



اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار

تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

مقایسه انواع روش‌های درون‌یابی جهت تخمین هدایت آبی و فواصل زهکش‌ها (مطالعه موردی: دشت اریض)

سحر صفایی^۱، عبدالمجید لیاقت^۲ و فاطمه سالاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران (saharsafaei@ut.ac.ir)

۲- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران (aliaghat@ut.ac.ir)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه

تهران (fatemehsalari@ut.ac.ir)

چکیده

یکی از پارامترهای موثر در فرآیند زهکشی، هدایت آبی خاک است. بطور کلی برای تعیین این پارامتر در سطح پروژه‌های زهکشی بسته به مرحله مطالعاتی طرح، ابتدا زمین را به فواصل مناسب شبکه‌بندی کرده و در نقاط گره شبکه، هدایت آبی خاک را تعیین می‌کنند. به منظور تعمیم این اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای به کل مزرعه، از یک روش درون‌یابی استفاده می‌شود. هدف از انجام این مطالعه انتخاب بهترین طرح سیستم زهکشی زیرزمینی با استفاده از هدایت آبی بدست آمده از روش‌های مختلف درون‌یابی است. نتایج این مطالعه نشان داد که روش کریجینگ معمولی با RMSE برابر ۰/۴۶ متر بر روز بهترین برآورد را از هدایت آبی منطقه ارائه می‌کند. همچنین مقایسه این روش با روش تیسن نشان داد که در روش تیسن مساحت مربوط به هر ناحیه به درستی تخمین زده نمی‌شود و هدایت آبی متوسط مربوط به هر ناحیه نیز بیشتر از مقدار واقعی به دست می‌آید، که این مسئله سبب تخمین بیش از حد فواصل زهکش‌ها و در نتیجه ماندابی و کاهش محصول می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: هدایت آبی، زمین آمار، تیسن، زهکشی

مقدمه

ضریب آبگذری اشباع یکی از مهمترین پارامترها در طراحی زهکشی و تعیین عمق و فاصله زهکش‌ها می‌باشد. بالتبع بروز اشتباه در تعیین این پارامتر و در نتیجه ایجاد خطا در طراحی زهکشی، ممکن است نتایج کاملا متفاوتی را پس از اجرا به‌همراه

داشته باشد. این پارامتر با توجه به موقعیت سطح ایستابی به روش‌های گوناگون تعیین می‌شود. این روش‌ها به طور کلی به دو دسته روش‌های صحرایی و روش‌های آزمایشگاهی تقسیم می‌شوند. از آنجایی که عملیات میدانی علاوه بر وقت گیر بودن، صرف هزینه زیادی را نیز سبب می‌شود، بنابراین اگر به طریقی بتوان با تعداد محدودی اندازه‌گیری‌های میدانی، نسبت به افزایش تعداد داده‌ها اقدام نمود، هم در وقت و هم در هزینه صرفه‌جویی قابل توجهی خواهد شد. یکی از روش‌هایی که در دهه‌های اخیر توسعه زیادی پیدا کرده است استفاده از تعدادی داده اندازه‌گیری شده و یک روش درون‌یابی برای تعیین پارامتر مورد نیاز در کل سطح زمین است (۷). انواع روش‌های درون‌یابی قابل استفاده برای تعیین یک پارامتر به دو دسته روش‌های کلاسیک شامل میانگین حسابی، تیسن^۱ و مثلث بندی و همچنین روش‌های نوین شامل دو روش زمین آمار^۲ و معین^۳، تقسیم می‌شوند (۱).

در روش‌های کلاسیک به علت اینکه نمونه‌های به دست آمده از جامعه و تغییرپذیری یک متغیر، تصادفی در نظر گرفته می‌شوند امکان دستیابی به دقت مطلوب، همیشه امکانپذیر نمی‌باشد. برخلاف روش‌های کلاسیک، در روش‌های زمین آمار با توجه به اینکه می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه و همچنین نمونه‌ها و فاصله نمونه‌ها و جهت قرار گرفتن آنها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد، اغلب دقت قابل قبولی را عاید می‌سازند (۲).

