012. Stochastic analysis of unsaturated seepage through randomly heterogeneous earth embankments. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics 36 (8) , pp. 1056-1076.
17. Steyl, G. 2009. Application of Artificial Neural Networks in the Field of Geohydrology. University of the Free State, South Africa
18. Sreekanth, P.D., N. Geethanjali, P.D. Sreedevi, A. Shakeel, N. Ravi Kumar and P.D. Kamala Jayanthi. 2009. Forecasting groundwater level using artificial neural networks, CURRENT SCIENCE, VOL. 96, and NO. 7, 10 Aprill.
19. Wei ,S., B. Minasny and A. McBratney. 2012. Analysis and prediction of soil properties using local regression- kriging. Geoderma. 171-172, 16-23.

Estimation of the groundwate level by using a combined optimized method with Genetic Algorithms in Ramhormoz plain.

R. Zamaniahmadmahmoodi[1], A.M. Akhondali[2], H. Zarei[3], F. Radmanesh[4]

Abstract

Due to the importance of groundwater resources, in order to calculate the average level and estimate the water level in plains, it is necessary to generalize the information collected from point to the plain. Application of geostatistical models has always been associated with error, because the fitness function given in most cases is not include all the experimental. The aim of this study is An investigation on the application of combined geostatistics with optimized Artificial Neural Networks by genetic algorithm in interpolation of groundwater level in Ramhormoz plain. The obtained results from Kriging, Cokriging and IDW methods, are shown cokriging with the Gaussian variogeram in Ramhormoz Plain are the best geostatistical method to estimate the groundwater level and combined with neural networks. results the combination of these two models showed that combined optimized model by genetic algorithm possesses have better evaluation criteria than geostatistical methods to estimate groundwater level and proposed As a reasonable combined model to an estimate of the groundwater level.

Key words: **Groundwater, Genetic algorithm, Ramhormoz plain, Geostatistics, Artificial Neural Networks.**

[1]M.Sc Student, Dep. of Hydrology and Water Resources Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Corresponding author,(reza.zamani65@yahoo.com)
[2] Prof, Dep. of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
[3]Asistant Prof, Dep. of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
[4] Asistant Prof, Dep. of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.