

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی

نشریه شماره ۶۲۱

وزارت نیرو
دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا
<http://seso.moe.org.ir>


معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

۱۳۹۲



بسمه تعالی

سازمان برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

شماره: ۹۲/۱۸۹۱۹	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۹۲/۰۳/۰۵	
موضوع: دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۲۱ امور نظام فنی، با عنوان «دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۷/۰۱ به اجرا درآید.</p> <p>رعایت مفاد این نشریه برای دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر الزامی است.</p>	
	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر

گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت

برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir/

بسمه تعالی

پیشگفتار

ایرانیان از آغاز بهره‌برداری از منابع آب اعم از چاه، چشمه به فکر رعایت حریم کمی منابع آب بوده‌اند، چراکه همواره نوعی نگرانی برای صاحبان یک منبع آب وجود داشته که ایجاد منبع آبی جدید اثرات سوء و نامطلوب بر منبع قدیمی بگذارد. بنابراین تعیین حریم یک منبع آبی نوعی اطمینان خاطر برای صاحبان آن و از سوی دیگر هشدار بود به افرادی که می‌خواستند منبع جدیدی در حوالی یک منبع قدیمی آب ایجاد نمایند که در نتیجه آن‌ها را ملزم به رعایت حریم می‌نمود. امروزه با رشد جمعیت و افزایش تعداد چاه‌ها و استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی از یک طرف و نفوذ زه‌آب‌های کشاورزی، نفوذ فاضلاب‌های صنعتی و شهری به داخل آبخوان‌ها از طرف دیگر، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آب‌های زیرزمینی به وجود آمده است. بنابراین براساس قانون توزیع عادلانه آب علاوه بر تعیین حریم کمی، لزوم تعیین حریم کیفی براساس معیارهای علمی و کاربردی جهت اعمال مدیریت صحیح بر استقرار بهینه کاربری‌ها و به‌منظور حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

باتوجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذی‌نفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۲۳۹/ت/۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

نشریه حاضر به‌منظور ارائه یک چارچوب جامع برای تعیین و چگونگی اعمال حریم کیفی آب‌های زیرزمینی تهیه شده است. بدین‌وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم‌نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزدمنان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امیداست متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

بهار ۱۳۹۲

تهیه و کنترل نشریه دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی [نشریه شماره ۶۲۱]

مجری: موسسه تحقیقات آب

مؤلف اصلی: عالیه ثابت رفتار کارشناس آزاد دکترای علوم محیط زیست

اعضای گروه تهیه‌کننده:

دکترای علوم محیط زیست	کارشناس آزاد	عالیه ثابت رفتار
فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی	شرکت مهندسين مشاور كريت كارا	سعید پورشهیدی
فوق لیسانس مهندسی عمران آب	موسسه تحقیقات آب	بهروز پیروز
دکترای آبیاری و زهکشی	موسسه تحقیقات آب	سامان جوادی پیربازاری
فوق لیسانس مدیریت محیط زیست	شرکت مدیریت منابع آب ایران	جواد حسن نژاد
دکترای منابع آب	دانشگاه تهران	مجید خیاط خلقی
لیسانس مهندسی آب	شرکت راهبرد دانش پویا	همای رسولی
دکترای منابع آب	دانشگاه تربیت مدرس	کوروش محمدی
فوق لیسانس مهندسی منابع آب	شرکت مدیریت منابع آب ایران	ندا کاوه کار

اعضای گروه نظارت:

فوق لیسانس عمران - مهندسی محیط زیست	شرکت مدیریت منابع آب ایران	محمد حاتمی ورزنده
لیسانس مهندسی راه و ساختمان	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی	مهین کاظم‌زاده آزاد
	صنعت آب کشور - وزارت نیرو	

اعضای گروه تاییدکننده: (کمیته تخصصی محیط زیست طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور)

فوق لیسانس مهندسی عمران - مهندسی محیط زیست	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	کامران اسماعیلی
دکترای برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای	شرکت مهندسين مشاور رويان	محمدعلی حامدی
فوق لیسانس مدیریت محیط زیست	شرکت مدیریت منابع آب ایران	جواد حسن نژاد
دکترای اکولوژی آب‌های داخلی	دانشگاه شهید بهشتی	بهروز دهزاد
فوق لیسانس مهندسی شیمی	سازمان حفاظت محیط زیست	نادیا روستایی
فوق لیسانس برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی	الهام رسولپور شبستری
دکترای ارزیابی و آمایش محیط زیست	صنعت آب کشور - وزارت نیرو	محمد محمدی
دکترای مهندسی محیط زیست	دانشگاه جامع علمی کاربردی	سیدحسین هاشمی
فوق لیسانس مهندسی محیط زیست	دانشگاه شهیدبهشتی	سیدرضا یعقوبی
	شرکت اندیشه زلال	

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

رئیس گروه امور نظام فنی	خشایار اسفندیاری
رئیس گروه امور نظام فنی	فرزانه آقارمضانعلی
کارشناس منابع آب امور نظام فنی	ساناز سرافراز

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - کلیات و بررسی تجربیات داخلی و خارجی تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی
۵	۱-۱- کلیات
۵	۲-۱- تعاریف و اصطلاحات
۸	۳-۱- محدوده مطالعات
۸	۴-۱- ضرورت تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی
۹	۵-۱- مرور مراجع
۹	۱-۵-۱- سوابق خارجی
۱۲	۲-۵-۱- سوابق داخلی
۱۳	۶-۱- جمع بندی
۱۵	فصل دوم- تعیین حریم کیفی نقطه‌ای
۱۷	۱-۲- مفهوم حریم کیفی نقطه‌ای
۱۸	۲-۲- بررسی انواع معیارها در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای
۱۸	۱-۲-۲- فاصله
۱۸	۲-۲-۲- افت
۱۹	۳-۲-۲- زمان گذر
۱۹	۴-۲-۲- مرزهای جریان
۱۹	۵-۲-۲- ظرفیت لایه آبدار برای جذب و کاهش آلودگی
۱۹	۳-۲-۳- بررسی انواع روش‌ها در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای
۱۹	۱-۳-۲- روش شعاع ثابت دلخواه (OFR)
۲۰	۲-۳-۲- روش شعاع ثابت محاسبه شده (CFR)
۲۲	۳-۳-۲- روش اشکال مختلف ساده شده (SVS)
۲۴	۴-۳-۲- مدل‌های تحلیلی
۲۵	۵-۳-۲- برداشت‌های هیدروژئولوژیک
۲۶	۶-۳-۲- مدل‌سازی عددی
۲۸	۴-۲- بررسی مزایا و معایب روش‌های مختلف تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (چاه)
۲۹	۵-۲- معرفی و پیشنهاد روش مناسب جهت تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (چاه)
۳۱	فصل سوم- تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آب‌های زیرزمینی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۳	۱-۳- مفهوم حریم کیفی ناحیه‌ای
۳۳	۲-۳- ضرورت و جایگاه حریم کیفی ناحیه‌ای در استقرار کاربری‌ها
۳۴	۳-۳- آسیب‌پذیری آبخوان
۳۴	۱-۳-۳- تعاریف آسیب‌پذیری
۳۵	۲-۳-۳- انواع آسیب‌پذیری
۳۵	۳-۳-۳- عوامل موثر در آسیب‌پذیری
۳۶	۴-۳-۳- محدودیت‌های موجود در ارزیابی آسیب‌پذیری
۳۷	۵-۳-۳- روش‌های تعیین آسیب‌پذیری
۴۰	۶-۳-۳- آسیب‌پذیری روش رتبه‌دهی توصیفی با مدل DRASTIC
۴۶	۴-۳- تفاوت مفهوم حریم کیفی و آسیب‌پذیری
۴۶	۵-۳- بررسی و نحوه انتخاب آلاینده‌های موجود در آبخوان
۴۷	۶-۳- ارائه روش تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آب‌های زیرزمینی با در نظر گرفتن کاربری
۴۹	۱-۶-۳- تعیین حریم کیفی آبخوان با کاربری صنعتی و استفاده از فلزات سنگین (مطالعه موردی آبخوان کرج)
۶۸	۲-۶-۳- تعیین حریم کیفی آبخوان با کاربری کشاورزی و استفاده از آلاینده نیترات (مطالعه موردی آبخوان آستانه-کوچصفهان)
۷۹	فصل چهارم- جمع‌بندی و پیشنهادها
۸۱	۱-۴- کلیات
۸۳	۱- پیوست بر اقدامات حفاظتی آب‌های زیرزمینی در کشورهای مختلف دنیا
۱۰۹	۲- پیوست - بررسی قوانین، مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب در ایران
۱۲۳	۳- پیوست - چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم نقطه‌ای سفره‌های آب زیرزمینی
۱۶۴	منابع و مراجع

فهرست شکل

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۰	شکل ۱-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از یک شعاع ثابت دلخواه
۲۲	شکل ۲-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از یک شعاع ثابت محاسبه شده
۲۳	شکل ۳-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از شکل‌های مختلف ساده
۲۶	شکل ۴-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از برداشت‌های هیدروژئولوژیکی
۲۷	شکل ۵-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از مدل‌های ریاضی
۲۸	شکل ۶-۲- چارچوب منطقه‌بندی حریم کیفی و ارزیابی خطر آلودگی برای یک چاه
۵۳	شکل ۱-۳- محدوده تغییرات عمق آب زیرزمینی در آبخوان کرج
۵۴	شکل ۲-۳- مقدار شیب برحسب درصد در آبخوان کرج
۵۵	شکل ۳-۳- محدوده تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک در آبخوان کرج
۵۶	شکل ۴-۳- رتبه‌بندی منطقه اشباع در آبخوان کرج
۵۷	شکل ۵-۳- رتبه‌بندی منطقه غیراشباع در آبخوان کرج
۵۸	شکل ۶-۳- رتبه‌بندی محیط خاک در آبخوان کرج
۵۹	شکل ۷-۳- شاخص آسیب‌پذیری کمی در آبخوان کرج
۶۰	شکل ۸-۳- کلاس‌بندی کیفی آسیب‌پذیری در آبخوان کرج
۶۲	شکل ۹-۳- موقعیت چاه‌های نمونه برداری شده واقع در آبخوان کرج
۶۴	شکل ۱۰-۳- پهنه‌بندی آلودگی سرب آبخوان کرج
۶۵	شکل ۱۱-۳- کلاس‌بندی کیفی آلودگی سرب آبخوان کرج
۶۷	شکل ۱۲-۳- کلاس‌بندی حریم کیفی آبخوان کرج
۶۹	شکل ۱۳-۳- نقشه کمی آسیب‌پذیری دشت آستانه محاسبه شده به روش DRASTIC
۷۰	شکل ۱۴-۳- نقشه توصیفی آسیب‌پذیری دشت آستانه با استفاده از شاخص DRASTIC
۷۲	شکل ۱۵-۳- پراکندگی نقاط نمونه برداری برای تعیین غلظت نیترات در محدوده آبخوان
۷۴	شکل ۱۶-۳- نقشه آسیب‌پذیری به همراه غلظت نیترات پخش شده در منطقه مورد مطالعه قبل از اصلاح مدل
۷۷	شکل ۱۷-۳- نقشه آسیب‌پذیری به همراه میزان کمی مدل در منطقه مورد مطالعه پس از اصلاح مدل
۷۸	شکل ۱۸-۳- کلاس‌بندی حریم کیفی آبخوان آستانه- کوچصفهان
۱۴۰	شکل پ.۳-۱- صفحه معرفی نرم افزار WhAEM2000
۱۴۰	شکل پ.۳-۲- خلاصه توضیحات مدل
۱۴۰	شکل پ.۳-۳- منوی انتخاب و ساخت پروژه
۱۴۱	شکل پ.۳-۴- ایجاد یک پروژه جدید
۱۴۱	شکل پ.۳-۵- تعریف واحدها برای پروژه جدید
۱۴۲	شکل پ.۳-۶- انتخاب نقشه از محل ذخیره فایل
۱۴۳	شکل پ.۳-۷- نقشه ایالت Vinsense
۱۴۳	شکل پ.۳-۸- نمادهای مربوط به بزرگ‌نمایی و جابه‌جایی تصاویر
۱۴۴	شکل پ.۳-۹- منطقه قرارگیری چاه‌ها و خط تراز ۴۰۰ متر پس از بزرگ‌نمایی

فهرست شکل

صفحه	عنوان
۱۴۵	شکل پ.۳-۱۰- وارد نمودن مختصات چاه
۱۴۶	شکل پ.۳-۱۱- وارد نمودن حریم ثابت چاه
۱۴۶	شکل پ.۳-۱۲- رسم حریم ثابت ۶۱ متر برای چند نمونه چاه
۱۴۷	شکل پ.۳-۱۳- نمای شماتیک پارامترهای مورد استفاده
۱۴۹	شکل پ.۳-۱۴- نقاط با تراز مشخص سطح آب برای تعیین جهت جریان
۱۴۹	شکل پ.۳-۱۵- پنجره نمایش داده شده پس از انتخاب Uniform Flow
۱۵۰	شکل پ.۳-۱۶- وارد کردن داده‌های مربوط به دریاچه
۱۵۰	شکل پ.۳-۱۷- پارامترها و مشخصات مورد نیاز آبخوان
۱۵۱	شکل پ.۳-۱۸- پارامترها و مشخصات مورد نیاز خطوط تراز
۱۵۱	شکل پ.۳-۱۹- ورود داده زمان مورد نظر در قسمت Tracing
۱۵۲	شکل پ.۳-۲۰- دکمه Run برای اجرای برنامه
۱۵۲	شکل پ.۳-۲۱- تراز سطح آب منطقه مورد مطالعه
۱۵۳	شکل پ.۳-۲۲- وارد کردن پارامترهای مربوط به چاه مورد نظر برای تعیین حریم
۱۵۳	شکل پ.۳-۲۳- وارد کردن پارامترهای مربوط به چاه مورد نظر برای تعیین حریم
۱۵۴	شکل پ.۳-۲۴- حریم کیفی چاه مورد نظر با روش جریان یکنواخت پس از ۵ سال
۱۵۵	شکل پ.۳-۲۵- میزان بده تعدادی از رودخانه‌های اطراف چاه مورد نظر
۱۵۵	شکل پ.۳-۲۶- نماد Line sink در نوار ابزار
۱۵۶	شکل پ.۳-۲۷- پنجره ورودی داده‌های زهکش
۱۵۷	شکل پ.۳-۲۸- نمایش رودخانه‌ها و زهکش‌ها که در منطقه مورد مطالعه علامت‌گذاری شده است
۱۵۷	شکل پ.۳-۲۹- وارد نمودن میزان تغذیه آب زیرزمینی
۱۵۸	شکل پ.۳-۳۰- تعیین حریم چاه در شرایط وجود زهکش و رودخانه (مرز جریان) برای مدت ۵ سال
۱۵۹	شکل پ.۳-۳۱- تعریف مرزهای غیر قابل عبور آب
۱۶۰	شکل پ.۳-۳۲- تعیین حریم با تعریف مرزهای غیر قابل عبور آب برای مدت زمان ۵ سال
۱۶۱	شکل پ.۳-۳۳- نحوه کشیدن عوارض در شرایط ناهمگن
۱۶۱	شکل پ.۳-۳۴- وارد کردن پارامترهای مربوط به شرایط ناهمگن
۱۶۲	شکل پ.۳-۳۵- نمایش منطقه ناهمگن ترسیم شده، حدود تغذیه و زهکش
۱۶۳	شکل پ.۳-۳۶- تعیین حریم با شرایط ناهمگن

فهرست جدول

صفحه	عنوان
۲۹	جدول ۱-۲- مزایا و معایب روش‌های تعیین حریم چاه، چشمه و قنات
۴۳	جدول ۱-۳- وزن‌های نسبت داده شده به پارامترهای هفت‌گانه DRASTIC
۴۳	جدول ۲-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های عمق آب زیرزمینی
۴۴	جدول ۳-۳- محدوده‌ها و رتبه‌های تغذیه خالص
۴۴	جدول ۴-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی توپوگرافی
۴۴	جدول ۵-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های هدایت هیدرولیکی آبخوان
۴۴	جدول ۶-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط اشباع آبخوان
۴۵	جدول ۷-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط غیراشباع
۴۵	جدول ۸-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط خاک
۴۵	جدول ۹-۳- مثالی از محاسبه شاخص آسیب‌پذیری
۴۷	جدول ۱۰-۳- انواع آلوده‌کننده‌های معمول منابع آب زیرزمینی و منابع آلوده‌کننده‌ها
۶۳	جدول ۱۱-۳- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های غلظت سرب (میلی‌گرم بر لیتر)
۶۸	جدول ۱۲-۳- تقسیم‌بندی کلاس‌های مختلف آسیب‌پذیری
۷۶	جدول ۱۳-۳- مقادیر اصلاح شده هر پارامتر براساس میانگین غلظت نیترات
۱۲۷	جدول پ.۱-۳- رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای DRASTIC
۱۴۶	جدول پ.۲-۳- مختصات چاه‌های با حریم ثابت در نقشه مطابق شکل ۱۲-۳

مقدمه

در سال‌های اخیر، افزایش مصرف آب و محدودیت‌های فزاینده و پرهزینه بودن توسعه منابع آب سطحی، منجر به فشارهای مضاعف به منابع آب زیرزمینی کشور شده است. در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور به‌خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد که عمدتاً از آبخوان‌های آزاد می‌باشد. این در حالی است که این آبخوان‌ها از آسیب‌پذیری و حساسیت بیش‌تری در مقابل آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهرنشینی برخوردار هستند. در بسیاری از موارد، آلودگی آب زیرزمینی بعد از آلوده شدن چاه، چشمه و قنات مشخص می‌شود. در صورت آلوده شدن آب زیرزمینی، رفع آلودگی بسیار پرهزینه و فرایندی طولانی است و اغلب زمانی آلودگی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان غیرممکن است. به علاوه تاثیر آلودگی آب زیرزمینی تنها مختص چاه‌های تامین آب و خود آبخوان نبوده و تخلیه آب زیرزمینی به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها باعث آلودگی منابع آب سطحی نیز می‌شود که عواقب زیست‌محیطی خطرناکی را به دنبال دارد.

پیش‌گیری از راه‌یابی آلاینده‌ها به آبخوان‌های زیرزمینی تنها با محاسبه و تعیین حریم آنها و رعایت ضابطه‌های تخلیه آلاینده‌ها به منابع پذیرنده ممکن است. علاوه بر عوامل هیدرولیکی هم‌چون سطح ایستابی و دینامیکی آب، شیب و ضریب نفوذپذیری خاک، عوامل زمان و غلظت اولیه آلاینده در منبع آب و مقدار آن در نزدیک‌ترین منبع آلودگی، افزون بر جنبه‌های حقوقی، در تعیین شعاع اثرپذیری یا حریم بهداشتی چاه، چشمه و قنات‌های آب موثر هستند. برای محاسبه شعاع اثرپذیری، علاوه بر ارقام ثابت گوناگون با دامنه ۲/۵ تا ۵۰۰ متر که بر حسب نوع خاک، توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است، روابط ریاضی، نمودارها و نرم‌افزارهای محاسباتی ویژه‌ای ارائه شده است.

حفاظت بهداشتی از منابع آب زیرزمینی شهرها که برای تامین آب شرب استحصالی از چاه، چشمه و قنات‌ها نقش دارند، امروزه از مسوولیت‌ها و دغدغه‌های فکری متولیان تامین و توزیع آب شرب، یعنی وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت‌های آب منطقه‌ای استانی و شرکت‌های آب و فاضلاب استانی محسوب می‌شود. در این راستا، محاسبه بهینه و دقیق حریم با استفاده از مبانی علمی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا محاسبه و اعمال حریم کوچک‌تر، خطر آلودگی آب چاه، چشمه و قنات‌ها را بالا برده و حریم بزرگ‌تر، اتلاف سرمایه را به دنبال خواهد داشت. این دستورالعمل در برگیرنده ۴ فصل به شرح زیر می‌باشد.

در فصل اول با مروری بر نتایج و دستاوردهای مهم داخلی و خارجی در تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی سعی گردید ضرورت تعیین حریم کیفی، بیان گردد. هم‌چنین در فصل دوم به بررسی روش‌ها و معیارهای موجود در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای پرداخته می‌شود و در انتهای این فصل انواع روش‌های تعیین حریم نقطه‌ای، معایب و مزایای آنها و هم‌چنین روش مناسبی برای تعیین آن پیشنهاد و معرفی می‌گردد. در فصل سوم نیز بحث‌های آسیب‌پذیری، آلودگی و تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای به همراه دو مطالعه موردی جهت بررسی بیش‌تر ارائه می‌گردد. فصل چهارم نیز شامل جمع‌بندی و پیشنهادها می‌باشد.

- هدف

هدف از تهیه این دستورالعمل ایجاد هماهنگی و ضابطه مند نمودن تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی جهت حفاظت هرچه بیش‌تر از این منابع با ارزش می‌باشد. به طور کلی این دستورالعمل جهت ایجاد برخی ممنوعیت‌ها، محدودیت‌ها و تغییرات خاص فعالیت‌های انسانی با تعیین محدوده‌ها یا حریم‌های حفاظتی در چندین سطح برای منابع آب زیرزمینی در مقابل آلاینده‌های ناشی از کاربری‌های مختلف جهت حفاظت از کیفیت آب‌های زیرزمینی ارائه می‌گردد.

- دامنه کاربرد

متولی تعیین حریم کیفی سفره‌های آب زیرزمینی در کشور، شرکت‌های آب منطقه‌ای استانی می‌باشند. علاوه بر شرکت‌های آب منطقه‌ای استانی، سازمان و شرکت‌های ذی‌مدخلی در اجرا و نحوه تعیین حریم کیفی نقش ایفا خواهند نمود، که می‌توان به شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، سازمان حفاظت محیط زیست، شرکت‌های مهندسی مشاور و پیمانکار و همچنین وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و غیره اشاره نمود.

فصل ۱

**کلیات و بررسی تجربیات داخلی و
خارجی تعیین حریم کیفی آب‌های
زیرزمینی**

۱-۱- کلیات

ایرانیان از آغاز بهره‌برداری از منابع آب اعم از چاه، قنات، چشمه و یا رودخانه به فکر رعایت حریم کمی منابع آب بوده‌اند، چراکه همواره نوعی نگرانی برای صاحبان یک منبع آب وجود داشته که ایجاد منبع آبی جدید اثرات سوء و نامطلوب بر منبع قدیمی آب بگذارد. بنابراین تعیین حریم یک منبع آبی نوعی اطمینان خاطر برای صاحبان آن و از سوی دیگر هشدار می‌نماید که می‌خواهند منبع جدیدی در حوالی یک منبع قدیمی آب ایجاد نمایند و آنها را ملزم به رعایت حریم می‌نماید. امروزه با رشد جمعیت و افزایش تعداد چاه‌ها و استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی از یک طرف و نفوذ زه‌آب‌های کشاورزی، نفوذ پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری به داخل آبخوان‌ها و همچنین استقرار کاربری‌های نامناسب در اطراف منابع آبی از طرف دیگر، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آب‌های زیرزمینی به وجود آمده است. بنابراین علاوه بر تعیین حریم کمی، لزوم تعیین حریم کیفی براساس معیارهای علمی و کاربردی جهت اعمال مدیریت صحیح بر حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و بالاخص حفاظت از کیفیت این منابع آب با ارزش بیش از گذشته احساس می‌گردد.

تعیین حریم کیفی منابع آب نگرشی ساختاری و راهبردی محسوب می‌گردد که در سطوح کلان مدیریت منابع آب کشور برای حفاظت و بهره‌برداری پایدار از این منابع حیاتی مطرح گردیده است. در واقع حریم کیفی یک ابزاری و مدیریتی جهت پیش‌گیری و حفاظت از منابع آب در مقابل انواع آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشد. به بیان دیگر حریم کیفی منابع آب، محدوده‌ای در اطراف منبع آبی بوده که مستقیماً یا غیرمستقیماً تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی و انسان ساخت قرار می‌گیرد و مفهوم آن ممنوعیت مطلق استقرار کاربری‌ها نیست، بلکه وضع محدودیت‌های لازم جهت استقرار مناسب این کاربری‌ها برای حفاظت از کیفیت آب در مقابل آلاینده‌های احتمالی با توجه به پتانسیل آلودگی واحدها جهت کاهش ریسک آلودگی در منابع آب می‌باشد.

۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

- آبخوان^۱

به لایه متخلخلی اطلاق می‌گردد که در زیر سطح زمین قرار دارد و می‌توان از آن آب استخراج نمود.

- آب زیرزمینی^۲

آب موجود در سوراخ‌ها و شکاف‌های پوسته سنگی زمین، که در نتیجه ریزش باران و جریان سطحی، درون خلل و فرج مزبور انباشته می‌گردد و در شرایط معمولی صحرایی امکان حرکت مقادیر قابل توجه آب در زیر زمین فراهم می‌باشد. غالباً اصطلاح «آب زیرزمینی» را به آب‌های زیر سطح زمین که قابل برداشت به وسیله چاه، چشمه و قنات است، به کار می‌برند. این گونه آب‌ها بیش‌تر در اعماق ۵۰ تا ۱۰۰ متری زمین انباشته شده و در اعماق بیش‌تر معمولاً به دلیل فشار زیاد، مسدود شدن خلل و فرج مزبور اثری از

1- Aquifer

2- Ground Water –Subsurface Water

آنها دیده نمی‌شود. در برخی نواحی که دارای لایه‌های آبرفتی ضخیم باشد تا عمق ۳۰۰ متر نیز یافت می‌گردد. آب‌های مزبور غالباً املاح و مواد معدنی سنگ‌ها را در خود حل کرده و اغلب به صورت آب‌های معدنی تبدیل می‌گردند. [۱]

۱- آلودگی آب

عبارت است از تغییر مواد محلول یا معلق یا تغییر درجه حرارت و یا دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی و زیستی آب در حدی که آب را برای مصرفی که برای آن مقرر شده است مضر یا غیر مفید بسازد. [۲]

۲- ارزش ذاتی آب

عبارت است از ارزش آب در جایگاه طبیعی آن، بخشی از این ارزش مربوط به نحوه استفاده در شرایط موجود و بخش دیگر آن مربوط به امکان بالقوه استفاده از آب در آینده و پاسداری از میراث آیندگان می‌باشد. به علاوه برای صرف جنبه‌های طبیعی و زیست محیطی آب نیز ارزش قائل می‌شوند (ارزش‌های وجودی محض). [۳]

۳- حریم کیفی آب‌های زیرزمینی

حریم کیفی منابع آب زیرزمینی عبارت است از تعیین محدوده‌ها یا حریم‌های حفاظت کیفی در چندین سطح برای منابع آب زیرزمینی در مقابل آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی که برای هر کدام از سطوح حریم کیفی، محدودیت‌ها و تغییرات خاص فعالیت‌های انسانی وضع می‌گردد. [۴]

۴- حریم کیفی نقطه‌ای

حریم کیفی نقطه‌ای عموماً مربوط به منابع آب نقطه‌ای چاه، چشمه و قنات می‌شود و حریم به دست آمده تنها شرایط همان نقطه را در نظر گرفته است. به طوری که برای هر نقطه منابع آبی حریم منحصر به فردی با توجه به شرایط فیزیکی و محیطی آبخوان وجود خواهد داشت. [۵]

۵- حریم کیفی ناحیه‌ای

اگر منبع آب زیرزمینی یک آبخوان باشد و هدف از تعیین حریم کیفی، حفاظت کل آبخوان، ارائه طرح‌ها، سیاست‌ها و خط مشی‌های منطقه‌ای و ملی باشد در این صورت حریم کیفی ناحیه‌ای مطرح می‌گردد. [۴]

۶- آسیب‌پذیری آبخوان

سهولت امکان نفوذ و پخش آلودگی از سطح زمین به سفره آب زیرزمینی در شرایط طبیعی. [۴]

-
- 1- Water Contamination
 - 2- Interinsic Value of Water
 - 3- Groundwater Quality Protection Zone
 - 4- Wellhead Protection Area
 - 5- Water Quality Protection Area
 - 6- Aquifer Vulnerability

- حریم کمی آب^۱

به محدوده‌ای گفته می‌شود که برداشت آب در آن موجب کاهش میزان آب‌های زیرزمینی می‌گردد. [۴]

- حقاچه^۲

حقاچه عبارت است از حق مصرف آبی در دفاتر جزء قدیم یا اسناد مالکیت یا حکم دادگاه یا مدارک قانونی دیگر که قبل از تصویب این قانون، برای ملک یا مالک تعیین شده باشد. [۶]

- دشت حفاظت شده^۳

به دشتی اطلاق می‌شود که در آن بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مرز پتانسیل تجدیدپذیر بوده و بیلان آن در آستانه منفی شدن است. [۷]

- دشت ممنوعه^۴

دشتی که در آن بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بیش از پتانسیل تجدیدپذیر بوده و این امر موجب افت سطح آب زیرزمینی در آن دشت گردیده و به طور طبیعی امکان بازگشت به سطح ایستایی وجود ندارد. [۷]

- دشت ممنوعه بحرانی^۵

دشت ممنوعه‌ای است که در آن علاوه بر افت سطح آب سفره زیرزمینی، کیفیت آب آبخوان نیز تنزل یافته و یا در نقاط مختلف آن پدیده‌های نشست عمومی زمین، فرونشست منطقه‌ای زمین و یا شکاف زمین مشاهده می‌شود. [۷]

- سند یا مجوز بهره‌برداری آب^۶

سندی است دال بر حق مصرف (اجازه استحصال و بهره‌برداری) معین آب برای شخص حقیقی یا حقوقی از منبع آبی مشخص که به صورت مدت‌دار صادر شده و مشتمل بر مشخصات دارنده و یا دارندگان، موقعیت منبع آبی، محل و نحوه تحویل و یا برداشت آب، نوع مصرف و مشخصات محل آن، جدول زمانی و حجم آب اختصاص داده شده و مدت اعتبار که بر اساس قانون توزیع عادلانه آب توسط وزارت نیرو و یا شرکت‌های آب منطقه‌ای صادر می‌شود. [۷]

-
- 1- Water Quantity Protection Area
 - 2- Water Right
 - 3- Protected Plain
 - 4- Prohibited Region
 - 5- Critical Prohibited Region
 - 6- Water Document

۱- مدیریت به هم پیوسته منابع آب^۱

مدیریت به هم پیوسته منابع آب یک رویکرد مدیریتی است که بیان می‌کند مقوله آب باید در یک چشم‌انداز همه‌جانبه شامل وضعیت طبیعی و متعادل نمودن نیازهای مختلف کشاورزی، صنعتی، شرب و زیست‌محیطی را مدنظر قرار دهد. مدیریت منابع و خدمات آب باید منعکس‌کننده روابط و تاثیرات متقابل بین مصارف مختلف آب بوده و بنابراین باید با همکاری بخش‌های مختلف همراه باشد. اگر به هم پیوستگی مناسبی در چارچوب مدیریت منابع و خدمات آب وجود داشته باشد، وضعیت عادلانه، کارآمد و پایداری پدیدار خواهد شد (لاسه هلند) [۸]

۲- نظام بهره‌برداری از منابع آب^۲

مجموعه‌ی قواعد، مقررات، مستندات و رویه‌های حقوقی و عرفی و ترتیبات نهادی که در جهت اعمال وظایف حاکمیتی مدیریت منابع آب به کار بسته می‌شود، که به‌ویژه در خصوص پایداری و حفاظت از منابع آب و تامین نیازهای پایه و ایجاد توازن منطقی در تخصیص آب به بخش‌های مختلف مصرف با توجه به شرایط اقتصادی و اجتماعی کشور و تحولات آن، ایجاد نظام ملی حسابداری منابع و مصارف آب و تعیین مبانی فنی و اقتصادی و حقوقی ناظر به امتیازات و حقوق تعیین شده (هم‌چون پروانه‌های بهره‌برداری و حقابه‌ها) و تبیین مسوولیت‌های دولت و ذینفعان در عرصه فعالیت‌های انتفاع از آب و خدمات وابسته به آن و سازماندهی انجام این فعالیت‌ها و ساز و کار مشارکت ذینفعان می‌باشد. [۹]

۱-۳- محدوده مطالعات

به طور کلی دو قسمت عمده نحوه تعیین حریم کیفی به شرح زیر می‌باشد:

- حریم کیفی نقطه‌ای یا حریم کیفی در سطح حوضه چاه
- حریم کیفی ناحیه‌ای یا حریم کیفی در سطح آبخوان

۱-۴- ضرورت تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی

به منظور حفاظت آبخوان‌ها در مقابل آلودگی، اعمال محدودیت‌ها بر کاربری اراضی موجود و آینده، و هم‌چنین برداشت بیش از حد از آبخوان‌ها، ضروری است. اما در این بین محدودیت‌هایی نیز وجود دارد، چرا که از دیدگاه اقتصادی- اجتماعی قابل قبول نیست که برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی، کل محدوده آبخوان را برای کاربری‌های مختلف ممنوع کرد. بنابراین بسیار مقرون به صرفه و معقول خواهد بود که به جای اعمال کنترل بر کاربری اراضی و میزان برداشت، در هنگام تعریف و تعیین سطح کنترل لازم در حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی از ظرفیت میرایی طبیعی آلاینده^۳ (خود پالایی آلاینده) در منطقه غیراشباع استفاده شود و در نتیجه به جای آنکه تمامی قسمت‌های آبخوان ممنوع شود، تنها توسعه کاربری، برای مناطق حساس و مستعد آلودگی متوقف گردد.

