علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره سه، خرداد ماه ۹۹

بررسی تغییرات مکانی و زمانی معیارهای کیفی آب زیرزمینی دشت همدان- بهار با استفاده از (GIS) طی بازه‌ی زمانی ۱۰ ساله

سحر اقبالیان[۱]

امید بهمنی[۲*]

omid.bahmani@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۵ **تاریخ پذیرش:۹۶/۱/۳۱**

چکیده

زمینه وهدف: آب‌های زیرزمینی از منابع ارزش‌مند تهیه آب شرب، کشاورزی و صنعت دراکثر مناطق ایران هستند. تغییرات کیفی آب-های زیرزمینی می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسان وتوسعه فعالیت‌های صنعتی صورت گیرد. بررسی و مطالعه این منابع به منظور حفظ و اصلاح کیفیت آن‌ها ضروری است. هدف از این مطالعه پهنه‌بندی و منطقه‌ای نمودن خصوصیات نقطه‌ای پارامترهای مورد بررسی است. در نهایت برای هر یک از متغیرها بهترین روش پهنه‌بندی و مناطق مجاز و آلوده در مصارف کشاورزی در دشت مشخص گردید و روند تغییرات این متغیرها در طی یک دوره‌ی ۱۰ ساله‌ی آماری بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از داده‌های کیفی آب زیرزمینی دشت همدان- بهار در یک بازه‌ی زمانی ۱۰ ساله استفاده شد. متغیرهای شوری، باقی‌مانده خشک، نسبت جذب سدیم، بی کربنات، PH، مقدار کلر و سدیم، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار از جمله کریجینگ معمولی(OK)، (با مدل سمی واریوگرام دایره‌ای، گوسی، نمایی، کروی) و روش‌های معین نظیر عکس فاصله IDW، تابع شعاعی RBF، تخمین‌گر عام GPI و تخمین‌گر موضعی LPI به‌وسیله نرم‌افزار ARCGIS9.3 پهنه‌بندی گردیدند.

یافته‌ها: پس از تحلیل معیارهای آماری بهترین روش پهنه‌بندی برای متغیر شوری (EC) روش عکس فاصله IDW، باقی‌مانده خشک(TDS) روش تابع شعاعی(RBF)، بی‌کربنات(HCO_3) روش کریجینگ(OK) (نمایی)، (PH) روش عکس فاصله(IDW)، کلر(CL) تابع شعاعی(RBF)، سدیم(Na) روش کریجینگ(OK) (نمایی) و برای متغیر نسبت جذب سدیم(SAR) روش تابع شعاعی(RBF) در آبخوان اصلی همدان- بهار معرفی شدند.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به روش‌های تعیین شده پهنه‌بندی تمام معیارها برای سال‌های۸۴ ، ۸۸ و ۹۳ انجام شد و تغییرات کیفیت آبخوان طی یک دوره‌ی ۱۰ساله برای هر یک از متغیرها نشان داد که بیش‌ترین تغییرات در مقدار سدیم بوده که محدوده غیر مجاز آن برای مصارف کشاورزی (Na>۳) از سال ۸۴ تا ۹۳ به مقدار ۳/۲۱ درصد افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آبخوان اصلی همدان- بهار، روش‌های معین، زمین آمار، کیفیت آب زیرزمینی

۱- کارشناسی ارشد رشته‌ی آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- استادیار رشته‌ی آبیاری زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران* (مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.3, May, 2020

Study of Local and Temporal Changes of Groundwater Quality Standards of Hamedan-Bahar Plain Using (GIS) over a 10 Year Period

Sahar Eghbalian [1]
Omid Bahmani [2*]
omid.bahmani@basu.ac.ir

Admission Date:April 20, 2017 Date Received: January 14, 2017

Abstract

Background and objective: Groundwater is the valuable resources for drinking, agriculture and industry uses in the most regions of Iran. Groundwater qualitative changes can be created by human activity and industrial development. Study of these resources is necessary in order to maintaining and improving their quality. The objective of this study is zoning and regional the specification parameters point of the case study. Finally determined the best method for zoning the each of the variables and permitted and infect areas in agricultural uses. In addition behavior variables were investigated in the 10 year period of time.

Method: Qualitative data of Hameda-Bahar plain in Ten-year period were used in this study. Variables such as EC, TDS, SAR, HCO3, PH, Cl & Na evaluated by Geostatical methods include of Ordinary Kriging(OK),(by Circular, Gaussian, Exponential and spherical Semivariogram Modeling) and the specific methods include inverse distance weights (IDW), radial basis functions (RBF), global polynomial interpolator (GPI) and local polynomial interpolator (LPI), were zoning with ARCGIS9.3.

Findings: Results indicated that the best method to zoning the qualitative parameters were IDW (EC), RBF (TDS), OK exponential semivariogram (HCO_3), IDW (PH), RBF (Cl), OK exponential semivariogram (Na) and RBF (SAR) in Hamedan-Bahar plain. According to the best method the zoning of parameters was done for 2005, 2009 and 2014 years.

Discussion and Conclusion: Results showed that Na had the maximum changes in ground water during the study period. The area percent for this parameter increased 3.21% from 2005 to 2014.

Keywords: Groundwater Quality, Geostatistics, Specific Methods, the Main Hamedan Bahar Aquifer.

1- M.Sc., Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2-Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran *(*Corresponding Author*)

مقدمه

آب‌های زیرزمینی از منابع ارزش‌مند تهیه آب شرب، کشاورزی و صنعت دراکثر مناطق ایران هستند. تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسان وتوسعه فعالیت‌های صنعتی صورت گیرد بررسی و مطالعه این منابع به منظور حفظ و اصلاح کیفیت آن‌ها ضروری است(۱). در مطالعات آب‌های زیرزمینی، بررسی کیفیت آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و افزایش بیش از حد مجاز غلظت یون‌ها، فعالیت‌های کشاورزی و سایر استفاده‌ها از آب را با محدودیت جدی روبرو می‌سازد (۲). تهیه نقشه‌های به هنگام تغییرات متغیرهای کیفی آب می-تواند گامی مهم در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. علاوه بر آن، بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی آب زیرزمینی نقش به سزایی در مدیریت استفاده و بهره برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند. آب های زیرزمینی در مقایسه با آب های سطحی دارای مزیت‌های مختلفی هستند، که در این بین می-توان به کیفیت بالاتر و آلودگی کم‌تر آن‌ها اشاره کرد(۳). بیش-تر روش‌های به‌کار رفته در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی به صورت روش های گرافیکی، و بر اساس تجزیه نمونه‌های آب و روش‌های مبتنی بر آمارکلاسیک هستند که با محدودیت تعداد نمونه و عدم لحاظ همبستگی مکانی نمونه‌ها با عوامل کیفی همراه است. پیشرفت‌های اخیر در معرفی و بسط روش‌های غیرکلاسیک باعث افزایش تمایل استفاده از زمین آمار به منظور بررسی مکانی در شناخت بیش‌تر کیفیت منابع‌آب زیرزمینی شده است(۴). زمین آمار فرآیندی محاسباتی است که در آن مقدار یک کمیت در یک نقطه معلوم، براساس وزن اختصاصی به نقاط دارای اطلاعات معلوم مجاور برآورد می‌گردد. کیفیت آب‌های زیرزمینی دارای تغییرات مکانی و زمانی بوده و تکنیک زمین‌آمار، به‌دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده‌ها و بیان آن‌ها در قالب مدل‌های ریاضی اهمیت زیادی دارد(۵). گزارش‌های محققین حاکی از کاربرد زمین آمار در حل پیچیدگی‌های مربوط به فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی، افزایش دقت تخمین‌ها و کاهش تعداد نمونه‌برداری‌ها از دیدگاه اقتصادی است(۶). در اکثر پژوهش‌ها روش کریجینگ جهت برآورد کیفیت آب زیرزمینی در برآورد تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی معرفی شده است(۷). مطالعاتی در ارتباط با کاربرد روش‌های میان‌یابی در بررسی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی انجام‌شده است. نظری زاده و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی به بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود واقع در استان خوزستان پرداختند و گزارش نمودند که نیم‌تغییرنمای قابلیت هدایت الکتریکی، کلر و سولفات از مدل‌های کروی به ترتیب با دامنه تاثیر ۶۱۷۰۰، ۵۰۸۰۰ و ۱۰۲۱۰۰متر و حدود آستانه ۰/۵۳ ، ۱/۵۳ و۲/۰۵ تبعیت می‌نماید (۸).

