بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

بخش مهندسی آب

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب گرایش مهندسی منابع آب

ارزیابی قابلیت استفاده از تابع مفصل در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی (مطالعه‌ی موردی دشت کرمان)

مؤلف:

معین گنجعلیخانی

استاد راهنما:

دکتر محمد ذونعمت کرمانی

استاد مشاور:

دکتر محمدباقر رهنما

بهمن ماه ۱۳۹۳

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی آب

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ‌گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: معین گنجعلیخانی

استاد راهنما : دکتر محمد ذونعمت کرمانی

استاد مشاور : دکتر محمدباقر رهنما

داور ۱ : دکتر محمدمهدی احمدی

داور ۲ : دکتر کورش قادری

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده در جلسه دفاع: دکتر همایون فرهمند

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر مجید رحیم‌پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به

خانواده‌ی مهربانم...

تقدیر و تشکر

پیش از سپاس، ناتوانی‌ام بر سپاس را بپذیرای بی‌همتا، که یکایک الطاف بی‌دریغت را تا انتهای بی‌نهایت سپاس گزارم.

آقای دکتر محمد ذونعمت کرمانی، استاد راهنمای محترم

تا همیشه سپاس، بهر یاری بی‌دریغ یاری‌هایتان، بهر صبوری‌های بی‌وصف و درک والایتان.

بهره‌مندی‌ام از محضر علم و اخلاقتان را همیشه با افتخار یاد خواهم کرد.

و با سپاس از جناب آقای دکتر محمدباقر رهنما، استاد مشاور محترم

به پاس رهنمودهای رهگشایشان که با تواضع و گشاده‌رویی همواره رهگشایم بودند.

و با کمال سپاس از جناب آقای دکتر محسن رضاپور، که طی یک سال همواره با سعه صدر، حوصله و دقت نظر، بار همنون‌های بی‌دریغ مرا در انجام این پژوهش یاری رسانید.

داوران محترم، جناب آقای دکتر محمد مهدی احمدی و جناب آقای دکتر کورش قادری

آغازین تا واپسین راهنمایی‌هایتان را تا همواره سپاس می‌گویم و همکاری صمیمانه شما را در پذیرفتن داوری این پایان‌نامه و نظرات مفیدتان بی‌نهایت سپاس گزارم.

و سپاس از آن، هر یاری کننده‌ای که وسعت همراهیش حتی به قدر لحظه‌ای، مرا به سپاسی ابدی موظف نمود.

معین گنجعلیخانی

بهمن ماه ۹۳

چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی کشور ما می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل در بهره‌برداری از این منابع، کیفیت این منابع می‌باشند. در بررسی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی معمولاً تعداد محدودی چاه، معرف اطلاعات سطح وسیعی از منطقه می‌باشد و این چاه‌ها اغلب به صورت نامنظم در سطح منطقه پراکنده شده‌اند. معمولاً به منظور تخمین مقادیر کمی و کیفی آب زیرزمینی در مناطق فاقد برداشت داده بین این چاه‌ها، از روش‌های آمار کلاسیک و زمین آماری استفاده می‌شود. در بررسی‌های آمار کلاسیک، نمونه‌ها فاقد اطلاعات موقعیتی بوده و در نتیجه، یک نمونه‌ی مشخص هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد مقدار همان کمیت در نمونه دیگری به فاصله‌ی معلوم را در برنخواهد. در مقابل، روش‌های زمین‌آماری بر این چالش فائق آمده‌اند. اما مهم‌ترین ضعف این روش، شرط نرمال بودن داده‌هاست که در شرایط طبیعی کمتر مشاهده می‌شود. داده‌های کیفیت آب زیرزمینی اغلب دارای چولگی هستند که در آن‌ها فرض نرمال بودن توزیع داده‌های رعایت نمی‌شود. حساسیت این روش به داده‌های پرت نیز از دیگر معایب این روش است. در این پژوهش سعی شده که رویکرد نوینی برای پیش‌بینی مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تابع مفصل ارائه گردد. در این رویکرد امکان استفاده از تمامی خانواده‌های تابع مفصل نظیر خانواده ارشمیدسی که انعطاف پذیری بالایی برای برازش بر داده‌ها دارند، در مقوله‌ی کیفیت آب‌های زیرزمینی فراهم آمده است. بدین منظور از داده‌های کیفیت آب مربوط به ۱۰۷ چاه مشاهده‌ای دشت کرمان و راور شامل بی‌کربنات، سولفات، کلسیم و کل جامدات محلول (TDS) مربوط به تابستان و زمستان ۱۳۹۲ استفاده گردید. نتایج حاصل از این روش با استفاده از شاخص‌های آماری RMSE و R^2 با روش‌های IDW، کریجینگ، کریجینگ با تبدیل لگاریتمی و کریجینگ با تبدیل Box-Cox مقایسه گردید و به عنوان نمونه میزان RMSE برای غلظت کل جامدات محلول در تابستان ۱۳۹۲ با استفاده از میانه تابع مفصل ۹۵۷ و با استفاده از روش کریجینگ ۱۰۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد. مقدار این شاخص‌های آماری برای تمامی پارامترهای کیفیتی دلالت بر بالاتر بودن دقت روش ارائه شده نسبت به روش‌های مذکور داشت که می‌تواند تاثیر بسزایی در بهینه‌سازی شبکه‌ی پایش کیفیت آب منطقه داشته باشد.