1- Integrated Water Resources Management
2- Water Resources Operation Policy
3- Natural Attenuation Capacity

بنابراین باید حریم‌هایی بر پایه آسیب‌پذیری آبخوان و شعاع حفاظتی منابع تامین آب و هم‌چنین میزان آلاینده‌ها، برای آبخوان‌ها تعیین گردد. در واقع این امر نشان می‌دهد چه فعالیت‌هایی و در کجا با خطر قابل قبول آلودگی آب زیرزمینی می‌تواند صورت بگیرد و یا چه فعالیت‌هایی متوقف گردد.

به عقیده برخی از کارشناسان، شرایط هیدروژئولوژیکی به قدری پیچیده است که هیچ‌گونه پهنه‌بندی نمی‌تواند کلیه شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه مورد نظر را پوشش دهد، با این وجود به دلایل زیر پهنه‌بندی یا تعیین حریم کیفی براساس آسیب‌پذیری آبخوان به عنوان یک چارچوب کلی برای توسعه و اجرای خطی مشی حفاظت از منابع آب زیرزمینی لازم و ضروری است: تصمیماتی که در رابطه با کاربری اراضی اتخاذ می‌گردد، به هر حال آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار خواهد داد و اگر هیچ‌گونه حریم‌بندی کیفی وجود نداشته باشد، بدین معنی است که نگرانی در مورد منبع آب زیرزمینی وجود ندارد. هم‌چنین انتظار حفاظت انحصاری از تمام منابع آب زیرزمینی (یا به عبارتی اعمال محدودیت کاربری اراضی در کل محدوده تامین آب زیرزمینی)، غیرمنطقی است. بنابراین یک استراتژی پهنه‌بندی و حریم‌بندی کیفی برای اطمینان از تعامل منطقی بین توسعه اقتصادی و حفاظت از آبخوان بسیار مهم و ضروری است.

۱-۵- مرور مراجع

۱-۵-۱- سوابق خارجی

در زمینه چگونگی تعیین حریم‌های کیفی منابع آب زیرزمینی در سطح بین‌المللی تجارب این نوع مطالعات محدود می‌باشد. اطلاعات مربوط به تجربیات کشورهای مختلف دنیا از طریق جستجو در مجلات علمی - پژوهشی، کتاب‌ها و سایت‌های اینترنتی جمع‌آوری گردیده است. در منابع جمع‌آوری شده، حریم کیفی منابع آب زیرزمینی عمدتاً عناوین «Groundwater quality protection area» و «Ground water protection zoning» بیان شده و تعیین حریم کیفی یا حریم‌های حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی در راستای طرح‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. عمده‌ترین طرح‌های حفاظت منابع آب زیرزمینی در ایالات متحده آمریکا، کشورهای اروپایی، کانادا و استرالیا انجام شده است که تعیین حریم کیفی در سطح آبخوان یا در سطح یک چاه یا گروهی از چاه‌ها از اساسی‌ترین بخش‌های طرح‌های حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی بوده است. سازمان محیط‌زیست کانادا در گزارشی تحت عنوان «تجربیات حفاظت کیفی آب‌های زیرزمینی»، حفاظت از منابع آب زیرزمینی را در اکثر کشورها از دیدگاه قانونی به سه بخش عملکردهای حفاظتی قانون‌گذاری شده^۱، قانون‌گذاری نشده و تلفیق این دو تقسیم‌بندی می‌کند. در عملکردهای قانون‌گذاری شده یکسری قوانین برای حفاظت از چاه‌های بهره‌برداری وضع شده است و برخی از کاربری‌ها در حریم اطراف چاه‌ها محدود گردیده است. تمامی بهره‌برداران موظف هستند که طبق قانون این محدودیت‌ها را رعایت کنند. از مهمترین عملکردهای حفاظتی قانون‌گذاری نشده، می‌توان پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان، تعیین حریم کیفی چاه‌ها، طبقه‌بندی آبخوان‌ها از نظر تمرکز مصارف و نوع مصارف و افزایش آگاهی‌های عمومی را نام برد.

اکثر کشورهای دنیا، به‌ویژه کشورهای اروپایی و آمریکا، از سال‌ها پیش قوانینی در مورد محدودیت‌های کاربری اراضی در حریم‌های حفاظتی چاه‌ها وضع کرده‌اند.

آب زیرزمینی در اروپا بسیار ارزشمند است زیرا بیش از نصف جمعیت اروپا از آن به عنوان منبع آب شرب استفاده می‌کنند. در حالی که در ایالات متحده آمریکا تلاش‌های زیادی به منظور پاکسازی آلودگی‌های منابع تامین آب زیرزمینی صورت گرفته است، در اروپا این تلاش‌ها در جهت جلوگیری از آلودگی‌های آتی معطوف شده است.

اروپایی‌ها در اغلب طرح‌های حفاظتی آب زیرزمینی، مناطق حفاظتی حریم چاه‌های بهره‌برداری را براساس فاصله و زمان گذر تعیین کرده‌اند [۲۱].

یکی از انتقادات به روش اروپایی‌ها در حفاظت حریم چاه‌های بهره‌برداری این است که در اغلب موارد بین سیستم‌های مختلف آبخوان با خصوصیات هدایتی و جریان‌های آب زیرزمینی با بده‌های مختلف، تمایز چندانی قائل نمی‌شود. به‌علاوه طرح حفاظت از حریم چاه‌های بهره‌برداری برای مناطق حساسی که خارج از منطقه حریم چاه‌های بهره‌برداری قرار دارند، به کار نمی‌رود.

هم‌چنین تحقیقاتی نیز در این زمینه توسط پژوهشگران صورت پذیرفته، به طور نمونه در تحقیقی با استفاده از یک مدل، عدم قطعیت در تعیین تغییرات زمانی حریم کیفی چاه در تشکیلات زمین‌شناسی غیرهمگن بررسی شد و نتایج حاصله از آن را با روش کلاسیک مقایسه گردید. هم‌چنین در تحقیق دیگری حرکت باکتری‌های بیماری‌زا و مواد شیمیایی سمی در اطراف چاه مورد بررسی قرار گرفته است.

در این راستا به بررسی وضعیت و اقدامات حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برخی از کشورهای صنعتی (شایان ذکر است که کشورهای صنعتی برگزیده در این زمینه هم‌چون آمریکا، کانادا، استرالیا و غیره اغلب دارای استانداردها و سیستم‌های مدیریتی در این زمینه بوده و الگویی برای دیگر کشورها به شمار می‌روند) پرداخته و سپس چالش‌ها و مسایل و تدابیر حفاظتی آب‌های زیرزمینی در برخی از کشورهای در حال توسعه بررسی می‌گردد.

۱-۵-۱-۱- ایالات متحده آمریکا

آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از منابع آبی مهم در آمریکا به‌شمار می‌رود که بیش از نیمی از جمعیت این کشور جهت مصارف خانگی از آن استفاده می‌کنند. به‌ویژه از سال ۱۹۹۰ ایالات متحده تلاش‌های زیادی در جهت حفاظت از آب‌های زیرزمینی انجام داده و قوانینی در این زمینه وضع کرده است. قوانین مصوب در زمینه حفاظت آب‌های زیرزمینی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA)^۱ تهیه و اجرا گردیده است [۲۲].

به‌طور کلی استراتژی حفاظت آب‌های زیرزمینی، برنامه‌های حفاظت حریم کیفی چاه‌ها و طرح جامع حفاظت آب‌های زیرزمینی ایالتی در سطح ایالت‌ها توسط EPA توسعه یافته است، اما اجرای طرح‌های حفاظت از آبخوان‌ها و حریم کیفی چاه‌ها در اغلب ایالت‌ها توسط شهرداری‌ها انجام می‌گیرد و در این راستا تاکنون طرح‌های حفاظتی آبخوان با موفقیت انجام شده است. علاوه بر آیین‌نامه‌ها و مصوبه‌های ایالتی، قوانین اصلی و پایه‌ای نیز توسط دولت فدرال در سال‌های مختلف به تصویب رسیده است. از میان قوانین، دو قانون مهم آن در رابطه با حفاظت کیفی آب می‌باشد که تحت عناوین قانون آب سالم و قانون آب آشامیدنی است که در کل ایالات متحده اجرا می‌شود. [۲۳]

۱-۵-۱-۲- کانادا

استفاده از آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف خانگی و صنعتی در کانادا در ۲۰ سال گذشته به صورت چشمگیر افزایش یافته و انتظار می‌رود این روند به‌ویژه خارج از محدوده کلان شهرها همچنان ادامه یابد، چرا که آب زیرزمینی از نظر در دسترس بودن و هزینه به صرفه‌تر است. در ۲۹ مارس ۲۰۰۶ آیین‌نامه حفاظت آب کانادا به تصویب رسید که در این آیین‌نامه تدابیر و راه‌حل‌هایی در زمینه حفاظت آب مطرح گردیده است که برخی از آنها به شرح زیر می‌باشد:

- توسعه روش‌های جدید در زمینه اقدامات حفاظت از منابع آب با همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست
- تهیه مصوبه‌های لازم در زمینه اقدامات بازدارنده در زمینه آلوده کردن آب و تهیه اختاریه‌های لازم در این زمینه
- مقرر کردن مجازات‌ها در صورت نقض مصوبات حفاظت آب و افزایش مقدار جریمه‌ها نسبت به سالیان قبل
- ممنوعیت موقتی مصرف آب در مناطق حساس در صورت لزوم
- بررسی پتانسیل و یافتن منابع تامین آب قابل اطمینان، پربازده و پایدار و اقدامات حفاظتی برای جلوگیری از آلودگی این منابع
- دادن اختیارات به ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط با امور آب در زمینه اجرای طرح‌های حفاظتی و ممنوعیت‌های موقت که این امر باید با مشورت و زیر نظر سازمان حفاظت محیط زیست صورت گیرد. بنابر این مصوبه، نماینده ارگان می‌تواند در صورت رعایت نکردن مصوبات اقدامات حفاظتی آب و یا ممنوعیت‌های موقت توسط مالک یک زمین اختاریه‌هایی لازم در این زمینه به مالک زمین بدهد و در صورت عدم موفقیت، اختاریه کتبی را به مالک تسلیم نماید و در نهایت در صورتی که تشخیص داده شود مالک مرتکب قانون‌شکنی گشته، مجازات‌های مربوط اجرا گردد. [۲۳]

۱-۵-۱-۳- آلمان

به طور خلاصه روش فواصل زمانی و مکانی (فاصله و زمان گذر) حفاظت از آب‌های زیرزمینی در آلمان به سال ۱۹۳۰ برمی‌گردد، به همین دلیل تدابیر آلمان به عنوان مدل و الگویی برای برنامه‌های دیگر کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیش‌تر از ۷۰ درصد از منابع آب آشامیدنی عمومی و تقریباً همه منابع آب‌های غیرعمومی در آلمان را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهد. مصوبات فدرال مستلزم حفاظت آب‌های زیرزمینی از طریق حفاظت حریم کیفی چاه‌ها در تمام استان‌ها است. یکی از تهدیدات عمده منابع زیرزمینی در آلمان آلودگی آنها از طریق فعالیت‌های کشاورزی است. در سال ۱۹۸۹ تقریباً ۵۰ درصد از آب آشامیدنی در آلمان تحت تاثیر آفت‌کش‌ها بوده و برآورد شده است که مقدار نیترات بین صفر تا ۸ درصد سیستم‌های عمومی منابع آب و ۵۰ درصد سیستم‌های غیرعمومی، بالاتر از حد مجاز ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر براساس آیین‌نامه آب آشامیدنی آلمان است. علاوه بر این، آیین‌نامه راهبردی در جهت کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های مرتبط با کشاورزی بسط یافته‌اند. این آیین‌نامه‌های مصوب در زمینه محدودیت استفاده از رسوبات حاصلخیز که محتوی فلزات سنگین هستند، می‌باشد. همچنین دستورالعمل در زمینه زمان ذخیره کود بر روی زمین، تناوب کشت، پوشش گیاهی زمین‌ها، محافظت از چراگاه‌ها، کنترل و مدیریت استفاده از کود و آبیاری و امور مرتبط با کشاورزی نیز در رابطه با حفاظت آب زیرزمینی ارائه شده است. [۲۳]

۱-۵-۱-۴- سوئد

تقریباً ۱۵ درصد جمعیت سوئد از چاه‌های خانگی و ۵۰ درصد از جمعیت شهری از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کنند. از سال ۱۸۹۷ قانون آب فدرال در سوئد اجرا گشته است. این قانون که به‌وسیله شهرداری‌ها اجرا می‌گردد کاربری زمین‌هایی که فاصله مشخصی از چاه دارند را محدود می‌نماید. از سال ۱۹۹۱ تقریباً ۴۰ درصد منابع آب زیرزمینی به‌وسیله ممنوعیت و محدودیت در مناطق حساس محافظت گشته است.

یکی از چالش‌ها در زمینه کیفیت آب زیرزمینی سوئد مربوط به نفوذ آب‌های شور به آبخوان‌ها می‌باشد. توسعه سریع مناطق ساحلی منجر به نفوذ آب‌های شور به بسیاری از چاه‌های کم عمق موجود گشته است. در این راستا آیین‌نامه‌هایی در زمینه محدودیت و سهمیه‌بندی استفاده از منابع آب زیرزمینی در این مناطق وضع شده است. [۲۳]

۱-۵-۱-۵- انگلیس

آب زیرزمینی منبع تامین آب ۳۵ درصد از کل جمعیت انگلیس محسوب می‌گردد. در حال حاضر حفاظت از آب زیرزمینی در انگلستان و ولز از لحاظ اجرا به‌طور منحصر به‌فرد تحت اختیارات سازمان ملی رودخانه‌ها (NRA)^۱ انجام می‌شود. اختیارات قانونی NRA شامل همه آب‌های مهار شده از قبیل آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، آب‌های ساحلی و غیره می‌گردد. NRA در سال ۱۹۹۲ سند حفاظت از آب‌های زیرزمینی را تحت عنوان «سیاست‌ها و شیوه‌های حفاظت از آب زیرزمینی» منتشر کرد. سیاست‌های کلی حفاظت از آب زیرزمینی شامل موارد زیر می‌باشد:

- کنترل در برداشت‌های غیرمجاز از آب‌های زیرزمینی
- جلوگیری از تعرض به آبخوان‌ها و جریان آب زیرزمینی
- بالا بردن راندمان و جلوگیری از تلفات آب
- استفاده از آبخوان‌های سطحی توسط چاه‌های فاضلاب

NRA نقشه‌های آسیب‌پذیری آب زیرزمینی را براساس روش طبقه‌بندی آسیب‌پذیری هشت لایه^۲ تهیه نموده است. هم‌چنین این سازمان در برنامه گسترده ملی تهیه نقشه‌های مناطق حفاظتی آب زیرزمینی برای ۷۵۰ منبع تامین آب اصلی کشور نیز فعالیت کرده است. جهت اطلاع بیشتر از فعالیت‌های حفاظتی در کشورهای مختلف، در پیوست ۱ بررسی جزئی‌تری از سوابق خارجی قرار داده شده است. [۲۳]

۱-۵-۲- سوابق داخلی

در ایران تا سال‌های اخیر قوانین و برنامه‌های حفاظتی ویژه‌ای برای حفاظت از کیفیت سفره‌های آب زیرزمینی که ضمانت قانونی نیز داشته باشد، مورد بررسی قرار نگرفته است و تنها قوانینی به صورت کلی که بیش‌تر جنبه کمی آن حایز اهمیت می‌باشد وضع شده که مهم‌ترین آنها در پیوست ۲ ارایه شده است. اما در سال‌های اخیر با تنزل کیفیت آب آبخوان‌ها و اهمیت موضوع، مطالعات و پروژه‌های تحقیقاتی بسیاری در دانشگاه‌ها، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

انجام شده است. دستورالعمل حاضر نیز منتج از یکی از این پروژه‌ها تحت عنوان «چگونگی تعیین حریم‌های کیفی منابع آب زیرزمینی و برنامه‌ریزی جهت عملیاتی شدن آن» که توسط شرکت مهندسين مشاور لار به کارفرمایی شرکت مدیریت منابع آب ایران انجام شده است، می‌باشد.

۱-۶- جمع بندی

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش بی‌رویه و گاه‌بی‌برنامه در مصرف آب، کاهش نزولات جوی و پرهزینه بودن توسعه منابع آب سطحی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور در تمام بخش‌های مصرف توسط منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد که از آبخوان‌های آزاد و ممنوعه می‌باشد. بعضاً از سازندهای سخت نیز که صرفاً برای مصارف شرب می‌باشد، استفاده می‌گردد و این در حالی است که این آبخوان‌ها از آسیب‌پذیری و حساسیت بیشتری در مقابل آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهرنشینی برخوردار هستند. در بسیاری از موارد آلودگی آب زیرزمینی، بعد از آلوده شدن چاه‌های آب شرب شناسایی می‌شوند. در صورت آلوده شدن آب زیرزمینی، رفع آلودگی آب زیرزمینی بسیار پرهزینه و فرایندی طولانی است و اغلب زمانی آلودگی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان غیرممکن می‌گردد. به‌علاوه تاثیر آلودگی آب زیرزمینی تنها مختص چاه‌های تامین آب و خود آبخوان نبوده و تخلیه آب زیرزمینی به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها باعث آلودگی منابع آب سطحی نیز می‌شود که عواقب زیست‌محیطی خطرناکی را به دنبال دارد.

با توجه به این‌که در بخش وسیعی از کشور، منابع آب زیرزمینی جزو منابع مهم تامین آب به‌خصوص در بخش شرب و کشاورزی به شمار می‌رود و هم‌چنین استفاده از این منابع مستلزم اعمال مدیریتی صحیح می‌باشد و نباید به طور مداوم تحت استفاده بیش از حد و اثرات نامطلوب ناشی از آلودگی قرار گیرد.

فصل ۲

تعیین حریم کیفی نقطه‌ای

۱-۲- مفهوم حریم کیفی نقطه‌ای

تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (WHPA) در سطح ناحیه یک چاه می‌باشد، حفاظت آب زیرزمینی را در محدوده مجاور یک چاه یا حوضه آن شامل می‌شود. هم‌چنین نوع منبع آب زیرزمینی، تعیین‌کننده اهداف، مقیاس مطالعات و هم‌چنین انواع حریم‌های کیفی خواهد بود. اگر منبع آب زیرزمینی یک آبخوان باشد و هدف از تعیین حریم کیفی، حفاظت کل آبخوان، ارائه طرح‌ها، سیاست‌ها و خط‌مشی‌های منطقه‌ای و ملی باشد، مقیاس‌های کوچک‌تر انتخاب می‌شود. اما در صورتی که بخشی از یک آبخوان (مانند محدوده تحت نفوذ یک یا چند چاه آب شرب) مدنظر باشد و هدف از مطالعه تعیین حریم کیفی و ارائه راه‌کاری برای حفاظت از منابع برداشت باشد، باید مقیاس‌های بزرگ‌تر انتخاب گردد. در واقع مقیاس مطالعات تابعی از نوع منبع آب زیرزمینی می‌باشد. به طور کلی در مطالعات تعیین حریم کیفی دو نوع منبع آب زیرزمینی و به تبع آن دو نوع مقیاس مطالعه می‌توان تعریف کرد که به قرار زیر می‌باشد:

- ذخایر و منابع کلی آب زیرزمینی یا به عبارتی آبخوان‌ها

- منابع یا تاسیسات برداشت آب زیرزمینی مانند چاه، چشمه و قنات‌های بهره‌برداری

بنابراین برای تعیین حریم کیفی آبخوان‌ها از مقیاس‌های کوچک‌تر ($\frac{1}{100000}$) و برای منابع نقطه‌ای نظیر چاه، چشمه و

قنات‌های مشاهده‌ای از $\frac{1}{25000}$ SCALE $\frac{1}{100000}$ استفاده می‌شود.

براساس توضیحات ارائه شده، به طور کلی دو نوع حریم کیفی براساس مقیاس و نوع منبع و هدف از تعیین حریم کیفی منابع آب زیرزمینی وجود دارد:

الف- حریم کیفی محلی یا حریم کیفی نقطه‌ای

ب- حریم کیفی ناحیه‌ای یا حریم کیفی در سطح آبخوان

از مهم‌ترین موضوعاتی که در حفاظت از منابع آب زیرزمینی و تعیین حریم کیفی چاه به شمار می‌روند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تعیین میزان نفوذ آلاینده‌ها

- سرعت حرکت آنها در خاک و آب‌های زیرزمینی

- تعیین مدت زمانی که غلظت یک آلودگی تحت تاثیر منبع آلاینده به مقدار مشخصی افزایش یابد

- تعیین فاصله مناسب منبع آلاینده نسبت به لایه آبدار، به گونه‌ای که طی مدت زمان مشخصی غلظت آلاینده در آن از حد معینی فراتر نرود.

بنابراین بر خلاف حریم هیدرولیکی و یا شعاع اثرپذیری لایه آبدار از چاه که تنها به سطح ایستابی و دینامیکی آب، شیب زمین، ضریب نفوذپذیری خاک و میزان برداشت آب از چاه بستگی دارد، حریم بهداشتی علاوه بر عامل‌های یاد شده، به متغیرهای دیگری هم‌چون نوع آلاینده و غلظت اولیه آن در لایه آبدار و منبع آلودگی و زمان نیز وابسته است. افزون بر آن سرعت حرکت آلاینده‌ها در خاک به دلایل متعدد الزاما از سرعت حرکت آب در لایه آبدار تبعیت نمی‌کند و به همین دلیل روابط تجربی و یا ریاضی نظیر رابطه‌های دوپویی، زی‌شارد و ژاکوپ که برای تعیین میزان آبدهی و حریم هیدرولیکی چاه تدوین شده‌اند، از صحت و دقت کافی در تعیین حریم کیفی چاه برخوردار نخواهند بود.

۲-۲- بررسی انواع معیارها در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای

عوامل تاثیرگذار و مهمی که به عنوان چارچوب برای تعیین روش‌ها به کار می‌رود، معیار^۱ نامیده می‌شود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در سال ۱۹۹۳ پنج معیار برای تعیین حریم حفاظتی چاه توصیه کرده است که عبارتند از:

- معیار فاصله^۲
- معیار افت^۳
- معیار زمان گذر^۴
- معیار مرزهای جریان^۵
- ظرفیت لایه آبدار برای جذب و کاهش آلودگی^۶

شرح هر یک از معیارهای فوق به قرار زیر می‌باشد:

۲-۲-۱- فاصله

معیار فاصله برای تعیین حریم حفاظتی چاه جهت محاسبه یک شعاع ثابت از چاه بهره‌برداری تا مرز حریم چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش برای تعیین حریم کیفی محلی می‌باشد. زیرا در این روش جریان آب زیرزمینی و فرایندهای انتقال لحاظ نمی‌شود، فقط به عنوان یک مرحله مقدماتی توصیه می‌گردد.

۲-۲-۲- افت

افت عبارت است از کاهش ارتفاع سطح آب چاه در اثر پمپاژ که معمولاً بیش‌ترین افت در خود چاه اتفاق می‌افتد و با دور شدن از چاه میزان افت کاهش پیدا می‌کند تا حدی که سطح آب زیرزمینی تحت تاثیر پمپاژ قرار نمی‌گیرد. این مرز، محدوده تاثیر یا گستره سطحی مخروط افت چاه نامیده می‌شود که در سطح به شکل دایره بوده و شعاع آن را شعاع تاثیر می‌گویند. سرعت جریان آب زیرزمینی از مرز شعاع تاثیر به سمت چاه پمپاژ به دلیل افزایش گرادیان هیدرولیکی، افزایش پیدا می‌کند، بنابراین افت سطح آب می‌تواند جریان آلاینده‌ها را به سمت چاه پمپاژ افزایش دهد. معیار افت برای تعیین مرزهای محدوده تاثیر^۷ مورد استفاده قرار می‌گیرد و محدوده تاثیر نیز می‌تواند به عنوان حریم حفاظتی چاه در نظر گرفته شود.

-
- 1- Criteria
 - 2- Distance Criteria
 - 3- Drawdown Criteria
 - 4- Travel Time Criteria
 - 5- Flow Boundaries Criteria
 - 6- Capacity of Aquifer to Assimilate Contaminants
 - 7- Zone of Influence

۲-۲-۳- زمان گذر

معیار زمان گذر برای نشان دادن مدت زمان حرکت آب زیرزمینی یا آلاینده از یک نقطه در حریم چاه تا خود چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این معیار نقشه خطوط «هم ارزش زمان گذر»^۱ آلاینده در یک محدوده زمانی تهیه می‌گردد. محدوده‌های واقع بین خطوط هم زمان گذر، به‌عنوان حریم‌های کیفی در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۲-۴- مرزهای جریان

معیار مرزهای جریان برای تعیین محل خطوط تقسیم آب زیرزمینی یا عوارض فیزیکی- هیدرولوژیکی دیگر که جریان آب زیرزمینی را کنترل می‌کنند، به کار می‌رود. این عوارض فیزیکی- هیدرولوژیکی محدوده جغرافیایی که در تامین آب چاه شرکت دارد، را تعیین می‌کنند. محدوده جغرافیایی تعیین شده به‌عنوان حریم کیفی چاه انتخاب می‌گردد. این روش فرض می‌کند آلاینده‌هایی که در این محدوده واقع می‌شوند، سرانجام به چاه خواهند رسید. مرزهای جریان می‌توانند طبیعی (مانند یک مرز نفوذناپذیر) یا مصنوعی (مانند خط تقسیم آب زیرزمینی ایجاد شده توسط یک چاه دیگر) باشند. معیار مرزهای جریان به‌ویژه در سیستم‌های سفره‌ای ساده مفید است.

۲-۲-۵- ظرفیت لایه آبدار برای جذب و کاهش آلودگی

معیار ظرفیت جذب، این واقعیت را در نظر می‌گیرد که بخش اشباع و غیراشباع یک آبخوان می‌تواند اثرات آلاینده‌ها را قبل از این‌که به چاه برسند از طریق فرایندهای رقیق‌سازی، پخشیدگی، جذب و واکنش‌های شیمیایی یا زوال زیستی کاهش دهند. این روش به دانش کافی در مورد مدل‌سازی انتقال آلاینده‌ها و اطلاعات وسیع در مورد هیدرولوژی، زمین‌شناسی و ژئوشیمی منطقه مورد مطالعه نیاز دارد.

۲-۳- بررسی انواع روش‌ها در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای

چندین روش برای تعیین حریم چاه وجود دارد که از نظر روش کار و هزینه‌های اجرایی با هم متفاوت بوده و انتخاب هر یک از آنها با توجه به منابع موجود، شرایط هیدروژئولوژیکی و اهداف ویژه‌ای صورت می‌گیرد. پیشرفته‌ترین و بهترین روش‌ها، روش‌هایی است که از مباحث تحلیلی و یا از مدل‌سازی کامپیوتری و یا ترکیبی از آن دو استفاده کند، که در این صورت اگر برداشت‌های دقیق و کاملی از پارامترهای آبخوان مورد نیاز باشد، ممکن است حتی از همکاری مشاورین فنی نیز در این زمینه استفاده گردد.

۲-۳-۱- روش شعاع ثابت دلخواه (OFR)^۲

در این روش در اطراف هر چاه موجود در محدوده مورد مطالعه یک دایره با شعاع مشخص رسم می‌شود که تعیین کننده حریم است (شکل ۱-۲). به‌عنوان مثال در ایالت جورجیا این شعاع حدوداً ۴۵۰ متر برای هر چاه در نظر گرفته شده ولی در ایالت لوئیزیانا

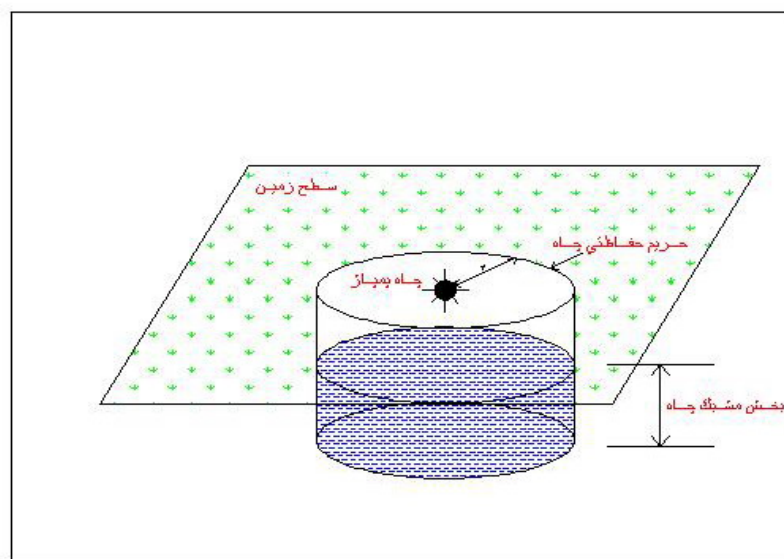
1- Isochrones

2- Optional Fix Radial

برای آبخوان‌های آزاد شعاع ۳۲۰۰ متر و برای آبخوان‌های محبوس شعاع ۱۶۰۰ متر به‌عنوان حریم هر چاه تعریف شده است. در ایران نیز بسته به نوع حریم مورد نظر می‌توان یک شعاع در نظر گرفت. ولی به‌طور کلی اندازه شعاع انتخابی بازتابی از خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه است.

