

مدل سازی و پهنه بندی برخی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت نجف آباد

علی کلاهدوزان

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تبریز kolahdoozan1367@yahoo.com

یعقوب دین پژوه

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز dinpashoh@yahoo.com

محمد رضا قربانیان کرد آبادی

کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران ghorbanian110@ut.ac.ir

چکیده

کاهش ریزش های جوی از یک طرف و افزایش جمعیت و نیاز به آب و مواد غذایی و برداشت بی‌رویه آب از چاه‌های مجاز و غیرمجاز از طرف دیگر موجب شده که در مناطق مرکزی کشور سطح آب‌های زیرزمینی و کیفیت این آبها در دشت‌های استان اصفهان به ویژه در دشت نجف آباد تحت تاثیر قرار گیرد. با توجه به اهمیت کیفیت آب‌های زیر زمینی در تولید محصول و در نتیجه بهره‌وری اقتصادی و تکیه کشاورزی دشت نجف آباد به آب زیرزمینی، بهینه سازی پارامترهای آب زیرزمینی برای تعیین دقیق محدوده‌های مناسب برای کشاورزی بر اساس مدل‌های بهینه سازی به ویژه بعد از خشک شدن زاینده رود می تواند کشاورزان را برای کشت محصولات کشاورزی در مناطق مختلف این دشت یاری رساند. به همین منظور ۱۸ چاه در این دشت در سال ۹۱ بررسی شد که با روش‌های زمین آمار برای پارامترهای هدایت الکتریکی آب (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) آب زیرزمینی این دشت (منبع تامین آب کشاورزی دشت نجف آباد) از بین روش‌های کروی، گوسی، نمایی مدل کروی انتخاب شد و از بین روش وزنی بر اساس عکس فاصله (IDW) و کرجینگ معمولی کروی روش عکس فاصله بر اساس توان بهینه ۱/۸۸ برای پارامتر هدایت الکتریکی و برای نسبت جذب سدیم با توان ۱/۶۹ انتخاب شد و سپس طبق نمودار ویل کاکس محدوده‌های مناسب برای کشاورزی بر اساس مدل بهینه انتخاب شد.

واژه های کلیدی: آبریززمینی، تغییرات مکانی، کیفیت، نمودار ویل کاکس

مقدمه

پراکندگی نامناسب ریزش‌های جوی، الگوی کشت نامناسب و پایین بودن کارایی و بهره‌وری و راندمان آبیاری در کشور موجب برداشت بی‌رویه و غیرمجاز از آبهای زیرزمینی دشت‌های کشور به ویژه در حوضه زاینده رود شده است. اگرچه به نظر می‌رسد تاثیرپذیری آبهای زیرزمینی از محیط اطراف کمتر از منابع آب‌های سطحی باشد. عزیز (۱۳۸۲) و ودانینگ^۱ و همکاران

(۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که همگام با منابع سطحی، کمیت و کیفیتاً بهایزیر زمین نیز از نیاز عوامل محیطی تأثیر می پذیرد و احتیاج به بارهای زیاد دارد.

تأثیرات شدید تر و ماندگار تر است. پیشرفت های اخیر در معرفی و بسط روش های غیر کلاسیک باعث افزایش تمایل برای استفاده از آمار مکانیاز مینا مار به منظور بررسی و شناخت بیشتر این تغییرات شده است. جانستون^۲ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که مبنای نظری مینا مار این است که هر خلاف روش های آمار یقطعی داده ها و مشاهدات تصادفی نبوده و بلکه تصادفی نبود هیلکه دارا به هم بستگی مکانی هستند. منظور از داده های مکانی مجموع داده های ایستگاه در آنعلاوه بر مقادیر

کمیت تغییرها، موقعیت جغرافیایی و مکانی داده ها نیز برداشت می شود. پدیده ها و فرایندهای یک هدر فضا ی چند بعدی یا تفاسمی افتند در قلمرو آمار مکانی مورد تحلیل قرار می گیرند و یا بطور خلاصه می توان گفت تحلیل مینا مار بیهیبررسی پدیده های متغیر در زمان و مکانی پردازد.