کلمات کلیدی: تابع مفصل، کیفیت آب، آب زیرزمینی، کریجینگ، پیش‌بینی مکانی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال.....ی

فهرست جداول.....ن

فصل اول: کلیات

۱-۱-مقدمه..... ۲

۱-۲-ضرورت انجام تحقیق..... ۳

۱-۳-اهداف تحقیق ۴

۱-۴-مراحل تدوین پایان‌نامه..... ۴

فصل دوم: مفاهیم پایه و مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱-مقدمه..... ۷

۲-۲-تابع مفصل ۷

۲-۳-آمار کلاسیک در درون‌یابی ۸

۲-۴-زمین‌آمار ۹

۲-۴-۱- متغیر ناحیه‌ای ۹

۲-۴-۲- واریوگرام ۹

۲-۴-۲-۱- اثر قطعه‌ای ۱۱

۲-۴-۲-۲- دامنه‌ی تأثیر ۱۱

۲-۴-۲-۳- مدل‌های تئوری واریوگرام..... ۱۲

۲-۴-۳- کریجینگ..... ۱۲

۲-۴-۴- تبدیلات بر روی داده‌ای جهت نزدیک نمودن با حال نرمال..... ۱۲

۲-۴-۴-۱- تبدیل لگاریتمی ۱۳

۲-۴-۴-۲- تبدیل Box-Cox..... ۱۳

۲-۵-مروری بر پیشینه‌ی تحقیق کاربرد تابع مفصل در هیدرولوژی..... ۱۳

۲-۵-۱- پیش بینی و تحلیل خشکسالی..... ۱۳

۲-۵-۲- تحلیل سیلاب ۱۵
۲-۵-۳- تحلیل بارش ۱۶
۲-۵-۴- پیش بینی جریان رودخانه ۱۷
۲-۵-۵- پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی ۱۸
۲-۶-جمع‌بندی ۱۸

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱-مقدمه ۲۱
۳-۲-منطقه مورد مطالعه ۲۱
۳-۳-تابع مفصل ۲۴
۳-۳-۱- کلیات ۲۴
۳-۳-۲- تابع مفصل شرطی ۲۵
۳-۳-۳- تابع چگالی مفصل ۲۵
۳-۳-۴- توابع مفصل خاص ۲۶
۳-۳-۵- توابع مفصل ارشمیدسی ۲۷
۳-۳-۶- برازش تابع توزیع حاشیه‌ای ۳۱
۳-۳-۷- برازش تابع مفصل بر داده‌ها ۳۱
۳-۴-تابع مفصل و توصیف ساختار متغیرهای مکانی ۳۲
۳-۵-ارزیابی همگنی داده‌ها ۳۹
۳-۶-ارزیابی عملکرد مدل ۴۲
۳-۷-جمع‌بندی ۴۳