این روش ساده و ارزان بوده و انجام آن به مهارت فنی چندانی نیاز ندارد. انتخاب شعاع ثابت بزرگ در این روش می‌تواند اثرات حفاظتی آن را بر روی آبخوان افزایش داده و نقطه ضعف‌های تکنیکی این روش را جبران کند. هم‌چنین استفاده از این روش به‌عنوان یک روش سریع ولی موقتی (تا زمانی که روش دقیق‌تری استفاده شود) معمول است. البته این روش به ویژه زمانی مفید است که خطر آلودگی قریب‌الوقوعی منطقه را تهدید کند و اقدامات فوری ضروری باشد.

از معایب این روش این است که اساس این روش برپایه اصول هیدروژئولوژیکی استوار نیست و دیگر این که ممکن است اطلاعات کافی برای تعیین شعاع آستانه موجود نباشد. بنابراین، این روش به تنهایی ممکن است برای حفاظت منطقه تغذیه ناکافی باشد. هم‌چنین کاربرد این روش ممکن است هزینه‌های اضافی را بر مدیریت اراضی تحمیل کند (در صورتی که حریم پیشنهادی وسیع‌تر از مقدار کافی باشد)؛ به‌ویژه در مناطقی با زمین‌شناسی پیچیده که دارای مرزهای هیدرولوژیکی واقعی هستند. مضاف بر این‌ها پایه‌های علمی محدود این روش در مقایسه با سایر روش‌ها آن را از قابلیت دفاع کم‌تری برخوردار می‌سازد. در استفاده از این روش توجه به منابع آلودگی بالقوه در نزدیکی و در داخل حریم تعیین شده می‌تواند در تعیین این که آیا استفاده از روش‌های پیچیده‌تر ضروری است یا نه، کمک کند.



شکل ۲-۱- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از یک شعاع ثابت دلخواه [۵]

۲-۳-۲- روش شعاع ثابت محاسبه شده (CFR)^۱

در این روش برای هر زمان گذر^۲ ویژه یک مرز دایره‌ای شکل حول هر حلقه چاه رسم می‌شود که برای محاسبه شعاع دایره از معادله زیر استفاده می‌گردد.

1- Calculated Fix Radial
2- Time of Travel

$$R = \sqrt{\frac{QT}{\pi n H}} \quad (۱-۲)$$

که در این معادله:

R: شعاع دایره

Q: نرخ پمپاژ چاه (مترمکعب بر سال)

n: تخلخل آبخوان (درصد)

H: طول اسکرین چاه (متر)

T: زمان گذر تا چاه پمپاژ (سال) که براساس هیدروژئولوژی و موقعیت منبع آلاینده انتخاب می‌شود

π : ۳/۱۴

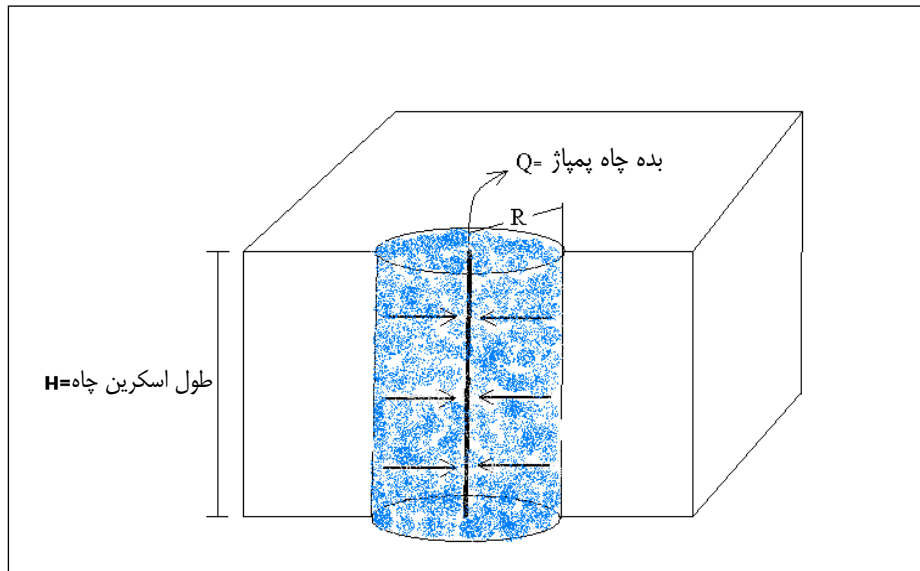
شکل (۲-۲) استفاده از روش شعاع ثابت محاسبه شده را نشان می‌دهد. معادله فوق با توجه به حجم آبی که در یک دوره زمانی معین از یک چاه می‌توان پمپاژ کرد تهیه شده است. این دوره زمانی براساس تخمین زمان لازم برای تصفیه آلودگی آب زیرزمینی قبل از این که به چاه برسد یا زمان لازم برای رقیق شدن و پخش آلودگی (برای مثال حدود ۵ سال) تعیین می‌شود. همان‌طور که از پارامترهای معادله مشخص است، معادله فوق شامل پارامترهای هیدرولوژیک پایه می‌باشد. حسن استفاده از این روش در سادگی کاربرد، هزینه کم و تا حدودی عدم نیاز آن به تکنسین‌های ماهر است. مشابه با روش شعاع ثابت دلخواه به‌وسیله این روش می‌توان محدوده حریم را برای تعداد زیادی از چاه در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تعیین کرد. البته این روش نسبت به روش قبل به لحاظ استفاده از فرمولی مشخص علمی‌تر بوده و از دقت بیشتری برخوردار است.

در زیر مثالی برای تعیین حریم چاه با استفاده از روش شعاع ثابت محاسبه شده ارائه شده است:

مثال: یک منطقه روستایی روی یک سفره محبوس واقع شده است. چاه موجود در این روستا با نرخ ثابت $370110 \text{ m}^3/\text{year}$ آب را پمپاژ می‌کند و طول اسکرین چاه نیز $30/5$ متر است. براساس اطلاعات موجود، تخلخل آبخوان ۲۵ درصد است. با انتخاب ۵ سال به‌عنوان زمان گذر (TOT) حریم چاه ۴۵۷ متر تعیین می‌گردد. بنابراین شعاع ۴۵۷ متر به عنوان حریم کیفی (حفاظتی) نقطه‌ای برای چاه مورد نظر انتخاب می‌گردد.

گاهی برخی نتایج ممکن است اشتباه باشند و این به دلیل آن است که این تکنیک همه فاکتورهای موثر بر انتقال آلودگی را لحاظ نمی‌کند. به‌علاوه استفاده از آن در مناطقی که از نظر زمین‌شناسی پیچیده‌اند و مرزهای هیدرولوژیک وجود دارند محدودیت دارد. از معایب دیگر این روش این است که حریم چندان مطمئنی برای چاه تعیین نمی‌کند و این به علت کلی‌نگری است که در محاسبه خصوصیات آبخوان انجام می‌دهد. به‌خصوص این خطا زمانی بارز می‌شود که سازندهای زیر سطحی ناهمگون باشند. در یک آبخوان آبرفتی رسوبات مجموعه‌ای از قلوه‌سنگ‌ها، سیلت و رس هستند که اغلب، شکل‌گیری آنها طوری است که مسیرهای ترجیحی را برای حرکت آب ایجاد می‌کنند و یا موانعی را برای آن به وجود می‌آورند (بافت جهت یافته^۱). اگرچه این روش نسبتاً ارزان است ولی ممکن است نسبت به روش قبلی هزینه‌های بیشتری داشته باشد و این به دلیل صرف زمان برای تعیین پارامترهای هیدروژئولوژیکی مورد نیاز در معادله (۱-۲) است. بنابراین کاربرد تکنیک روش ثابت برای چاه‌هایی که کاملاً در رسوبات آبرفتی حفر

شده‌اند، ممکن است محدوده کاملاً امنی را به منظور جلوگیری از ورودی آلودگی سطحی به چاه ایجاد نکند. به‌همین دلیل عامل ضریب امنیت^۱ برای این مدل در نظر گرفته می‌شود، که مقدار آن برای زمانی که همه پارامترها شناخته شده باشند معادل $1/3$ و برای مواقعی که یکی یا بیش‌تر آنها مجهول باشند، $1/5$ فرض می‌شود.



شکل ۲-۲- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از یک شعاع ثابت محاسبه شده [۵]

۲-۳-۳- روش اشکال مختلف ساده شده (SVS)^۲

این روش از مدل‌های تحلیلی^۳ برای ایجاد شکل‌های استاندارد حریم کیفی چاه با توجه به معیارهای هیدروژئولوژیکی نمایانگر^۴، زمان گذر (TOT) و مرزهای جریان (موقعیت عوارض هیدرولوژیک و فیزیکی کنترل کننده جریان آب زیرزمینی) استفاده می‌کند. شکل این حریم‌ها متنوع بوده و برای مجموعه‌های مختلفی از شرایط گوناگون هیدروژئولوژیکی محاسبه شده‌اند که برای هر مجموعه از این شرایط شکل‌های زیادی ممکن است به کار رود. با این حال این روش تعداد کمی از انواع عمومی آنها را پیشنهاد می‌کند. بهترین شکل برای حریم چاه شکلی است که با پارامترهای هیدروژئولوژیکی و شرایط زمین‌شناسی منطقه دقیقاً هماهنگ باشد. یک شکل استاندارد شده زمانی قابل قبول است که به‌طور طبیعی در اطراف چاه و براساس جریان آب‌های زیرزمینی تعریف گردد. (شکل ۲-۳)

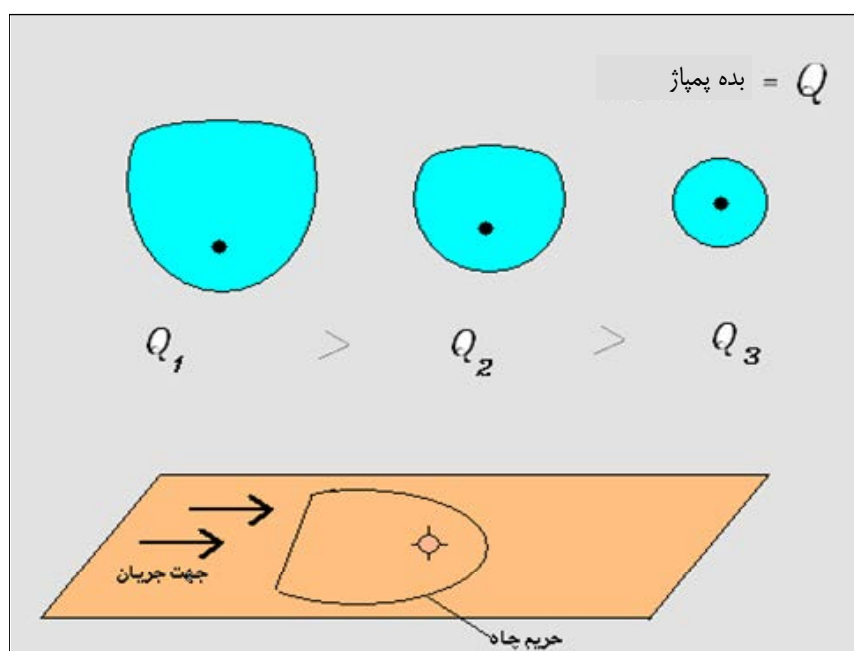
گسترده‌گی محدوده حریم در بالادست جریان با استفاده از معادله زمان گذر و وسعت منطقه تغذیه کننده (ZOC)^۵ به‌دست می‌آید و مرزهای پایین‌دست حریم نیز به‌وسیله حل معادله جریان یکنواخت محاسبه می‌شوند.

مزایای استفاده از این روش به شرح زیر است:

- احتیاج به داده‌های صحرائی کمی دارد و پس از این که یک‌بار شکل استاندارد (برای یک چاه) محاسبه شد، برای سایر موارد محاسبه آن ساده است.

1- Factor of Safety (F.S)
 2- Simplified Various Shapes
 3- Analytical Models
 4- Representative Hydrological Criteria
 5- Zone of Contribution (ZOC)

- از نظر قیمت تمام شده، تنها با مختصر افزایشی در هزینه‌ها در مقایسه با روش شعاع ثابت می‌توان نتایج بسیار جامع‌تر و تکنیکی‌تری را به‌دست آورد. زیرا به منظور ترسیم شکل استاندارد شده داشتن اطلاعاتی نظیر نرخ پمپاژ چاه، جنس مواد سفره و جهت جریان آب زیرزمینی ضروری است.
- معایب این روش نیز عبارتند از:
 - در شرایطی که تغییرات زمین‌شناسی زیاد و مرزهای هیدرولوژیکی متعدد وجود داشته باشد میزان خطا در تعیین حریم بالا می‌رود. به علاوه برای توسعه دقیق فرم‌های استاندارد و تعیین الگوی مناسب جریان آب زیرزمینی در حریم چاه به حجم وسیعی از داده‌ها نیاز است.
 - به زبان ساده‌تر این روش نسبت به دو روش قبلی قابلیت‌ها و توانایی‌های بیش‌تری دارد ولی نتایج آن ممکن است با اندک خطایی در اطلاعات ورودی به مقدار زیادی از واقعیت دور شود. شکل (۲-۳) مراحل این روش را به طور شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از شکل‌های مختلف ساده [۵]

این روش به‌طور کلی اشکالی را به‌عنوان حریم چاه تعریف می‌کند که نشان‌دهنده شرایط پمپاژ و شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه هستند. این اشکال مختلف براساس محاسبه فاصله تا پایین‌دست جریان و گستره جانبی مرزهای آن حول یک چاه پمپاژ، به‌وسیله حل معادلات تحلیلی نظیر معادله جریان یکنواخت به‌دست می‌آیند. شکل پیشنهادی توسط مدل با شرایط هیدروژئولوژیکی و پمپاژ منطقه هماهنگ است و یا این‌که با اطلاعاتی که در بازدید صحرایی از محیط پیرامون چاه به‌دست می‌آید قابل ترسیم است. به‌طور کلی شکل مزبور منطبق با الگوی حرکت آب زیرزمینی در اطراف چاه می‌باشد.

جایی که مقادیر نسبتاً دقیقی از هدایت هیدرولیکی و شیب هیدرولیکی اندازه‌گیری شده باشد (مثلاً مقادیر متوسط آن موجود باشد و یا مقادیری که در گذشته اندازه‌گیری شده‌اند در دسترس بوده و به کل منطقه تعمیم داده شده باشند)، از این روش به‌خصوص برای

مناطق روستایی و مناطقی که داده‌های صحرایی محدودند ولی اطلاعات تعمیم یافته یا ناحیه‌ای^۱ در دسترس است، بسیار مفید می‌باشد. در این روش یک ضریب ایمنی^۲ یا زون بافر^۳ در اطراف چاه تعریف می‌شود که چنانچه اطلاعات از دقت، اعتبار و جزییات بیش‌تری برخوردار باشند، می‌تواند به‌عنوان حریم مطمئنی برای هر چاه در نظر گرفته شود.

به‌عنوان مثال در تعیین WHPA با استفاده از معادلات جریان یکنواخت، منطقه آبیگری (ZOC) ممکن است به صورت نوار باریک و طولی در بالادست چاه تعریف شود. با این حال اگر گرادیان هیدرولیک استفاده شده در این تعریف بیش‌تر از مقدار واقعی تخمین زده شده باشد، منطقه آبیگری به شکل دایره نزدیک‌تر شده و محدوده بیش‌تری از پایین دست و جوانب چاه را در بر می‌گیرد. در واقع تنها زمانی که گرادیان هیدرولیکی به صفر میل می‌کند (آب راکد) روش CFR (شعاع ثابت محاسبه شده) بهترین مقدار را برای منطقه آبیگری (ZOC) ارائه می‌کند. بنابراین، این روش برای شرایطی که گرادیان هیدرولیکی کم‌تر از مقدار واقعی باشد زون بافر را در بالادست و برای شرایطی که بیش‌تر از مقدار واقعی باشد آنرا در پایین دست جریان گسترش می‌دهد. همچنین برای زمانی که خطوط جریان به‌طور نه چندان دقیقی برآورد شده باشند نیز به ازای هر ۳۰۴/۸ متر در بالادست جریان (محاسبه شده با CFR) ۷۶/۲ متر در پایین دست را به‌عنوان حریم تعریف می‌کنند.

این زون‌های بافر به‌عنوان فاکتور اطمینانی که ضریب عدم قطعیت مقدار هدایت هیدرولیکی را تعیین می‌کند، نیز به‌کار می‌روند. کارکردن با این روش در مورد آبخوان‌های ناهمگون و آنهایی که شامل مرزهای هیدروژئولوژیک هستند (مانند کانال‌های آبیاری، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها) نتایج قابل قبولی را ارائه نمی‌دهد.

۲-۳-۴- مدل‌های تحلیلی

این مدل‌ها از یکسری معادلات به منظور ترسیم حریم چاه استفاده می‌کنند و برای درک سیستم‌های شبکه جریان آب زیرزمینی و انتقال آلودگی بسیار مفید هستند. در این مدل برای تعریف منطقه تغذیه در سفره‌های با سطح ایستابی شیب‌دار از معادلات جریان یکنواخت استفاده شده است.

هنگام استفاده از این روش، داده‌های هیدروژئولوژیکی ویژه‌ای برای هر چاه به‌عنوان ورودی به منظور حل معادلات مزبور لازم است. این داده‌ها شامل هدایت هیدرولیکی، ضریب آبگذری، گرادیان هیدرولیکی، نرخ پمپاژ و ضخامت منطقه اشباع می‌باشند. با داشتن این اطلاعات و با استفاده از معادلات نامبرده می‌توان شکل کلی WHPA را رسم نمود. مرزهای بالادست در این روش بر پایه مرزهای جریان یا مقادیر آستانه TOT به‌دست می‌آیند.

این روش حتی با وجود آنکه ممکن است مستلزم استفاده از مشاورین فنی باشد، نسبتاً ارزان تمام می‌شود و از جمله روش‌هایی است که در تعیین WHPA کاربرد وسیعی دارد. البته در صورتی که داده‌های هیدرولوژیکی صحرایی موجود نباشند، به‌دلیل لزوم جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آزمایش پمپاژ چاه‌ها و حفاری گمانه‌ها، هزینه‌ها افزایش می‌یابد.

اگرچه این تکنیک می‌تواند منطقه تغذیه چاه را برای آبخوان‌هایی که سطح ایستابی شیب‌دار دارند تعریف کند، ولی در اصل نمی‌تواند افت (پایین افتادن آب در چاه) در اثر پمپاژ که تعیین کننده شعاع تاثیر (مخروط افت) است را اندازه بگیرد.

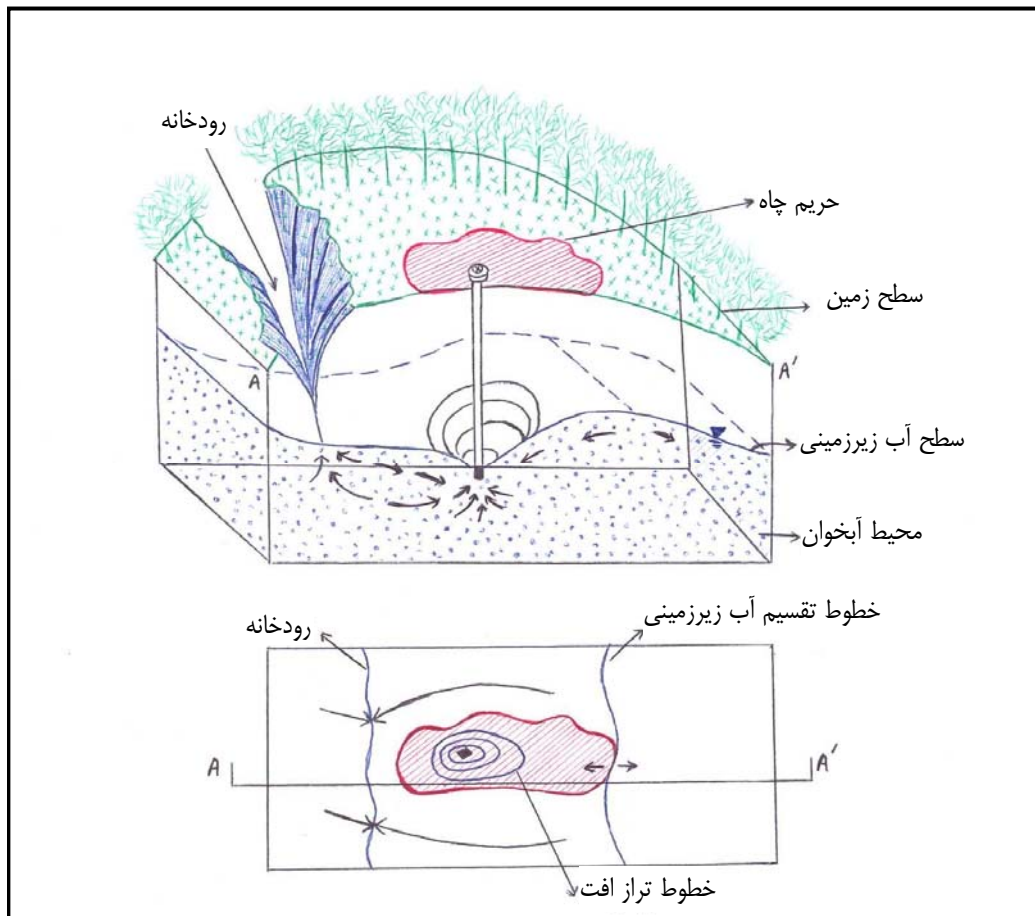
1- Regional
2- Factor Safety
3- Buffer Zone

به‌علاوه روش‌های تحلیلی به‌طور کلی معمولاً ناهمگون بودن محیط و وجود مرزهای هیدروژئولوژیکی را در مدل‌سازی در نظر نمی‌گیرند. ولی با این وجود مدل‌های کامپیوتری تحلیلی سیستم جریان و مدل‌های انتقال آلودگی بسیار بین کاربران توسعه داده شده است. مدل‌های WHPA2.1، WHPA2.2 و WhEAM چند مدل تحلیل شبیه‌ساز جریان آب زیرزمینی بوده که برای تعیین حریم چاه به‌طور گسترده استفاده می‌شود. در پیوست (۳) این دستورالعمل تحت عنوان «چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم نقطه‌ای سفره‌های آب زیرزمینی» نحوه اجرای مدل WhEAM با ذکر چند مثال مختلف ارائه شده است.

۲-۳-۵- برداشت‌های هیدروژئولوژیک

در این روش از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و ردیابی رنگی برای تهیه نقشه مرزهای جریان و تعیین زمان‌گذر استفاده می‌شود. به منظور یافتن مرزهای بهینه جریان، براساس مطالعات زمین‌شناسی محدوده آبخوان، نوع سازندها از نظر نفوذپذیری تعیین می‌شوند و از طریق کاوش‌های ژئوفیزیکی، وسعت و ضخامت سفره غیر محبوس را تخمین می‌زنند. هم‌چنین می‌توان خط تقسیم آب زیرزمینی^۱ را نیز به‌عنوان یکی از نقشه‌های هیدروژئولوژیکی در این مدل به‌کار گرفت. شکل (۲-۴) نحوه استفاده از مرزهای زمین‌شناسی و خط تقسیم آب را در تعیین حریم چاه نشان می‌دهد.

این روش هم‌چنین می‌تواند برای تعیین مرزهای حریم چاه در آبخوان‌های کارستی پیشرفته^۲ نیز استفاده شود که در آنها جریان آب سرعت‌های بالا داشته و تغذیه به سرعت از خلال ساختارهای کانالی صورت می‌گیرد. (کارست منطقه‌ای متشکل از سنگ‌هایی است که دچار انحلال شده‌اند). حریم چاه در این روش ابتدا به‌وسیله تعیین خط تقسیم آب و تهیه نقشه هم‌پتانسیل و سپس توسط آزمون‌های ردیابی رنگی به منظور تعیین دقیق‌تر الگوهای تغذیه منابع کارستی تعیین می‌گردد. استفاده از ردیابی رنگی برای آبخوان‌های کارستی ضروری است زیرا الگوی حرکت آب زیرزمینی در این زمین‌ها معمولاً بر توپوگرافی منطقه منطبق نیست و با پایین و بالا رفتن سطح ایستابی تغییر می‌کند. این شیوه تعیین حریم، در مواردی که مرزهای جریان نسبتاً نزدیک زمین هستند، مانند آنچه در آبخوان‌های آبرفتی یا یخچالی مشاهده می‌شود و هم‌چنین برای آبخوان‌هایی که خصوصیات فیزیکی متفاوتی در جهات مختلف دارند، مانند کارست‌ها و زون‌های خرد شده، نتایج بسیار قابل قبولی ارائه می‌دهد. اجرای این روش احتیاج به مهارت زمین‌شناسی بالا و کارشناسان حرفه‌ای برای تشخیص مرزهای جریان دارد. در صورتی که داده‌های هیدروژئولوژیک کم بوده و انجام عملیات صحرائی ضروری باشد، هزینه تهیه آنها نیز به مجموعه هزینه‌ها اضافه می‌گردد. لذا به‌طور کلی این روش پرهزینه است. نکته قابل توجه این است که استفاده از داده‌های برون‌یابی شده در این روش باید با احتیاط زیادی صورت گیرد.

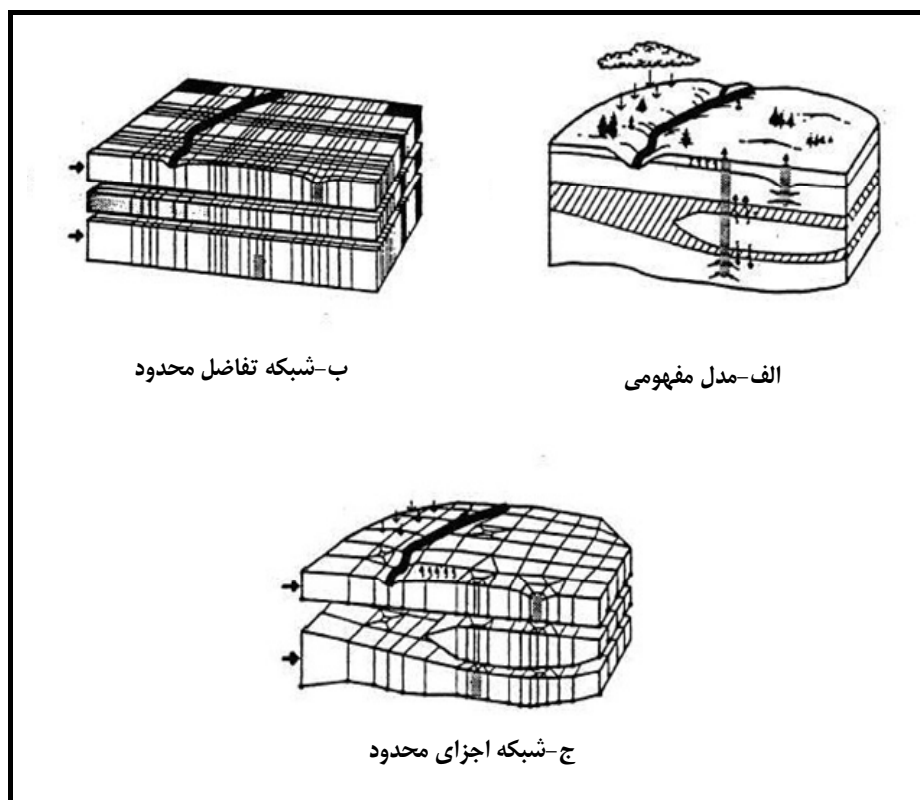


شکل ۲-۴- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از برداشت‌های هیدروژئولوژیکی [۵]

۲-۳-۶- مدل‌سازی عددی

در این روش از تکنیک‌های مدل‌سازی کامپیوتری برای شبیه‌سازی سه بعدی مرزهای آبخوان با استفاده از حل معادلات عددی^۱ استفاده می‌شود. بیش‌ترین تأکید در این روش بر اساس تهیه مدل ریاضی جریان و مدل انتقال آلودگی است. مدل‌های جریان برای محاسبه تغییرات در توزیع بار هیدرولیکی، افت‌ها، سرعت و جهت جریان، زمان‌گذر و موقعیت سطح تماس بین سیالات مخلوط نشدنی استفاده می‌شوند، درحالی‌که مدل‌های انتقال آلاینده، حرکت، غلظت و توازن جرمی^۲ یون‌های محلول در آب را پیش‌بینی می‌کنند. برای شروع به کار با این مدل‌ها ابتدا باید شبکه‌ای که آبخوان مورد نظر را شبیه‌سازی می‌کند ایجاد شود. سپس نوع مدل مورد استفاده انتخاب می‌گردد که به عنوان نمونه می‌توان به مدل‌های مفهومی، تفاضل محدود و المان محدود اشاره نمود (شکل ۲-۵). سپس روی هر گره در این شبکه مقادیر عمق سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی و ضخامت آبخوان به‌عنوان داده ورودی وارد می‌شوند. این‌ها اساس معادلات ماتریسی که آبخوان را از لحاظ کمی شبیه‌سازی می‌کنند، می‌باشند. این مدل می‌تواند هرگونه تغییر در شرایط هیدرولوژیک آبخوان از جمله وجود رودخانه، زهکش، نفوذ از سطح آبخوان و ... را شبیه‌سازی کند، لذا استفاده از آن روش مفیدی برای بررسی آثار این تغییرات روی خصوصیات آبخوان می‌باشد.