لسلت^۴ و همکاران (۹) تحقیقی در رابطه با بررسی و ارزیابی چند روش درون‌یابی برای تخمین pH خاک انجام دادند. این روش‌ها شامل مجذور فاصله، مثلث بندی، درون‌یابی معمولی به وسیله نقاط مجاور، و کریجینگ معمولی بودند. از بین این روش‌ها کریجینگ معمولی بهترین دقت را داشت. مرادی و همکاران (۱۱) تغییرات مکانی هدایت آبی با استفاده از روش‌های مختلف زمین آماری در دشت شهرکرد را مورد تحقیق و بررسی قرار دادند. در این تحقیق از روش‌های کریجینگ، IDW، تخمین‌گر موضعی و تخمین‌گر عام برای درون‌یابی استفاده شد. این مطالعه نشان داد که همبستگی مکانی هدایت آبی در این منطقه ضعیف است ($C_0/Sill = 0/81$). با این حال روش کریجینگ معمولی با مدل دایره مناسب‌ترین روش برای درون‌یابی شناخته شد.

در این تحقیق سعی شده است سه روش کریجینگ، عکس فاصله و تابع شعاعی، در جهت دستیابی به مناسب‌ترین روش درون‌یابی و برآورد هدایت آبی در منطقه مورد مطالعه مقایسه و ارزیابی شوند. سپس با استفاده از ضریب آنگذری متوسط به دست آمده از بهترین روش درون‌یابی و همچنین با استفاده از روش هوخهات فواصل زهکش تعیین گشته و با فواصل زهکش محاسبه شده بر اساس ضریب آنگذری متوسط به دست آمده از روش درون‌یابی تیسن مقایسه شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، دشت اریض واقع در استان خوزستان در جنوب غربی ایران می‌باشد. اریض با وسعت ناخالص ۲۳۲۴۷ هکتار بین عرض جغرافیای ۳۱° تا ۳۲° شمالی و طول جغرافیای ۴۷°-۵۰' تا ۴۸°-۳۰' شرقی قرار دارد این دشت توسط شرکت مه‌اب قدس با اهداف توسعه شبکه فرعی آبیاری و زهکشی، تسطیح اراضی و اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی به هفت واحد عمرانی تقسیم بندی شده است (۵). در این پروژه از هر واحد عمرانی به طور جداگانه نمونه برداری صورت گرفته است و طراحی زهکشی برای هر کدام بصورت مجزا انجام شده است. در این تحقیق واحد عمرانی ۲ مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته

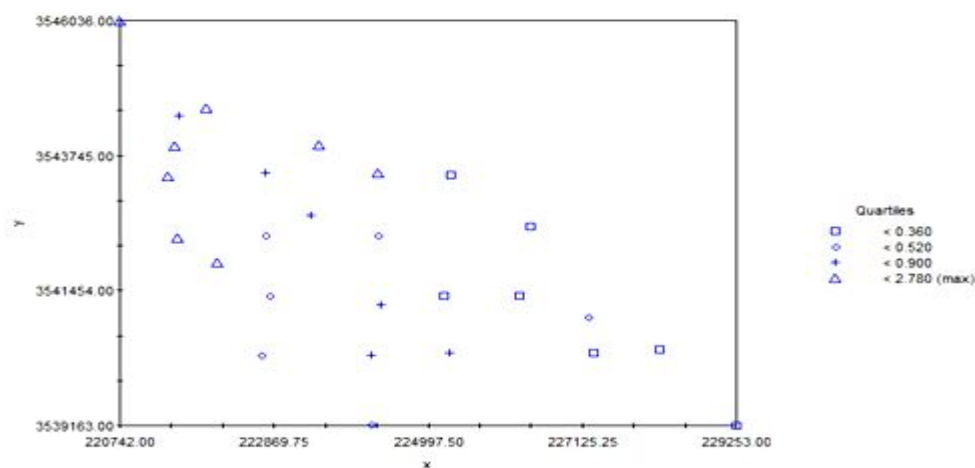
¹Thiessen

² Geostatistics

³ Deterministic

⁴ Laslett *et al.*

است. در این واحد عمرانی (با مساحت ۳۳۰۵ هکتار) ۲۷ نقطه برای تعیین هدایت آبی انتخاب شده است. که موقعیت نقطه نمونه برداری در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی و پراکنش نقاط اندازه گیری هدایت آبی خاک