فصل چهارم: پیاده‌سازی مدل، نتایج و بحث

۴-۱-مقدمه ۴۵
۴-۲-بررسی نتایج ۴۵
۴-۲-۱- آزمون همگنی داده‌ها ۴۵
۴-۲-۲- برازش توزیع حاشیه‌ای ۴۷
۴-۲-۳- برازش تابع مفصل بر جفت چاه‌ها ۵۲
۴-۲-۴- پهنه‌بندی با استفاده از تابع مفصل ۶۰

۴-۳-جمع‌بندی..... ۶۲
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۵-۱-نتیجه‌گیری..... ۶۷
۵-۱-۱- مزایای تابع مفصل در پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی ۶۷
۵-۲-پیشنهادها ۶۹
۵-۲-۱- بهینه‌سازی شبکه‌ی چاه‌های مشاهده‌ای ۶۹
۵-۲-۱-۱- حذف چاه‌های اضافه ۶۹
۵-۲-۱-۲- افزودن نقاط جدید..... ۶۹
۵-۲-۲- استفاده از توابع مفصل تو در تو..... ۷۰
۵-۲-۳- تأثیر اثر ناهمسان‌گردی..... ۷۱
منابع ۷۲
پیوست
۷-۱-پیوست ۱. نمودارهای ضریب همبستگی پیرسون و واریوگرام متناظر با آن‌ها..... ۷۷
۷-۲-پیوست ۲. نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از تابع مفصل همراه با سایر روش‌های مرسوم ۸۱
۷-۳-پیوست ۳. نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی داده‌ها با استفاده از روش‌های مختلف..... ۸۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: نمونه‌ای از واریوگرام تجربی، مربوط به اسیدیته برای منطقه‌ی اشتوتگارت آلمان ۱۰
شکل ۳-۱: موقعیت چاه‌های پیزومتری در منطقه مورد مطالعه ۲۲
شکل ۳-۲: از راست به چپ، نمودار توابع مفصل حاصل‌ضرب، لوکاسویچ و مینیمم ۲۶
شکل ۳-۳: نمودار تابع توزیع تجمعی تعدادی از توابع مفصل مورد استفاده ۲۸
شکل ۳-۴: دسته‌بندی متغیرهای ناحیه‌ای در فاصله‌ی h ۳۱
شکل ۳-۵: نمودار پراکنش متغیرهای ناحیه‌ای با فاصله‌ی h ۳۱
شکل ۳-۶ : تابع چگالی مفصل تجربی مربوط به غلظت سولفات موجود در آب زیرزمینی منطقه‌ی اشتوتگارت آلمان، از چپ به راست برای فواصل ۳، ۶ و ۹ کیلومتر ۳۲
شکل ۳-۷: ساختار درختی متعارف پنج متغیره ۳۵
شکل ۴-۱: هیستوگرام غلظت بی‌کربنات در چاه‌ها و توزیع بور برازش یافته بر آن‌ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۴۶
شکل ۴-۲: هیستوگرام غلظت سولفات در چاه‌ها و توزیع ویک‌بی برازش یافته بر آن‌ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۴۶
شکل ۴-۳: هیستوگرام غلظت کلسیم در چاه‌ها و توزیع لوگ-پیرسون برازش یافته بر آن‌ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۴۶
شکل ۴-۴: هیستوگرام غلظت کل جامدات محلول در چاه‌ها و توزیع ویک‌بی برازش یافته بر آن‌ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۴۷
شکل ۴-۵: هیستوگرام غلظت بی‌کربنات در چاه‌ها و توزیع بور برازش یافته بر آن‌ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۴۷
شکل ۴-۶: هیستوگرام غلظت سولفات در چاه‌ها و توزیع ویک‌بی برازش یافته بر آن‌ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۴۷
شکل ۴-۷: هیستوگرام غلظت کلسیم در چاه‌ها و توزیع ور برازش یافته بر آن‌ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۴۸
شکل ۴-۸: هیستوگرام غلظت کل جامدات محلول در چاه‌ها و توزیع پیرسون برازش یافته بر آن‌ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۴۸