1- Numerical Equation
2- Mass Balance

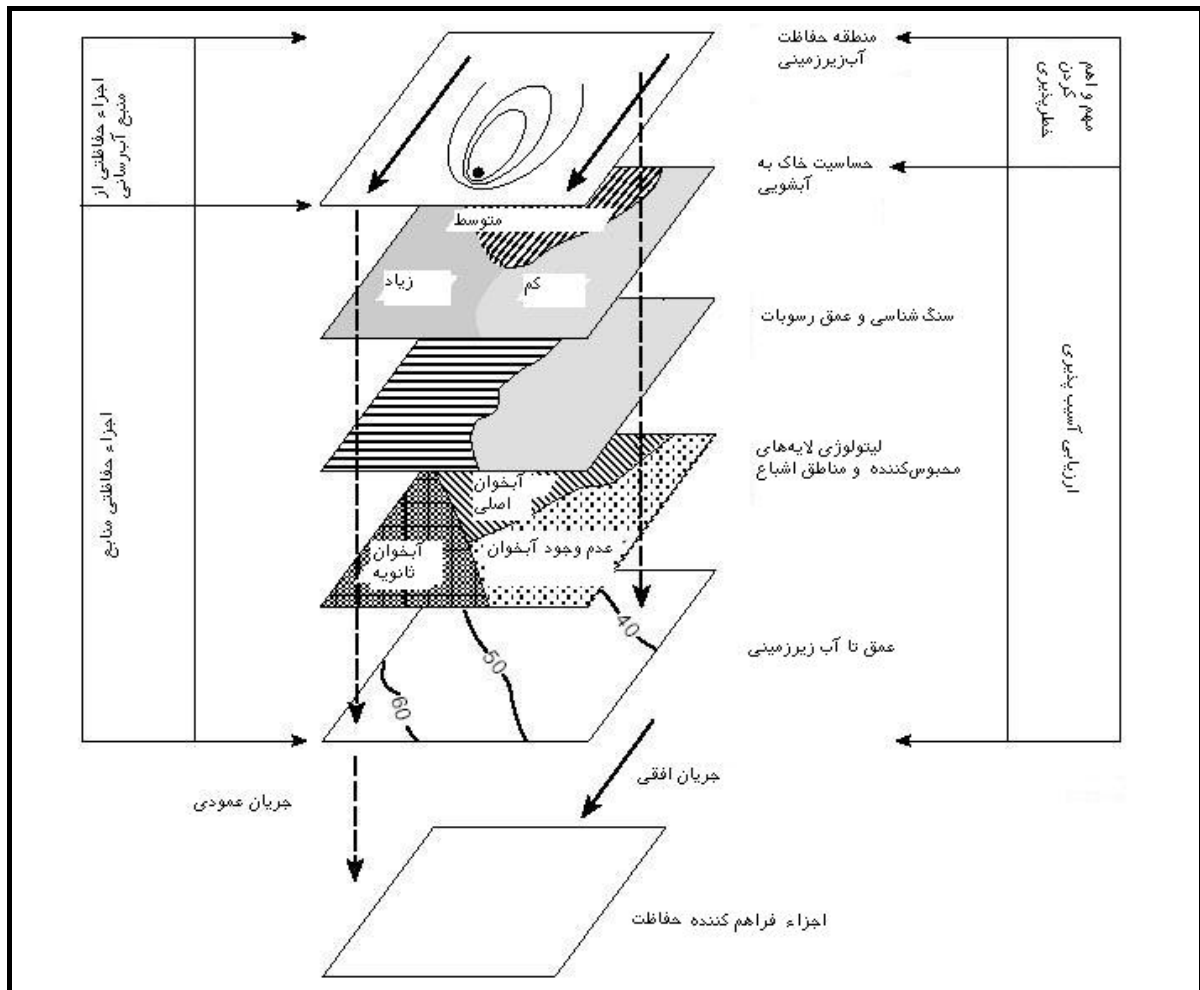


شکل ۲-۵- تعیین حریم حفاظت کیفی چاه با استفاده از مدل‌های ریاضی [۵]

مهم‌ترین مزیت این مدل‌های کامپیوتری، توانایی آنها برای مدل‌سازی آبخوان‌های با شرایط هیدروژئولوژیکی پیچیده است که این امر نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات صحرایی زیادی است. زیرا داده‌های ورودی اغلب گستره وسیعی از پارامترهای هیدروژئولوژیکی را شامل می‌شوند. مزیت مهم دیگر آنها سرعت بالایی است که کامپیوترها در آزمایش (ترکیب) حجم وسیعی از داده‌های تحلیلی دارند. مزیت دیگر این مدل‌ها، فراهم کردن قابلیت‌های پیش‌بینی است؛ این مدل‌ها به کاربر این امکان را می‌دهند که واکنش سیستم را در قبال گزینه‌های مختلف مدیریتی بررسی کند. علاوه بر قابلیت‌های پیش‌بینی نتایج، این مدل‌ها از دقت بسیار بالایی نیز برخوردار هستند.

از آن‌جا که برای کار با این مدل به مهارت‌های زمین‌شناسی و کاربری کامپیوتر در سطح وسیعی نیاز است، این روش نسبتاً پرهزینه و گران تمام می‌شود.

این روش‌ها برای آبخوان‌های آبرفتی و تقریباً یکنواخت که فقط توسط تعداد محدودی چاه بهره‌برداری با بده بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند، ایده‌آل است و برای مناطق بزرگ با رشد سریع تعداد چاه‌های بهره‌برداری غیرعملی بوده و یک روش ناحیه‌ای مورد نیاز است. خاطر نشان می‌سازد در این روش‌ها تعیین حریم کیفی که معمولاً در مقیاس‌های بین $\frac{1}{25000}$ تا $\frac{1}{100000}$ انجام می‌شود، در صورت استفاده از مدل‌های عددی و تحلیلی، علاوه بر آسیب‌پذیری آبخوان می‌توان جریان زیرسطحی آلاینده‌ها را نیز در نظر گرفت. شکل (۲-۶) چارچوب منطقه‌بندی حریم کیفی و ارزیابی خطر آلودگی را برای یک چاه نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶- چارچوب منطقه‌بندی حریم کیفی و ارزیابی خطر آلودگی برای یک چاه [۵]

۲-۴- بررسی مزایا و معایب روش‌های مختلف تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (چاه)

همان‌طور که پیش‌تر بدان اشاره گردید، منابع آب زیرزمینی که به صورت نقطه‌ای از آن برداشت می‌گردد یکی از مهم‌ترین منابع جهت استحصال و رفع نیاز شهرها و روستاها می‌باشد. از این حیث پیش‌گیری از راه‌یابی آلاینده‌ها به آبخوان‌های زیرزمینی تنها با محاسبه و تعیین حریم آنها و رعایت ضابطه‌های تخلیه آلاینده‌ها به منابع پذیرنده ممکن خواهد بود.

در این دستورالعمل نیز معیارها و روش‌هایی به عنوان دستورالعمل تعیین حریم کیفی نقطه‌ای، توسط محققین و سازمان‌های مرتبط ارائه شده است. نکته قابل توجه این است که در سطح دنیا ارائه این گونه دستورالعمل‌ها بیش‌تر در قالب طرح‌های پژوهشی صورت گرفته و به کاربرد آن به طور عملی و پروژه‌ای کم‌تر پرداخته می‌شود.

هر کدام از روش‌ها و معیارهای ارائه شده در این گزارش دارای مزایا و معایبی می‌باشند که انتخاب آنها منوط به داشتن اطلاعات کافی از آبخوان یا محدوده چاه می‌باشد.

پیشرفته‌ترین و بهترین روش‌ها، روش‌هایی است که از مباحث تحلیلی و یا از مدل‌سازی کامپیوتری و یا ترکیبی از آن دو استفاده کند، که در این صورت اگر برداشت‌های دقیق و کاملی از پارامترهای آبخوان موجود باشد، می‌توان با زمان و هزینه کم‌تری حریم کیفی چاه را تعیین نمود.

انواع روش‌های مورد استفاده در این زمینه به همراه مزایا و معایب آنها به‌طور خلاصه در جدول (۲-۱) ارائه شده است. با توجه به مزایا و معایب ارائه شده در جدول (۲-۱)، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب روش مورد استفاده در تعیین حریم تا حد بسیار زیادی وابسته به داده‌های منطقه مورد مطالعه و وجود افراد متخصص می‌باشد، به طوری که هرچه میزان پارامترها بیش‌تر باشد، می‌توان از روش‌های دقیق‌تری استفاده کرد و هم‌چنین در میزان وقت و زمان نیز صرفه‌جویی می‌شود. هم‌چنین اگر در پروژه مورد نظر افراد خبره و با تجربه نسبت به مسایل آب‌های زیرزمینی وجود داشته باشد، می‌توان از روش‌های پیچیده‌تری نیز استفاده نمود.

جدول ۲-۱- مزایا و معایب روش‌های تعیین حریم چاه، چشمه و قنات [۵]

روش	مزایا	معایب
شعاع ثابت دلخواه	- اجرای سریع - ارزان - پارامترهای ورودی کم‌تر	- عدم در نظر گرفتن هیدروژئولوژی محل - احتمال خطا در تعیین حریم - عدم تاییدیه علمی روش
شعاع محاسبه شده ثابت	- در نظر گرفتن داده‌های هیدروژئولوژیکی - کاربرد ساده - هزینه کم‌تر - نیاز به مهارت تکنیکی کم‌تر	- عدم در نظر گرفتن تمام عوامل هیدروژئولوژی - احتمال وجود خطا در صورت شیب زیاد سطح آب
شکل‌های متغیر	- استفاده از داده‌های هیدروژئولوژیکی برای ایجاد - متحنی‌های تیپ - امکان تهیه در محل - ساده و با استفاده آسان	- عدم دقت کافی در شرایط پیچیده - نیازمند داده‌های زیاد - پرهزینه و زمان بر
مدل‌های تحلیلی	- سریع و ارزان (در صورت موجود بودن داده‌های مورد نیاز) - کاربرد ویژه برای شرایط خاص - ابزارهای قوی و دقیقی	- نیازمند داده‌های با جزئیات بیش‌تر - نیازمند مهارت بالا - پرهزینه و زمان بر
برداشت هیدروژئولوژیکی	- در نظر گرفتن جزئیات بیش‌تر - مفید در شرایط پیچیده	- پرهزینه و زمان بر - نیازمند تجربه زیاد
مدل‌های عددی	- مدل کردن شرایط پیچیده - قابل استفاده برای پیش‌بینی - دقت بسیار بالا - استفاده از پارامترهای زیاد در مدل	- بسیار پرهزینه - نیازمند مهارت بالا و داده‌های زیاد - نیازمند کنترل صحرایی

۲-۵- معرفی و پیشنهاد روش مناسب جهت تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (چاه)

روش‌های تعیین حریم کیفی نقطه‌ای همگی براین نکته تاکید دارند که بتوان چاه مورد نظر را از نوع خاصی آلودگی حفاظت نمود. بدیهی است روشی که به‌طور قطعی این کار را انجام دهد وجود نداشته و بستگی به کاربری و نوع مصرف آب، اطلاعات و داده‌های موجود و درجه اهمیت حفاظت از منبع آبی، روش مورد استفاده تغییر خواهد کرد. روش‌های معرفی شده در جدول (۲-۱) به ترتیب پیچیده‌تر شده و در صورت وجود اطلاعات کافی، از دقت بیش‌تری برخوردار هستند. لذا درخصوص منابع آبی مهم همانند منابع آب شرب، بهتر است که اطلاعات لازم تهیه شده و از روش‌های مدل‌های تحلیلی یا عددی استفاده نمود. در تعیین حریم کیفی نقطه‌ای ساده‌ترین و پیچیده‌ترین روش‌ها وجود دارد و انتخاب روش بسته به ضرورت کار انتخاب می‌گردد. بدین معنی که اگر از

روش‌های ساده‌تر استفاده شود دقت کار پایین می‌آید و هر چه روش‌های پیچیده‌تر به کار گرفته شود زمان و هزینه بیش‌تری صرف می‌گردد. بنابراین بسته به نیاز و ضرورت کار و همچنین اهمیت تعیین حریم، روش آن انتخاب می‌شود. همچنین می‌توان روش‌های ساده‌تر و رایج‌تر را که قابلیت انجام بیش‌تری با داده‌های موجود در کشور دارد را به عهده سازمان‌های دولتی قرار داد و روش‌های پیچیده‌تر هم‌چون مدل‌های عددی و تحلیلی که به داده‌ها و تحقیقات بیش‌تری نیاز دارد را در سطوح دانشگاهی و پژوهشی و یا شرکت‌های مشاور انجام داد.

فصل ۳

تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آب‌های

زیرزمینی

۳-۱ - مفهوم حریم کیفی ناحیه‌ای

یکی از مهم‌ترین منابع آبی که در چند قرن اخیر مورد استفاده بیش از حد بشر بوده، منابع آب زیرزمینی است. آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین قسمت منابع آب دنیا را شامل می‌شوند که حاصل از نفوذ ریزش‌های جوی در شکاف و درزهای سنگ‌های نواحی کوهستانی و خلل و فرج زمین در دشت‌های آبرفتی می‌باشد. از طرف دیگر، آلودگی منابع آب یکی از مهم‌ترین مواردی است که به علت توسعه بی‌رویه به ویژه در بخش کشاورزی، بشر امروز با آن دست به گریبان می‌باشد. امروزه به علت آلودگی‌های بیش از حد این منابع، برخی از آنها دیگر قابل تجدید نبوده و از دسترس انسان خارج شده است و در این بین، انسان موثرترین و مهم‌ترین عامل تغییرات زیست محیطی در این منابع باارزش می‌باشد.

در این راستا، تعیین حریم کیفی این منابع یکی از مهم‌ترین ابزارها در جهت حفظ و حراست از آنها می‌باشد. مفهوم تعیین حریم کیفی آب زیرزمینی نگرشی ساختاری، راهبردی و بدیع است که در سطح کلان مدیریت منابع آب کشور برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی مطرح گردیده است.

براساس بررسی‌های به عمل آمده، حریم کیفی آبخوان در منابع و مراجع داخلی و در دسترس به صورت صریح و روشن تعریف نشده است. با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف جهان و مدارک، مقالات و گزارش‌های موجود، تعیین حریم کیفی در این منابع با عناوین تعیین محدوده حفاظت آب زیرزمینی^۱، یا منطقه‌بندی حفاظت کیفی آب زیرزمینی تعریف شده است. براساس این منابع، حریم کیفی را به شرح زیر می‌توان تعریف نمود:

حریم کیفی منابع آب زیرزمینی عبارتست از تعیین محدوده‌ها یا حریم‌های حفاظت کیفی در چندین سطح برای منابع آب زیرزمینی در مقابل آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی که برای هر کدام از سطوح حریم کیفی، محدودیت‌ها و تغییرات خاص فعالیت‌های انسانی وضع می‌گردد.

حریم‌های کیفی می‌توانند در سطح یک حوضه، یک آبخوان یا گروهی از آبخوان‌ها مطرح باشد. علاوه بر تعیین حریم کیفی چاه، حریم کیفی آبخوان نیز مطرح بوده و در اکثر مناطق دنیا از آسیب‌پذیری آبخوان برای این منظور استفاده می‌گردد. سهولت رسیدن منابع آلاینده به وجود آمده در سطح زمین و پخش آن در سفره آب‌های زیرزمینی را آسیب‌پذیری یک آبخوان می‌نامند. به عبارت دیگر آسیب‌پذیری آبخوان، استعداد آن را در برابر آلوده شدن نشان می‌دهد. اما حریم کیفی در نظر گرفتن توامان آسیب‌پذیری و نقش آلودگی می‌باشد. در بسیاری از کشورها، تعیین حریم کیفی و نواحی حفاظتی در دو یا سه سطح در اطراف سیستم‌های تامین آب شرب (چاه‌های آب شرب) الزامی است. برای مناطقی که دارای نواحی حفاظتی هستند، تغییرات، محدودیت‌ها و یا حتی ممنوعیت برخی از فعالیت‌های انسانی اجرا شده است که در واقع بخش عملیاتی پروژه می‌باشد.

۳-۲ - ضرورت و جایگاه حریم کیفی ناحیه‌ای در استقرار کاربری‌ها

همان‌طوری که در بالا نیز عنوان گردید، در تعیین حریم کیفی باید شرایط طبیعی و غیرطبیعی را هم‌زمان در نظر گرفت. از لحاظ طبیعی، مفهوم آسیب‌پذیری می‌تواند شرایط انتقال آلودگی را منظور نماید. بدین معنی که با محاسبه آسیب‌پذیری سهولت رسیدن آلودگی به سفره آب زیرزمینی مشخص می‌گردد. اما برای تعیین حریم کیفی در نظر گرفتن شرایط طبیعی لازم است اما کافی

نمی‌باشد. بنابراین باید پارامتر آلودگی را نیز در تعیین آن دخیل نمود. با توجه به فعالیت‌های گسترده انسانی بدون در نظر گرفتن شرایط توسعه پایدار، آلودگی‌های مختلفی وارد چرخه محیط زیست می‌گردد. نوع آلاینده وارد شده به صورت مستقیم با فعالیت‌های انسانی و در نتیجه نوع کاربری در ارتباط می‌باشد. بنابراین جهت تعیین حریم کیفی آب زیرزمینی پس از تعیین آسیب‌پذیری باید کاربری موجود بر روی آبخوان نیز مشخص شود تا با استفاده از نوع کاربری، آلاینده یا آلاینده‌هایی که موجب آلودگی آبخوان می‌شود را شناسایی نمود و در تعیین حریم آنها را به کار برد.

پس از تعیین حریم کیفی براساس نوع کاربری، می‌توان از توسعه بی‌رویه آن در مناطق بحرانی و پر خطر از لحاظ کیفی جلوگیری نمود و یا میزان فعالیت آن کاربری را در واحد سطح آبخوان کاهش داد. هم‌چنین در مناطقی از آبخوان که توسعه فعالیت‌های انسانی و یا کاربری جدیدی مدنظر است می‌توان با نقشه‌های حریم کیفی، این فعالیت‌ها را به مناطق کم خطر یا بی خطر سوق داد. لازم به ذکر است موارد فوق‌الذکر نیازمند ضمانت اجرایی می‌باشد که باید توسط دستگاه‌های ذیربط پیگیری گردد.

۳-۳- آسیب‌پذیری آبخوان

همان‌طور که در تعریف حریم کیفی بیان شد، برای تعیین حریم‌های کیفی در سطح یک آبخوان یا گروهی از آبخوان‌ها یکی از عوامل اصلی، شاخص آسیب‌پذیری می‌باشد. از این رو، بسط مفهوم آسیب‌پذیری^۱ اهمیت زیادی پیدا می‌کند. بر این اساس ابتدا تعاریف ارائه شده برای آسیب‌پذیری ذکر خواهد شد سپس انواع آسیب‌پذیری و در نهایت محدودیت‌های موجود در ارزیابی آسیب‌پذیری توضیح داده می‌شوند.

۳-۳-۱- تعاریف آسیب‌پذیری

عبارت آسیب‌پذیری در هیدروژئولوژی برای اولین بار توسط Margat در سال ۱۹۶۸ مورد استفاده قرار گرفت. وی آسیب‌پذیری آبخوان را سهولت امکان نفوذ و پخش آلودگی از سطح زمین به سفره آب زیرزمینی در شرایط طبیعی تعریف می‌کند. هم‌چنین در تحقیقی (1974, Olmer and Rezac)، آسیب‌پذیری به عنوان میزان خطرپذیری که توسط شرایط طبیعی تعیین شده و مستقل از وجود منابع آلاینده است، تعریف می‌شود. در مقاله‌ای نیز (1983, Villumsen et al.)، بیان گردید که آسیب‌پذیری عبارتست از خطر مواد شیمیایی مورد استفاده یا دفن شده در سطح یا نزدیک سطح زمین که در کیفیت آب زیرزمینی موثر می‌باشند. هم‌چنین می‌توان آسیب‌پذیری یک سیستم هیدروژئولوژیکی را توانایی این سیستم برای مقابله با عوامل بیرونی، طبیعی و انسانی که وضعیت و خصوصیت آن را در زمان و مکان تحت تاثیر قرار می‌دهند، تعریف نمود (Vrba and Sotornikova 1987). در تحقیقی دیگر نیز (Plamquist 1991)، آسیب‌پذیری آب زیرزمینی، عبارتست از میزان خطر فعالیت‌های انسانی و وجود آلاینده‌ها در آب زیرزمینی. در واقع بدون وجود آلاینده، علیرغم حساسیت فوق‌العاده آب زیرزمینی، خطری وجود ندارد و بنابراین آسیب‌پذیری وجود نخواهد داشت. اما کمیته ملی تحقیق آمریکا^۲ (۱۹۹۳) آسیب‌پذیری آب زیرزمینی را بدین صورت تعریف می‌کند:

«آسیب‌پذیری عبارتست از احتمال رسیدن آلاینده‌ها به قسمتی از سیستم آب زیرزمینی بعد از به وجود آمدن آلودگی در قسمتی از سطح زمین».

1- Vulnerability

2- U.S. National Research Council

۳-۳-۲- انواع آسیب‌پذیری

به طور کلی آسیب‌پذیری از نظر مفهوم به دو دسته ذاتی و ویژه تقسیم می‌گردد:

الف- آسیب‌پذیری ذاتی^۱: این نوع آسیب‌پذیری به خصوصیات آبخوان (هدایت هیدرولیکی، گرادیان هیدرولیکی و خلل و فرج) و تنش‌های وارده به سیستم (تغذیه، واکنش با آب سطحی، زمان حرکت از میان منطقه اشباع و بده پمپاژ) بستگی دارد و به عبارت دیگر آسیب‌پذیری ذاتی به خصوصیات زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژیکی یک منطقه بستگی دارد و به منابع آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی یا طبیعی توجه‌ای ندارد.

ب- آسیب‌پذیری ویژه^۲: این نوع آسیب‌پذیری نشان دهنده آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی به آلاینده‌ای خاص یا گروهی از آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد. یعنی آسیب‌پذیری ویژه از واکنش آلاینده‌ها با اجزای مختلف آسیب‌پذیری ذاتی، به وجود می‌آیند. به عنوان مثال، اگر آبخوان از نوع کربناتی باشد، با توجه به نوع فعالیت‌های انسانی و نوع مواد شیمیایی خاصی که استفاده می‌گردد، از واکنش بین آنها یک نوع آلودگی خاص برای سفره ایجاد می‌گردد.

در حقیقت آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی، حساسیت ذاتی، موقعیت و نوع منابع آلودگی بستگی دارد. در این دستورالعمل نیز آسیب‌پذیری ذاتی مدنظر می‌باشد.

۳-۳-۳- عوامل موثر در آسیب‌پذیری

ضخامت و خصوصیات هیدرولیکی تشکیلات زمین‌شناسی منطقه غیراشباع از عوامل کلیدی تعیین آسیب‌پذیری آبخوان بوده و کنترل‌کننده‌های اصلی و طبیعی نرخ تغذیه و مدت زمان تغذیه به آبخوان می‌باشند. منطقه غیراشباع با نگهداشت، جذب و حذف ویروس‌های بیماری‌زا و باکتری‌ها، جذب و کاهش بسیاری از مواد شیمیایی آلی مصنوعی، رقیق کردن غلظت فلزات سنگین و مواد شیمیایی غیرآلی دیگر از طریق جذب و واکنش با سطح کانی‌ها در منطقه غیراشباع و از طریق گیاهان و محصولات کشاورزی نقش کلیدی در حفاظت از آب زیرزمینی ایفا می‌کند.

بیش‌ترین کاهش و زوال مواد شیمیایی مصنوعی (مانند سموم و حلال‌ها) در لایه خاک (بالاترین بخش منطقه غیراشباع) صورت می‌گیرد. لایه خاک معمولاً با ضخامتی حدود ۰/۵ تا ۲ متر از سطح زمین به لحاظ میکروبیولوژی منطقه بسیار فعالی به شمار می‌رود. فعالیت نسبتاً بالای میکروبی، وجود مواد آلی بالا و وجود ریشه گیاهان، ظرفیت حذف و کاهش بالایی را در خاک نسبت به بخش‌های زیرین منطقه اشباع فراهم می‌کند. پتانسیل خاک و منطقه غیراشباع برای جذب، کاهش و یا حذف مواد، بستگی به نوع آلاینده دارد، بنابراین در مطالعه‌های آسیب‌پذیری که ویژه یک نوع کاربری با آلاینده خاص می‌باشد، مورد بحث قرار می‌گیرد. فرایندهای جریان و حمل مواد در منطقه غیراشباع به‌طور کلی پیچیده بوده و اندازه‌گیری آن مشکل است. زیرا که تعداد زیادی متغیر طبیعی در خاک، رسوبات و سنگ‌ها وجود دارند. با این وجود خصوصیات قابل برداشت خاک (مانند ظرفیت نفوذ، نفوذپذیری و نوع خاک) برای تحلیل‌گر امکان تخمین فرایندهای طبیعی حمل را فراهم می‌کند.

میزان تغذیه که در سطح زمین رخ می‌دهد، یکی دیگر از عوامل مهمی است که بر آسیب‌پذیری آبخوان تاثیر می‌گذارد. به طور کلی آسیب‌پذیری با میزان تغذیه رابطه مستقیم دارد. هر چقدر میزان تغذیه بیش‌تر باشد آسیب‌پذیری نیز بیش‌تر خواهد بود. اگر

1 - Intrinsic Vulnerability

2 - Specific Vulnerability

شرایط آب و هوایی طوری است که تغذیه بسیار کم بوده و یا اصلاً صورت نمی‌گیرد، حرکت رو به پایین آب از طریق منطقه غیراشباع، بدون توجه به خصوصیات هیدرولیکی منطقه غیراشباع، بسیار پایین خواهد بود.

در زمین‌های کشاورزی که نفوذ قابل توجهی اتفاق می‌افتد، میزان تغذیه به آب زیرزمینی به چند عامل بستگی داشته که خود این عوامل نیز وابسته به هم هستند. این عوامل عبارتند از: خصوصیات هیدرولیکی منطقه غیراشباع، شیب سطح زمین و میزان جذب آب توسط گیاهان و محصولات کشاورزی. شیب زیاد منجر به افزایش رواناب به زهکش‌ها و رودخانه‌ها می‌شود، به‌ویژه اگر نفوذپذیری کم‌تر باشد ظرفیت نفوذ پایین خواهد بود. از طرفی دیگر، در خاک‌های با نفوذپذیری بالا، بدون توجه به شیب سطح زمین آب فرصت کم‌تری برای ایجاد روان آب خواهد داشت.

پارامتر زمان نیز بخش مهمی از تعریف ارزیابی آسیب‌پذیری است که بستگی به عوامل مختلف دارد. معمولاً اگر یک آلاینده زمان زیادی برای رسیدن به آب زیرزمینی صرف کند (به دلیل عمق زیاد آب زیرزمینی) یا اگر آلاینده در داخل آبخوان به کندی حرکت کند (به دلیل هدایت هیدرولیکی پایین یا سرعت کم آب زیرزمینی) آسیب‌پذیری آب زیرزمینی پایین خواهد بود و بالعکس. مکانیزم تغذیه آب زیرزمینی و ظرفیت میرایی آلاینده‌ها در پروفیل‌های خاک زیرسطحی شدیداً با شرایط زمین‌شناسی نزدیک به سطح زمین متغیر می‌باشد. از این‌رو جهت حفاظت بیش‌تر آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی می‌توان میزان ظرفیت میرایی سفره را که در آسیب‌پذیری نهفته است، تعیین نمود.

نظر به پیچیدگی عوامل حاکم بر انتقال آلاینده‌ها به آبخوان در موقعیت‌های مختلف باید توجه داشت که:

- شرایط هیدروژئولوژیکی چنان پیچیده هستند که نمی‌توان همه آنها را در نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری دخیل کرد.
- برای در نظر گرفتن تمامی پارامترهای دخیل در آسیب‌پذیری، باید داده‌های مورد نیاز آن نیز فراهم باشد.
- هرگونه فعالیت آلوده‌کننده به نوعی منحصر به فرد، منابع آب زیرزمینی را تهدید می‌کند و ارزیابی مستقل در رابطه با خطر آلودگی را می‌طلبد.

از نظر علمی بهتر است که آسیب‌پذیری برای هر کاربری (فعالیت‌های کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پروژه‌های نفتی) و برای هر نوع آلوده‌کننده مربوط به آن کاربری (مثل آلودگی‌های شیمیایی، فیزیکی، عناصر سنگین و آلودگی‌های نفتی) به‌طور جداگانه ارزیابی شوند.

۳-۳-۴- محدودیت‌های موجود در ارزیابی آسیب‌پذیری

الف- ارزیابی آسیب‌پذیری، ابزار عمومی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد و نباید آن را با ابزاری برای یک پیش‌بینی دقیق عملی آلودگی در آینده اشتباه گرفت.

ب- آسیب‌پذیری یک ارزیابی عمومی از پتانسیل آلودگی است که ممکن است آلودگی برای آب زیرزمینی اتفاق بیفتد یا نیفتد.

ج- به دلیل ماهیت کم دقت ارزیابی‌های آسیب‌پذیری و سلیقه‌ای بودن طرح‌های تفسیری، سه قانون آسیب‌پذیری آب زیرزمینی ارائه شده است. این قوانین یا محدودیت‌ها باید به‌طور صریح در ارزیابی‌های آسیب‌پذیری بیان شوند که عبارتند از:

- همه آب‌های زیرزمینی تا اندازه‌ای آسیب‌پذیر هستند.
- عدم قطعیت در کلیه ارزیابی‌های آسیب‌پذیری، ذاتی می‌باشد.

- مسایل بدیهی ممکن است مشکوک و مسایل دقیق و مطمئن ممکن است غیرقابل تمیز باشند. بدین معنی که در ارزیابی‌های آسیب‌پذیری با وجود واضح بودن شاخص‌هایی آسیب‌پذیری امکان آن که اطلاعات مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری ناکارآمد باشند، وجود دارد.
- نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان، آلودگی‌های موجود در آب زیرزمینی را شناسایی نمی‌کنند و نمی‌توانند به‌طور مطلق مناطقی را که در آینده آلوده می‌شوند، پیش‌بینی کنند. احتمال آلودگی در یک منطقه به عوامل زیادی نظیر پتانسیل رهاسازی آلوده‌کننده‌ها، نوع آلوده‌کننده‌های آزاد شده و میزان آلاینده‌ها بستگی دارد.
- وجود رودخانه‌های تغذیه‌کننده آبخوان (دایمی یا غیردایمی)، در این حالت به دلیل عدم امکان تعیین کیفیت آب سطحی و ارزیابی ظرفیت میرایی لایه کف رودخانه، قطعیتی در ارزیابی شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه وجود ندارد.
- در صورت بهره‌برداری بیش از حد از آبخوان، فاصله بین سطح زمین تا سطح آب زیرزمینی و حتی میزان و درجه وضعیت آبخوان از لحاظ محبوس یا آزاد بودن تغییر می‌یابد.
- نقشه‌های آسیب‌پذیری آبخوان تنها برای ارزیابی پتانسیل آلودگی منابع آب زیرزمینی در مواقعی که آلاینده‌ها در سطح زمین و به صورت فاز آبی می‌باشند و آب زیرزمینی را آلوده می‌کنند، مناسب هستند.
- آلوده‌کننده‌هایی که در قسمت‌های عمیق آب زیرزمینی تخلیه می‌شوند (نشت از تانک‌های بزرگ در زیرزمین، آبشویی از مواد زائد جامد دفن شده، حفرات معادن، نشت از اجساد و لاشه‌ها و ...)، در این موارد روش‌های آسیب‌پذیری از دقت لازم برخوردار نیستند.

۳-۳-۵- روش‌های تعیین آسیب‌پذیری

همان‌طور که ذکر شد، پایه و اساس تعیین حریم کیفی منابع آب زیرزمینی، پهنه‌بندی و ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی در مقابل آلودگی است. در مرحله بعدی، منابع بالقوه و منابع موجود آلودگی جهت تعیین حریم کیفی منابع آب زیرزمینی نسبت به یک نوع آلاینده خاص می‌توانند دخالت داده شوند. عمده تفاوت روش‌های تعیین حریم کیفی در روش‌های ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری می‌باشد.

بر همین اساس در این دستورالعمل چهار روش کلی ارزیابی آسیب‌پذیری تشریح شده و در نهایت با توجه به کارایی، محدودیت‌ها، مزیت‌ها و اهداف طرح تعیین حریم کیفی، یکی از روش‌ها انتخاب می‌گردد. سپس مدل‌هایی که در این روش وجود دارد بررسی شده و از بین آنها نیز براساس دقت بالا، رایج بودن مدل و داده‌های قابل دسترس یک مدل برای تعیین آسیب‌پذیری انتخاب می‌گردد. به طور کلی روش‌های موجود در ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان به چهار دسته کلی تقسیم می‌شود که عبارتند از:

- روش‌های رتبه‌دهی توصیفی^۱
- روش‌های تحلیل آماری^۲
- روش‌های شبیه‌سازی کامپیوتری^۳

۳-۵-۱- روش‌های ترکیبی^۱

شرح هر یک از روش‌های فوق به قرار زیر می‌باشد:

۳-۵-۱-۳ روش‌های رتبه‌دهی توصیفی

در روش رتبه‌دهی توصیفی، آسیب‌پذیری یا حساسیت ذاتی سفره را براساس درجه‌بندی بالا، متوسط و پایین طبقه‌بندی می‌کند و نتایج در جهت تصمیمات مدیریتی استفاده می‌شود. از نمونه مدل‌های رتبه‌دهی می‌توان به DRASTIC، SINTACS و ... اشاره کرد که بر پایه‌ی پارامترهای هیدروژئولوژی می‌باشند.