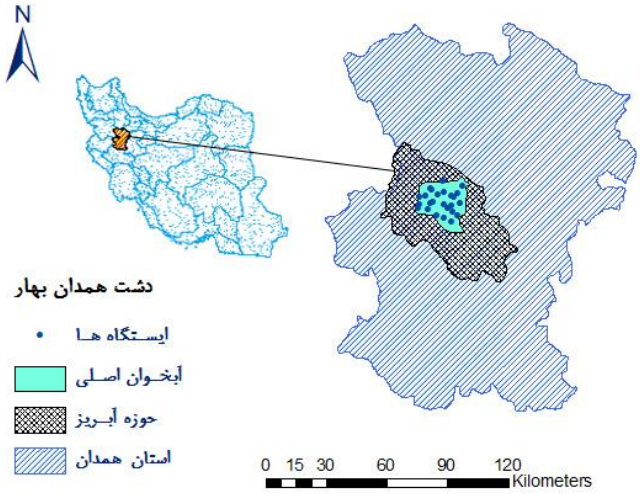
در تحقیقی از روش کریجینگ و کوکریجینگ معمولی جهت تخمین نسبت جذب سدیم و کلر در آب‌های زیرزمینی ۹۰ حلقه چاه استان فارس استفاده کردند و بیان کردند هر دو روش تخمین‌های قابل قبولی ارایه داده است اما تخمین نسبت جذب سدیم و کلر با استفاده ازروش کوکریجینگ دقیق‌تر از روش کریجینگ بوده است و نیم‌تغییرنمای مربوط به نسبت جذب سدیم و کلر از مدل‌های گوسی به‌ترتیب با اثر قطعه ای ۰/۲۴ و ۰/۳۷، حد آستانه ۰/۹۸ و ۱/۹۸ و دامنه تاثیر ۴۷۶۰۰ و ۴۹۱۰۰ متر تبعیت نموده است (۹). بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی در ۱۵۶ چاه موجود در شهر کونیا واقع در آنتالیا نشان دادکه نیم‌تغییرنمایPH، قابلیت هدایت‌الکتریکی، کلر، سولفات و سختی آب به ترتیب از مدل‌های حلقوی، درجه دوم، کروی و پایدار تبعیت نمودند و در بین متغیرهای مورد-بررسی روند مکانی کلی وجود نداشته و تنها PH از توزیع نرمال تبعیت نموده و سایر ویژگی‌ها با اعمال تبدیل به توزیع نرمال تبدیل‌شدند(۱۰). در تحقیقی تغییرات مکانی ویژگی‌های شیمیایی کیفیت آب زیرزمینی شامل میزان کلر، قابلیت هدایت الکتریکی، فلور، منیزیم و نیترات را در دهلی هند مورد بررسی قرارگرفته شد و بیان شد که بهترین نیم‌تغییرنمای برازش داده شده مدل سمی واریوگرام دایره‌ای است. آنان برای تخمین و تحلیل تغییرات مکانی از روش کریجینگ معمولی و برای پهنه-بندی و تهیه نقشه ویژگی‌های موردمطالعه از روش کریجینگ

شاخص استفاده نمودند(۱۱). تحقیق دیگری نشان داد روش کریجینگ معمولی در بین سایر روش‌های زمین آماری قادر به شبیه‌سازی مناسبی از ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی می‌باشد (۱۲). روش کریجینگ معمولی در میان سایرِانواع کریجینگ (کریجینگ ساده، کریجینگ عام، کریجینگ گسسته،کریجینگ بلوکی و کوکریجینگ) روش قابل اعتماد و مناسب‌تری معرفی شدند(۱۳). در پژوهشی از روش کریجینگ شاخص و کریجینگ معمولی جهت پهنه‌بندی نقشه مکانی و زمانی شوری آب زیرزمینی برای دشت بافر ترکیه استفاده شد و نقشه پراکنش مکانی، بیان‌گر کاهش میزان شوری آب‌های زیرزمینی از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ بوده به طوری که شوری بیش از پنج دسی زیمنس بر متر، در سال ۲۰۰۴ حدود ۳۱ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه، و در سال ۲۰۱۰ تقریبا نه درصد بوده است(۱۴). در مطالعه‌ای با استفاده از روش کریجینگ، پهنه‌بندی پراکنش نیترات را در آبخوان آبرفتی شمال رودخانه تاگوس (پرتغال) بررسی شد، آن‌ها ابراز داشتند که تجزیه و تحلیل نقشه‌های زمانی افزایش میزان غلظت نیترات در طول تابستان را نشان می‌دهد(۱۵). در تحقیق دیگری روش کریجینگ را در برآورد عناصر سنگین مورد استفاده قرار دادند. و به این نتیجه رسیدند که روش یاد شده بهترین برآورد کننده خطی نااریب سرب می-باشد(۱۶).

در این مطالعه جهت پهنه‌بندی و بررسی متغیرهای کیفی هدایت الکتریکی املاح محلول (EC)، باقی‌مانده خشک املاح(TDS)، نسبت جذبی سدیم (SAR)، اسیدیته (PH)، بی کربنات(HCO_3)، مقدار سدیم(Na) و کلر(Cl) از داده‌های آب زیرزمینی دشت همدان – بهار در فصل تابستان و در سال-های ۸۴، ۸۸ و۹۳ استفاده شده است. تغییرات کیفی آب زیرزمینی در یک دوره‌ی ۱۰ ساله مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. انتخاب پارامترهای فوق به جهت اهمیت شناخت کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر مصارف کشاورزی است. هدف از پهنه-بندی، منطقه ای نمودن خصوصیات نقطه ای پارامترهای مورد بررسی است. در نهایت برای هر یک از متغیرها بهترین روش پهنه‌بندی و مناطق مجاز و آلوده در مصارف کشاورزی در دشت مشخص گردید و روند تغییرات این متغیرها در طی دوره‌ی آماری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دشت همدان-بهار موسوم به سیمینه رود با وسعت ۲۴۵۹ کیلومتر مربع بین طول شرقی "۱۷،°۴۸ تا "۳۳،°۴۸ و عرض شمالی "۴۹،°۳۴ تا "۰۲،°۳۵ در دامنه شمالی ارتفاعات الوند دارد. وسعت دشت ۸۸۰ کیلومتر مربع و گسترش آبخوان اصلی ۴۶۸ کیلومتر مربع است شکل(۱). حوضه از معبر باریکی در ناحیه شمالی با دشت‌های کبودرآهنگ و قهاوند ارتباط هیدروژئولوژیک دارد. وضعیت منابع آب دشت به مقدار زیادی به ریزش‌های برفی-بارانی و آبراهه‌های انشعاب یافته از دامنه الوند کوه وابسته است. نبود منابع آب‌های سطحی کافی، کمبود بارندگی و عدم تناسب زمانی بارش‌ها موجب فشار بیش از حد بر منابع آب زیرزمینی برای تامین بیش از ۸۰درصد آب کشاورزی و ۵۰ درصد آب شهری و در نتیجه بیلان منفی آبخوان فوق شده است(۱۷). بیش‌ترین مقدار آب مصرفی از طریق چاه‌های حفر شده در سطح دشت تامین می‌گردد. این دشت یکی از دشت‌هایی است که بروز افت در سطح آب زیرزمینی در آن مورد توجه است. که متعاقب آن در آینده با مشکلاتی نظیر کاهش کیفیت آب زیرزمینی مواجه خواهد شد(۱۸). از طرف دیگر استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی برای افزایش کمیت محصولات کشاورزی می‌تواند موجب تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی شود. در این تحقیق به-منظور پهنه‌بندی وضعیت کیفی آبخوان دشت همدان- بهار، از اطلاعات سه سال نمونه‌برداری با فواصل پنج سال استفاده شده است. داده‌ها از ۲۵ حلقه چاه که محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری می‌باشند اندازه‌گیری شده‌اند. موقعیت ایستگاه‌ها در شکل(۱) نشان داده شده است. اندازه‌گیری‌ها در دو فصل بهار به عنوان فصل پربارش، و تابستان به عنوان فصل خشک، صورت گرفته-اند.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1. The study area