شکل ۴-۹: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون بی‌کربنات در طبقات مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۴۹
شکل ۴-۱۰: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون بی‌کربنات در طبقات مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۰
شکل ۴-۱۱: واریوگرام تجربی غلظت بی‌کربنات در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۰
شکل ۴-۱۲: واریوگرام تجربی غلظت بی‌کربنات در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۱
شکل ۴-۱۳: نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت بی‌کربنات در دشت کرمان و راور با استفاده از روش‌های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۷
شکل ۴-۱۴: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی بی‌کربنات با استفاده از روش‌های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۹
شکل ۴-۱۵: نقشه‌ی میزان اختلاف مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی بی‌کربنات با استفاده از تابع مفصل براساس میانه ۶۰
شکل ۴-۱۶: نقشه‌ی میزان اختلاف مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی سولفات با استفاده از تابع مفصل براساس میانه ۶۰
شکل ۴-۱۷: نقشه‌ی میزان اختلاف مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کلسیم با استفاده از تابع مفصل براساس میانه ۶۰
شکل ۴-۱۸: نقشه‌ی میزان اختلاف مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کل جامدات محلول با استفاده از تابع مفصل براساس میانه ۶۱
شکل ۷-۱: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون سولفات در طبقات مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۳
شکل ۷-۲: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون کلسیم در طبقات مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۳
شکل ۷-۳: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون کل جامدات محلول در طبقات مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۷۳
شکل ۷-۴: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون سولفات در طبقات مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۷۴
شکل ۷-۵: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون کلسیم در طبقات مختلف در زمستان ۱۳۹۲

۷۴.....
شکل ۷-۶: نمودار تغییرات ضریب همبستگی پیرسون کل جامدات محلـول در طبقـات مختلـف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۷۴
شکل ۷-۷: واریوگرام تجربی غلظت سولفات در تابستان ۱۳۹۲..... ۷۵
شکل ۷-۸: واریوگرام تجربی غلظت کلسیم در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۵
شکل ۷-۹: واریوگرام تجربی کل جامدات محلول در تابستان ۱۳۹۲..... ۷۵
شکل ۷-۱۰: واریوگرام تجربی غلظت سولفات در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۷۶
شکل ۷-۱۱: واریوگرام تجربی غلظت کلسیم در زمستان ۱۳۹۲..... ۷۶
شکل ۷-۱۲: واریوگرام تجربی کل جامدات محلول در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۷۶
شکل ۷-۱۳: نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت بی‌کربنات در دشت کرمان و راور بـا اسـتفاده از روش‌هـای مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۷
شکل ۷-۱۴ :نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت سـولفات در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌هـای مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۸
شکل ۷-۱۵: نقشه‌های پهنه‌بنـدی غلظـت کلسـیم در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌هـای مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۷۹
شکل ۷-۱۶: نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت کل جامدات محلول در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌های مختلف در تابستان ۱۳۹۲..... ۸۰
شکل ۷-۱۷: نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت سـولفات در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌هـای مختلف در زمستان ۱۳۹۲..... ۸۱
شکل ۷-۱۸: نقشه‌های پهنه‌بنـدی غلظـت کلسـیم در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌هـای مختلف در زمستان ۱۳۹۲..... ۸۲
شکل ۷-۱۹: نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت کل جامدات محلول در دشـت کرمـان و راور بـا اسـتفاده از روش‌های مختلف در زمستان ۱۳۹۲..... ۸۳
شـکل ۷-۲۰: نمـودار پراکنـدگی مقـدار واقعـی و تخمـین زده شـده‌ی بـی‌کربنـات بـا اسـتفاده از روش‌های مختلف در تابستان ۱۳۹۲..... ۸۴
شکل ۷-۲۱: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی سولفات بـا اسـتفاده از روش هـای مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۸۵