در این روش‌ها اطلاعات حاصل از عوامل موثر بر آسیب‌پذیری آبخوان (نوع خاک، نوع سازند زمین‌شناسی، تغذیه و غیره) جمع‌آوری و پس از دسته‌بندی، تلفیق و رتبه‌بندی اطلاعات مورد تفسیر قرار می‌گیرند. نظرات کارشناسی در روش‌های دسته‌بندی، تلفیق و رتبه‌بندی از اهمیت زیادی برخوردار است و تا اندازه‌ای سلیقه‌ای می‌باشند. از مزایای این روش‌ها این است که الگوریتم‌های نسبتاً ساده‌ای را فراهم می‌کنند تا بتوان حجم زیادی از اطلاعات مکانی را تلفیق کرده و به صورت نقشه‌های شاخص و رده‌بندی آسیب‌پذیری ارائه نمود.

رایج‌ترین مدل این روش که به طور وسیع در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش DRASTIC است که در این دستورالعمل آسیب‌پذیری آبخوان توسط این مدل صورت می‌گیرد.

۳-۵-۲- روش‌های تحلیل آماری

مدل‌های آماری به منظور کمی کردن آلودگی آب زیرزمینی با تعیین همبستگی و وابستگی‌های آماری بین آلودگی مشاهده‌ای، شرایط محیطی مشاهده‌ای و کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش کاربری اراضی، منابع بالقوه آلودگی می‌باشند (مثل به کار بردن کودهای شیمیایی و وجود مخازن حاوی مواد عفونی). هرگاه مدل از این وابستگی و همبستگی با تجزیه و تحلیل آمار موجود تهیه گردد، می‌توان از آن برای پیشگویی میزان شاخص یا پتانسیل آلودگی استفاده کرد. پتانسیل آلودگی در روش‌های آماری یک معیار کمی از آسیب‌پذیری می‌باشد و هر چه پتانسیل آلودگی بیش‌تر باشد آسیب‌پذیری نیز بیش‌تر است.

معمولاً روش‌های آماری تفاوت‌چندانی با روش‌های شاخص - همپوشانی ندارند. در هر دو روش روابطی بین شرایط طبیعی و آسیب‌پذیری آب زیرزمینی برقرار می‌گردد (که متخصصین آمار از آن به‌عنوان پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی یاد می‌کنند). در روش‌های همپوشانی این روابط توسط یک گروه کارشناس بررسی می‌گردد. از مزایای روش آماری این است که پارامترهای مهم آماری جهت صحت‌سنجی مدل محاسبه می‌شود که معیاری برای قطعیت مدل می‌باشد. از معایب روش آماری می‌توان به مشکل بودن تهیه مدل اشاره کرد. همچنین پس از تهیه مدل تنها می‌توان از آن برای مناطق دارای شرایط محیطی مشابه با آنچه که مدل آماری برای آن تهیه شده است استفاده کرد. چندین روش آماری موجود می‌باشند و همگی برای مناطق خاصی به کار رفته است.

۳-۳-۵-۳- روش‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای

روش‌های شبیه‌سازی کامپیوتری، پیچیدگی‌ها و جزئیات بیش‌تری را برای انجام ارزیابی آسیب‌پذیری در نظر می‌گیرد. در واقع روش‌های کامپیوتری فرایندهای پیچیده فیزیکی و شیمیایی را با جزئیات بیش‌تر مورد بررسی قرار می‌دهند. یکی از مزیت‌های روش کامپیوتری این است که می‌توان موضوع را به صورت سه بعدی مورد بررسی قرار داد، درحالی‌که در روش‌های دیگر نقشه‌ها و لایه‌های نقشه‌ای به صورت دو بعدی می‌باشند. مدل‌های کامپیوتری بیش‌تر بر الگوهای جریان و انتقال آلاینده‌ها در منطقه غیراشباع یا آبخوان (منطقه اشباع) تاکید دارند و می‌توان از آنها برای محاسبه زمان گذر یا میزان غلظت یک آلاینده در منطقه غیراشباع یا آبخوان استفاده کرد. به عبارت دیگر مدل‌های کامپیوتری آسیب‌پذیری را به‌طور مستقیم محاسبه نمی‌کنند، بلکه وسیله‌ای است که می‌توان آسیب‌پذیری را براساس عواملی که شبیه‌سازی می‌کنند تعیین نمود. به عنوان مثال منطقه‌ای از آبخوان که زمان حرکت آلاینده در آن منطقه کم‌تر از ۵ سال باشد را می‌توان به عنوان منطقه‌ای با آسیب‌پذیری بالا در نظر گرفت. از انواع مدل‌ها می‌توان به PRZM^۱، Leach، Hydrus اشاره نمود.

مدل‌های کامپیوتری معمولاً برای ارزیابی آسیب‌پذیری به کار نمی‌روند و به ندرت به‌عنوان یک گزینه اقتصادی برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرند چرا که به داده‌های زیادی نیاز دارند و به‌طور مستقیم قادر به تعیین آسیب‌پذیری نمی‌باشند. مدل‌های کامپیوتری در صورتی می‌توانند به عنوان ابزاری مناسب و اقتصادی در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گیرند که تجزیه و تحلیل محلی یک آسیب‌پذیری ویژه به کاربری‌های خاص (آلاینده‌های به‌خصوص) لازم باشد و همچنین اطلاعات کافی در دسترس بوده و یا بتوان این اطلاعات را برای تهیه مدل ریاضی فراهم نمود. در صورتی که تعدادی سناریو «چه می‌شد - اگر»^۲ شامل فرایندهای پیچیده لازم می‌باشد تا بتوان بر این اساس تصمیم‌گیری‌های مهم کاربری اراضی را اتخاذ نمود.

۳-۳-۵-۴- روش‌های ترکیبی

روش‌های ترکیبی به روش‌هایی گفته می‌شود که اجزای روش‌های آماری، شبیه‌سازی کامپیوتری و یا روش‌های شاخص - همپوشانی را با هم ترکیب می‌کند. این روش‌ها به روش‌های ترکیب ذهنی نیز معروف می‌باشند و معمولاً به سیستم‌های امتیازبندی از قبل تعیین شده مثل روش DRASTIC یا دیگر روش‌های شاخص همپوشانی تکیه نمی‌کند و در عوض گروه‌بندی‌هایی که براساس نوع پروژه به‌خصوص می‌باشد، توسط این روش صورت می‌گیرد.

در تحقیقی در ایالت نیوجرسی آمریکا از فاکتورهایی نظیر میزان شدت آفت‌کش‌های مورد استفاده در نزدیکی چاه‌های مصارف عمومی، فاصله چاه‌ها از مناطق رخنمون آبخوان (منطقه تغذیه)، مواد آلی خاک، داده‌های ساخت و توسعه چاه و کاربری اراضی استفاده گردید و نقشه چاه‌ها با آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد نسبت به آفت‌کش‌ها از آن استخراج گردید. در مطالعه‌ای دیگر نیز نقشه‌ای برای تعیین میزان خطر آلودگی آب زیرزمینی به نیترات را براساس عوامل میزان بارگذاری نیتروژن، تراکم جمعیت، خصوصیات هیدرولوژیکی خاک و نسبت زمین‌های جنگلی به زراعی تهیه شد. از مثال‌های دیگر روش‌های ترکیبی می‌توان ترکیب روش‌های شاخص - همپوشانی را با مدل‌های کامپیوتری مثل مدل آبشویی آلوده‌کننده نام برد مانند روش ترکیبی Morgan و PATRIOT.

1- Pesticide Root Zone Model

2- What if

۳-۳-۶- آسیب‌پذیری روش رتبه‌دهی توصیفی با مدل DRASTIC

از آنجایی که رایج‌ترین روش تعیین آسیب‌پذیری که به طور وسیع در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل DRASTIC می‌باشد بنابراین در این دستورالعمل نیز از این روش جهت تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آبخوان استفاده می‌شود که جزئیات آن به شرح زیر می‌باشد. آسیب‌پذیری آبخوان توسط این مدل صورت می‌گیرد.

عبارت DRASTIC مخفف پارامترهایی است که در سیستم هیدروژئولوژیکی کنترل‌کننده آلودگی آب زیرزمینی می‌باشند و عبارتند از:

- عمق آب زیرزمینی^۱ (D)
- تغذیه خالص^۲ (R)
- مواد تشکیل دهنده آبخوان^۳ (A)
- نوع خاک^۴ (S)
- توپوگرافی^۵ (T)
- اثر منطقه غیراشباع^۶ (I)
- هدایت هیدرولیکی آبخوان^۷ (C)

۳-۳-۶-۱- تعریف پارامترهای DRASTIC

- عمق آب زیرزمینی (D)

این پارامتر تعیین کننده عمقی است که آلوده‌کننده باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت قابل توجهی دارد. معمولاً ظرفیت میرایی با افزایش عمق تا سطح ایستابی افزایش می‌یابد چرا که هر چقدر سطح آب عمیق‌تر باشد موجب می‌گردد تا زمان حرکت و ماندگاری آلوده‌کننده افزایش یابد.

حضور لایه‌های با تراوایی کم که آبخوان را محصور می‌سازند نیز موجب ایجاد محدودیت در حرکت آلوده‌کننده به یک آبخوان می‌شوند. عمق تا سطح ایستابی در آبخوان‌های محصور به صورت عمق تا بالای آبخوان در نظر گرفته می‌شود. در آبخوان‌های نیمه تحت فشار با توجه به شرایط آبخوان و ویژگی‌های آن به صورت تحت فشار و یا به صورت آزاد در نظر گرفته می‌شود.

- تغذیه خالص (R)

تغذیه خالص مقدار آبی است که از سطح زمین نفوذ کرده و به سطح ایستابی می‌رسد. تغذیه آب موجب می‌گردد تا آلوده‌کننده به صورت عمودی انتقال یافته و به سطح ایستابی برسد و به صورت افقی در آبخوان حرکت کند. هم‌چنین این پارامتر حجم آبی را که

-
- 1- Depth of Water
 - 2- Net Recharge
 - 3- Aquifer Media
 - 4- Media
 - 5- Topography
 - 6- Impact of the Vadose Zone Media
 - 7- Conductivity Hydraulic of Aquifer

موجب پراکنش و رقیق‌سازی آلوده‌کننده در مناطق اشباع و غیراشباع می‌گردد، در کنترل دارد. معمولاً هر چقدر تغذیه بیش‌تر باشد پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بیش‌تر است.

- محیط اشباع آبخوان (A)

محیط آبخوان و مواد تشکیل دهنده آن، طول و چگونگی روند مسیر سیستم جریان آب زیرزمینی در آبخوان را مشخص می‌کند. چگونگی روند مسیر که شدیداً متأثر از میزان درز و شکاف و تخلخل می‌باشد، مسیرهای مناسبی را برای آب زیرزمینی فراهم می‌سازند. طول مسیر، زمان لازم برای انجام فرایندهای میرایی (نظیر جذب، واکنش‌های شیمیایی و پراکنش) را تعیین می‌کند. محیط آبخوان هم‌چنین بر مقدار سطح موثر موادی که با آلوده‌کننده در تماس هستند، موثر می‌باشد.

- نوع خاک (S)

محیط خاک تاثیر بسیار مهمی در تغذیه‌ای دارد که به سطح ایستایی نفوذ می‌کند، و بر چگونگی حرکت آلوده‌کننده موثر است. وجود مواد با بافت ریزدانه نظیر سیلت و رس تراوایی نسبی خاک را کاهش می‌دهند و مهاجرت و حرکت آلوده‌کننده‌ها را محدود می‌سازند. فعالیت نسبتاً بالای میکروبی، وجود مواد آلی و ریشه گیاهان باعث افزایش ظرفیت میرایی لایه خاک نسبت به بخش‌های زیرین منطقه غیراشباع می‌شود. علاوه بر این جایی که افق خاک ضخیم باشد فرایندهای میرایی نفوذ، جذب و فرار گازها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محیط خاک برحسب رده‌بندی بافتی آن مشخص می‌گردد و براساس پتانسیل آلودگی امتیازبندی می‌شود.

- توپوگرافی (T)

توپوگرافی به صورت شیب و تغییرات شیب سطح زمین مورد توجه قرار می‌گیرد. توپوگرافی حرکت آلوده‌کننده و نگهداری آن را بر سطح زمین در کنترل دارد. شیب‌هایی که موجب می‌شوند آلوده‌کننده‌ها شانس بیش‌تری برای نفوذ داشته باشند دارای پتانسیل بیش‌تری برای آلودگی آب زیرزمینی خواهند بود. هم‌چنین توپوگرافی بر گسترش خاک و در نتیجه بر میرایی آلوده‌کننده موثر است. شیب‌های کم به ویژه در زمین‌های کشاورزی باعث کاهش رواناب و افزایش نفوذ به آبخوان و در نتیجه انتقال بیش‌تر آلودگی به آب زیرزمینی می‌شود. درصد شیب با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع^۱ محاسبه می‌شود.

- اثر منطقه غیراشباع (I)

منطقه غیراشباع منطقه بالایی سطح ایستایی است که از آب غیراشباع باشد و یا به صورت غیریوسته از آب اشباع شده باشد. ضخامت و خصوصیات هیدرولیکی تشکیلات زمین‌شناسی منطقه غیراشباع از عوامل کلیدی تعیین آسیب‌پذیری آبخوان بوده و کنترل‌کننده‌های اصلی و طبیعی نرخ تغذیه و مدت زمان تغذیه به آبخوان می‌باشند. منطقه غیراشباع با نگهداشت، جذب و حذف ویروس‌های بیماری‌زا و باکتری‌ها، جذب و کاهش بسیاری از مواد شیمیایی و آلی و مصنوعی، رقیق کردن غلظت فلزات سنگین و مواد شیمیایی غیرآلی دیگر از طریق جذب و واکنش با سطح کانی‌ها، در جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی نقش مهمی ایفا می‌کند. عواملی که در تعیین اثر منطقه غیراشباع در حوضه مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از تراوایی خاک و عمق آب زیرزمینی.

– هدایت هیدرولیکی (C)

هدایت هیدرولیکی عبارت است از قابلیت مواد تشکیل‌دهنده آبخوان برای انتقال آب، که به نوبه خود بر شدت جریان آب زیرزمینی که تحت یک شیب هیدرولیکی مشخص در جریان است کنترل دارند. هدایت هیدرولیکی با مقدار فضاهای خالی و اتصال بین آنها در آبخوان کنترل می‌شود و حاصل تخلخل بین دانه‌ای، ایجاد درز و شکاف و صفحات لایه‌بندی شده می‌باشند.

روش DRASTIC توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا به عنوان سیستمی استاندارد برای ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی نسبت به آلودگی ارائه شده است. اولین هدف روش DRASTIC اعمال فوریت‌های اجرایی فعالیت‌هایی است که در رابطه با آب زیرزمینی صورت می‌گیرند. همچنین تهیه ابزاری کاربردی برای ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی نسبت به آلودگی از اهداف دیگر این روش می‌باشد. از روش DRASTIC می‌توان برای تنظیم چگونگی انجام فعالیت‌ها در پایش آب زیرزمینی نیز استفاده کرد. برای مثال در مناطقی که آسیب‌پذیری آبخوان بالاتر است و کاربری اراضی به‌گونه‌ای است که پتانسیل بالایی در آلودگی منابع آبی دارند باید سیستم پایشی متراکم‌تر و دقیق‌تری ایجاد شود.

چهار فرضیه‌ای که در مدل DRASTIC در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از:

- آلودگی در سطح زمین تولید می‌گردد؛
- آلودگی از طریق نفوذ به آب زیرزمینی منتقل می‌گردد؛
- عامل حرکت آلوده‌کننده آب است؛
- منطقه مورد مطالعه در روش DRASTIC باید بزرگ‌تر از $4/5$ کیلومتر مربع باشد.

فرضیات فوق موجب می‌گردد تا در ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان نسبت به آلودگی محدودیت‌هایی وارد گردد. در این روش برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی از شاخص آسیب‌پذیری استفاده می‌گردد که برای به‌دست آوردن آن به سه عامل وزن‌دهی، درجه‌بندی و تعیین محدوده پارامترهای هفت‌گانه DRASTIC نیاز دارد.

۳-۳-۶-۲- وزن‌دهی‌ها

به هر پارامتر هفت‌گانه DRASTIC و نسبت به اهمیت هر یک از آنها در آسیب‌پذیری، وزنی برابر با ۱ تا ۵ داده می‌شود. به مهم‌ترین آنها وزن پنج و به کم‌اهمیت‌ترین آنها وزن ۱ داده شده است.

ارزیابی آسیب‌پذیری هر منطقه باید براساس اهمیت هر یک از پارامترها در آن منطقه صورت بگیرد. به طور مثال توپوگرافی در یک منطقه کوهستانی نسبت به یک دشت مسطح از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. همچنین باید توجه داشت که بعضی از پارامترها در ایجاد دیگر پارامترهای هفت‌گانه DRASTIC موثر می‌باشند. به عنوان مثال توپوگرافی (T) بر پارامتر عمق آب زیرزمینی (D) در یک منطقه موثر است و از طرفی اثر توپوگرافی نیز قبلاً به طور مجزا اعمال شده است. بنابراین وزن دهی‌ها در هر منطقه یکسان نیست و با توجه به شرایط حاکم در آن منطقه و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان تغییر می‌یابد. جدول (۳-۱) وزن‌های اختصاص داده شده به پارامترهای هفت‌گانه DRASTIC که توسط Aller و همکاران پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد [۱۹].

جدول ۳-۱- وزن‌های نسبت داده شده به پارامترهای هفت‌گانه DRASTIC [۴]

وزن	پارامتر
۵	عمق آب زیرزمینی (D)
۴	تغذیه خالص (R)
۳	مواد تشکیل‌دهنده آبخوان (A)
۲	نوع خاک (S)
۱	توپوگرافی (T)
۵	اثر منطقه غیراشباع (I)
۳	هدایت هیدرولیکی آبخوان (C)

۳-۳-۳-۳- محدوده پارامترها

برای هر پارامتر DRASTIC بالاترین و پایین‌ترین محدوده‌های عددی و انواع محیط‌های مهم و موثر در حوضه مورد نظر براساس اثر آنها بر پتانسیل آلودگی تعیین می‌شوند. درجه‌بندی هر یک از این پارامترها براساس موقعیت پارامتر مذکور در این محدوده‌ها می‌باشد.

۳-۳-۳-۴- درجه‌بندی

به هر یک از پارامترهای DRASTIC با توجه به موقعیت آنها در محدوده‌های ذکر شده ارزشی بین ۱ تا ۱۰ نسبت داده می‌شود. جدول‌های (۳-۲) الی (۳-۸).
با تعیین عوامل فوق شاخص DRASTIC و یا به عبارت دیگر پتانسیل آلودگی (آسیب‌پذیری) در هر سلول یا چند ضلعی موجود در نقشه به صورت ذیل تعیین می‌گردد:

$$\text{شاخص آسیب‌پذیری} = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw$$

که در آن r درجه‌بندی و W وزن هر یک از پارامترهاست. در جدول (۳-۹) مثالی از تعیین شاخص آسیب‌پذیری آورده شده است. تقسیم‌بندی اعداد استاندارد خاصی نداشته، بلکه بسته به نوع منطقه از لحاظ آلودگی و محدوده‌ی اعداد، کل دامنه اعداد به فواصل یکسان تقسیم می‌شود. به عنوان مثال اگر محدوده‌ی اعداد کم باشد، تعداد کلاس‌ها کم‌تر و اگر زیادتر باشد می‌توان آن محدوده اعداد را به طور مساوی با تعداد کلاس‌های بیش‌تری تقسیم نمود.

جدول ۳-۲- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های عمق آب زیرزمینی [۴]

عمق آب زیرزمینی (متر) (D)	
رتبه‌بندی	محدوده
۱۰	۱/۴ - ۰
۹	۴/۵ - ۱/۵
۷	۹/۰ - ۴/۶
۵	۱۵/۱ - ۹/۱
۳	۲۲/۷ - ۱۵/۲
۲	۳۰/۳ - ۲۲/۸
۱	>۳۰/۴

وزن‌دهی: ۵

جدول ۳-۳- محدوده‌ها و رتبه‌های تغذیه خالص [۴]

تغذیه خالص (میلی‌متر) (R)	
رتبه‌بندی	محدوده
۱	۵۰/۷ - ۰
۳	۱۰۱/۵ - ۵۰/۸
۶	۱۷۷/۷ - ۱۰۱/۶
۸	۲۵۳ - ۱۷۷/۸
۱۰	> ۲۵۴

وزن‌دهی: ۴

جدول ۳-۴- محدوده‌ها و رتبه‌بندی توپوگرافی [۴]

توپوگرافی (درصد شیب) (T)	
رتبه‌بندی	محدوده
۱۰	۱/۹ - ۰
۹	۲/۵ - ۲
۵	۱۱/۹ - ۶
۳	۱۷/۹ - ۱۲
۱	> ۱۸

وزن‌دهی: ۱

جدول ۳-۵- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های هدایت هیدرولیکی آبخوان [۴]

هدایت هیدرولیکی (متر بر روز) (C)	
رتبه‌بندی	محدوده
۱	۴/۰ - ۰/۰۴
۲	۱۲/۲ - ۴/۱۴
۴	۲۸/۶ - ۱۲/۳
۶	۴۰ - ۲۸/۷
۸	۸۱ - ۴۱
۱۰	> ۸۲

وزن‌دهی: ۴

جدول ۳-۶- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط اشباع آبخوان [۴]

محیط آبخوان (A)	
محدوده	رتبه‌بندی
شیل توده‌ای	۲
آذرین / دگرگونی	۳
آذرین / دگرگونی هوازده	۴
یخرفت‌ها	۵
ماسه‌سنگ لایه لایه، سنگ‌آهک و توالی شیل‌ها	۶
ماسه‌سنگ توده‌ای	۶
سنگ آهک توده‌ای	۸
شن و ماسه	۸
بازالت	۹
سنگ آهک کارستی	۱۰

وزن‌دهی: ۳

جدول ۳-۷- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط غیراشباع [۴]

I) اثر منطقه غیراشباع	
رتبه‌بندی	محدوده
۱	لایه محبوس کننده
۳	سیلت / رس
۳	شیل
۶	سنگ آهک
۶	ماسه‌سنگ
۶	ماسه‌سنگ، سنگ آهک و شیل‌های لایه‌لایه
۶	شن و ماسه با مقدار زیادی رس و سیلت
۴	آذرین / دگرگونی
۸	شن و ماسه
۹	بازالت
۱۰	سنگ آهک کارستی
وزن دهی: ۵	

جدول ۳-۸- محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های محیط خاک [۴]

S) نوع خاک	
رتبه‌بندی	محدوده
۱۰	نازک یا نبود لایه خاک
۱۰	شن
۹	ماسه
۸	کود گیاهی (peat)
۷	رس فشرده / یا متراکم
۶	لوم ماسه‌ای
۵	لوم
۴	لوم سیلتی
۳	لوم رس‌دار
۲	کود (muck)
۱	رس غیرمتراکم
وزن دهی: ۵	

جدول ۳-۹- مثالی از محاسبه شاخص آسیب‌پذیری

عدد	وزن	درجه	پارامتر
۳۵	۵	×	D
۴	۴	×	R
۲۴	۳	×	A
۱۰	۲	×	S
۹	۱	×	T
۴۰	۵	×	I
۶	۳	×	C
۱۲۸	شاخص آسیب‌پذیری		

۳-۴- تفاوت مفهوم حریم کیفی و آسیب‌پذیری

در بعضی از موارد ممکن است مفهوم حریم کیفی و آسیب‌پذیری یکسان در نظر گرفته شود که براساس تعاریف در نظر گرفته شده نمی‌توان آنها را یکی دانست.

آسیب‌پذیری تنها به شرایط طبیعی آبخوان بر می‌گردد و اگر آلودگی وجود نداشته باشد، آسیب‌پذیری می‌تواند به صورت زیاد و یا خیلی زیاد نیز تقسیم‌بندی گردد و دارای مفهوم می‌باشد. اما در حریم کیفی چنانچه آلودگی برای پخش بر روی آبخوان وجود نداشته باشد، به طور کلی حریم کیفی معنی پیدا نخواهد کرد و به عبارت دیگر محاسبه آن بی‌استفاده می‌باشد. ولی آسیب‌پذیری با توجه به این‌که تنها به شرایط طبیعی بر می‌گردد همواره قابل محاسبه بوده و می‌توان آن را تعیین نمود. هم‌چنین لازمه تعیین حریم کیفی، محاسبه آسیب‌پذیری می‌باشد. به عبارت دیگر در ابتدا باید آسیب‌پذیری یک آبخوان تهیه گردد تا سپس با استفاده از تعیین آلودگی پخش شده در منطقه براساس نوع کاربری، حریم کیفی تعیین شود.

۳-۵- بررسی و نحوه انتخاب آلاینده‌های موجود در آبخوان

آلودگی آب در تعریف، افزودن هر جسم خارجی به آن است، به طوری که کیفیت فیزیکی، شیمیایی و یا زیستی آن طوری تغییر نماید که برای زندگی انسان و سایر موجودات مضر باشد و انسان نتواند با تصفیه عادی، آب مورد نیاز مصارف زندگی خود را تامین نماید. امروزه منابع آبی بشر به علت آلوده شدن بیش از حد رو به کاهش است. در این بین منابع آب زیرزمینی که مهم‌ترین منبع آبی بشر در چند قرن اخیر بوده، در معرض خطر بیش‌تری قرار دارد، چرا که اگر این منابع آلوده شوند، استفاده از آنها تقریباً غیر ممکن می‌باشد.

به طور کلی آلودگی آب زیرزمینی، نتیجه تعامل دو عامل اساسی زیر است:

- آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان در برابر آلودگی که بستگی به خصوصیات آبخوان دارد.

- افزودن آلاینده‌ها به محیط که حاصل فعالیت‌های انسانی است.

با قبول چنین دیدگاهی، علیرغم آسیب‌پذیر بودن آبخوان، به دلیل عدم حضور آلاینده‌ها، هیچ‌گونه خطر آلودگی وجود نخواهد داشت. علاوه بر این افزودن آلاینده‌ها به محیط، قابل کنترل و تغییر می‌باشد، ولی آسیب‌پذیری آبخوان لزوماً توسط شرایط هیدروژئولوژیکی طبیعی بوده و بالطبع ثابت می‌باشد. بنابراین در طرح‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی، ابتدا باید حریم‌های کیفی براساس آسیب‌پذیری آبخوان تعیین گردد و در مراحل بعدی با توجه به نوع کاربری و مواد آلاینده وارد شده در خصوص کنترل، تغییر و ممنوعیت فعالیت‌ها برنامه‌ریزی نمود.

بنابراین پس از تعیین حریم‌های کیفی براساس آسیب‌پذیری آبخوان، فهرست‌برداری و تشخیص انواع آلاینده‌ها در یک منطقه جهت تکمیل و اجرای یک طرح حفاظتی بسیار مفید می‌باشد. هدف از فهرست‌برداری آلاینده‌ها، تعیین منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای بالقوه و بالفعل آلودگی در گذشته و حال در یک محدوده حفاظتی است.

آلودگی آب زیرزمینی زمانی صورت می‌گیرد که بر میزان آلوده‌کننده‌ها (که توسط فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، خانگی و معدنی تولید می‌شوند) کنترل مناسبی صورت نگیرد به طوری که از حد ظرفیت میرایی طبیعی منطقه غیراشباع تجاوز کند.

خاک‌های زیرسطحی اکثر آلاینده‌ها را کاهش می‌دهند و برای دفع فضولات حیوانی، انسانی و خانگی بسیار موثرند. خودپالایی آلاینده‌ها در طول انتقال زیرسطحی در منطقه غیراشباع، حاصل از بین رفتن بیوشیمیایی و واکنش‌های شیمیایی است. اما همه

خاک‌ها و لایه‌های زیرسطحی در میرایی آلاینده‌ها به طور یکسانی موثر نیستند. به طور مثال آبخوان‌های تشکیل شده از سنگ‌های سخت درز و شکاف‌دار نسبت به آلاینده‌ها آسیب‌پذیرتر هستند. گرچه میرایی به طور گسترده‌ای بسته به نوع آلاینده دارد و فرایند واکنش‌های شیمیایی در هر محیط متفاوت است. نگرانی در مورد آلودگی آب‌های زیرزمینی عموماً به آبخوان‌های آزاد مربوط می‌شود؛ به‌خصوص در جاهایی که منطقه غیراشباع کم ضخامت و سطح ایستابی کم عمق باشد. معیذا پتانسیل آلودگی در آبخوان‌های نیمه محبوس نیز وجود دارد به خصوص اگر لایه محبوس کننده کم ضخامت و نسبتاً نفوذپذیر باشد.

در جدول (۳-۱۰) انواع فعالیت‌هایی که قادر به آلودگی آب زیرزمینی هستند و فراوان‌ترین ترکیبات آلوده‌کننده در رابطه با آنها ارائه شده است.

جدول ۳-۱۰- انواع آلوده‌کننده‌های معمول منابع آب زیرزمینی و منابع آلوده‌کننده‌ها [۴]

منبع آلودگی	نوع آلوده‌کننده
فعالیت‌های کشاورزی	نیترات‌ها، آمونیم، آفت‌کش‌ها، ارگانیزم‌های مدفوعی
فاضلاب‌های صحرایی	نیترات‌ها، هیدروکربن‌های هالوژنه، میکروارگانیزم‌ها
فاضلاب‌های شهری	BOD, COD, باکتری‌های کلیفرم، نیتروژن کل، دترجنت‌ها
ایستگاه‌های گاز	هیدروکربن آروماتیک، بنزن، فنل‌ها، هیدروکربن‌های هالوژنه
محل دفن پسماندها و زباله‌های جامد	آمونیم، شوری، هیدروکربن‌های هالوژنه، فلزات سنگین
صنایع فلزی	تری‌کلرواتیلن، تتراکلرواتیلن، هیدروکربن‌های هالوژنه، فنل‌ها، فلزات سنگین، سیانید
فعالیت‌های نقاشی و لعاب کاری	الکیل بنزن، هیدروکربن‌های هالوژنه، فلزات سنگین، هیدروکربن آروماتیک، تتراکلرواتیلن
صنایع چوب	پنتاکلروفنل، هیدروکربن آروماتیک، هیدروکربن‌های هالوژنه
خشک‌شویی‌ها	تری‌کلرواتیلن، تتراکلرواتیلن
کارخانجات تولید آفت‌کش‌ها	هیدروکربن‌های هالوژنه، فنل‌ها، آرسنیک
پساب لجن‌زارها	نیترات‌ها، هیدروکربن‌های هالوژنه، سرب، روی
صنایع دباغی	کرومیم، هیدروکربن‌های هالوژنه، فنل‌ها
استخراج، اکتشاف و پالایش گاز و نفت	شوری (کلرید سدیم)، هیدروکربن آروماتیک، سولفات
معدن کاری زغال سنگ و مواد فلزی	اسیدپتته، فلزات سنگین، آهن، سولفات‌ها

۳-۶- ارائه روش تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آب‌های زیرزمینی با در نظر گرفتن کاربری

همان‌گونه که ذکر گردید، آسیب‌پذیری یکی از عوامل اصلی در تعیین حریم کیفی آبخوان می‌باشد. زیرا آسیب‌پذیری، حساسیت منبع آب زیرزمینی را نسبت به آلودگی از طریق تعدادی از متغیرهای هیدروژئولوژیکی نشان می‌دهد. استفاده از حریم کیفی ناحیه‌ای وسیله مناسب‌تری برای تعیین محدوده‌های حفاظت آب زیرزمینی (حریم کیفی) در مقیاس ناحیه‌ای نسبت به روش کلاسیک حریم کیفی چاه می‌باشد.