به منظور انجام تحلیل مکانی عوامل کیفی، کنترل کیفیت داده‌ها از نظر نرمال بودن بوسیله نرم‌افزار MINITAB16.2 و با استفاده از روش شاپیرو فرانسیس برای کلیه داده‌ها انجام گرفت جدول(۱). روش‌های درون‌یابی در صورت نرمال بودن داده‌ها اطلاعات دقیق‌تری ارایه می‌کنند. در صورت نرمال نبودن متغیرها از روش‌های نرمال‌سازی از جمله روش لگاریتم‌گیری استفاده شد. خلاصه آماری پارامترهای کیفی آب زیرزمینی تابستان ۹۳ که توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه شده است در جدول(۲) نشان داده شده است. به دلیل غیرنرمال بودن برخی متغیرها، آماره-های توصیفی عوامل نرمال‌سازی شده نیز آورده شده است.

جدول ۱- بررسی نرمالی داده‌ها

Table 1. Data normalization

متغیر	EC میکرو موس بر سانتی متر	TDS میلی گرم بر لیتر	PH	SAR جذر میلی اکی والانت بر لیتر	CL میلی اکی والانت بر لیتر	Na میلی اکی والانت بر لیتر
سال ۹۳	غیر نرمال	غیر نرمال	نرمال	غیرنرمال	غیرنرمال	غیرنرمال
سال ۸۸	غیرنرمال	غیرنرمال	نرمال	نرمال	غیرنرمال	غیرنرمال
سال ۸۴	نرمال	نرمال	نرمال	غیرنرمال	غیرنرمال	غیرنرمال

جدول ۲- خلاصه آماری ویژگی‌های کیفی دشت همدان-بهار سال۹۳

Table 2. Statistical summary of qualitative characteristics of Hamedan-bahar plain

متغیر		تعداد	بیش‌ترین مقدار	کم‌ترین مقدار	میانگین	چولگی	کشیدگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات
EC	غیر نرمال	۲۵	۲۶۸۰	۲۹۱	۱۰۶۴/۰۸	۱/۵۳	۲/۹۹	۵۲۵/۳۸	۰/۴۹
	نرمال شده	۲۵	۳/۴۳	۲/۴۶	۲/۹۸	-۰/۱۶	۱/۱۳	۰/۲	۰/۰۷
TDS	غیرنرمال	۲۵	۱۷۱۵/۲	۱۸۶	۶۸۲/۳۱	۱/۵۱	۲/۸۹	۳۳۷/۴۷	۰/۴۹
	نرمال شده	۲۵	۳/۲۳	۲/۲۷	۲/۷۹	-۰/۱۷	۱/۰۶	۰/۲۱	۰/۰۷
HCO_3	نرمال	۲۵	۸/۵۰	۱/۸۰	۵/۳۶	-۰/۰۸	۰/۶۵	۱/۴۴	۰/۲۷
PH	نرمال	۲۵	۸/۱۳	۱/۸۰	۷/۵۸	۷/۵۸	-۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۰۳
CL	غیرنرمال	۲۵	۶/۵	۰/۵۰	۲/۳۸	۱/۲۹	۰/۵۶	۱/۷۶	۰/۷۴
	نرمال شده	۲۵	۰/۸۱	-۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۱۱	-۰/۳	۰/۳۱	۱/۱۱
Na	غیرنرمال	۲۵	۸/۵۲	۰/۲۴	۲/۷۴	۱/۵۶	۲/۳۷	۱/۹۹	۰/۷۳
	نرمال شده	۲۵	۰/۹۳	-۰/۶۲	۰/۳۳	-۰/۶۸	۱/۷۱	۰/۳۳	۱
SAR	غیرنرمال	۲۵	۰/۲۱	۲/۸۸	۱/۳	۰/۹۱۷	۰/۶۳۳	۰/۶۹	۰/۵۳
	نرمال شده	۲۵	-۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۰۵	-۰/۷۴	۱/۴۱	۰/۲۵	۵

روش های درون‌یابی در GIS

الف- روش عکس فاصله وزنی IDW[1]

از مهم‌ترین روش‌های درون‌یابی، روش عکس فاصله وزنی می‌باشد. در این روش وزن نقاط نمونه بر روی نقطه مجهول بر اساس فاصله‌ی بین نقاط معلوم و نقطه مجهول محاسبه می‌شود(۱۹).

ب-روش تابع شعاع محور RBF[2]

این روش می‌تواند روی داده‌هایی که به طور نامنظم در یک منطقه پخش شده‌اند اعمال شده و یک درون‌یابی چند متغیره هموار روی داده‌ها انجام دهد(۱۹).

ج-روش کریجینگK

شرط استفاده از این تخمین‌گر آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا این که با تبدیل‌های مناسب توزیع متغیر را به نرمال تبدیل کرد. کریجینگ بهترین تخمین‌گر خطی ناریب است و عاری از خطای‌سیستماتیک می‌باشد. همچنین واریانس تخمین در آن نیز حداقل می باشد(۱۹).

به منظور بررسی وابستگی مکانی داده‌ها، ابتدا مقدار نیم تغییرنمای تجربی داده‌ها محاسبه شد(۲۰). بررسی هم‌سان-گردی ناهم‌سان‌گردی نیز با محاسبه و رسم نیم تغییرنمای مسطحاتی انجام شد(۱۳). سپس مدل‌های مختلف نظیر (کروی، نمایی، گوسی و دایره ای) به نیم تغییرنماهای محاسبه شده برازش داده شد و مدل مناسب انتخاب و پارامترهای آن شامل اثر قطعه‌ای(C_0)، سقف (C) و دامنه تاثیر(R) تعیین شد.

در این تحقیق به منظور ارزیابی بهترین روش پهنه بندی از روش ریشه دوم میانگین مربع خطا RMSE فرمول(۴) و میانگین قدر مطلق خطا MAE فرمول(۵) استفاده شده است. جهانشاهی(۱۳۹۳) و شعبانی (۱۳۸۷) نیز برای ارزیابی داده‌های خود از این دو معیار بهره‌گرفتند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi - Yi)^2}{n}} \qquad (۴)$$

1- Inverse Distance Weights (IDW)
2- Radial Basis Functions (RBF)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|Xi - Yi|}{n} \quad (۵)$$

که در آن Xi مقدار برآورد شده توسط مدل، و Yi مقدار اندازه‌گیری شده و n تعداد نمونه‌های اندازه‌گیری است.