حسینی پاک (۱۳۷۷) بیان کرد در این روش و شواهد اشتقاقی یک کمی در یک نقطه کمی همان کمی تراد نقطه ای دیگر با مختصات معلوم آورده نموده شرط این که مختصات آن نقطه در

از روش های مورد استفاده در آمار مکانی می توان به کر یجینگ و وزندادن معکس فاصلهاشارهنمود. در دهه گذشت هر یک جینگ به عنوان یک تکنیک قدرتمند درونی با معر فیشده است که در

شناخت هشد هوبکار رفته است. علیرغم تمام مفواید قهرودی تایید (۱۳۸۱) و زو^۳ و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که این روش نرم کردنت تغییرات در هنگام تخمین نسبی می شود که هواریانس نمونه های تخمین زده شده نسبت به نقاط واقعیت تغییرات کمتری

داشت هباشد. بدین معنی که مقدار تغییرات در پیش بینی مدل، کمتر از واقعیتی باشد. از دیگر مشکلات تکرار بردی، نیاز این روش به حداقل ۱۰۰ مشاهده برای اطمینان از حصول رازشیک مدلمناسبیم تغییر نماست. در مجموع موفقیت این روش در درونیابی

متغیرها کاملاً وابسته به قدرت انتخاب مدل تجربی می باشد. دارد. سن^۴ و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسید که اگر در انتخاب مدل دقت کافی نشود نتیجه درونیابی مناسب نخواهد بود.

دربرخیاز مواقع به دلیل جامع همساز نبودن ساختار مکانی داده ها با ساختار عمومی، دقت کم داده ها و عدم تجانس مکانی

داده ها نتایج بدست آمده از این روش از دقت کافی برخوردار نیستند.

مشاهده های کثیر نقطه ای در کهبافاصله گزفتن از آن محومی شود. وو^۵ و همکاران (۲۰۰۵) اگر چه بیان کردند که این روش به دلیل سرعتهای تجزیه قابل

قبول بودن قدرت تجزیه تحلیل مسایلهای زیر مینا مار کر یجینگ معمولی کاربرد ی تراست اما توانایی آن برای اتهوار یانس خطا و دیگر مزایا یا ماری کر یجینگ را ندارد. هر چند تا کنون مطالعات زیادی در مورد تغییرات

مکانی خواص کمیو کیفیایز مینا مار انجام شده است اما مطالعه ای برای بررسی تغییرات مکانی کیفیایز مینا مار در نجف آباد انجام شده است. این پژوهش با هدف تعیین بهترین روش درونیابی در پهنه بندی و بررسی دقیق تغییرات مکانی شاخص های مهم کیفیایز مینا مار شامل

هدایت الکتریکی (EC) در آبهایزیر زمین نسبت جذب سدیم (SAR) دشت نجف آباد به منظور بدست آوردن مکان مناسب برای کشاورزی برای این دشت انجام شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

شهر نجف آباد که در فاصله ۲۶ کیلومتری غرب اصفهان واقع گردیده و بعنوان مرکز این شهرستان می باشد. این شهر در ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۲ و ۳۸ دقیقه عرض شمالی از استوا واقع گردیده است و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۵۰ متر از سطح دریا می باشد. این منطقه از طرف شمال به یک رشته ارتفاعات منتهی و از سه جهت دیگر بر روی زمین های نسبتاً صاف و هموار گسترده شده است. اطراف شهر را زمین های حاصلخیز و باغات فرا گرفته و فقط دامنه ارتفاعات شمالی مشرف به شهر بایر باقی مانده است. شیب عمومی شهر از غرب به شرق و از شمال به جنوب می باشد.