نتایج حاصل از تعیین آسیب‌پذیری پس از اجرا در نهایت می‌تواند با بررسی منابع آلاینده در سطح زمین برای ارزیابی خطر آلودگی منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. بدین ترتیب که هر کدام از نواحی یا حریم‌های کیفی، با توجه به وجود یا عدم وجود منابع آلاینده میزان خطرپذیری منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. سیاست‌ها و خطی‌مشی‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی نیز براساس میزان خطرپذیری یا پتانسیل آلودگی طراحی و اجرا می‌شوند.

انتخاب نوع حریم کیفی به داده‌های قابل دسترس، مقیاس پروژه، هدف مطالعه و منابع مالی و انسانی بستگی دارد. هم‌چنین با توجه به مقیاس مطالعات، سازمان‌ها و مراکز مسوول نیز می‌توانند، متفاوت باشد.

در این دستورالعمل تعیین حریم کیفی با مقیاس کار ۱:۲۵۰۰۰۰ و داده‌های مورد نیاز و موجود، انجام می‌گیرد، اما در صورت نیاز و وجود اطلاعات دقیق‌تری می‌توان با مقیاس‌های بزرگ‌تری نیز آن را تعیین نمود.

همان‌طوری که در بخش قبل نیز بدان اشاره گردید، اولین گام در تعیین حریم کیفی یک آبخوان، تهیه نقشه آسیب‌پذیری آن آبخوان می‌باشد و براساس انواع روش‌های آسیب‌پذیری، روش‌های مختلفی نیز برای تعیین حریم می‌توان تعریف نمود. هم‌چنین براساس معایب و مزایای روش‌های تعیین آسیب‌پذیری، روش DRASTIC به عنوان روش مناسبی برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان پیشنهاد گردید. در گام بعدی باید با استفاده از یک پارامتر کیفی نقشه آسیب‌پذیری را اصلاح نموده و به عبارت دیگر حریم را در منطقه مورد مطالعه تعیین نمود.

به طور معمول پارامتر آلودگی در منطقه با فعالیت‌های انسان پخش می‌گردد. اما نوع آلاینده به نوع کاربری منطقه مورد مطالعه بستگی دارد. بدین ترتیب که با توجه به نوع کاربری، مهم‌ترین آلاینده‌ای که می‌تواند در منطقه پخش گردد، انتخاب کرده و براساس آن آلودگی، نقشه آسیب‌پذیری را اصلاح نموده و حریم کیفی منطقه را تعیین کرد. در این دستورالعمل چهار نوع کاربری عمده مورد توجه می‌باشد که به قرار زیر است:

- کشاورزی

- صنعتی

- خانگی

- فعالیت‌های نفتی

کاربری‌های مذکور به این دلیل انتخاب گردیدند که تقریباً تمام آلودگی‌های به وجود آمده در آبخوان‌ها به علت وجود همین فعالیت‌ها می‌باشد. به عنوان مثال اگر آبخوانی دارای کاربری کشاورزی باشد آنگاه سموم و کودهای مورد استفاده بیش از اندازه ظرفیت میرایی، باعث انتقال آلودگی به آبخوان شده و ممکن است در ادامه آن را از حیز انتفاع خارج سازد.

حال پس از تعیین کاربری‌ها در این مرحله باید، آلودگی مربوط به هر یک از فعالیت‌ها را تعیین نمود. درخصوص کاربری کشاورزی، از بین سه ماده مغذی موجود در کودها (نیتروژن، فسفات و پتاسیم)، نیتروژن دارای پتانسیل بیش‌تری برای تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی است. انتخاب کود شیمیایی نیتراژ در این گزارش از چند جنبه صورت گرفته است:

- واکنش رشد سریع اغلب گیاهان به این نوع کودها موجب شده است تا صرف‌نظر از عوامل کیفی، کمی و زیست‌محیطی، به صورت بی‌رویه‌ای از کودهای ازته استفاده شود.

- این کودها به دلیل حلالیت بسیار بالا، به راحتی همراه آب به لایه‌های زیرین خاک و منابع آب زیرزمینی انتقال می‌یابند.

- ورود این مواد به آب‌های زیرزمینی باعث آلودگی شدید زیست‌محیطی شده و جبران آن به راحتی امکان‌پذیر نخواهد بود، چرا که این ماده باعث بروز امراضی از قبیل سرطان معده و بیماری خونی متموگلوبینا^۱ می‌شود.

- بررسی وضعیت نیتراژ، استفاده بهینه از این نوع کودها را بهتر نمایان می‌سازد.

همچنین لازم است برای مابقی کاربری‌ها که در مراجع به طور مشخص به آنها اشاره‌ای نشده، یک آلاینده موثر و مرتبط با آن کاربری انتخاب نمود. از آنجا که فاضلاب‌های صنعتی بیش‌ترین میزان فلزات سنگین را در محیط اطراف و بالطبع در آبخوان‌ها پخش می‌کنند، این سری آلاینده‌ها برای کاربری صنعتی انتخاب می‌گردد. اگر منطقه مورد مطالعه نفتی باشد، آنگاه می‌توان از آلاینده‌های آلی یا هیدروکربن‌ها برای تعیین حریم استفاده نمود. به همین صورت برای مناطق شهری و روستایی نیز می‌توان پارامترهایی نظیر اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و یا حتی نیترات و دترجنت‌ها را نیز بر حسب وجود آمار و اطلاعات انتخاب نمود.

ذکر این نکته ضروری است که انتخاب پارامتر کیفی تنها به شرایط کیفی آبخوان بستگی داشته و در این روش نمی‌توان برابری، تاثیر و ترکیب چند پارامتر را توأمان دید. در این مرحله که برای هر کاربری یک پارامتر آلودگی انتخاب شده است، می‌توان تاثیر آلاینده مورد نظر را بر نقشه آسیب‌پذیری آبخوان بررسی کرده و حریم کیفی آبخوان را تعیین نمود. مراحل کار به شرح زیر می‌باشد. در این دستورالعمل حریم کیفی دو آبخوان با دو نوع کاربری کشاورزی و صنعتی که پخش آلودگی آنها به صورت غیرنقطه‌ای و نقطه‌ای می‌باشد، تعیین می‌گردد.

۳-۶-۱- تعیین حریم کیفی آبخوان با کاربری صنعتی و استفاده از فلزات سنگین (مطالعه موردی آبخوان کرج)

امروزه توسعه روزافزون شهرنشینی به خاطر افزایش جمعیت و همچنین مهاجرت‌های بیش از اندازه روستاییان و عشایر به سمت شهرها، به دلیل امکانات شهری، مشکلاتی را ایجاد نموده، چراکه برای این رشد ناگهانی جمعیت و ایجاد شغل، سرمایه‌گذاری در صنایع امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی در جوامع شهری نمی‌توان تولید اشتغال را در کشاورزی ایجاد نمود. بنابراین آنچه که امروزه در حاشیه شهرها به چشم می‌خورد، شهرک‌های صنعتی بزرگ و کوچک می‌باشد.

در هر توسعه و پیشرفتی، اگر تمامی جوانب در نظر گرفته نشود، می‌تواند در آینده مشکلات عدیده‌ای را ایجاد نماید. یکی از مشکلاتی که امروزه جوامع و کشورهای پیشرفته صنعتی را در قبال توسعه صنایع درگیر نموده، پساب ناشی از کارخانجات و کارگاه‌های بزرگ و کوچک می‌باشد، که در بعضی موارد زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست آنها وارد نموده است (حادثه چرنوبیل). بنابراین در بیش‌تر این جوامع توسعه صنایع به هر قیمتی انجام نمی‌گیرد و بعضی از آنها نیز کارخانجات خود را در کشورهای دیگر ایجاد می‌کنند (مانند ژاپن)، چراکه توسعه پایدار تنها در صورتی تحقق خواهد یافت که به شیوه‌هایی در تولید فرآورده‌های صنعتی روی آورده شود که میزان پسماندها و آلاینده‌های ناشی از آنها، کم‌تر از فرایندهای صنعتی متعارف باشد. این تغییرات مستلزم ایجاد تکنولوژی‌های جدید و پاکیزه‌تری می‌باشد.

امروزه یکی از مشکلات به وجود آمده از پساب‌های صنعتی، ورود آنها به آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد، که خطرات این معضل در مورد منابع آب زیرزمینی خود را بیش‌تر نشان می‌دهد. به طور کلی تخلیه آب‌های صنعتی در آب‌ها می‌تواند آلودگی‌های زیر را تولید کند:

- موجب بالا رفتن اسیدیته آب می‌شود.
- قلیائیت آب را زیاد می‌کند.
- غلظت مواد محلول در آب زیاد می‌شود.
- چربی و روغن داخل آب می‌رود.

- فلزات سنگین که اکثرا در غلظت‌های بسیار کم باعث مسمومیت می‌شود را افزایش می‌دهد.
 - گازهای سمی و بدبو داخل آب می‌شود.
 - مواد معلق و رنگی آب افزایش می‌یابد.
 - در بعضی موارد مواد رادیواکتیویته وارد آب می‌گردد.
 - البته آب و خاک تا حدی قابلیت تصفیه‌کنندگی داشته ولی اگر میزان آلاینده‌ها از حدی افزایش یابد موجب آلودگی آب می‌گردد.
- از بین آلاینده‌های فوق‌الذکر، فلزات سنگین برای آبریان و انسان بسیار مضر و حتی سرطان‌زا می‌باشد و مقدار آن در آبخوان‌ها قابل توجه بوده و در اکثر مناطق صنعتی تولید می‌شود. یکی از خاصیت‌های مضر فلزات سنگین این است که در بدن انسان و جانوران هضم نمی‌شود بلکه در بدن انسان تجمع می‌یابد و ورود آنها از طریق مصرف حیوانات و حتی مصرف مستقیم آب موجب مسمومیت شدید انسان خواهد شد. به طوری که مرگ و میرهای ناشی از این مسمومیت‌ها در دنیا به کرات اتفاق افتاده است.
- بنابراین در این قسمت از دستورالعمل، حریم کیفی آبخوان کرج تهیه خواهد شد، که عمدتا دارای کاربری صنعتی است و سرب پارامتر آلودگی در تعیین حریم فلزات سنگین خواهد بود. مقادیر فلزات سنگین جمع‌آوری شده از چاه‌های تحت پوشش آب و فاضلاب استان تهران بوده و به قسمت‌هایی از کرج و حومه آن مربوط می‌شود.

- آلودگی سرب

سرب به عنوان گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست، به صورت طبیعی به میزان ۱-۱۰ میکروگرم در لیتر در آب رودخانه‌ها وجود دارد. ترکیبات سرب در نتیجه بهره‌برداری از معادن، صنایع باتری‌سازی، سوخت‌های فسیلی، رنگ‌سازی و صنایع شیشه و لعاب به منابع آبی وارد می‌گردند. سرب در گیاهان آبری تجمع یافته و بدین ترتیب وارد زنجیره غذایی گردیده و به بدن آبریان و انسان راه می‌یابد. نیمه عمر بیولوژیک سرب در بافت نرم ۲۱ روز، در عضلات ۵ سال و در استخوان ۲۰ سال می‌باشد که با توجه به خاصیت تجمع‌ی این عنصر در صورت جذب بیش از حد در دراز مدت باعث بروز اثرات منفی می‌شود [۱۰].

این عنصر شیمیایی که در جدول تناوبی با نشان pb و عدد اتمی ۸۲ وجود دارد، سنگین‌ترین عنصر پایدار می‌باشد و در باطری خودرو - سرامیک‌ها - آب میوه‌های داخل قوطی - خاکستر سیگار - دود آگزوز خودروها - بنزین سرب‌دار - رنگ موها - حشره‌کش‌ها - ریمل مژه - برف - آلیاژ لحیم‌کاری - بتونه‌ها - رنگ‌ها - آب شهری و یا چاه - لوله‌ها وجود دارد.

در بدن انسان تقریباً ۱۲۰ میلی‌گرم سرب دیده می‌شود که ۹۶ درصد آن در استخوان‌هاست. غلظت سرب موجود در بدن انسان بسته به سن و سال ممکن است تا ۴۰۰ میلی‌گرم نیز برسد. تحت شرایط خاصی سرب در بدن باعث سرعت سنتز پروتئین، تجمع در استخوان و بعضی از ماهیچه‌ها، کبد و کلیه شده و به مرور ایجاد مسمومیت خواهد کرد. هم‌چنین این فلز موجب بروز مشکلاتی در سیستم عصبی مرکزی، آسیب کلیه‌ها، کم‌خونی شده و در نهایت به صورت استفراغ، از دست رفتن اشتها، تشنج، عدم تعادل بدن، اغما و بالاخره مرگ ظاهر می‌شود [۱۰].

۳-۱-۱-۶-۱- تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان کرج با مدل DRASTIC

از آن‌جا که تنها اطلاعات مربوط به غلظت سرب شهرستان کرج و حومه آن در دسترس بود، مطالعات آسیب‌پذیری روی قسمتی از آبخوان محدوده مطالعاتی تهران- کرج، که آمار آن موجود بود صورت گرفت. آبخوان انتخابی قسمتی از آبخوان تهران- کرج می‌باشد و در محدوده مطالعاتی تهران- کرج از حوضه آبریز دریاچه نمک واقع شده است. لازم به ذکر است که برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم کیفی در روش DRASTIC، ابتدا باید نقشه هر کدام از هفت پارامتر روش DRASTIC تهیه گردد که در زیر به اختصار شرح داده شده است:

- عمق سطح آب

با استفاده از آمار و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت، نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی تهیه گردید و سپس با کمک جدول (۳-۲) رتبه‌بندی عمق برای محاسبه شاخص DRASTIC محاسبه گردید. نقشه به دست آمده به صورت شکل (۳-۱) طبقه‌بندی شد.

- تغذیه خالص

برای تهیه نقشه تغذیه خالص دشت، ابتدا تغذیه خالص‌های مربوط به ارتفاعات، بارندگی، رواناب و پساب که در رابطه بیلان به‌دست آمده بود، با هم جمع گردید. سپس با توجه به نقشه هدایت هیدرولیکی دشت و مقدار نفوذپذیری آن، میزان تغذیه خالص تقسیم‌بندی شد. نقشه تغذیه خالص به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه شد و با توجه به رتبه‌ای که در محاسبه شاخص آسیب‌پذیری برای این پارامتر در نظر گرفته شده جدول (۳-۳)، نقشه رتبه‌بندی تغذیه به‌دست آمد. نقشه به دست آمده تنها دارای یک کلاس با ارزش ۹ است.

- نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب از نقشه رقومی توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ به همراه نقاط ارتفاعی کمکی مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای استفاده گردید. نقشه توپوگرافی به‌دست آمده به رستری تبدیل شده و سپس به کمک آن مقدار شیب به صورت درصد برای هر سلول محاسبه گردید پس از به‌دست آمدن نقشه شیب به کمک جدول (۳-۴) مقدار رتبه مربوط به شیب به‌دست آمد (شکل ۳-۲).

- هدایت هیدرولیکی

با توجه به آنکه در آزمایش‌های پمپاژ، مقدار پارامتر ضریب قابلیت انتقال آب اندازه‌گیری می‌شود، با استفاده از ضخامت اشباع آبخوان، مقدار هدایت هیدرولیکی از تقسیم ضریب قابلیت انتقال آب بر ضخامت اشباع آبخوان به‌دست آمد. اطلاعات و نقاط جغرافیایی مربوط به ضریب قابلیت انتقال و هم‌ضخامت آبرفت دشت از نقشه‌های موجود تهیه گردیده و کلیه مراحل تهیه نقشه مطابق پارامترهای قبلی در محیط ArcMap انجام گرفت. سپس به کمک قابلیت نرم‌افزار ArcMap از تفریق نقشه هم‌ضخامت آبرفت و نقشه هم‌عمق سطح آب، نقشه ضخامت اشباع حاصل شد و بعد از تقسیم نقشه ضریب قابلیت انتقال بر نقشه ضخامت آبخوان، نقشه هدایت هیدرولیکی دشت به‌دست آمد. این نقشه با توجه به تقسیم‌بندی پارامتر هدایت هیدرولیکی در محاسبه شاخص (جدول ۳-۵)، به صورت شکل (۳-۳) تقسیم‌بندی گردید.

- محیط اشباع آبخوان

از آن‌جا که نقشه‌های پروفیل اعماق خاک به صورت نقشه در ایران تهیه نشده است، در این گزارش از لوگ‌های حفاری اکتشافی چاه‌ها به صورت نقطه‌ای برای تهیه نقشه خاک، منطقه غیراشباع و اشباع استفاده شده است. بنابراین با استفاده از لوگ‌های حفاری موجود در محدوده مطالعاتی و نقشه‌های مقاطع ژئوالکتریک، نوع و جنس محیط آبخوان مشخص شد. برای تهیه نقشه محیط اشباع آبخوان از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس محیط آبخوان و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی (۳-۶) در محیط ArcMap استفاده شد. (شکل ۳-۴)

- تاثیر منطقه غیراشباع

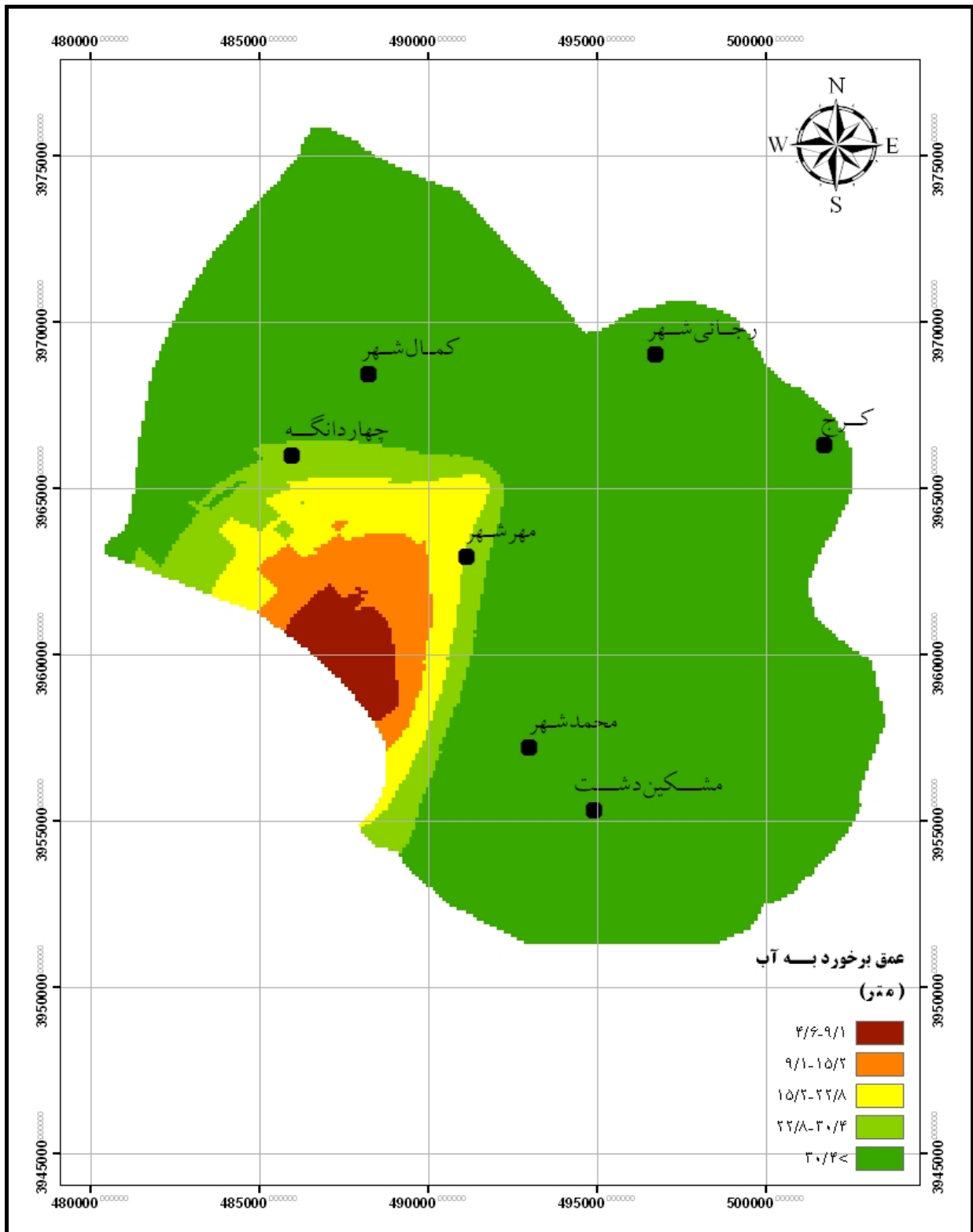
با استفاده از لوگ‌های حفاری چاه‌ها و نقشه‌های مقاطع ژئوالکتریک نوع و جنس منطقه غیراشباع مشخص شد. برای تهیه نقشه منطقه غیراشباع از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس منطقه غیراشباع و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی (۳-۷) استفاده شد. نقشه رتبه‌بندی مربوط به منطقه غیراشباع به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه گردید (شکل ۳-۵).

- محیط خاک

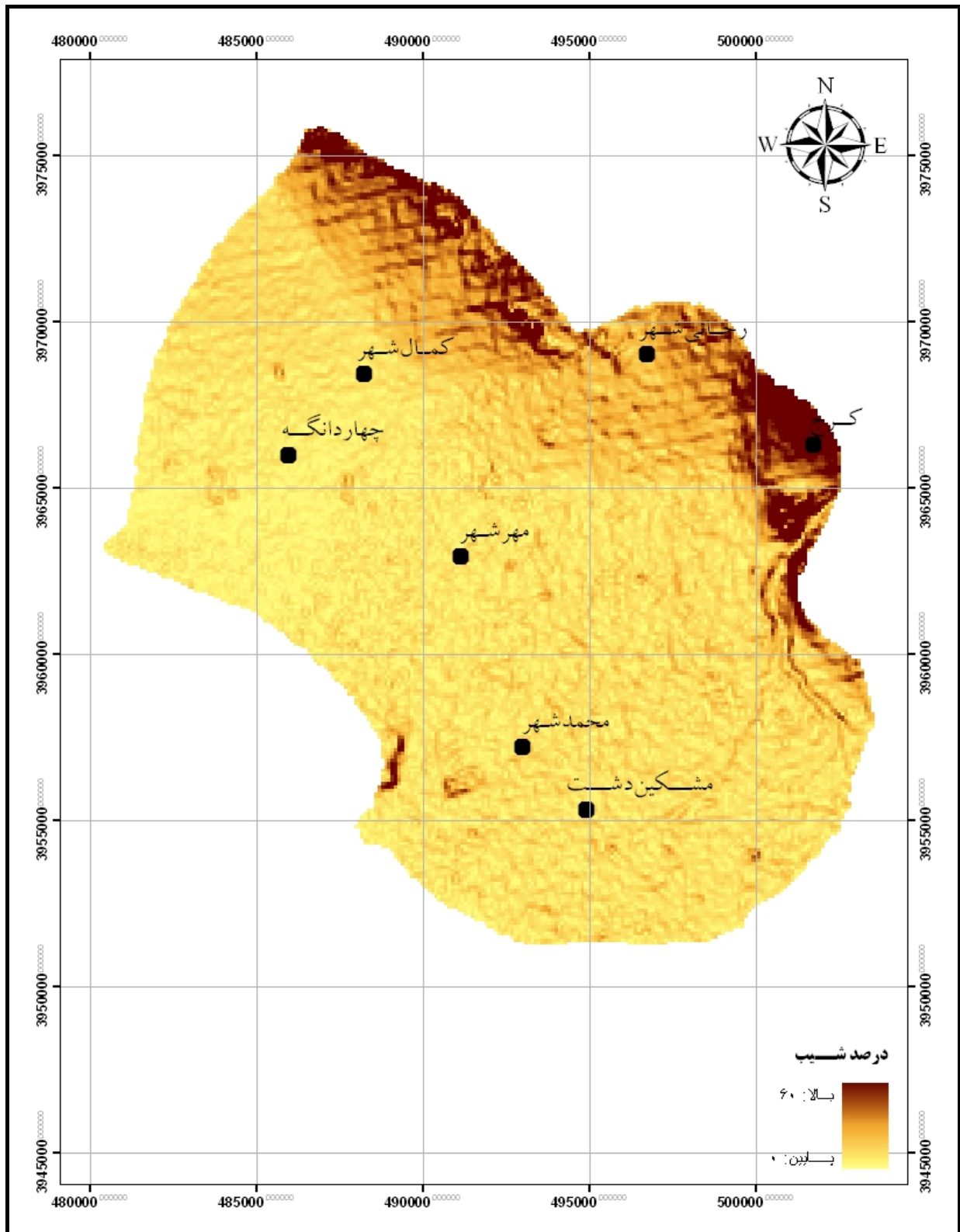
با استفاده از لوگ‌های حفاری نوع و جنس خاک تا عمق ۲ متری مشخص گردید. برای تهیه نقشه محیط خاک از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس خاک و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی (۳-۸) در محیط ArcMap استفاده شد. نقشه محیط خاک به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه گردید و سپس محیط خاک دسته‌بندی گردید. (شکل ۳-۶)

- شاخص آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی

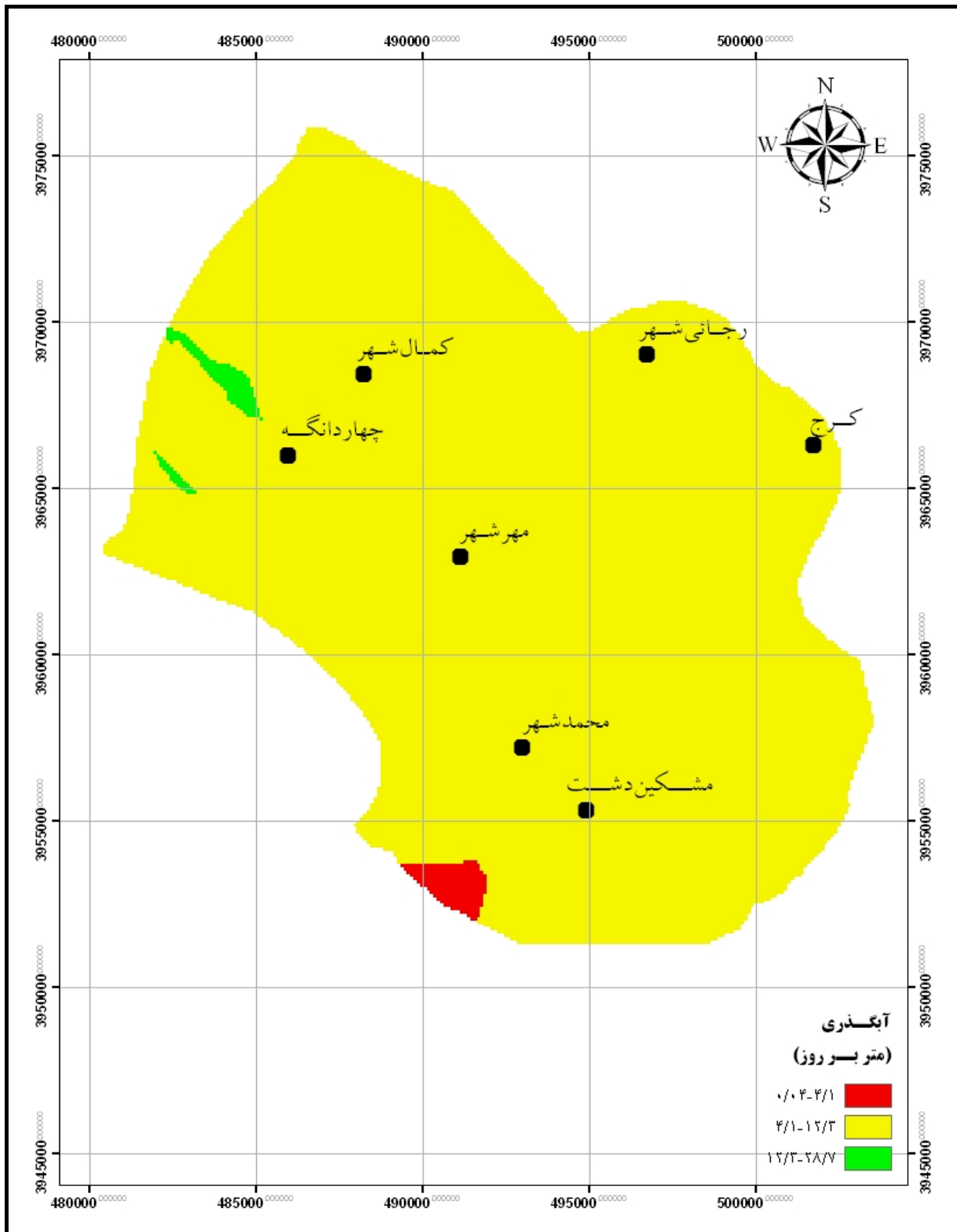
با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و به کمک وزن‌های در نظر گرفته شده در جدول (۳-۱) برای هر پارامتر در روش DRATIC، نقشه آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی کرج به دست آمد (شکل ۳-۷). عدد محاسبه شده نشان دهنده میزان حساسیت سفره به آلوده شدن بوده به این ترتیب که اعداد بزرگ‌تر تعیین کننده استعداد بیش‌تر سفره آب زیرزمینی برای آلوده شدن می‌باشد. تقسیم‌بندی اعداد استاندارد خاصی نداشته، بلکه بسته به نوع منطقه از لحاظ آلودگی و محدوده اعداد، کل دامنه اعداد به فواصل یکسان تقسیم می‌شود. به عنوان مثال اگر محدوده اعداد کم باشد، تعداد کلاس‌ها کم‌تر و اگر زیادتر باشد می‌توان آن محدوده را به‌طور مساوی با تعداد کلاس‌های بیش‌تری تقسیم نمود. به منظور درک بهتر نتایج به دست آمده، شاخص مورد نظر به صورت توصیفی به ۵ کلاس مختلف تقسیم‌بندی گردید که در شکل (۳-۸) مشاهده می‌شود.