پس از تعیین معیارهای آماری برای هر یک از متغیرها، بهترین روش پهنه‌بندی برای هر متغیر انتخاب و به عنوان بهترین روش جهت پهنه‌بندی متغیر مذکور معرفی می‌گردد.

نتایج و بحث

پهنه‌بندی‌ها توسط نرم افزار ARCGIS9.3 با استفاده از روش‌های زمین‌آمار از جمله کریجینگ معمولی (OK) ، و روش‌های معین، نظیر عکس فاصله IDW، تابع شعاعی RBF، تخمین‌گر عام GPI[1] تخمین‌گر موضعی LPI[2] صورت گرفت. در خصوص روش زمین‌آمار کریجینگ معمولی(OK) نتایج مدل سمی واریوگرام مناسب برای تمام متغیرها درجدول(۳) آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از این جدول می‌توان روش کریجینگ معمولی با سمی واریوگرام نمایی، به دلیل داشتن حداکثر دامنه تاثیر و حداقل اثر قطعه ای، به عنوان بهترین روش زمین آماری برای تمامی متغیرها، در نظر گرفت. یکسان بودن مدل نیم‌تغییرنمای برازش یافته (مدل نمایی) بر تمامی متغیرها به عنوان مدلی مناسب، نشانه غالبیت اثر یک عامل مشترک مانند عامل مدیریتی بر تغییرات مکانی پارامتر-های فوق است. زیرا اثر عوامل غیرمدیریتی مانند تغییر اقلیم، نوع مواد مادری و بافت خاک در زمان‌های طولانی مشخص می‌گردد. با توجه به کوتاه بودن طول دوره‌ی آماری داده‌ها، تاثیرپذیری تغییرات مکانی عوامل کیفی از عوامل مدیریتی، محتمل است.

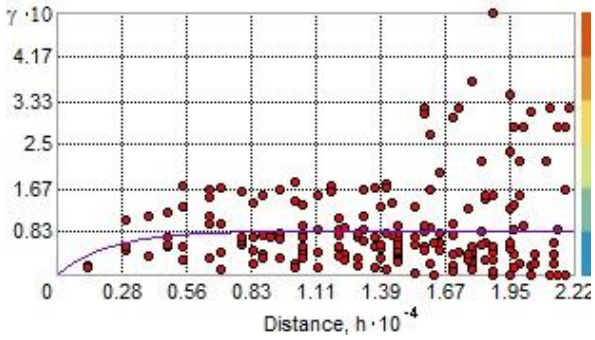
1- Global Polynomial Interpolation (GPI)
2- Local Polynomial Interpolation (LPI)

جدول ۳- نیم تغییرنما مناسب برازش داده شده

Table3. Fitted suitable semivariogram

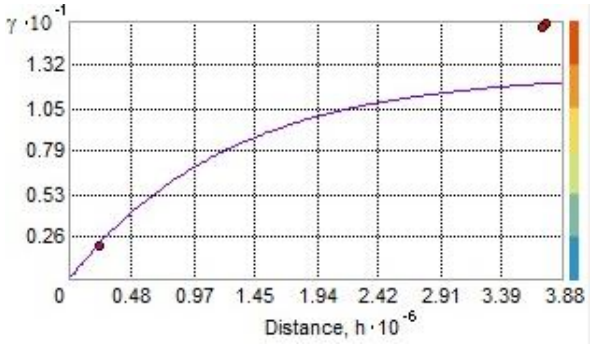
متغیر	مدل	دامنه تاثیر	آستانه	اثر قطعه‌ای
شوری (میکروموس بر سانتی متر)	نمایی	۱۱۲۸۵/۱	۰/۰۴۶۵۹	۰
	کروی	۹۰۷۹/۳۳	۰/۰۴۲	۰/۰۰۲۶
	دایره ای	۸۱۳۰/۵۱	۰/۰۴۱۱	۰/۰۰۳۴
	گوسی	۷۹۸۹/۴	۰/۰۳۵۴	۰/۰۰۹۵
باقی‌مانده خشک (میلی گرم بر لیتر)	نمایی	۱۱۵۰۸/۸	۰/۰۴۷	۰
	کروی	۹۱۳۱/۲۴	۰/۰۴۲	۰/۰۰۲۵
	دایره ای	۸۱۷۱/۴۸	۰/۰۴۱	۰/۰۰۳۳
	گوسی	۸۰۴۹/۶۴	۰/۰۳۵	۰/۰۰۹۵
PH	نمایی	۱۱۳۸۲/۸	۰/۰۷	۰/۰۰۷۹
	کروی	۱۱۸۴۸/۵	۰/۰۵۴	۰/۰۲۳
	دایره ای	۱۰۹۳۴/۷	۰/۰۵۲	۰/۰۲۵
	گوسی	۱۰۱۸۵/۹	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲
نسبت جذب سدیم (جذر میلی اکی والانت بر لیتر)	نمایی	۱۰۲۴۵/۶	۰/۰۵۹	۰/۰۱
	کروی	۱۰۱۲۳/۹	۰/۰۴۸	۰/۰۲۱
	دایره ای	۹۰۶۵/۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۲
	گوسی	۹۰۶۵/۳۱	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸
بی کربنات (میلی اکی والانت بر لیتر)	نمایی	۱۰۱۸۹/۲	۰/۹۷۴	۱/۲۶۵۹
	کروی	۱۱۰۰۲/۷	۱/۰۹۸	۱/۱۰۸۷
	دایره ای	۹۵۹۶/۲۹	۱/۱۲۰۸	۱/۰۸۳۸
	گوسی	۱۵۱۰۷/۱	۱/۱۹۶	۱/۰۹۴۸
کلر (میلی اکی والانت بر لیتر)	نمایی	۲۵۷۹۱/۶	۰/۰۸۱	۰/۰۳۷۸
	کروی	۲۵۷۹۱/۶	۰/۰۶۸	۰/۰۵۳۳
	دایره ای	۲۵۷۹۱/۶	۰/۰۷۲	۰/۰۵۵۳
	گوسی	۲۵۷۹۱/۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۶۴
سدیم (میلی اکی والانت برلیتر)	نمایی	۱۰۰۲۱/۷	۰/۱۱۶۰۶	۰/۰۰۴۳
	کروی	۹۹۱۵/۱۱	۰/۰۸۹	۰/۰۲۸
	دایره ای	۹۱۴۲/۹۶	۰/۰۸۸	۰/۰۳۰۴
	گوسی	۹۰۵۶/۶۹	۰/۰۷۴	۰/۰۴۵

نیم‌تغییرنمای متغیرهای سدیم Na و بی کربنات HCO_3 که روش کریجینگ معمولی با مدل سمی واریوگرام نمایی برای آن‌ها بهترین روش پهنه‌بندی در نظر گرفته شده است، در شکل‌های(۲) و(۳) به ترتیب از راست به چپ نمایش داده شده‌اند.