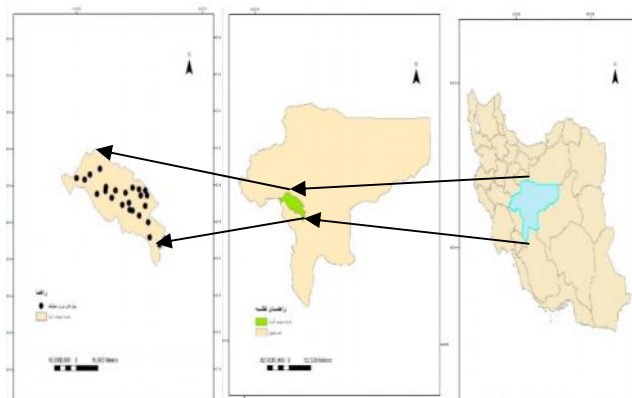
2-Johnston et al

3-Xu et al

4-Sen et al

5-Wu et al

دشت نجف آباد از نهشته‌های آبرفتی حاصل از ارتفاعات اطراف بوجود آورده است. این دشت در قسمت‌های زیرین از نوع تشکیلات آهکی کرتاسه است که خود روی طبقات شیستی و شیلی واقع گردیده است (ارتفاعات حوضه آبریز نجف آباد ۶۵٪ تشکیلات آهکی و قابل نفوذ و بقیه تشکیلات شیلی و شیستی غیر قابل نفوذ می باشد). ارتفاعات اطراف شهر نجف آباد متعلق به دوران سوم زمین شناسی می باشد که جزء پیشکوه‌های داخلی زاگرس است.



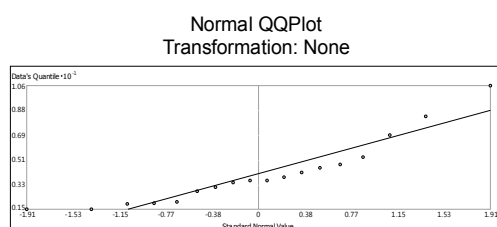
شکل (۱): نقشه دشت نجف آباد و ایستگاه های بیزومتری مورد مطالعه

روشهای درونیابی مکانی

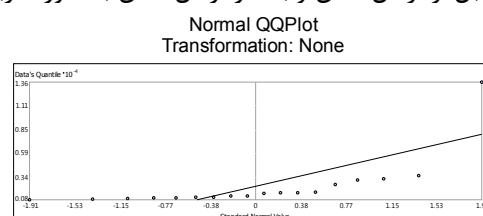
روشهای اریجبرای تخمین متغیر هادر پهنه بندی نو احینمو نهبر دارینشده، کریجینگووز ندادنعکسفاصله میباشد قهرودی تایبی (۱۳۸۱) بیان کرد کریجینگی کروشخطیدرونیابی بیهینهدر زمینا مار میباشد که بهتری نتخمین نار یبخطیر ابرای کمیکردن متغیر های ناحیه های انجام میدهد. وز ندادنعکسفاصله از روشهای موجود در محدوده مار قطعیاست که کاربرد زیادیدر محاسبات مسائل متنوع در علوم مر بوط به منابعا بدارد.

الف) کریجینگ معمول (OK)

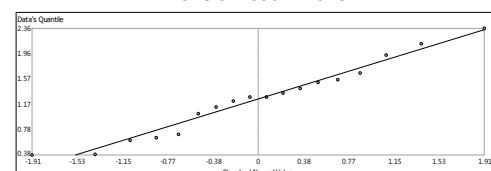
به علت عدم تبعیت داده های متغیر های اندازه گیری شده از توزیع فراوانی نرمال تمام داده ها با تبدیل لگاریتمی نرمال شدند که نمودارهای QQ Plot قبل از نرمال شدن و بعد از نرمال شدن به صورت زیر آمده است:



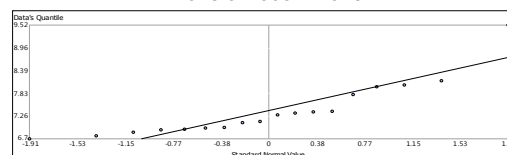
Data Source: mywellforarticle Attribute: sar
Normal QQPlot
Transformation: None