شکل ۷-۲۲: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کلسیم با استفاده از روش های مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۸۶
شکل ۷-۲۳: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کل جامدات محلول با استفاده از روش‌های مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۸۷
شکل ۷-۲۴: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی سولفات با استفاده از روش های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۸۸
شکل ۷-۲۵: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کلسیم با استفاده از روش های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۸۹
شکل ۷-۲۶: نمودار پراکندگی مقدار واقعی و تخمین زده شده‌ی کل جامدات محلول با استفاده از روش‌های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۹۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: آماره‌های پارامترهای مورد بررسی مربوط به تابستان ۱۳۹۲ ..... ۲۲
جدول ۳-۲: آماره‌های پارامترهای مورد بررسی مربوط به زمستان ۱۳۹۲ ..... ۲۲
جدول ۳-۳: برخی از توابع مفصل ارشمیدسی ۲۷
جدول ۳-۴: حدود مجاز U برای ران تست ۳۸
جدول ۴-۱: دسته‌بندی داده‌ها برای بررسی همگنی داده‌ها با استفاده از ران تست ۴۳
جدول ۴-۲: نتایج مربوط بررسی همگنی داده‌ها با استفاده از ران تست ۴۳
جدول ۴-۳: توابع توزیع حاشیه‌ای برازش یافته بر داده‌های تابستان ۱۳۹۲ و پارامترهای آن‌ها ۴۴
جدول ۴-۴: توابع توزیع حاشیه‌ای برازش یافته بر داده‌های زمستان ۱۳۹۲ و پارامترهای آن‌ها ۴۵
جدول ۴-۵: تعداد جفت چاه های قرار گرفته در هر طبقه و ضریب همبستگی پیرسون داده ها در سال ۱۳۹۲ ..... ۴۹
جدول ۴-۶: توابع مفصل مربوط به غلظت بی کربنات در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۲
جدول ۴-۷: توابع مفصل مربوط به غلظت سولفات در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۲
جدول ۴-۸: توابع مفصل مربوط به غلظت کلسیم در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۳
جدول ۴-۹: توابع مفصل مربوط به کل جامدات محلول در فواصل مختلف و پارامترهای آن‌ها در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۳
جدول ۴-۱۰: توابع مفصل مربوط به غلظت بی کربنات در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۴
جدول ۴-۱۱: توابع مفصل مربوط به غلظت سولفات در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۴
جدول ۴-۱۲: توابع مفصل مربوط به غلظت کلسیم در فواصل مختلف و پارامترهای آن ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۵

جدول ۴-۱۳: توابع مفصل مربوط به کل جامدات محلول در فواصل مختلف و پارامترهای آن‌ها در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۵
جدول ۴-۱۴: مدل برتر واریوگرام مورد استفاده در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۶
جدول ۴-۱۵: مدل برتر واریوگرام مورد استفاده در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۶
جدول ۴-۱۶: مقدار خطای مربوط به روش‌های مختلف در تابستان ۱۳۹۲ ..... ۵۸
جدول ۴-۱۷: مقدار خطای مربوط به روش‌های مختلف در زمستان ۱۳۹۲ ..... ۵۸

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی کشور ما می‌باشد. مهم‌ترین عامل در بهره‌برداری از این منابع کیفیت این منابع می‌باشند. با توجه به وضعیت کنونی جهان که بشر دست به گریبان بحران‌های ناشی از کمبود آب و یا آلودگی آن خواهد بود، شناخت آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مهم‌ترین و آسیب‌پذیرترین منابع زیرزمینی، در دهه‌های اخیر امری بدیهی و ضروری تلقی می‌گردد. بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی، که جهت تأمین آب شرب استحصال‌شده از چاه‌ها نقش دارند، امروزه از مسئولیت‌ها و دغدغه های فکری متولیان تأمین و توزیع آب شرب یعنی شرکت آب منطقه‌ای و شرکت‌های آب و فاضلاب سطح کشور محسوب می‌شود. این موضوع در شهرهای مناطق خشک کشور که تنها منبع تأمین آب شرب، آب‌های زیرزمینی می‌باشد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. وجود آلودگی‌های محیطی و عدم تأمل در کنترل آن‌ها می‌تواند به طور جدی کیفیت آب‌های زیرزمینی را تهدید کرده و بالقوه منشأ بسیاری از بیماری‌های عفونی و سموم قابل انتقال از طریق منابع آب باشد.