در محدوده مورد مطالعه بر اساس موقعیت سطح ایستابی، از روش‌های چاهک^۱ و به کارگیری رابطه ارنست^۲ و روش چاهک معکوس^۳ و به کارگیری رابطه پورشه^۴ جهت اندازه‌گیری هدایت آبی خاک استفاده شده است. عمق لایه نفوذ ناپذیر منطقه به طور متوسط ۵ متر و ضریب معادل ۳ میلیمتر در روز برآورد گردیده است. عمق تثبیت سطح ایستابی در حالت کاربرد معادلات ماندگار ۱ متر و قطر زهکش‌های زیرزمینی نیز ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

در روش‌های زمین آمار تخمین داده‌های مجهول در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله اول شناخت و مدلسازی ساختار فضایی متغیر که به وسیله آنالیز نیم تغییرنما^۵ قابل بررسی می‌باشد و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر بر اساس مدل برازش داده شده به نیم تغییر نما است. همچنین شرط استفاده از روش‌های زمین آماری، این است که داده‌ها به توزیع نرمال نزدیک باشند.

نیم تغییرنما

نیم تغییرنما توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

در معادله (۱)، $\gamma(h)$ مقدار نیم تغییرنما در فاصله (h) ، $Z(x_i + h)$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در موقعیت $(x_i + h)$ ، $Z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در موقعیت (x_i) و $N(h)$ تعداد جفت نمونه‌های جدا شده توسط (h) هستند.

¹ Auger Hole Method

² Ernst Equation

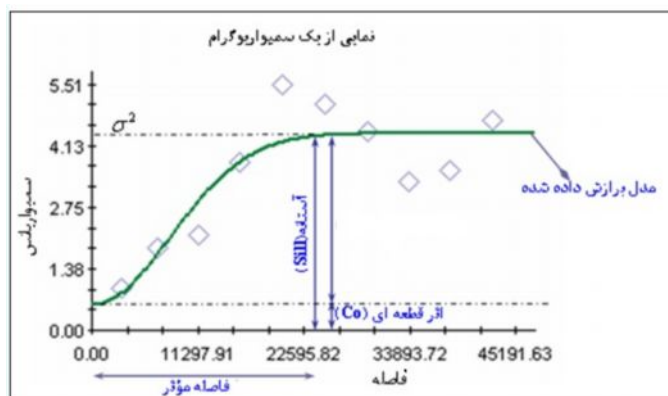
³ Inversed Auger Hole Method

⁴ Porchet Equation

⁵ Semivariogram

بعد از رسم نیم تغییرنما مدل‌های مختلفی به آن برازش داده می‌شود و مدلی که بیشترین ضریب همبستگی دارد انتخاب می‌گردد و در نهایت نموداری مانند شکل شماره (۲) را خواهیم داشت. این نمودار چند پارامتر بسیار مهم مانند آستانه^۱، اثر قطعه‌ای^۲ و دامنه تاثیر^۳ دارد که در شکل نشان داده شده‌اند.

بر اساس آستانه، شعاع تاثیر، اثر قطعه ای و نوع مدل برازش داده شده تحلیل‌های مختلفی از جمله تشخیص پیوستگی و همگنی داده مربوطه صورت می‌گیرد که یکی از تحلیل‌های ممکن بر روی نیم تغییرنما از نسبت اثر قطعه ای به آستانه (C₀/Sill) انجام می‌شود. با توجه به این نسبت می‌توان همبستگی مکانی پارامتر مورد نظر را تشخیص داد به طوری که اگر این نسبت کمتر از ۲۵ درصد، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد و بیشتر از ۷۵ درصد باشد به ترتیب نشان دهنده همبستگی مکانی قوی، همبستگی مکانی متوسط و همبستگی ضعیف متغیر می‌باشد (۱۰).



شکل (۲): نیم تغییرنما و عامل‌های آن

روش‌های درون‌یابی

روش کریجینگ

کریجینگ معمولی تخمین‌گری است که مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه برداری نشده به صورت ترکیب خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می‌گیرد.

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (۲)$$

در معادله (۲)، $z^*(x_0)$ مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $z(x_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه x_i و λ_i وزنی است که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود و بیانگر اهمیت نقطه‌ی i ام در برآورد است. روش عکس فاصله

¹ Sill

² Nugget

³ Effective Range

در این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، طوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش می‌دهد.