Data Source: mywellforarticle Attribute: ec
Normal QQPlot
Transformation: None



Data Source: mywellforarticle Attribute: ln_sar



Data Source: mywellforarticle Attribute: ln_ec_

شکل (۲): نمودار های QQ PLOT

که نشان می دهد داده ها نسبت به حالت قبل بهتر بر نمودار تطابق دارند. الگوی تغییرات مکانی درجه پیوستگی مکانی متغیرها با استفاده از نیم تغییر نما ارزیابی شدند در ابتدا نیم تغییر نما تجربی محاسبه گردید:

$$\lambda(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^n (Z_{x_i} - Z_{x_i+h}) \quad (1)$$

Z_{x_i} و Z_{x_i+h} مقدار مشاهدات:

N: تعداد جفت مشاهدات

در روش کریجینگ با استفاده از مولفه های تابع همبستگی نیم تغییر نما وزن متغیر ها λ برای پیش بینی Z نقطه نمونه برداری نشده بر پایه داده های موجود در موقعیت های معلوم نقطه نمونه برداری نشده، تعیین شدند:

$$Z_{x_0} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_{x_i} \quad (2)$$

Z: مقدار تخمین متغیر Z در نقطه نمونه برداری نشده X_0

Z_{x_i} : مقدار مشاهدات متغیر Z در نقطه های نمونه برداری X_i

λ_i : وزن تعلق گرفته به هر مشاهده در نقطه X_i

برازش مدل های نیم تغییر نما با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.3 انجام گردید پس از برازش مدل مجددا داده های لگاریتمی به روش وزنیه داده ها با واقعیت تبدیل شد. و داده ها به وسیله ی همین نرم افزار پهنه بندی شد.

(ب) وزنداد معکوس فاصله (IDW)

پایه روش وزنداد معکوس فاصله، وزندهی بر اساس عکس فاصله تا نقطه تخمین است. به عبارتی دیگر وزندهی بیشترین نزدیکی بین نمونه ها و اختصاص وزن کمتر به نمونه های با استکهدر فاصله بیشتر قرار گرفته اند. در این روش مقدار متغیر در نقاط نمونه برداری نشده از رابطه زیر مشخص شد:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^m}} \quad (3)$$

که در آن Z_i مقدار پارامتر در نقطه ی نمونه برداری شده و d_i فاصله تا نقطه ی مورد نظر و Z مقدار پارامتر پیش بینی شده است روش IDW دارای توان فاصله m است که تغییرات آن باعث قابلیت انعطاف میشود به گونه ای که همانند یک شدن پارامتر به صفر تخمین رفتار شبیه میانگین حسابی و با افزایش بیش از حد آن رفتاری شبیه چند صلی تیس از خود نشان می دهد. در این مقاله این روش برای m های مختلف محاسبه شد و مقدار بهینه ی آن بدست آمد که با استفاده از معیارهای ارزیابی زیر با روش کریجینگ مقایسه شد:

$$RMSE = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right\}^{0.5} \quad (4)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{n} \quad (3)$$

P_i : مقدار بر آورد شده

O_i : مقدار اندازه گیری شده

n: تعداد داده ها

نتایج و بحث

آمار کلاسیک

آماره‌های توصیفی حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، چولگی، کشیدگی، انحراف معیار و ضریب تغییرات متغیرها با استفاده از نرم افزار SPSS18 انجام شد. پارامترهای آماری برای EC و SAR به صورت جدول ۱ آورده شده است که همانطور که در این جدول دیده می‌شود هر دو پارامتر دارای چولگی است که نشان دهنده ی اینست که این دو پارامتر از توزیع نرمال تبعیت نمی کنند و برای استفاده از زمین آمار برای این دو پارامتر باید مقادیر مربوط به آنها نرمال سازی شوند.