در بررسی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی معمولاً تعداد محدودی چاه، معرف اطلاعات سطح وسیعی از منطقه می‌باشد و این چاه‌ها اغلب به صورت نامنظم در سطح منطقه پراکنده شده‌اند. معمولاً به منظور تخمین مقادیر کمی و کیفی آب زیرزمینی در مناطق فاقد برداشت داده، از روش‌های آمار کلاسیک و زمین آماری استفاده می‌شود. در بررسی‌های آمار کلاسیک، نمونه‌هایی که از کل جامعه به منظور شناخت آن برداشت می‌شود، فاقد اطلاعات موقعیتی بوده و در نتیجه مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی یک کمیت در یک نمونه خاص هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد مقدار همان کمیت در نمونه دیگری به فاصله‌ی معلوم را در برنخواهد داشت و نتایج بدست آمده، مستقل از موقعیت مکانی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در مقابل، روش‌های زمین‌آماری بر این چالش فائق آمده به طوری که علاوه بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه‌ها همراه با مقدار کمیت به صورت توأم مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. این تجزیه و تحلیل‌ها غالباً به کمک واریوگرام و یا تابع کوواریانس بیان می‌شود. این روش در کنار محاسن مذکور، معایبی نیز دارد. مهم‌ترین ضعف این روش، شرط نرمال بودن توزیع داده‌هاست که در شرایط طبیعی برای داده‌های کیفیتی آب زیرزمینی کمتر مشاهده می‌شود. داده‌های کیفیت آب زیرزمینی اغلب دارای چولگی هستند که در آن‌ها فرض نرمال بودن داده‌ها رعایت نمی‌شود. حساسیت این روش به داده‌های پرت نیز از دیگر معایب این روش است(Bárdossy, 2006).

برای حل این مشکلات می‌توان از تابع مفصل استفاده کرد. تابع مفصل ابزاری برای مدل کردن وابستگی چند متغیر تصادفی به صورت مستقل از توابع توزیع حاشیه‌ای آن‌ها می‌باشد.

در این پژوهش سعی شده که رویکردی جدیدی در پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی ارائه گردد که با وضعیت داده‌های کیفیت آب زیرزمینی هم‌خوانی بیشتری داشته باشد و در نتیجه موجب افزایش دقت پهنه‌بندی گردد.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

در مباحث مربوط به پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی، داده‌های کیفیت آب اغلب دارای چولگی می‌باشد(Bárdossy, 2006). این مطلب باعث کاهش دقت روش کریجینگ، که نیاز به داده‌ی با توزیع نرمال دارد، در پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شود. از این رو در مباحث مدیریت منابع آب زیرزمینی نیاز به روشی که وابسته به داده‌ی با توزیع نرمال نباشد، احساس می‌شود.

تابع مفصل با توجه به عدم وابستگی به تابع توزیع حاشیه‌ای خاصی، می‌تواند در این زمینه عملکرد مناسبی داشته باشد. علاوه بر این مورد، حذف اثر قطعه‌ای که در واریوگرام وجود دارد، حساسیت کمتر به داده‌های پرت و مشخص کردن میزان همبستگی داده‌ها در چندک‌های مختلف که در فصول بعد به صورت مبسوط توضیح داده خواهد شد، از دیگر ویژگی‌های این روش می‌باشند.

بردوسی (۲۰۰۶) با استفاده از توابع مفصل گوسی روش جدیدی برای پهنه‌بندی کیفیت منابع آب ارائه نمود. روش مذکور برای توصیف ساختار مکانی داده‌ها در هر فاصله، از یک تابع توزیع دو متغیره استفاده می‌کند، در صورتی که در واریوگرام برای هر فاصله تنها یک عدد مبین ساختار مکانی داده‌ها بود. این خاصیت امکان توصیف ساختار وابستگی داده‌ها را در چندک‌های مختلف به صورت جداگانه مهیا می‌سازد. عدم نیاز به داده‌های با توزیع نرمال از دیگر محاسن این روش می‌باشد(Bárdossy, 2006). این رویه با تغییراتی جزئی در پژوهش‌های لی (۲۰۱۰)، هاسلر و همکاران (۲۰۱۰) و بردوسی و لی (۲۰۰۸) مشاهده می‌گردد. رویه ارائه شده در پژوهش‌های مذکور علاوه بر محاسن ذکر شده، دارای معایبی نیز می‌باشند. از جمله این معایب می‌توان به محدود بودن به توابع مفصل گوسی و نیاز به مشتقات مراتب بالا که باعث کاهش سرعت محاسبات می‌شود، اشاره کرد. علاوه بر این مشتقات مراتب بالا در مبحث توابع مفصل، تنها برای توابع مفصل گوسی

فرم بسته دارند و برای توابع مفصل دیگر بایستی از روش‌های حل عددی استفاده نمود(Bárdossy, 2006).