شکل۲- نیم تغییرنما با مدل واریوگرام نمایی سدیم

Figure 2. exponential sodium semivariogram



شکل۳- نیم تغییرنما با مدل واریوگرام نمایی بی‌کربنات

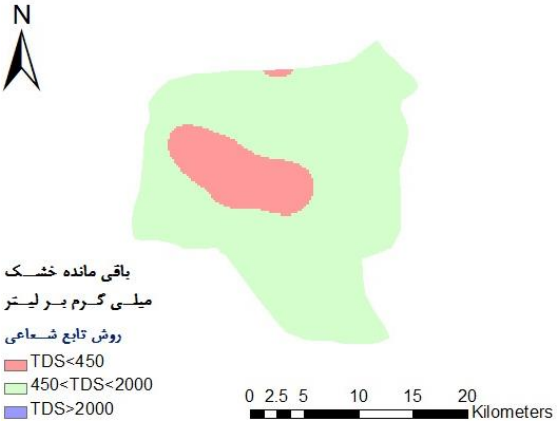
Figure 3. exponential HCO3 semivariogram

جدول ۴- مقایسه‌ی روش‌های پهنه بندی با استفاده از معیارهای آماری

Table 4. Zoning method comparison with statistical criteria

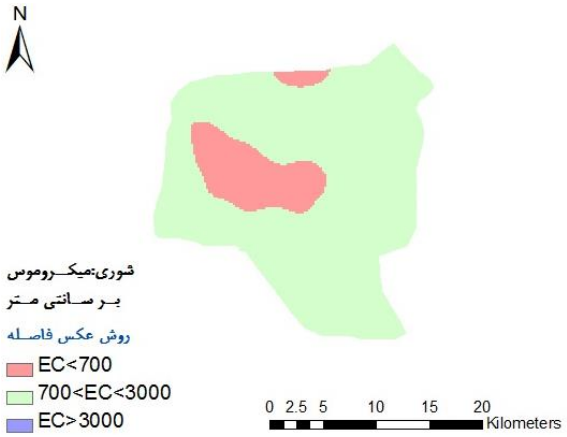
روش		عکس فاصله	تخمینگر عام	تخمینگر موضعی	تابع شعاعی	کریجیگ معمولی نمایی
شوری EC	RMSE	۴۳۸/۱۲	۵۱۲/۸۱	۴۴۰/۷۸	۴۴۸/۸۴	۴۶۱
	MAE	۳۰۶/۳۵	۳۷۴/۹۴	۳۲۷/۸۷	۳۰۴/۸۴	۳۰۸/۳۸
باقیمانده خشک TDS	RMSE	۲۸۹/۱۱	۳۲۹/۳۳	۲۸۹/۱۳	۲۸۸/۲۷	۲۹۵/۶۴
	MAE	۱۹۸/۴۲	۲۴۲/۵۸	۲۰۹/۵۰	۱۹۶/۳۱	۱۹۹/۷۲
PH	RMSE	۰/۲۰۹	۰/۲۸۲	۰/۲۳۲	۰/۲۰۶	۰/۲۰۸
	MAE	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۸
نسبت جذبی سدیم SAR	RMSE	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶
	MAE	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۶
کلر CL	RMSE	۱/۶۹۵	۱/۶۸۲	۱/۶۸۵	۱/۶۷۹	۱/۶۹۲
	MAE	۱/۱۴	۱/۱۸	۱/۱۸	۲/۳۵	۲/۴۲
سدیم Na	RMSE	۳/۰۹	۳/۰۸	۱/۸۵	۳/۰۴	۱/۷۶
	MAE	۱/۲۶	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۳	۱/۲۱
بی کربنات HCO_3	RMSE	۱/۳۹۳	۱/۵۶۱	۱/۳۰۵	۱/۳۷۳	۱/۳۰۲
	MAE	۱/۱۲۸	۱/۲۲۷	۱/۰۷۳	۱/۱۱۲	۱/۰۹۳

درشکل های(۴) تا(۱۱) نقشه‌های پهنه‌بندی هر یک از متغیرها در تابستان سال۹۳ با بهترین روش نشان داده شده است.



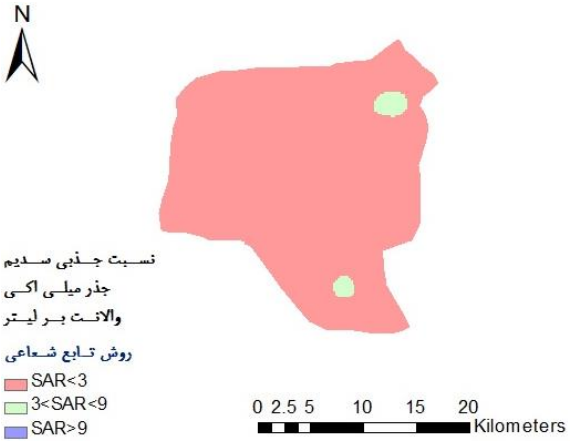
شکل ۴- پهنه‌بندی باقی مانده خشک TDS

Figure 4. TDS Zoning



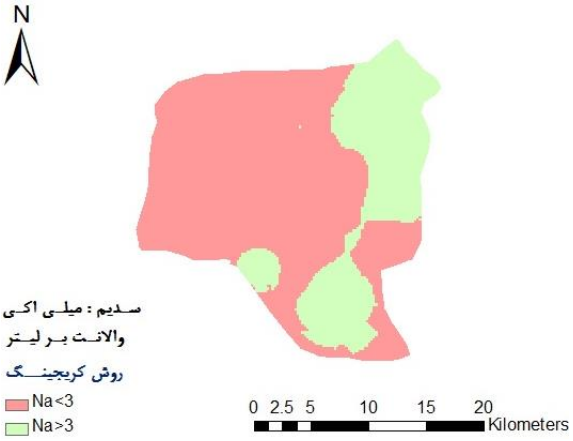
شکل ۵- پهنه‌بندی شوری EC

Figure 5. EC Zoning



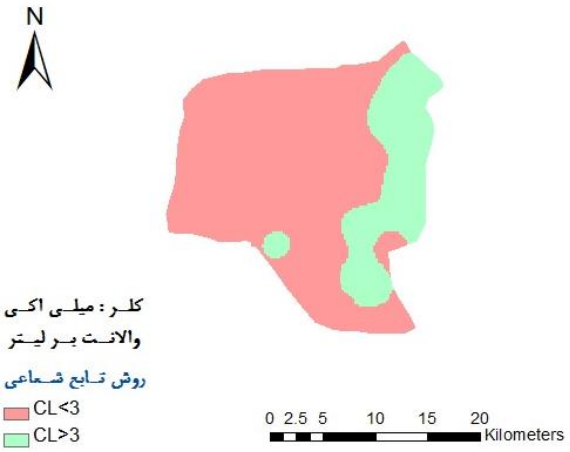
شکل ۶- پهنه‌بندی نسبت جذبی سدیمSAR

Figure 6. SAR Zoning



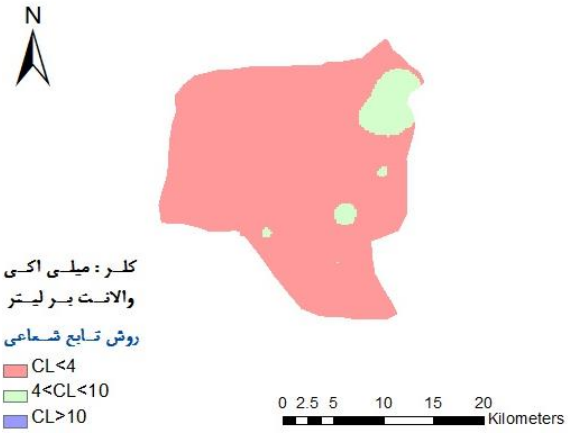
شکل ۷- پهنه‌بندی سدیم Na

Figure 7. Na Zoning



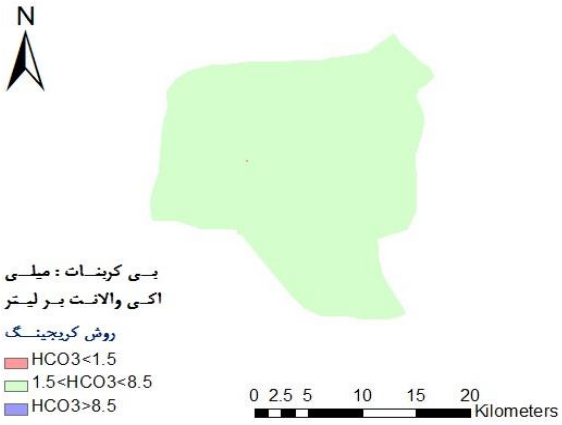
شکل ۸- پهنه‌بندی کلر در آبیاری تحت فشار CL