جدول (۱): پارامترهای آماری داده ها هدایت الکتریکی بر حسب میکرو موس بر سانتی متر نسبت جذب سدیم بدون واحد و سدیم بر

حساب میلی اکی والان بر لیتر است		
آماره	EC	SAR
Max	۱۳۶۳۰	۱۰/۵۷
Min	۸۱۳	۱/۴۶
Mean	۲۲۸۰/۷۸	۴/۰۹
Median	۱۳۶۳	۳/۶۱
Std	۲۸۶۳/۰۱	۲/۳۷
Skew	۳/۷۴	۱/۳۷
Kurtosis	۱۴/۸۸	۱/۸۴

پارامترهای زمین آماری برای مدل کروی برازش داده شده برای این دو پارامتر شیمیایی طبق جدول (۲) بدست آمد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود هر دو پارامتر دارای شعاع تاثیر بیشتر از ۶۰۰۰۰ متر است که این نشان دهنده اینست که هر ایستگاه تا این فاصله بر ایستگاه های مجاور خود تاثیر گذار است و همانطور که مشاهده می‌شود EC شعاع تاثیر بیشتری نسبت SAR است که نشان دهنده اینست که برای تخمین مقدار EC به تعداد ایستگاه کمتری نسبت به SAR نیازمندیم.

جدول (۲): پارامترهای زمین آماری

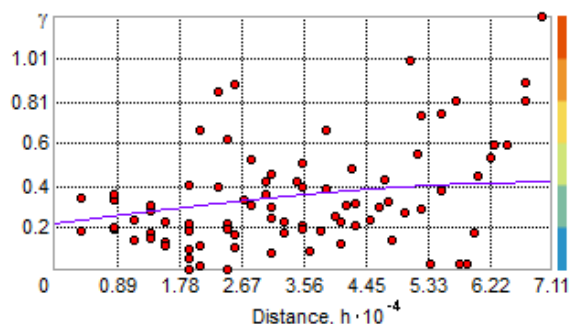
متغیر	واریانس قطعه ای	آستانه sill	شعاع تاثیر (m)	RMSE
EC	۰.۱۶	۰/۶۴	۶۹۷۴۵	۰/۶۴
SAR	۰.۲۳	۰.۱۶	۶۴۸۵۲	۰/۵۸

جدول (۳) نشان دهنده اینست که برای دو پارامتر EC و SAR مدل IDW با توان بهینه که براساس شاخص RMSE انتخاب شده است بهتر از روش زمین آماری کریجینگ بهینه است که به دلیل اینست که کریجنگ برای داده هایی که تعداد آنها بیشتر از ۱۰۰ ایستگاه باشد می تواند روش خوبی باشد در غیر این صورت می تواند نسبت به روش های دیگر با خطا همراه باشد (۱۰ و ۴۰). از طرف دیگر روش IDW به دلیل سادگی می تواند نسبت به مدل کریجینگ کروی روش بهتری باشد. در این جدول نشان داده می‌شود که طبق پارامتر ME مقادیر برآورده شده طبق پارامتر ME برای مدل بهینه برای SAR بیشتر از مقدار اندازه گیری شده و برای EC کمتر از مقدار اندازه گیری شده می باشد.

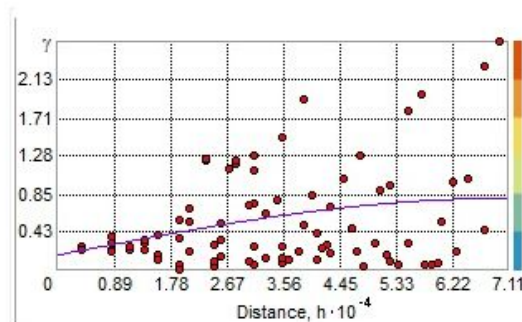
جدول (۳): مدل ها و خطاهای آنها

روش	ME	RMSE
کریجینگ معمولی (کروی)	-۰/۰۱۳۱۲	۰/۵۷۵۶
IDW (بهینه با توان ۱/۶۹)	۰/۰۲۶۸۱	۰/۵۶۶۵
کریجینگ معمولی (کروی)	-۰/۰۱۱۸۵	۰/۶۴۰۱
IDW (بهینه با توان ۱/۸۸)	۰/۰۱۱۵	۰/۶۳۸۰

همانطور که در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده می‌شود برای پارامترهای SAR و EC واریوگرام‌های تجربی رسم و سپس واریوگرام تئوری از بین واریوگرام‌های کروی، گوسی، نمایی انتخاب و بر این واریوگرام تجربی برازش داده شد.