رویکرد مورد استفاده در پژوهش حاضر، علاوه بر امکان استفاده از سایر خانواده‌های تابع مفصل نظیر خانواده‌ی ارشمیدسی که انعطاف‌پذیری بالایی در برازش داده‌ها دارند، موجب افزایش سرعت محاسبات نیز می‌گردد که در فصول آینده به صورت کامل شرح داده خواهد شد.

۱-۳- اهداف تحقیق

با توجه به اینکه آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی کشور ما می‌باشد، آگاهی از وضعیت کیفی این منابع در نقاط مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این موضوع در شهرهای مناطق با اقلیم خشک کشور، که تنها منبع تأمین آب شرب آب‌های زیرزمینی می‌باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. وجود آلودگی‌های محیطی و عدم تأمل در کنترل آن‌ها می‌تواند به طور جدی کیفیت آب‌های زیرزمینی را تهدید کرده و بالقوه منشأ بسیاری از بیماری‌های عفونی و سموم قابل انتقال از طریق منابع آب باشد.

با توجه به اینکه داده‌های کیفیت آب زیرزمینی اغلب دارای چولگی می‌باشند(Bárdossy, 2006)، رویکردهای مرسوم در پهنه‌بندی با استفاده از روش کریجینگ که نیاز به داده‌ی نرمال دارد، باعث کاهش دقت روش مذکور می‌گردد.

هدف از این پژوهش، ارائه روش نوینی برای پیش‌بینی مکانی و پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از تابع مفصل ارائه است که با وضعیت داده‌های کیفیت آب زیرزمینی هم‌خوانی بیشتری داشته باشد و در نتیجه موجب افزایش دقت پهنه‌بندی گردد. در این رویکرد امکان استفاده از تمامی خانواده‌های تابع مفصل نظیر خانواده ارشمیدسی که انعطاف پذیری بالایی برای برازش بر داده‌ها دارند، در مقوله‌ی کیفیت آب‌های زیرزمینی فراهم آمده است. بدین منظور از داده‌های کیفیت آب مربوط به ۱۰۷ چاه مشاهده‌ای دشت کرمان و راور شامل بی‌کربنات، سولفات، کلسیم و کل جامدات محلول (TDS) مربوط به تابستان و زمستان ۱۳۹۲ استفاده گردید.

۱-٤- مراحل تدوین پایان‌نامه

تحقیق حاضر از پنج فصل تشکیل شده است که پس از فصل اول (کلیات)، در فصل دوم مفاهیم

پایه مربوط روش‌های مرسوم پهنه‌بندی و زمین‌آمار و مفاهیم پایه‌ی آن‌ها و سپس خلاصه‌ای تحقیقات انجام شده با استفاده از تابع مفصل در هیدرولوژی ذکر گردیده است. فصل سوم تحت عنوان «مواد و روش‌ها» می‌باشد، که شامل تعیین اطلاعات مورد نظر و روش مورد استفاده در این مطالعه که شامل توابع مفصل و نحوه درون‌یابی با استفاده از آن می‌باشد. در ادامه نتایج حاصل از تحقیق که دربرگیرنده نتایج تابع مفصل و مقایسه آن با روش‌های وزن‌دهی معکوس فاصله[1] و کریجینگ می‌باشد، در فصل چهارم تحت عنوان «پیاده‌سازی مدل، نتایج و بحث» ذکر شده است. در فصل پنجم و پایانی این تحقیق با عنوان «نتیجه‌گیری و پیشنهادات» به اختصار نتیجه‌گیری از مباحث و مسایل مطرح شده و پیشنهاداتی برای مطالعات بعدی ارائه شده است.

[1] Inverse Distance Weighting (IDW)