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\alpha}} \quad (3)$$

در معادله (۳)، D_i فاصله بین نقطه برآورد شده و مقدار مشاهده شده در نقطه i ، α توان معادله و n تعداد نقاط مشاهده‌ای می‌باشد.

روش تابع شعاعی

تابع شعاعی تابعی به صورت $\Phi(z) = \Phi(\|x-x_j\|)$ می‌باشد که وابسته به فاصله بین $X \in R^d$ و نقطه ثابت $X_j \in R^d$ است. در این تابع Φ تابعی پیوسته و وابسته به هر زیرمجموعه $\Omega \in R^d$ و نشان دهنده فاصله اقلیدوسی بین هر جفت نقطه در مجموعه Ω می‌باشد.

شاخص‌های ارزیابی

بعد از درونیابی به روش‌های مختلف، با استفاده از روش ارزیابی متقابل^۱ و پارامتر ریشه دوم میانگین مربع خطا^۲ (RMSE) ارزیابی روش‌های مختلف انجام گردید

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2}{n}} \quad (6)$$

در معادله (۶)، $z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه i ام، $z^*(x_i)$ مقدار برآوردی برای نقطه i ام و n تعداد نقاط مشاهده‌ای می‌باشد.

نتایج و بحث

آزمون نرمال بودن

نتایج مربوط به آزمون کلموگراف - اسمیرنف نشان داد که داده‌های ضریب آبدازی نرمال نبوده و لذا با لگاریتم‌گیری داده‌ها به توزیع نرمال نزدیک شدند. جدول (۱) نتایج برخی از آماره‌های داده‌ها در دو حالت لگاریتمی و غیر لگاریتمی را نشان می‌دهد.

جدول (۱): مقادیر برخی از آماره‌ها در دو حالت لگاریتمی و غیر لگاریتمی

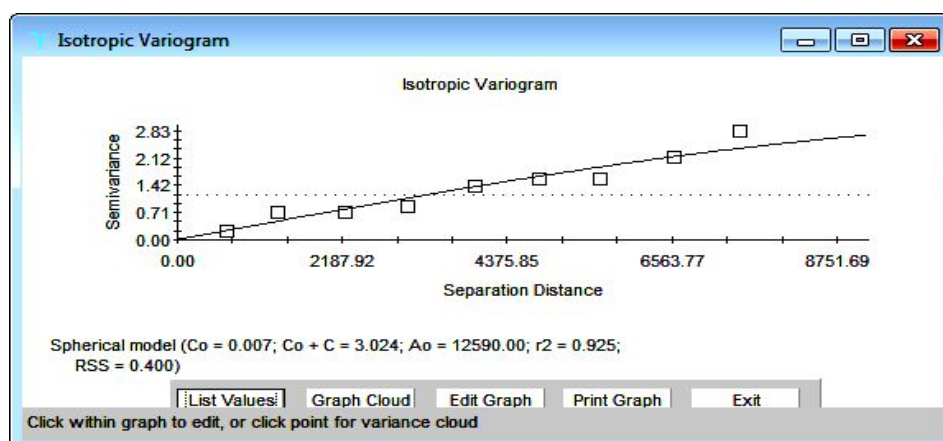
چولگی	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانگین	تعداد
۱/۳۲	۲/۷۸	۰/۰۳	۰/۷	۰/۸۱	۲۷
-۰/۹۵	۱/۰۲	-۳/۵	۱/۰۷	-۰/۶۲	۲۷

^۱ Cross validation

^۲ Root mean square error

تحلیل نیم تغییرنما

پس از رسم نیم تغییرنمای این عامل با استفاده از نرم افزار GS+، نتیجه گرفته شد که شبه متغیر نمای بدست آمده کروی می باشد. شکل (۳) متغیر نمای تجربی و مدل برازش داده شده بر آن را برای حالت تبدیل لگاریتمی و جدول (۲) عامل های متغیرنمای رسم شده را نشان می دهد.