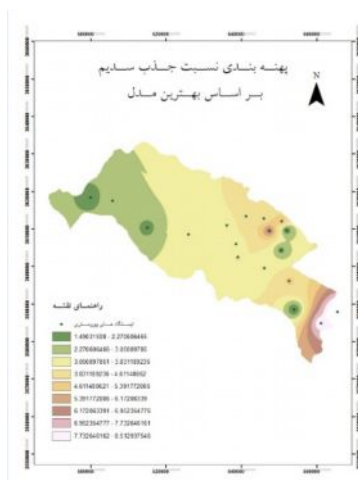
شکل (۴): واریوگرام تجربی و واریوگرام کروی برازش داده شده برای نسبت جذب سدیم



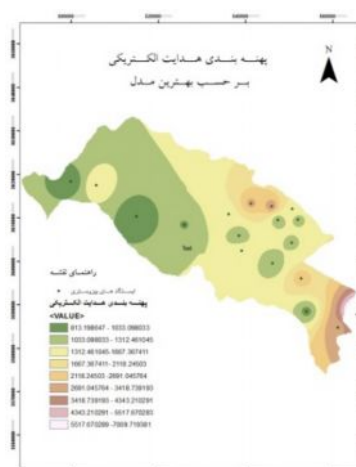
شکل (۳): واریوگرام تجربی و واریوگرام کروی برازش داده شده برای هدایت الکتریکی

پهنه‌بندی

بر اساس مدل بهینه که برای پارامتر SAR روش وزن دهی به روش عکس فاصله با توان بهینه ۱/۶۹ و برای پارامتر EC با همین روش با توان بهینه ۱/۸۸ بدست آمد به صورت نقشه‌های زیرمیانمایی شد:

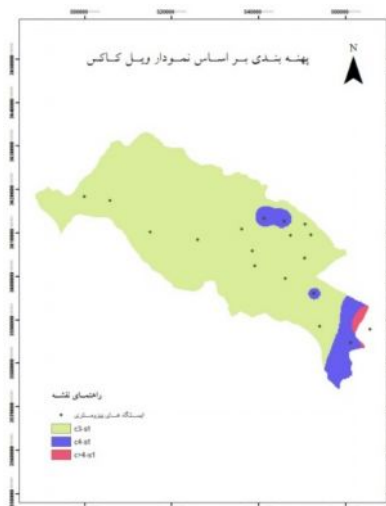


شکل (۶): پهنه‌بندی دشت بر اساس نسبت جذب سدیم بر اساس مدل بهینه



شکل (۵): پهنه‌بندی هدایت الکتریکی بر اساس مدل بهینه

همانطور که در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است کیفیت آب در مناطق شمالی و شمال غربی دشت از نظر هدایت الکتریکی بسیار بهتر از مناطق جنوبی و جنوب شرقی دشت است که نشان دهنده اینست که جهت تغییرات کیفیت آب دشت از شمال غربی به جنوب شرقی طبق نمودار ویل کاکس بدتر می‌شود و برای نسبت جذب سدیم نیز مانند شوری کیفیت آب از نظر این پارامتر از شمال غربی به جنوب شرقی بر طبق نمودار ویل کاکس کاهش می‌یابد.



شکل (۷): پهنه بندی دشت بر اساس نمودار ویل کاکس

از نظر نمودار ویل کاکس آب این دشت جز آب های بد و خیلی بد برای کشاورزی است که طبق جدول زیر که به جدول (۱۳۸۲) طبق نمودار ویل کاکس ارائه کرده است.