Figure 8. Cl Zoning in pressurized irrigation



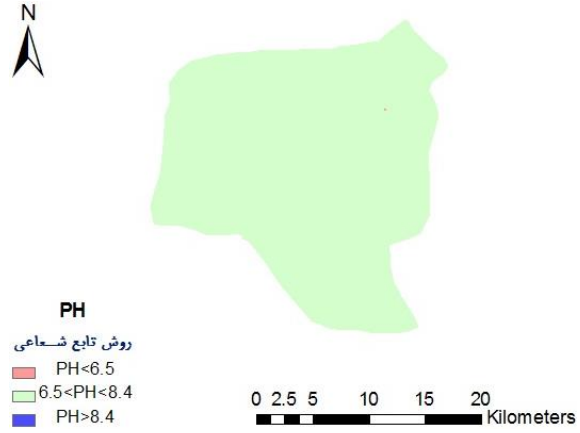
شکل ۹- پهنه‌بندی کلر در آبیاری سطحی CL

Figure 9.Cl Zoning in surface irrigation



شکل ۱۰- پهنه‌بندی بی کربنات HCO_3

Figure 10. HCO_3 Zoning



شکل ۱۱- پهنه‌بندی PH

Figure 11- PH Zoning

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی شکل(۵) و جدول(۵) مشاهده می‌شود که در سال ۹۳ تقریباً بیش‌تر مساحت دشت دارای محدودیت جزئی تا متوسط شوری از نظر استفاده برای کشاورزی می‌باشد و تنها قسمت‌های مرکزی دشت دارای شوری مناسب و بدون محدودیت برای مصارف کشاورزی است. به طوریکه ۱۱/۷ درصد از دشت در محدوده‌ی EC < ۷۰۰ میکروموس بر سانتی متر و ۸۸/۲ درصد از کل دشت در محدوه‌ی ۷۰۰<EC<۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر قرار دارد. پهنه‌بندی‌های انجام شده در سال‌های ۸۸ و ۸۴ حاکی از قرار گرفتن به ترتیب ۷/۷۸ درصد و ۶/۱ درصد از دشت در محدوده‌ی EC < ۷۰۰ و ۹۲/۲ درصد و ۹۳/۸۸ درصد از دشت در محدوده‌ی ۷۰۰<EC<۳۰۰۰ می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد از سال ۸۴ تا سال ۸۸ و ۹۳شرایط آب زیرزمینی از نظر شوری بهبود یافته است و درصد مساحتی از دشت که در محدوده‌ی مناسب شوری قرار داشته افزایش یافته است. با توجه به نتایج حاصل از جدول (۴) بهترین روش پهنه-بندی برای شوری در دشت همدان- بهار روش عکس فاصله از روش‌های معین می‌باشد.در تحقیقی بهترین روش پهنه‌بندی زمین آمار برای متغیر شوری در استان اصفهان روش کرجینگ معمولی با سمی واریوگرام دایره ای معرفی شد(۲۱). در تحقیق حاضر در بین روش‌های زمین آمار روش کرجینگ معمولی با سمی واریوگرام نمایی به عنوان بهترین روش زمین آمار تعیین شده است.

با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی شکل(۴) ملاحظه می‌گردد که تقریباً بیش‌تر مساحت دشت در محدوده‌ی دارای محدودیت جزئی تا متوسط۲۰۰۰>TDS>۴۵۰ از نظر استفاده جهت کشاورزی قرار دارد. و همانند شوری تنها بخش‌های مرکزی آبخوان اصلی دارای مقدار کاملا مجاز برای مصارف کشاورزی می‌باشد. با توجه به جدول(۵) به ترتیب از سال ۸۴ تا ۸۸ و سپس ۹۳ درصد مساحتی از دشت که در محدوده‌ی مناسب باقی‌مانده خشک(۴۵۰>TDS) قرار گرفته است از ۳/۱ درصد به ۸/۹ و سپس به ۱۰درصد مساحت دشت افزایش پیدا کرده است. مساحت واقع شده در محدوده‌ی ۲۰۰۰>TDS> ۴۵۰ از سال ۸۴ تا ۸۸ به ترتیب از ۹۶/۸۷ درصد به ۹۱ کاهش و در سال۹۳ به ۸۹/۷ درصد کاهش یافته است. با توجه به نکات ذکر شده در خصوص شوری و همچنین باقی‌مانده خشک مشخص می‌گردد محدوده‌ی عظیمی از آبخوان دارای کیفیتی نامناسب جهت استفاده برای گیاهان حساس به شوری می‌باشند و به طور کلی آبخوان از نظر کیفی دارای شرایط مطلوب نمی‌باشد. به نظر می‌رسد که عوامل مدیریتی مانند آب‌شویی کودهای زراعی و پساب‌های صنعتی یا شهری باعث نفوذ به سفره آب‌دار دشت همدان - بهار و تغییرات در عوامل کیفی شده است. قاسمی و همکاران نیز کیفیت پایین آب زیرزمینی دشت همدان بهار را به واسطه تغذیه منابع آلاینده شهری و صنعتی مثل کارخانه شیشه و کشتارگاه دانستند(۲۲). با توجه به نقشه‌های پهنه بندی شماره(۴) و(۵) مربوط به شوری EC و باقی‌مانده

خشک TDS ملاحظه می‌گردد که نحوه تغییرات عوامل شوری و باقی‌مانده خشک تا حدودی مشابه هم هستند. که یکی از دلایل اصلی این تشابه در تغییرات EC با TDS، ارتباط خطی بین این دو پارامتر است. بهترین روش پهنه‌بندی برای باقی مانده خشک TDS در این ناحیه روش تابع شعاعی معرفی شد. نتیجه‌ی حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعه‌ای در تعیین بهترین روش معین، جهت پهنه بندی معیار باقی‌مانده خشک TDS در دشت ارسنجان مطابقت دارد(۲۳).