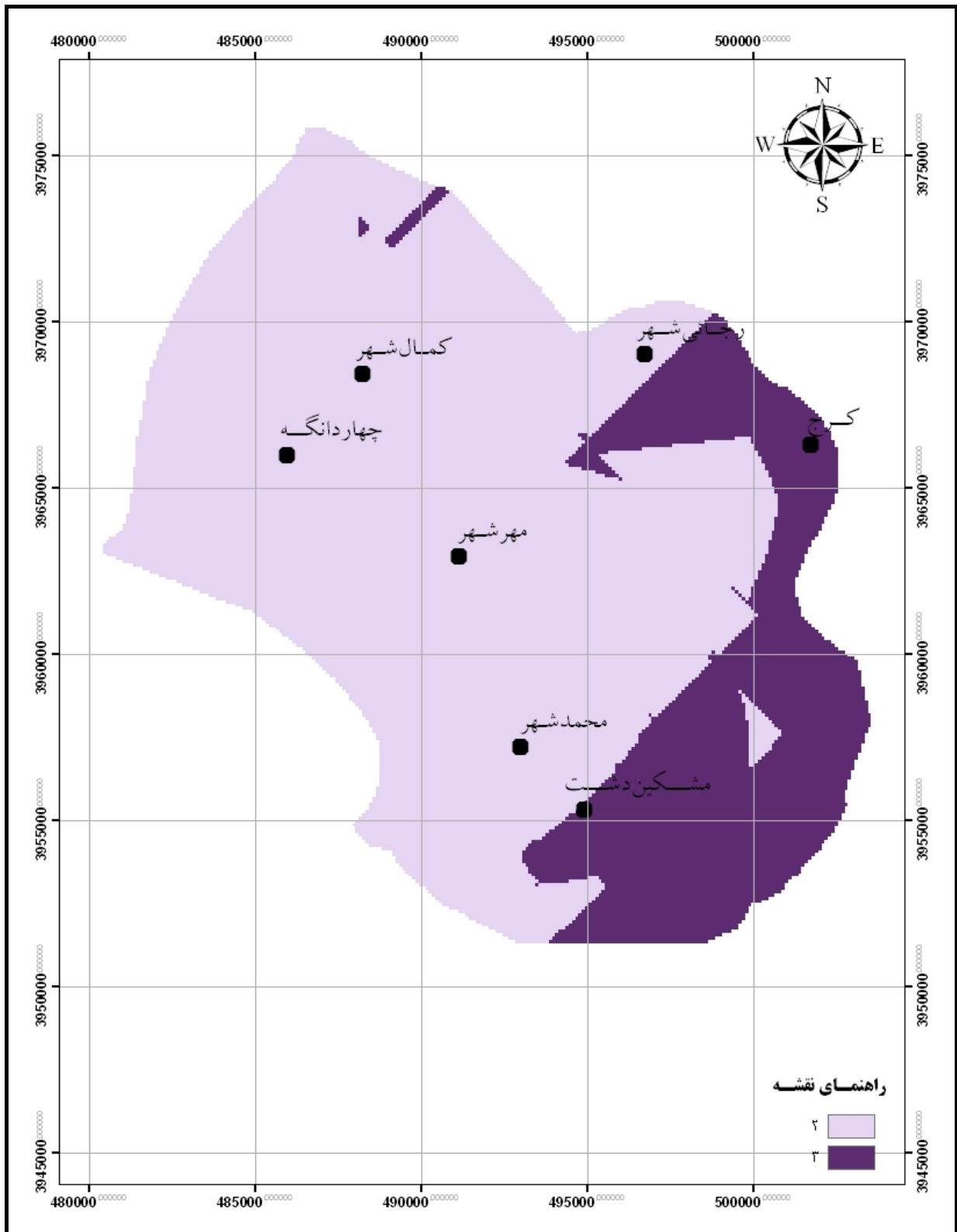
شکل ۳-۱- محدوده تغییرات عمق آب زیرزمینی در آبخوان کرج



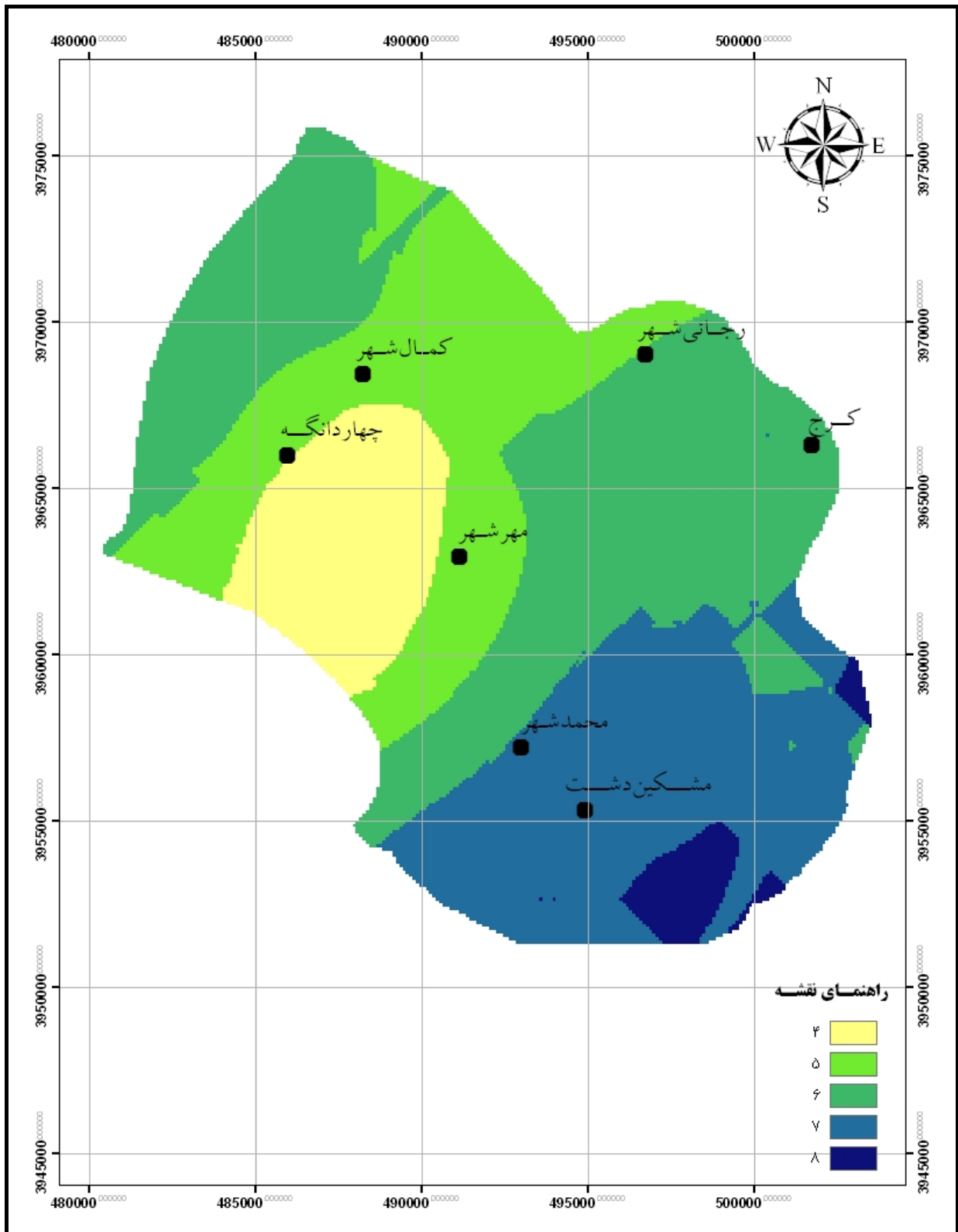
شکل ۳-۲- مقدار شیب بر حسب درصد در آبخوان کرج



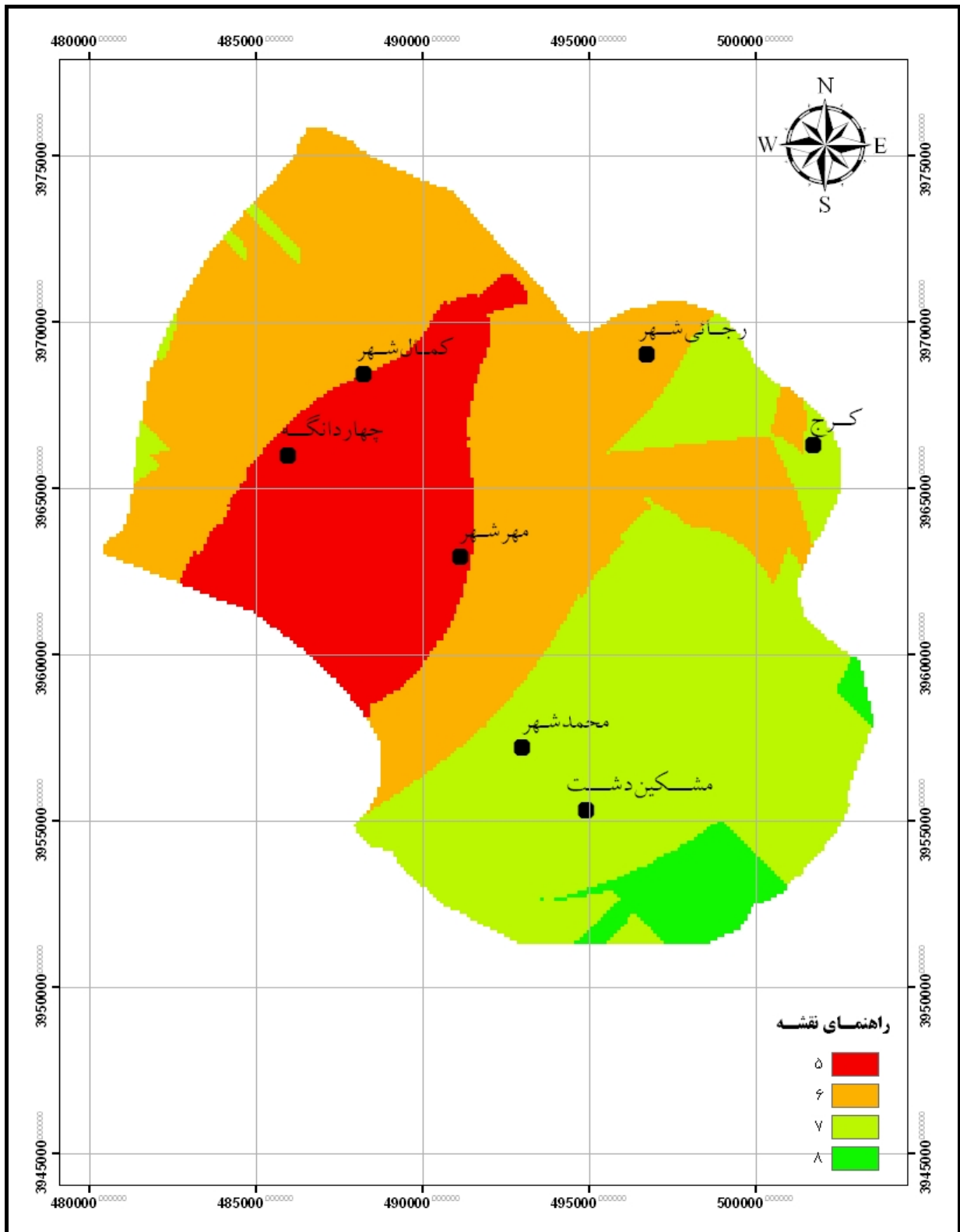
شکل ۳-۳- محدوده تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک در آبخوان کرج



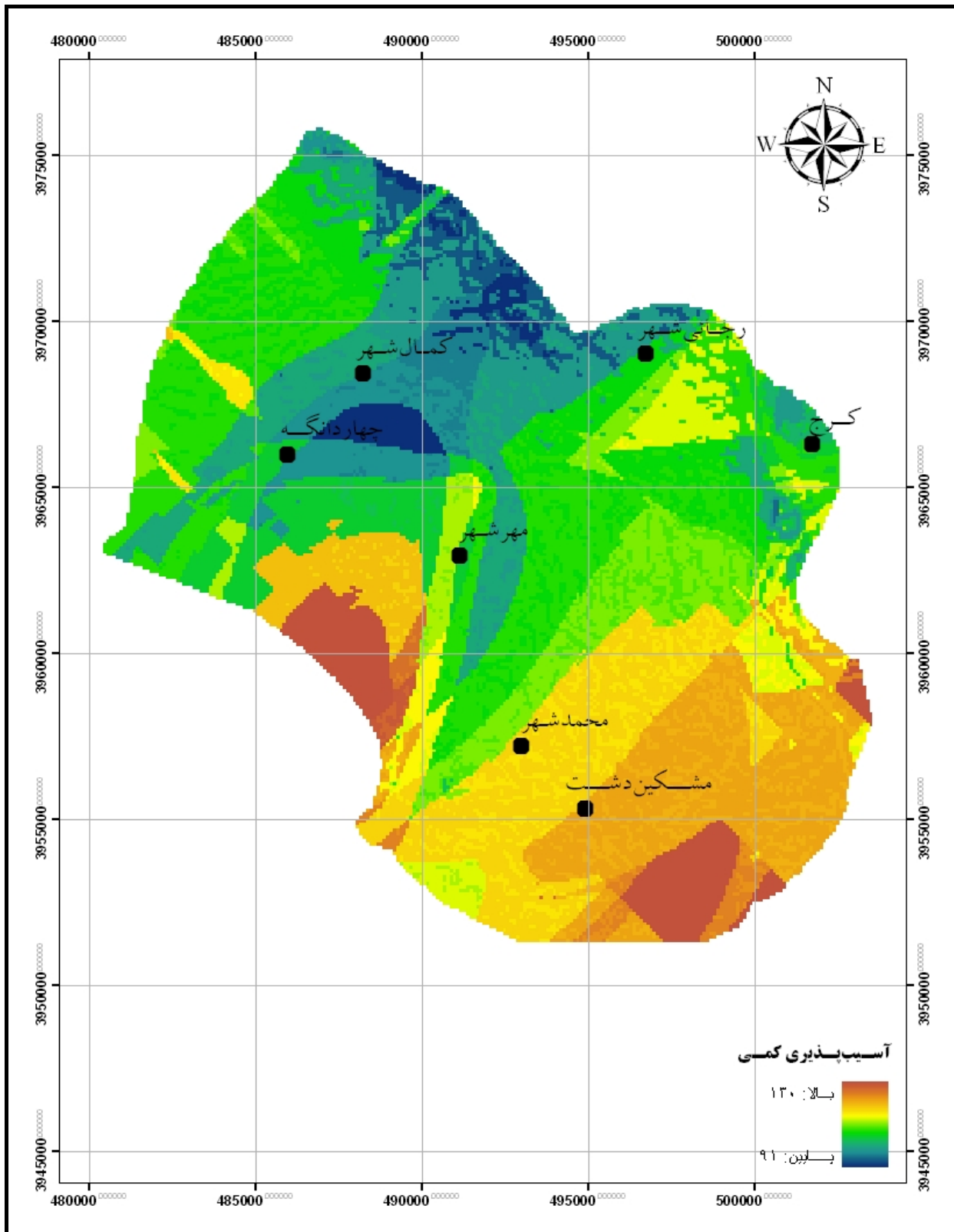
شکل ۳-۴- رتبه‌بندی منطقه اشباع در آبخوان کرج



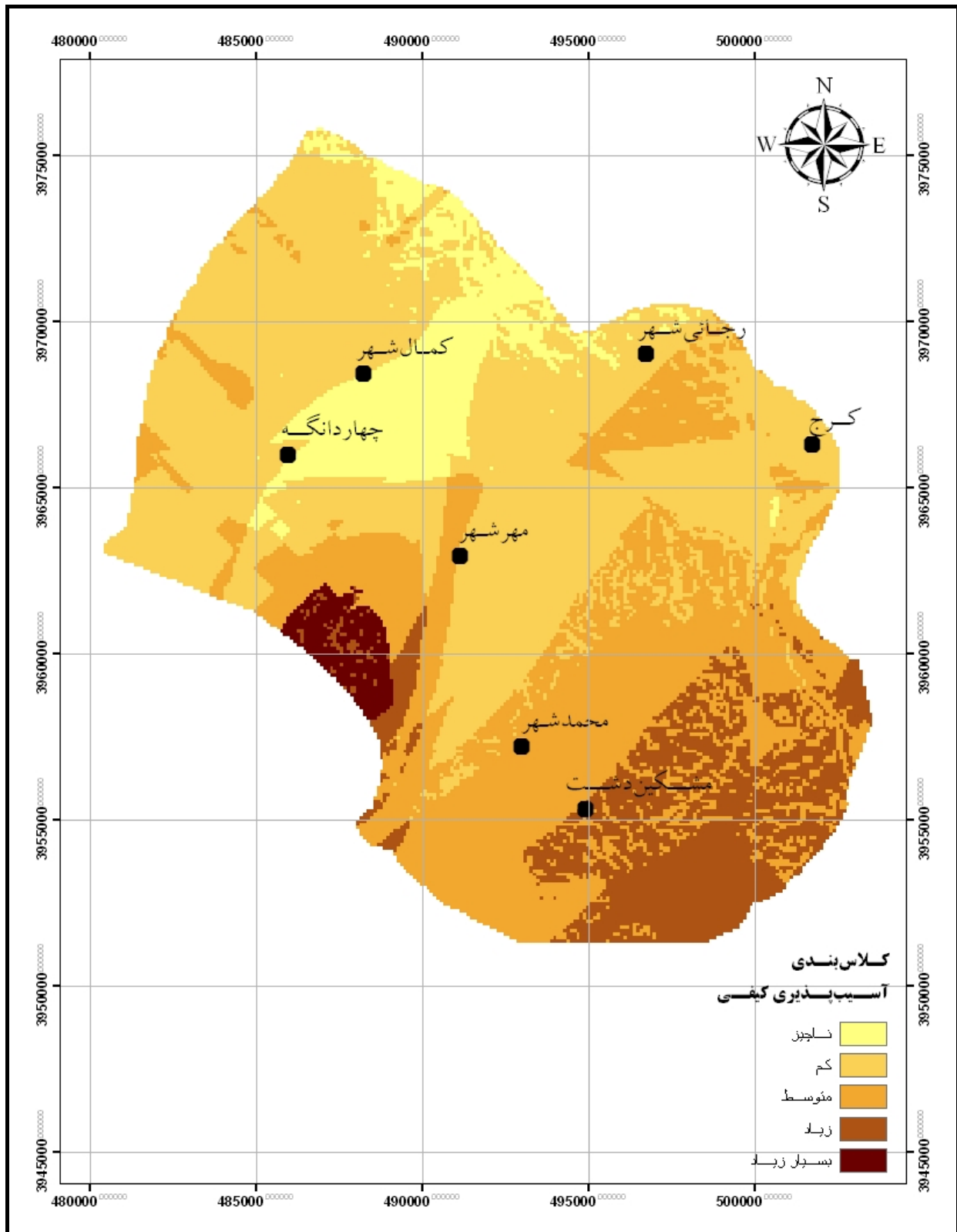
شکل ۳-۵- رتبه‌بندی منطقه غیراشباع در آبخوان کرج



شکل ۳-۶- رتبه‌بندی محیط خاک در آبخوان کرج



شکل ۳-۷- شاخص آسیب پذیری کمی در آبخوان کرج



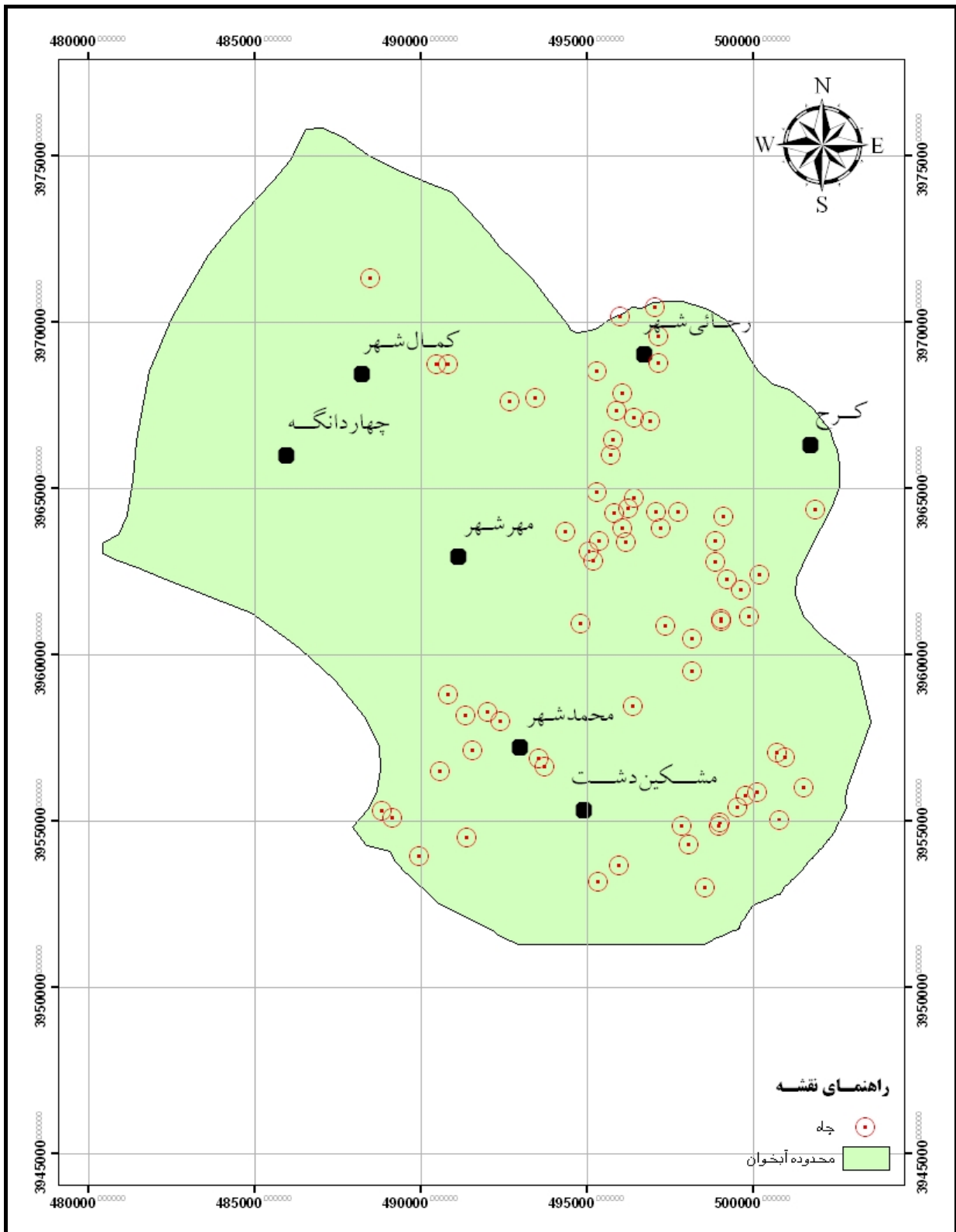
شکل ۳-۸- کلاس بندی کیفی آسیب پذیری در آبخوان کرج

۳-۶-۱-۲- نقشه گسترش آلاینده سرب در آبخوان کرج

همان طوری که در بخش‌های قبلی بدان اشاره شد جهت تعیین حریم کیفی آبخوان، به یک پارامتر آلودگی متناسب با کاربری منطقه، مورد نیاز می‌باشد. لازم به ذکر است که در تعیین حریم نمی‌توان چند آلاینده را در نظر گرفت و اگر چند کاربری مد نظر باشد، آنگاه باید به طور مجزا برای هر پارامتر یک حریم تعیین گردد.

از آن‌جا که کاربری منطقه کرج صنعتی می‌باشد و مقادیر مربوط به فلزات سنگین این قسمت از آبخوان، دارای دامنه بالایی است، بنابراین از فلزات سنگین به عنوان آلاینده‌های کیفی جهت تعیین حریم کیفی استفاده می‌شود. همچنین از بین مجموعه فلزات سنگین نیز پارامتر سرب به علت بحرانی بودن میزان آن در منطقه در نظر گرفته شد.

تعداد ۷۰ نمونه فلزات سنگین از چاه‌های منطقه جمع‌آوری شده بود که در این مطالعات مورد استفاده قرار گرفت و در شکل (۳-۹) موقعیت آنها نشان داده شده است.



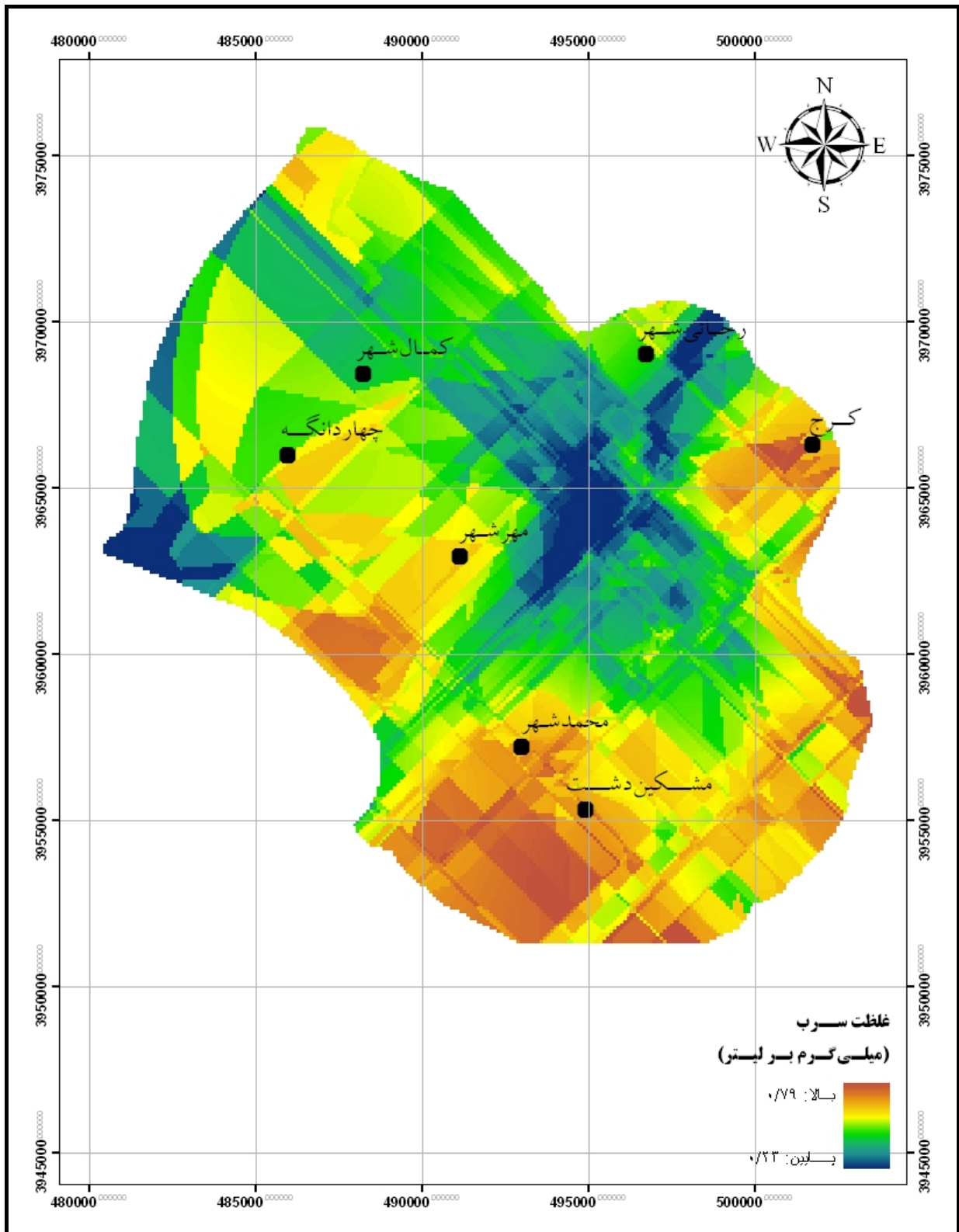
شکل ۳-۹- موقعیت چاه‌های نمونه برداری شده واقع در آبخوان کرج

از آن‌جا که داده‌های نقطه‌ای باید به داده‌هایی با فرمت RASTER تبدیل شود و در واقع یک نقشه پهنه‌بندی از آلودگی مورد نیاز می‌باشد، بنابراین با استفاده از نوار ابزار GeoStatistical یا زمین‌آمار در GIS و با مدل Kiriging داده‌های نقطه‌ای را درون‌یابی نموده و در نهایت نقشه پهنه‌بندی آلودگی سرب از آن استخراج گردید که در شکل (۳-۱۰) مشاهده می‌کنید. با توجه به این که مقادیر آلودگی به صورت میلی‌گرم بر لیتر قابل استفاده نبوده و هم‌چنین نقشه نهایی به صورت طبقه‌بندی ارائه می‌شود، بنابراین در مرحله بعدی کار، مقادیر سرب بر روی نقشه با استفاده از نوار ابزار Analyst Spatial و Reclasify و با استفاده از جدول (۳-۱۱) به پنج کلاس طبقه‌بندی شد که در شکل (۳-۱۱) مشاهده می‌شود.*

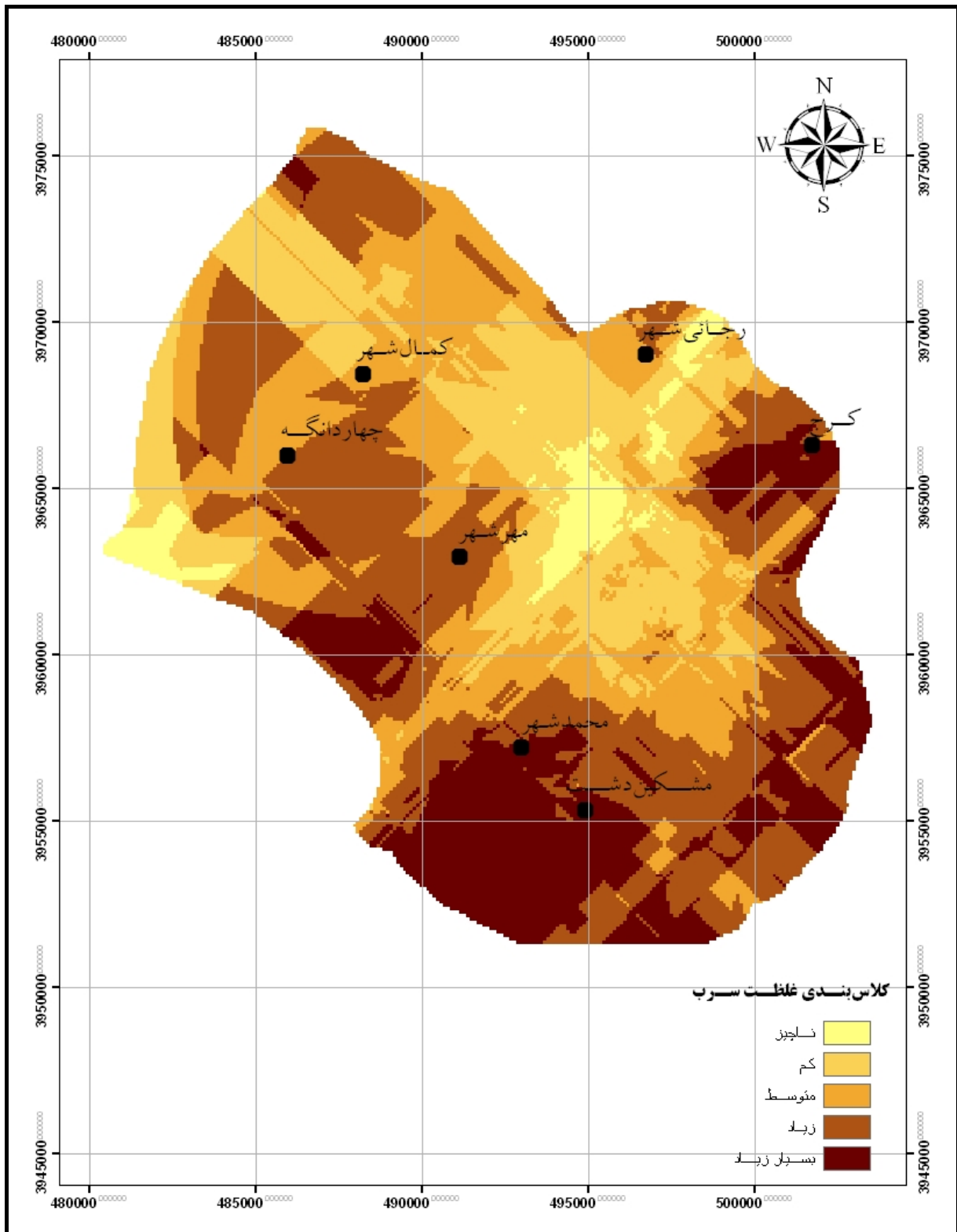
جدول ۳-۱۱ - محدوده‌ها و رتبه‌بندی‌های غلظت سرب (میلی‌گرم بر لیتر)

رتبه‌بندی	غلظت سرب (میلی‌گرم بر لیتر)
ناچیز	۰/۲-۰/۴۷
کم	۰/۴۸-۰/۵۳
متوسط	۰/۵۴-۰/۵۸
زیاد	۰/۵۹-۰/۶۲
بسیار زیاد	۰/۶۳-۰/۸

* لازم به ذکر است جهت جلوگیری از حجیم شدن اطلاعات، توضیح تفصیلی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم کیفی به صورت گزارش کامل در اختیار شرکت مدیریت منابع آب ایران و شرکت‌های آب منطقه‌ای قرار گرفته است و کاربران می‌توانند با مراجعه به آن، نقشه‌های فوق‌الذکر را گام به گام تهیه نمایند.