جدول شماره (۴): کیفیت آب بر حسب نمودار ویل کاکس (علی زاده ۱۵)

ردیف	نوع کیفیت آب کشاورزی	کلاس آب
۱	شیرین و برای کشاورزی کاملاً بی ضرر	C1S1
۲	کمی شور و برای کشاورزی تقریباً مناسب	C1S2, C2S1, C2S2
۳	شور و برای کشاورزی با تمهیدات مناسب	C3S1, C3S3, C1S3, C2S3, C3S2
۴	خیلی شور و برای کشاورزی مضر	C4S1, C4S2, C3S4, C4S4, C4S3, C4S3

بیشترین درصد مناطق این دشت را آب های بد تشکیل می دهد و این دشت برای محصولاتی که به شوری حساسند مانند توت فرنگی مکان مناسبی نیست و چون بیشتر مناطق این دشت جز مناطقی است که دارای شوری بالایی است بهتر است در این دشت از محصولاتی که به شوری مقاوم است مانند جو و گندم بیشتر در کاشت استفاده شود و مناطق جنوب شرقی قابل کشت برای محصولات کشاورزی نیست. این دشت مقدار SAR خوب طبق جدول ویل کاکس می باشد و در کل این دشت برای محصولاتی که نسبت به شوری مقاوم و نسبت به SAR حساس مکان مناسبی است. جدول زیر نوع و مساحت مربوط به هر کلاس آورده شده است که این مساحت ها بر اساس مدل های بهینه بدست آمده است :

جدول (۵): مساحتها و درصد مساحتها بر طبق نمودار ویل کاکس بر اساس مدل بهینه بدست آمده است.

کیفیت آب	کلاس	مساحت (متر مربع)	درصد مساحت
بد	C3-S1	۱۵۶۹۱۶۴۸۳۶	۹۱/۶۸
خیلی بد	C4-S1	۱۳۰۳۲۷۶۷۳/۶	۷/۶۱
غیر قابل کشاورزی	C>4-S1	۱۲۰۳۴۸۹۲/۰۶	۰/۷۰

نتیجه گیری

با روش های زمین آمار برای پارامترهای هدایت الکتریکی آب (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) آب زیرزمینی این دشت (منبع تامین آب کشاورزی دشت نجف آباد) از بین روش های کروی، گوسی، نمایی مدل کروی انتخاب شد و از بین روش وزنی بر

اساس عکس فاصله (IDW) و کرجینگ معمولی کروی روش عکس فاصله بر اساس توان بهینه $1/88$ برای پارامتر هدایت الکتریکی و برای نسبت جذب سدیم با توان $1/69$ انتخاب شد و سپس طبق نمودار ویل کاکس محدوده‌های مناسب برای کشاورزی بر اساس مدل بهینه انتخاب شد. با توجه به پهنه بندی دشت بیشتر آب زیرزمینی این دشت جز آب های بد طبق نمودار ویل کاکس است که برای کشت محصولات که به شوری حساس نیستند و نسبت به شاخص SAR حساسند مانند جو مناسب است و برای محصولات که به شوری حساسند مانند توت فرنگی مناسب نیست.