طبق پهنه بندی صورت گرفته در شکل(۶) برای سدیم Na و شکل(۷) برای نسبت جذب سدیم SAR ملاحظه می‌گردد که درصد مساحتی از دشت که دارای محدوده‌ی غیر مجاز جهت مصارف کشاورزی است، در حال افزایش است به‌طوری‌که از سال‌های ۸۴ تا ۸۸، درصد مساحت دشت در محدوده‌ی غیر مجاز(Na>۳) میلی اکی والانت بر لیتر از ۲۰/۷۹ به ۱۵/۵ درصد کاهش و از سال ۸۸ تا ۹۳ مساحت دشت تحت محدوده‌ی غیر مجاز مصارف کشاورزی از ۱۵/۵ به ۲۴ درصد افزایش یافته است. اما تغییر چشم‌گیری در تغییرات مقدار نسبت جذبی سدیم مشاهده نمی‌شود که این می‌تواند به دلیل وجود تعادل بین افزایش غلظت سدیم همگام با منیزیم و کلسیم باشد. افزایش غلظت سدیم از این نظر حایز اهمیت است که در آبیاری تحت فشار آب آبیاری مورد استفاده گیاه از بالا بر قسمت‌های برگی گیاه ریخته می‌شود و مقدارسدیم موجود در آب آبیاری این منطقه می‌تواند موجب سوختگی برگ‌ها شود. از نظر آبیاری سطحی مقدار سدیم موثر در نسبت جذبی سدیم SAR نمود پیدا می‌کند. طبق شکل(۷) ملاحظه می‌گردد تقریبا در کل دشت نسبت جذب سدیم در محدوده‌ی بدون مشکل(SAR<۳) برای مصارف کشاورزی قرار گرفته است. همچنین طبق جدول(۴) بهترین روش درون‌یابی برای متغیر سدیم Na، روش کریجینگ معمولی با سمی واریوگرام نمایی از روش‌های زمین آمار و پس از آن روش تخمین‌گر موضعی LPIاز روش‌های معین، و بهترین روش پهنه‌بندی برای متغیر نسبت جذبی سدیم SAR روش تابع شعاعی از جمله روش‌های معین معرفی می‌گردد. در یک مطالعه بهترین روش پهنه‌بندی برای متغیر سدیم در دشت کاشان روش تخمین‌گر موضعی و بهترین روش پهنه‌بندی برای SAR، روش کرجینگ معمولی با سمی واریوگرام کروی معرفی شد(۲۴). با توجه به شکل-های(۸) و(۹) ملاحظه می‌شود که تغییرات آهسته ای از افزایش محدوده‌ی غیر مجاز کلر(CL>۳) در مورد استفاده برای آبیاری تحت فشار در قسمت‌های شمال و جنوب شرقی دشت شکل(۸) مشاهده می‌شود به‌طوری‌که مساحت محدوده‌ی غیر مجاز کلر در مصارف آبیاری تحت فشار از سال ۸۴ تا ۸۸ از مقدار ۴/۸۷ درصد به ۱۶/۴۸ درصد افزایش، و در سال ۹۳ به مقدار ۲۳/۲۸ درصد افزایش یافته است. در مورد آبیاری سطحی طبق شکل(۹) مساحتی از دشت با محدودیت جزئی تا متوسط(۴<CL<۱۰ میلی اکی والانت بر لیتر) در قسمت‌های شمال شرق دشت ملاحظه می‌گردد. به‌طوری‌که طبق جدول(۴) درصد مساحت دشت در محدوده‌ی ۴<CL<۱۰ میلی اکی والانت در لیتر، به ترتیب از سال ۸۴ به ۸۸ از مقدار۰ به ۶/۱ درصد و از ۸۸ به ۹۳ از ۶/۱ به ۴/۹ در حال کاهش است. که این نتیجه هشداری جهت کاهش کیفیت آب زیرزمینی این دشت جهت مصارف آبیاری تحت فشار است. همچنین بهترین روش پهنه‌بندی برای کلر، در این دشت روش تابع شعاعی در بین روش‌های معین معرفی می‌گردد. در مطالعه‌ی جهانشاهی و همکاران بهترین روش پهنه‌بندی کلر CL در آبخوان دشت شهر بابک روش کرجینگ معمولی با سمی واریوگرام کروی معرفی کردند(۲۵). در پهنه‌بندی بی‌کربنات، تمامی پهنه‌ی دشت همدان- بهار در محدودیت جزئی تا متوسط در مصارف کشاورزی قرار گرفته است(شکل ۱۰). با استناد به جدول(۵) در ۱۰ سال گذشته تغییرات محسوسی در جهت بهبود یا تنزل کیفیت آب زیرزمینی این دشت از نظر بی‌کربنات برای مصارف کشاورزی مشاهده نمی‌شود. با توجه به جدول(۴) بهترین روش پهنه‌بندی برای بی‌کربنات روش کریجینگ معمولی با سمی واریوگرام نمایی از بین روش‌های زمین آمار و روش تابع شعاعی از بین روش‌های معین می‌باشد. اما در مقایسه‌ی دو روش، روش کریجینگ معمولی به عنوان روش بهتر معرفی می‌گردد. یزدانی مقدم و همکاران(۱۳۹۳)، نیز در تحقیق خود روش تابع شعاعی را به عنوان بهترین روش از روش‌های معین در پهنه‌بندی بی کربنات معرفی کردند(۲۴). طبق شکل(۱۱) از نظر PH در کل

محدوده‌ی دشت مشکلی مشاهده نمی‌شود و در هر سه سال و در دوره‌ی ۱۰ ساله کل مساحت دشت در محدوده‌ی مجاز خود یعنی ۸/۴ >PH>۶/۵ قرار گرفته است. اسیدیته یا PH آب آبیاری نمی‌تواند به عنوان یک معیار کیفی مورد استفاده قرار گیرد. زیرا خاک متعادل کننده PH است. علاوه بر آن اکثر گیاهان زراعی قادرند طیف وسیعی از آن را تحمل نمایند. اما چون در تعیین معیارهای کیفی آب برای آبیاری قطره ای PH نقش اساسی دارد، توصیه می‌شود PH همواره جز معیارهایی باشد که باید اندازه‌گیری شود(۲۶). بهترین روش برای پهنه-بندی این متغیر در محدوده‌ی دشت همدان- بهار روش تابع شعاعی و سپس روش کریجینگ معمولی با سمی واریوگرام نمایی معرفی می‌گردد که این نتیجه‌گیری با مطالعاتی بر دشت ارسنجان یزد منطبق می‌باشد(۲۳).

جدول ۵- درصد مساحت متغیرهای کیفی در محدوده‌های تعریف شده

Table 5- Area's percent of qualitative variables in defined ranges

معیار	واحد	محدوده	درجه محدودیت	درصد مساحت ٪		
				سال ۹۳	سال ۸۸	سال ۸۴
EC	میکرو موس بر سانتی متر	۷۰۰EC<	هیچ	۱۱/۷	۷/۸	۶/۱
		۳۰۰۰<EC<۷۰۰	جزئی تا متوسط	۸۸/۳	۹۲/۲	۹۳/۹
		۳۰۰۰EC>	شدید	۰	۰	۰
PH	-	۶/۵PH<	هیچ	۰	۰	۰
		۸/۴<PH<۶/۵	جزئی تا متوسط	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		۸/۴PH>	شدید	۰	۰	۰
آبیاری سطحی CL	میلی اکی والان بر لیتر	۴CL<	هیچ	۹۵	۹۳/۹	۹۹/۷
		۱۰<CL<۴	جزئی تا متوسط	۵	۶/۱	۰/۳
		۱۰CL>	شدید	۰	۰	۰
آبیاری تحت فشارCL	میلی اکی والان بر لیتر	۳CL<	هیچ	۷۶/۷	۸۳/۵	۹۵/۱
		۳CL>	جزئی تا متوسط	۲۳/۳	۱۶/۵	۴/۹
Na	میلی اکی والان بر لیتر	۳Na<	هیچ	۷۶	۸۴/۵	۷۹/۲
		۳Na>	جزئی تا متوسط	۲۴	۱۵/۵	۲۰/۸
SAR	میلی اکی والان بر لیتر	۳SAR<	هیچ	۹۸/۸	۱۰۰	۱۰۰
		۹<SAR<۳	جزئی تا متوسط	۱/۲	۰	۰
		۹SAR>	شدید	۰	۰	۰
TDS	میلی گرم بر لیتر	۴۵۰TDS<	هیچ	۱۰	۹	۳/۱
		۲۰۰۰<TDS<۴۵۰	جزئی تا متوسط	۹۰	۹۱	۹۶/۹
		۲۰۰۰TDS>	شدید	۰	۰	۰
HCO_3	میلی اکی والان بر لیتر	۱/۵HCO_3<	هیچ	۰	۰	۰
		۸/۵<HCO_3<۱/۵	جزئی تا متوسط	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		۸/۵HCO_3>	شدید	۰	۰	۰