شکل (۳): نیم تغییرنمای داده ها و مدل کروی برازش داده شده به آن

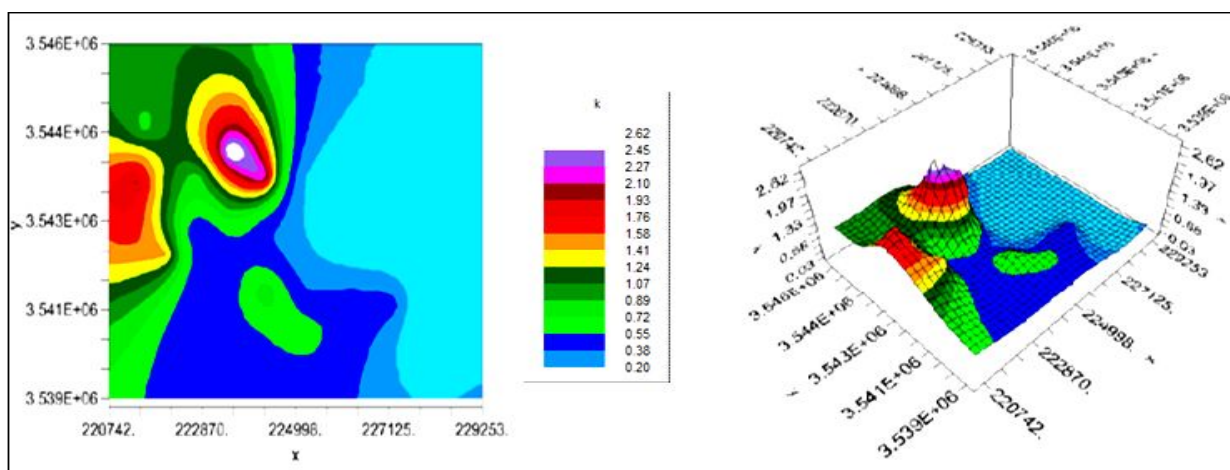
جدول (۲): عامل های مختلف مدل کروی

مدل	اثر قطعه ای (متر بر روز)	آستانه (متر بر روز)	شعاع تاثیر (متر)	همبستگی مکانی	R^2	Rss
کروی	۰/۰۰۷	۳/۰۲۴	۱۲۵۹۰	۰/۰۰۲۳	۰/۹۲۵	۰/۴

بعد از آنالیز نیم تغییرنما اقدام به انتخاب بهترین روش میان یابی براساس کمترین مقدار RMSE می کنیم که در این تحقیق با توجه به اعداد مشاهده شده در جدول شماره (۳) روش کریجینگ معمولی با برازش مدل کروی همراه با در نظر گرفتن نقاط همسایه برابر ۱۰ عدد انتخاب شد. بعد از انتخاب روش کریجینگ پهنه بندی هدایت آبی در منطقه بر اساس این روش انجام شد (شکل ۴).