منابع

- ۱- حسنیپاک. ا. ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. ص ۳۱۴.
- ۲- رضایی م. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی بر خیشاخصهای کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان با استفاده از زمین‌آمار. نشریه ی آب و خاک. جلد ۲۴ ش ۵: ۹۳۲-۹۴۱.
- ۳- کرمی، فریبا. و بیاتی خطیبی، مریم. ۱۳۸۸. تأثیر خشکسالی در افت منابع آب زیرزمینی دشت سراب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.
- ۴- کردوانی، پرویز. ۱۳۷۱. منابع و مسائل آب در ایران (جلد دوم: آب‌های شور). انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- رحمانی، علیرضا. و شکوهی، رضا. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت همدان بهار. دهمین همایش ملی بهداشت محیط. ۸ الی ۱۰ آبان. همدان. صفحه ۳۰۷-۲۹۸.
- ۶- صفری، م. ۱۳۸۲. تعیین شبکه بهینه پایش آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری دانشگاه تربیت مدرس. ص ۸۲.
- ۷- عزیزبیک. ۱۳۸۲. ارتباط خشکسالی‌ها یا اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. پژوهش‌های جغرافیایی. ۱۳۱: ۴۶-۱۴۳.
- ۸- قهرمانب. حسینیم. و عسگریج. ر. ۱۳۸۲. کاربرد زمین‌آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی. فنیومهندسی - مهندسی
- ۹- قهرودیتاییم. ۱۳۸۱. ارزیابی درونیابی به روش کرجینگ. پژوهش‌های جغرافیایی ش ۴۳: ۹۵-۱۰۸.
- ۱۰- محمدیج. ۱۳۸۰. مرور بر مبانی ژئواستاتستیک و کاربرد آن در خاکشناسی. مجله خاک‌آب. ج ۱۵. ش ۱: ۹۹-۱۲۱.
- ۱۱- علیزاده، امین. ۱۳۸۲. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی.
- 12- Cambardella C. A., Moorman T. B., Novak J. M., Parkin T. B., Karlen D. L., Turco R. F., and Koropaka A. E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.
- 13- Chandrasekharana H., Sarangia A., Nagarajanb M., Singha V. P., Raosa D. U. M., Stalinc P., Natarajank K., Chandrasekaranc B., and Anbazhagan S. 2009. Variability of soil-water quality due to Tsunami-2004 in the coastal belt of Nagapattinam district, Tamilnadu. *Journal of Environmental Management* 89: 63-72.
- 14- Doberman A., and Fairhurst H. T. 2000. Rice nutrient disorder and nutrient management. Potash and phosphate institute, International rice research institute, Makati city, Singapore.
- 15- DuNing X., LI X. Y., Song D., and Yang G. 2007. Temporal and spatial dynamical simulation of groundwater characteristics in Minqin Oasis. *Sci China Ser D-Earth Sci.* vol. 50 no. 2: 261-273.
- 16- Johnston K., Jay M., Hoef V., Krivoruchko K., and Lucas N. 2001. Using Geostatistical Analyst, Environmental Systems Research Institute Inc (ESRI).
- 17- Kravchenko A. N. 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal* 67 (5), 1564-1571.
- 18- Marinoni, O. 2003. Improving geological models using a combined ordinary indicator kriging approach. *Engineering Geology* 69, 37-45.
- 19- Motamed M. K., Asadi R., Rezaei M., and Amiri E. 2008. Response of high yielding rice varieties to NaCl salinity in greenhouse circumstances. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (21), pp. 3866-3873.
- 20- Nicolaos T., and Latinopoulos P. 2006. Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the Kriging methodology *Environmental Modelling and Software*. 21: 991-1000
- 21- Rajesh J. P. 2003. Developments in Petroleum Science, 51 Editors: M. Nikravesh, E Aminzadeh and L.A. Zadeh Chapter 5 Introduction to geostatistics. Los Alamos National Laboratories, Los Alamos, NM, USA

- 22- Sen Z., and Sahin, A. D. 2001. Spatial interpolation and estimation of solar irradiation by cumulative semivariograms. *Solar Energy* 71 (1), 11–21.
- 23- Sepaskhah A. R., and Yousofi-Falakdehi A. 2009. Interaction between the effects of deficit irrigation and water salinity on yield and yield component of rice in pot experiment. *Plant Prod. Sci.* 12(2):168-175.
- 24- Sun Y., Shaozhong K., 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: 1163–1170
- 25- Taghizadeh-mehrjardi R, Zareian-Jahromi M., Mahmodi Sh., and Heidari A. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). *World Applied Sciences Journal* 4 (1): 09-17, 2008
- 26- Thangarajan M. (Editor). 2007. *Groundwater Resource Evaluation, augmentation, Contamination, Restoration, Modeling and Management* Springer London.
- 27- Wu J., Chunmiao Z., and Calvin C. C. 2005. Cost-effECtive sampling network design for contaminant plumemonitoring under general hydrogeological conditions. *Journal of Contaminant Hydrology.* 77 : 41– 65
- 28- Xu C., Gong L., Jiang T., Chen D., and Singh V.P. 2006. Analysis of spatial distribution and temporal trend of reference evapotranspiration and pan evaporation in Changjiang (Yangtze River) catchment. *Journal of Hydrology*327: 81– 93.