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان دادند که بهترین روش پهنه‌بندی برای متغیر شوری(EC) روش عکس فاصله IDW، برای متغیر باقی‌مانده خشک(TDS) تابع شعاعی(RBF)، برای بی کربنات(HCO_3) روش کریجینگ (نمایی) از روش-های زمین آمار و پس از آن روش تخمین‌گر موضعی از روش-های معین، برای(PH) روش تابع شعاعی(RBF) از روش‌های معین و سپس روش کریجینگ معمولی از روش‌های زمین آمار و برای کلر(CL) تابع شعاعی(RBF)، سدیم(Na) روش کریجینگ(نمایی) از روش‌های زمین آمار و پس از آن روش تخمین‌گر موضعی(LPI) از روش‌های معین و در نهایت برای متغیر نسبت جذبی سدیم(SAR) روش تابع شعاعی(RBF) معرفی می‌گردد. به طور کلی و با توجه به بررسی‌های انجام شده در دوره‌ی ده ساله از سال‌های ۸۴ تا ۹۳ تغییرات شوری و باقی‌مانده خشک در جهت بهبود کیفیت آب زیرزمینی آبخوان جهت مصارف کشاورزی است. مساحت سدیم غیر مجاز در مصارف آبیاری تحت فشار از سال‌های ۸۴ تا ۸۸کاهش و از سال ۸۸ تا ۹۳ رو به افزایش است. در مورد نسبت جذب سدیم تغییرات چشم‌گیری ملاحظه نمی‌شود. مساحت میزان کلر غیر مجاز دشت در مصارف آبیاری تحت فشار در حال افزایش و در مصارف آبیاری سطحی نیز تقریبا در حال افزایش می‌باشد. بی-کربنات و اسدیته در کل محدوده‌ی دشت در هر سه دوره‌ی مورد استفاده در محدوده‌ی جزئی تا متوسط جهت مصارف کشاورزی در کل دشت قرار گرفته است. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه و با توجه به این که عوامل گوناگونی مانند میزان کاتیون‌ها، آنیون‌ها و PH در کیفیت آب موثر می‌باشند، پیشنهاد می‌گردد که پهنه‌بندی و تعیین کیفیت آب با در نظر گرفتن مجموع عوامل مانند عوامل انسانی، الگوی کشت، کوددهی، نحوه‌ی آبیاری، میزان برداشت از سفره‌ی آب زیرزمینی و عوامل محیط زیستی برای هر منطقه انجام گیرد.

Reference

1. Pourmoghadas, H. 2002. Investigation of groundwater quality in Lenjan city. School of Public Health and Institute of Public Health Research. 31-40. (In Persian)
2. Dehghani, F., Rahnamaei, R., Malakoti, M.j., Saadat, S., 2013. Investigating the status of calcium-magnesium ratio in some irrigation water in Iran. Journal of Water Research in Agriculture. 26, 113-125. (In Persian)
3. Tghizadeh Mehjerdy, R., Mahmoodi, S., Khazaii, S.M., Haydari, A., 2009., Study of local groundwater salinity change using geostatisticsc (A Case study: Rafsanjan, Iran). 2th national conference on Environment engineering .Tehran University, Iran. (In Persian)
4. Rezaei, M., Davatgar, N., Tajdari, Kh., Abolfar, B., 2010. Investigation the Spatial Variability of Some Important Groundwater Quality Factors in Guilan, Iran. Journal of water and soil. 24,932-941. (In Persian)
5. Sun, Y., Shaozhong, K., Li, F., Zhang, L., 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. Journal of Environmental Modelling & Software. 24(10), 1163–1170.
6. Zehtabian, G.h., JanFaza, A.T., Asgari, H., Nematolahi, M.J., 2010. Modeling of ground water spatial distribution for some chemical properties (Case study in Garmsar watershed). Journal of Range and Desert research. 17, 61-73. (In Persian).
7. Ahmed, S., 2002. Groundwater monitoring network design: application of geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a

semiarid region. American Journal. 65(5), 1564-1571.

8. Nazarizade, F., Arshadian, B., Zandvakili, K., 2007. Investigation of spatial variations of groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province. The first regional conference on optimal utilization of water sources in the Karoon and Zayandeh Rood areas. Shahr kord. Iran. (In Persian)
9. Samin, M., Soltani, J., Zeraatcar, Z., Moasheri, S.A., Sarani, N., 2012. Spatial estimation of groundwater quality parameters based on water salinity data using kriging and cokriging methods. International Conference on Transport, Environment and Civil Engineering. 25-26 August, Kuala Limpur, Malaysia. (In Persian)
10. Nas, B., 2009. Geostatistical approach to assessment of spatial distribution of groundwater quality. Environmental Studying. 6,1073-1082
11. Dash, J.P., Sarangi, A., Singh, D.K., 2010. Spatial variability of groundwater depth and quality parameters in National Capital Territory of Delhi. Journal of Environmental Management. 45, 640-650.
12. Kresic, N., 1997. Hydrogeology and groundwater modeling. Lewis Publishers, USA.
13. Yamamoto, J.K., 2000. An alternative measure of the reliability of ordinary kriging estimates. Journal of Mathematical Geology. 32,489-497.
14. Hakan, A., 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. Journal of Agricultural Water Management. 113,57-63.
15. Maria, P.M., Luís, R., 2010. Nitrate probability mapping in the northern aquifer alluvial system of the river Tagus (Portugal) using Disjunctive Kriging. Journal of Science of the Total Environment. 408,1021–1034.
16. Istok, J.D., Cooper, R.M., 1998. Geostatistics Applied to Groundwater Pollution Global Estimates. Journal of Environmental Engineering. 114(4), 915-928.
17. Balai, H., Khalilian, S., Ahmadian, M., 2010. Investigating the role of water pricing in agricultural sector on the balance of groundwater resources. Journal of agriculture economics and development. 24, 185-194. (In Persian)
18. Rahmani, A.R., Sadahi, M., 2004. Prediction of Groundwater level changes in the plain of Hamadan-Bahar using time series model. Journal of water and wastewater. 15, 42-49. (In Persian)
19. Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. Using ArcGIS Geoststistical Analyst. Printed in the United State of America.
20. Webster, R., Oliver, M., 2001. Geostatistics for environmental scientists. Environmental scientists. 2nd edition. 330p.
21. Jafari, R., Bakhshandemehr, L., 2014. Analyzing the Spatial Variations of Groundwater Salinity and Alkalinity in Isfahan Province Using Geostatistics. Journal of water and soil science. 18 (68),183-195. (In Persian)
22. Ghasemi, A., Shahsavar, A., Yaghubi Kikale, B., 2010. Assessment of changes in groundwater quality and quantity of Hamedan-Bahar plain. Journal of plant and Ecosystem. 6(23), 109-127. (In Persian)

23. Shabani, M. 2008. Determination of the most appropriate method of land statistics in preparing a map of PH and TDS variations of groundwater (Case study: Arsanjan Plain). Journal of water engineering. 1, 47-58. (In Persian)
24. Yazdanimoghadam, Y., Vali, A., Ghazavi, R., 2014. Investigation of geostatistic methods in qualitative zonation of groundwater resources in Kashan plain. 25(3), 171-185. (In Persian)
25. Jahanshahi, A., Rouhi Moghadam, E., Dehvari, A., 2013. Investigation groundwater quality parameters using GIS and geostatistic (case study: Shahr-Babak plain aquifer). Journal of water and soil science. 2(24), 183-197. (In Persian)
26. Alizadeh, A., 2010. Soil, Water, Plant relationship. Ferdowsi university of Mashhad. 11nd edition. 616p. (In Persian)