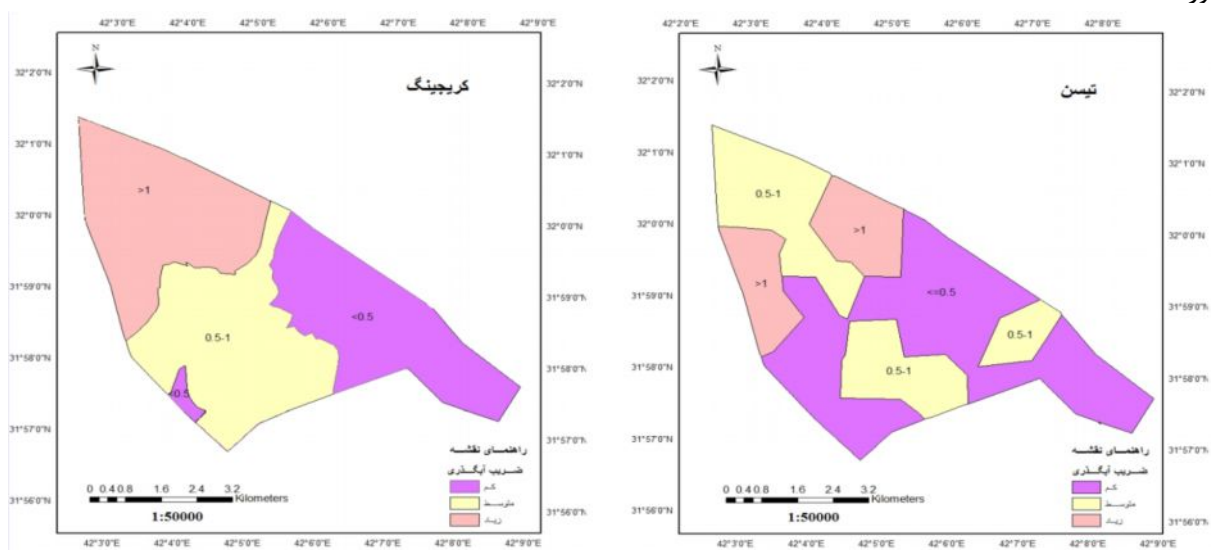
جدول (۳): RMSE روش های درون یابی مختلف

نوع روش	RMSE (متر بر روز)
کریجینگ	۰/۴۶
عکس فاصله	۰/۵۷
تابع شعاعی	۰/۴۹



شکل (۴): پهله بندی هدايت آبی به روش کريجينگ به صورت سه بعدی (شکل سمت راست) و دو بعدی (شکل سمت چپ)

از آنجا که در طرح‌های زهکشی جهت ناحیه بندی منطقه از نظر ضریب آبگذری، معمولا منطقه به سه ناحیه با هدایت آبی کم (کمتر از ۰/۵ متر بر روز)، متوسط (بین ۰/۵ تا ۱ متر بر روز) و زیاد (بیشتر از ۱ متر بر روز) تقسیم بندی می‌شود (۶)، لذا بعد از انجام درون‌یابی به روش کریجینگ، با استفاده از نرم افزار GIS منطقه به این سه ناحیه تقسیم‌بندی شد و متوسط ضریب آبگذری و همچنین مساحت مربوط به هر ناحیه محاسبه گردید. همین کار برای پلی‌گون بندی تیسن نیز دوباره انجام شد که تقسیم بندی منطقه به این سه ناحیه در شکل (۵) نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشخص است در شکل درون‌یابی به روش تیسن، پلی‌گون هدایت آبی شامل شبکه‌ای نامنظم می‌باشد که این شبکه بصورت پلکانی بوده و در نقاط مرزی، شکل‌ها دچار پرش شده‌اند و این از جمله عیوب روش تیسن بشمار می‌رود چرا که در حالت طبیعی هدایت آبی به یکباره زیاد یا کم نمی‌شود بلکه حالتی نرم دارد (۷). همچنین درون‌یابی به روش تیسن به علت در نظر نگرفتن چگونگی پراکنش نقاط و نیز فاصله مکانی بین داده‌ها از دقت قابل قبولی برخوردار نیست. در نهایت برای هر ناحیه با توجه به ضریب آبگذری متوسط و با استفاده از سایر داده‌های مورد نیاز و روش هوخهات فاصله زهکش‌ها به دست آمد که در جدول شماره (۴) آورده شده است.



شکل (۵): تقسیم بندی منطقه به سه ناحیه با هدایت آبی کم، متوسط و بالا به روش کریجینگ و پلی‌گون بندی تیسن

جدول (۴): فاصله زهکش‌ها، هدایت آبی متوسط و مساحت مربوط به هر ناحیه برای دو روش کریجینگ معمولی و تیسن

کریجینگ				
شماره ردیف	حدود مقادیر ضریب آبگذری (متر بر روز)	میانگین وزنی هدایت آبی (متر بر روز)	مساحت (هکتار)	فاصله زهکش (متر)
۱	کمتر از ۰/۵ متر در روز	۰/۲۳	۱۰۲۵/۱۱۳۹	۴۴
۲	بین ۰/۵ تا ۱ متر در روز	۰/۵۹	۱۱۹۱/۳۴۸۶	۷۸
۳	بیشتر از ۱ متر در روز	۱/۵۳	۱۰۸۸/۵۶۹۱	۱۳۴
تیسن				
شماره ردیف	حدود مقادیر ضریب آبگذری (متر بر روز)	میانگین وزنی هدایت آبی (متر بر روز)	مساحت (هکتار)	فاصله زهکش (متر)
۱	کمتر از ۰/۵ متر در روز	۰/۲۸	۱۶۱۱/۰۵۴۲	۵۱
۲	بین ۰/۵ تا ۱ متر در روز	۰/۷۶	۱۱۱۵/۲۹۹۴	۹۰
۳	بیشتر از ۱ متر در روز	۲/۱۳	۵۷۸/۶۷۸۱	۱۶۰

این جدول نشان می‌دهد که تقسیم بندی ناحیه بر اساس روش پلی‌گون بندی تیسن سبب می‌شود مناطق با هدایت آبی کم (کمتر از ۰/۵ متر در روز) بیشتر از مقدار واقعی و از طرفی مساحت مربوط به مناطق با هدایت آبی بالا (بیشتر از ۱ متر در روز) کمتر از مقدار اصلی تخمین زده شود. همچنین در هر ناحیه نیز تخمین تیسن هدایت آبی متوسط را بیشتر از مقدار واقعی به دست آورده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از بین روش‌های درون‌یابی مختلف، روش کریجینگ معمولی با برازش مدل کروی با RMSE برابر ۰/۴۶ متر بر روز بهترین روش درون‌یابی برای این داده‌ها تشخیص داده شد. این یافته با نتایج مطالعات صورت گرفته توسط مرادی و همکاران (۱۱)، سرمدیان و مهرجردی (۴) و گالیشان و مارکوت (۸) که نشان دادند روش‌های زمین آماری نسبت به روش‌های معین برتری دارند، مطابقت دارد.

نتایج آنالیز نیم تغییرنا نشان داد که مقادیر هدایت آبی دارای همبستگی مکانی بالایی هستند که می‌توان با اطمینان بالایی از آن‌ها برای انجام فرایند درون‌یابی استفاده نمود. همچنین در این مطالعه مشخص شد که با استفاده از روش‌های کلاسیک درون‌یابی و پلیگون‌بندی تیسن، مساحت مربوط به هر ناحیه به درستی به دست نمی‌آید که سبب می‌شود طراحی زهکشی برای هر ناحیه به شکل مناسب انجام نشود. همچنین در هر ناحیه نیز تخمین تیسن، هدایت آبی متوسط را بیشتر از مقدار واقعی به دست آورده است که سبب می‌شود فواصل زهکش‌ها نیز بیشتر از حد لازم محاسبه شود. این مسئله باعث می‌شود که زهکش‌ها عملکرد مورد انتظار را نداشته باشند و سبب زه‌دار شدن و در نتیجه کاهش محصول در این مناطق شوند.

از آنجا که این منطقه دارای خاکی تکامل یافته و همگن می‌باشد و ارتباط مکانی بالایی بین خواص خاک آن در نقاط مختلف برقرار است، از این رو این امکان وجود دارد که تعداد پیژومترهای کمتری نیز می‌توانست به همین نتایج دست یافته و همین طراحی زهکشی را سبب شود.

منابع

- ۱- دلبری، م. ۱۳۸۰. کاربرد روش‌های ژئواستاتیک در برآورد هدایت هیدرولیکی خاک (مطالعه موردی دشت سیستان). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- ۲- حسنی پاک، ع. ۱۳۸۹. زمین آمار (ژئواستاتیک). انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۴- سرمدیان، ف.، تقی زاده مهرجردی، ر. ۱۳۸۸. مقایسه روش‌های درون‌یابی جهت تهیه نقشه خصوصیات کیفی خاک مطالعه موردی (مزرعه دانشکده کشاورزی). مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۰: ۱۶۵-۱۵۷.
- ۵- گزارش آبیاری و زهکشی دشت اریض. ۱۳۹۱. مهندسی مشاور مهتاب قدس.
- ۶- محمدزاده، پ.، دهانزاده، ب.، سعید برومند نسب، س.، حسینی، ی. ۱۳۸۸. استفاده از زمین آمار در بهینه سازی برآورد هدایت هیدرولیکی در طرح های زهکشی مطالعه موردی (شبکه آبیاری و زهکشی زیدون). دومین کنفرانس سراسری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.
- ۷- هوشمند، ع.، سالاری، ا.، سالاری جزی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی روشهای زمین آمار در برآورد هدایت هیدرولیکی خاک در محیط GIS. دومین کنفرانس سراسری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.
- 8-Gallichand J., Marcotte D. 1992. Mapping clay content for subsurface drainage in the delta. *Ggeoderma*, 58: 165-179.
- 9-Laslett G.M., McBratney A.B., Pahl P.J., and Hutchinson M.F. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *J. Soil Sci.* 38: 34-325.
- 10-Liu D., Wang Z., Zhang B., Song K., Li X., and Li J. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, northeast China. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 113:73-81.
- 11-Moradi M., Ghonchehpour D., Majidi A., and Mahmoudi Nejad V. 2012. Geostatistic approaches for investigating of soil hydraulic conductivity in Shahrekord plain, Iran. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2(6): 164-168.