شکل ۳-۱۰- پهنه‌بندی آلودگی سرب آبخوان کرج



شکل ۳-۱۱ - کلاس بندی کیفی آلودگی سرب آبخوان کرج

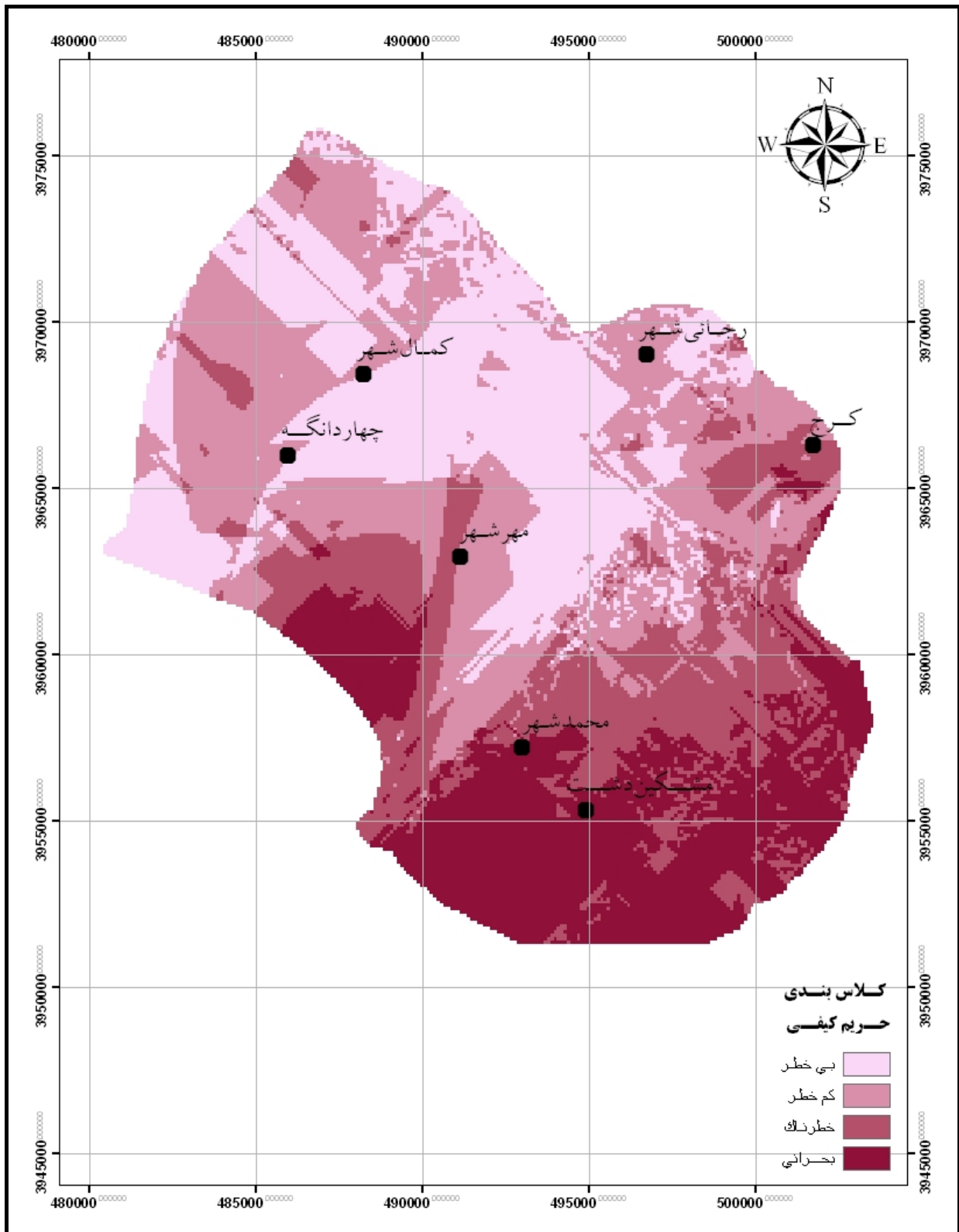
۳-۱-۶-۳- تهیه حریم کیفی آبخوان کرج با استفاده از دو نقشه آسیب‌پذیری و آلودگی

در نهایت با استفاده از دو نقشه آسیب‌پذیری و آلودگی در منطقه برای کاربری صنعتی، حریم کیفی آبخوان کرج استخراج می‌شود. جهت این کار دو نقشه کلاس‌بندی شده با استفاده از نوار ابزار Spatial Analyst و Raster calculator در هم ضرب می‌شود و در نهایت حریم کیفی آبخوان به صورت شکل (۳-۱۲) به دست می‌آید.

نکته مهمی که باید بدان توجه شود این است که در مناطقی که میزان آسیب‌پذیری بالا می‌باشد (بسیار زیاد در شکل ۳-۸) این مناطق باید در نقشه نهایی حریم کیفی آبخوان نیز در منطقه بحرانی یا پرخطر قرار بگیرند.

نقشه حریم کیفی با توجه به شکل (۳-۱۲) به ۴ کلاس بی‌خطر، کم‌خطر، خطرناک و بحرانی طبقه‌بندی می‌شود. لازم به ذکر است تعداد کلاس‌ها بستگی به ضرورت کار و حساسیت مورد نظر داشته، به طوری که می‌توان تعداد کلاس‌ها را افزایش یا کاهش داد. افزایش کلاس‌های جزئیات را بیشتر نشان می‌دهد و کاهش بیش از حد کلاس‌ها (۲ یا ۳ کلاس) از دقت نقشه می‌کاهد. نکته حایز اهمیت این است که کلاس‌بندی در این نقشه‌ها نسبی بوده، به این معنی که کلاس تنها نوع حریم یک منطقه از آبخوان را نسبت به منطقه دیگر آبخوان نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بیشتر و یا کاربری صنعتی بوده، دارای خطرپذیری بالاتری می‌باشد. به عبارت دیگر با استفاده از این نقشه حریم کیفی منطقه از لحاظ آسیب‌پذیری و آلودگی مشخص شده است.

شایان ذکر است جهت نحوه تهیه نقشه‌ها با جزئیات بیشتر، می‌توان به پیوست (۳) این دستورالعمل تحت عنوان «چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم نقطه‌ای سفره‌های آب زیرزمینی» مراجعه نمود.



شکل ۳-۱۲ - کلاس بندی حریم کیفی آبخوان کرج

۳-۶-۲- تعیین حریم کیفی آبخوان با کاربری کشاورزی و استفاده از آلاینده نیترات (مطالعه موردی آبخوان آستانه - کوچصفهان)

در این مطالعه با توجه به این که توزیع آلودگی به صورت غیرنقطه‌ای می‌باشد (به لحاظ کاربری کشاورزی)، با استفاده از یک پارامتر آلودگی، بسته به نوع کود استفاده شده و کاربری آبخوان و نقشه آسیب‌پذیری، این امکان فراهم آمد که پتانسیل آلوده شدن و حریم کیفی آبخوان آستانه-کوچصفهان را با دقت بالاتری تعیین شود. در این روش، با استفاده از روش‌های آماری و زمین آماری، وزن‌ها و رتبه‌بندی‌های شاخص DRASTIC در محیط GIS اصلاح گردید. هم‌چنین معیار این اصلاحات، همبستگی هر پارامتر با غلظت نیترات اندازه گیری شده در آب زیرزمینی یا آبخوان مورد نظر بوده است.

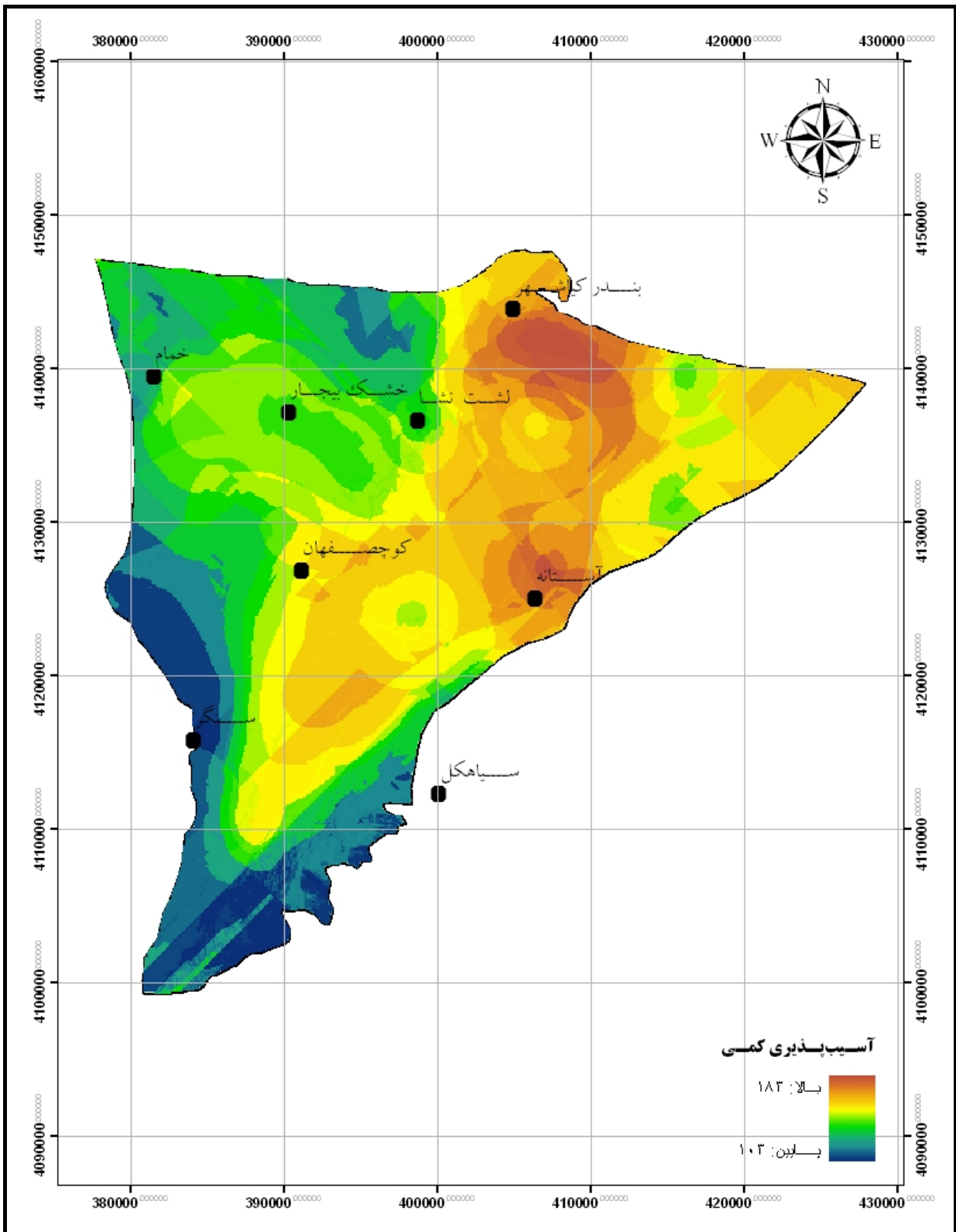
با توجه به توضیحات فوق الذکر، ابتدا نقشه آسیب‌پذیری آبخوان را با استفاده از هفت پارامتر موجود استخراج کرده و در مرحله بعد با توجه به کاربری کشاورزی و نمونه‌های نیترات جمع‌آوری شده در منطقه، حریم کیفی آبخوان تعیین خواهد شد.

۳-۶-۲-۱- تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان آستانه-کوچصفهان

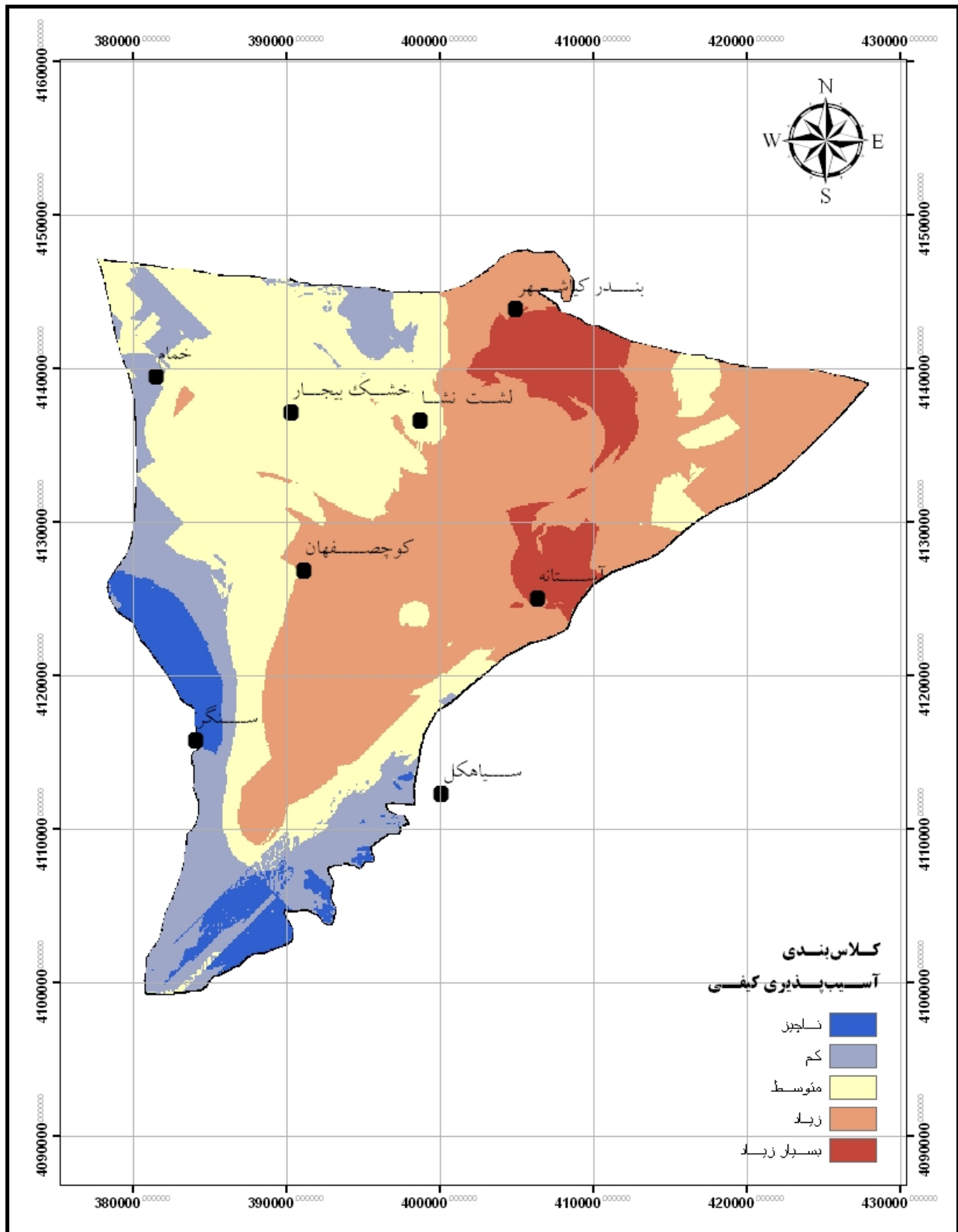
با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و به کمک وزن‌های در نظر گرفته شده برای هر پارامتر در روش DRASTIC نقشه آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی محدوده آستانه به‌دست آمد (شکل شماره ۳-۱۳). عدد محاسبه شده نشان دهنده میزان حساسیت سفره به آلوده شدن بوده، به این ترتیب که اعداد بزرگ‌تر تعیین کننده استعداد بیش‌تر سفره آب زیرزمینی برای آلوده شدن می‌باشد. تقسیم‌بندی اعداد استاندارد خاصی نداشته، بلکه بسته به نوع منطقه از لحاظ آلودگی و محدوده‌ی اعداد، کل دامنه اعداد به فواصل یکسان تقسیم می‌شود. به عنوان مثال اگر محدوده اعداد کم باشد، تعداد کلاس‌ها کم‌تر و اگر زیادتر باشد می‌توان آن محدوده را به طور مساوی با تعداد کلاس‌های بیش‌تری تقسیم نمود. به منظور درک بهتر نتایج به‌دست آمده، شاخص مورد نظر به صورت توصیفی به ۵ کلاس مختلف به صورت جدول (۳-۱۲) و نیز شکل (۳-۱۴) تقسیم‌بندی گردید.

جدول ۳-۱۲- تقسیم‌بندی کلاس‌های مختلف آسیب‌پذیری

دامنه تغییرات	کلاس آسیب‌پذیری
۱۰۳-۱۱۸	خیلی کم
۱۱۹-۱۳۴	کم
۱۳۵-۱۵۰	متوسط
۱۵۱-۱۶۶	بالا
۱۶۷-۱۸۳	خیلی بالا



شکل ۳-۱۳- نقشه کمی آسیب‌پذیری دشت آستانه محاسبه شده به روش DRASTIC



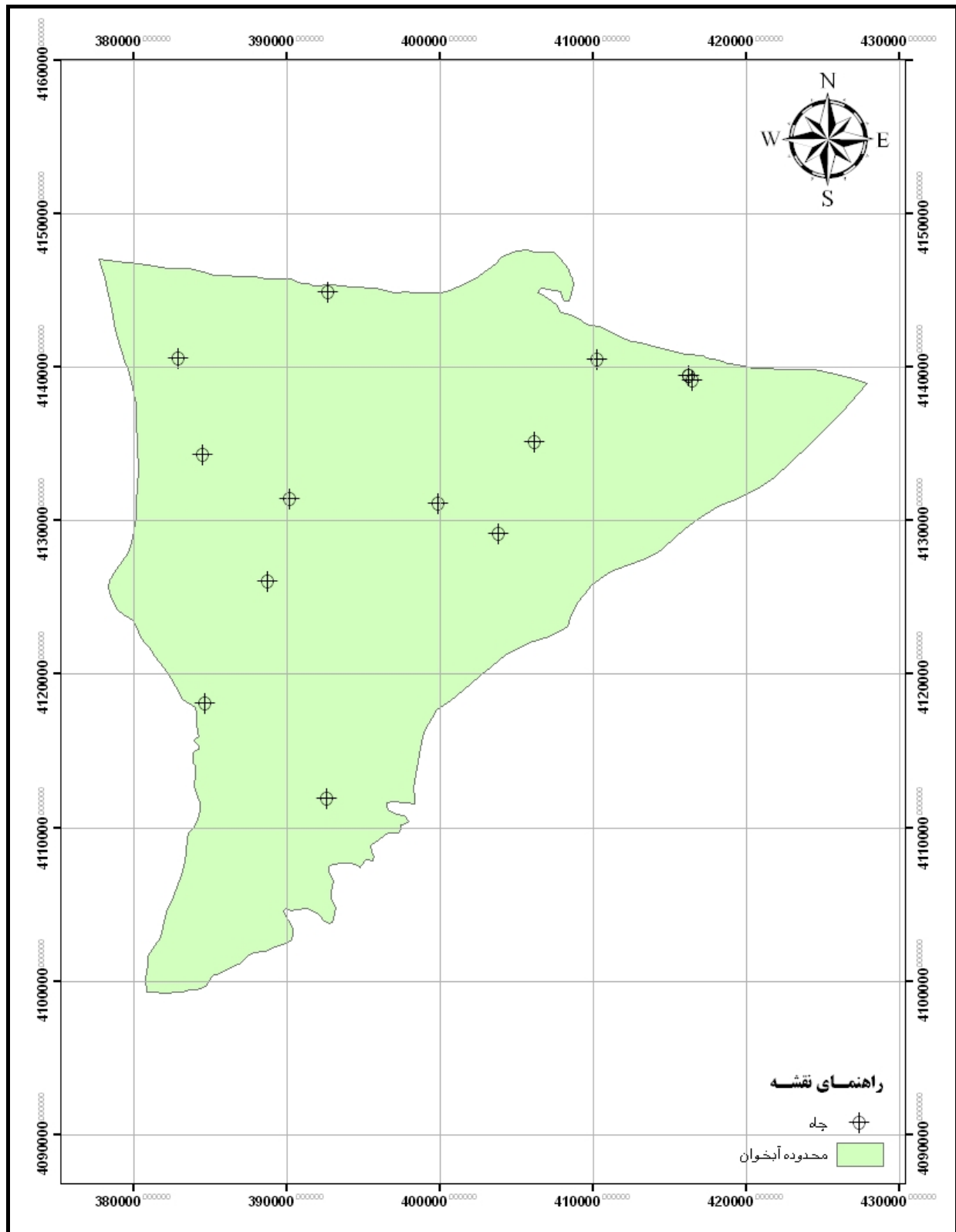
شکل ۳-۱۴- نقشه توصیفی آسیب پذیری دشت آستانه با استفاده از شاخص DRASTIC

- اندازه‌گیری نیترات در منطقه

تا قبل از دهه ۴۰ میلادی محققین بر این تصور بودند که پس از توزیع کودهای کشاورزی، این ترکیبات در سطح خاک باقی‌مانده و آسیبی به منابع آب سطحی و زیرزمینی نمی‌رسانند. اما تقریباً از بیش از نیم قرن پیش، با کشف بقایای بعضی کودها در آب‌های سطحی و زیرزمینی، نادرستی این طرز تفکر به اثبات رسید. مثلاً در دهه ۴۰ میلادی کشف غیرمنتظره بقایای نیترات در چند نمونه آب ایالت آیوای آمریکا که منجر به بروز دو مورد نارسایی حاد خونی در کودکان و کاهش قابلیت انتقال اکسیژن توسط رگ‌ها شده بود، توجه محققین را به خود جلب کرد. نتایج تحقیقات بعدی بروز این ناراحتی را به وجود غلظت زیاد نیترات در آب چاه‌های مصرفی مرتبط ساخت.

این قبیل مشاهدات، فرضیه متحرک بودن بقایای ترکیبات شیمیایی در طبیعت را به اثبات رساند و راه را برای شروع تحقیقات وسیع در زمینه آلودگی‌های ناشی از مصرف مواد شیمیایی که تحت عنوان آلودگی‌های غیرمتمرکز یا بدون کانون شناخته می‌شوند هموار نمود.

درخصوص کاربری کشاورزی، از بین سه ماده مغذی موجود در کودها (نیتروژن، فسفات و پتاسیم)، نیتروژن دارای پتانسیل بیش‌تری برای تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی است، لذا در این گزارش از این پارامتر جهت تعیین حریم کیفی استفاده شده است.



شکل ۳-۱۵- پراکندگی نقاط نمونه برداری برای تعیین غلظت نیترات در محدوده آبخوان

- ایجاد رابطه همبستگی بین دو پارامتر آسیب‌پذیری و نیترات

در این قسمت از مطالعه به اصلاح و واسنجی مدل پرداخته تا در ادامه بتوان پتانسیل آلوده شدن آبخوان آستانه-کوچصفهان و حریم کیفی آن را با دقت بیش‌تری تخمین زد.

محققین بسیاری با استفاده از رابطه همبستگی بین نتایج مدل آسیب‌پذیری DRASTIC و آلودگی نیترات موجود در منطقه و یا آلودگی‌های دیگر نظیر مواد شیمیایی فرار به اصلاح مدل موجود پرداختند.

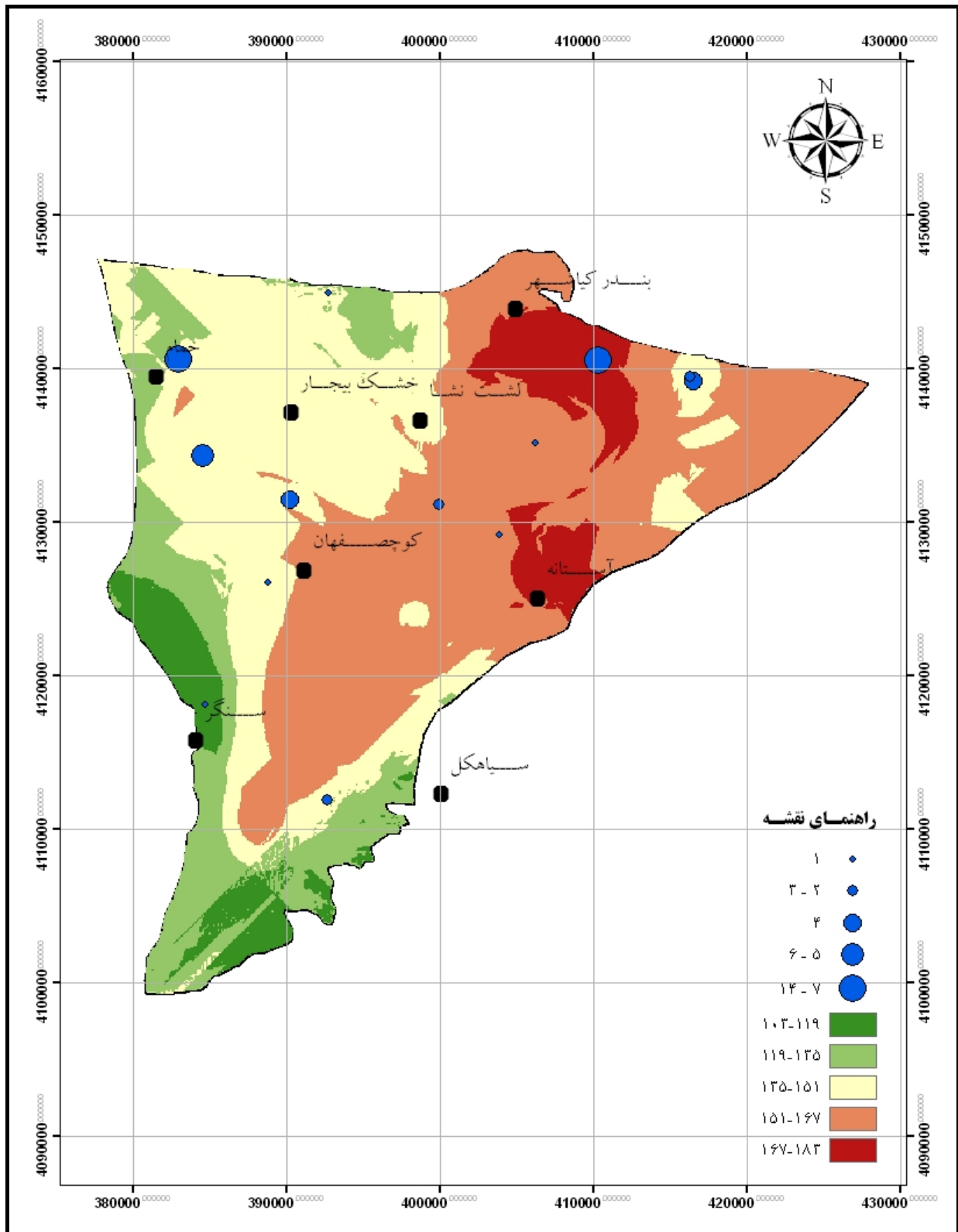
اما برای به کارگیری غلظت یک آلودگی همانند نیترات شرایط زیر باید فراهم گردد [۲۰]:

- نیترات وارد شده به آب‌های زیرزمینی باید از فعالیت‌های کشاورزی موجود در منطقه در طی فعالیت حداقل ۲۰ سال باشد
- دارای حرکت به سمت آب‌های زیرزمینی باشد
- با بارش باران، نیترات شسته شده به آب‌های زیرزمینی وارد گردد
- نسبتاً به‌طور یکنواخت در منطقه پخش شده باشد (آلاینده به صورت نقطه‌ای پخش نشده باشد)

خوشبختانه می‌توان عنوان نمود که اندازه‌گیری‌های نیترات در منطقه شامل موارد بالا بوده است و شرایط استفاده را برای تعیین حریم کیفی داشت.

در ادامه برای ایجاد رابطه همبستگی از اطلاعات ۱۳ چاه نمونه‌گیری، استفاده شده است و سپس نقاط بر روی نقشه آسیب‌پذیری پخش می‌گردد (شکل ۳-۱۵). میزان همبستگی بین آلودگی نقاط و نتایج مدل ۲۳ درصد می‌باشد به عبارت دیگر میزان رابطه همبستگی بین غلظت نیترات و میزان آسیب‌پذیری پایین می‌باشد. این قضیه نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که در واقع در تعیین حریم کیفی باید یک پارامتر آلاینده نیز وارد شود و تاثیر این پارامتر به همراه آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان می‌تواند تشکیل یک حریم کیفی نزدیک به واقعیت را بدهد.

لازم به ذکر است که با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای موجود و شناخته شده و هم‌چنین در نظر گرفتن آلاینده‌های مختلف در تعیین حریم، باز هم به طور یقین نمی‌توان ادعا نمود که حریم کیفی آبخوان مطلق می‌باشد. زیرا همان‌طور که می‌دانید در روابط بین آب و مواد آلاینده با خاک همواره پیچیدگی‌های خاصی وجود داشته که یا شناخته شده نمی‌باشند یا با فرض‌هایی از آن عبور شده است.



شکل ۳-۱۶- نقشه آسیب‌پذیری به همراه غلظت نیترات پخش شده در منطقه مورد مطالعه قبل از اصلاح مدل

- تهیه نقشه حریم کیفی آبخوان آستانه-کوچصفهان

پس از آنکه مشخص گردید میزان همبستگی بین آسیب‌پذیری و آلاینده نیترات کم می‌باشد، باید راهکاری ارائه شود تا این میزان افزایش یابد. در این مطالعه در راستای نیل به این هدف براساس آزمون رتبه‌ای ویلکاکسون^۱ عمل شده است. براساس این آزمون اعداد با توجه به بالاترین مقدار مرتب شده^۲ و به بیش‌ترین مقدار بالاترین رتبه تعلق می‌گیرد و مابقی رتبه‌ها با توجه به بالاترین رتبه به دست می‌آید. بدین صورت که (طبق جدول ۳-۱۳) ابتدا پارامترهایی که دارای دامنه‌های متفاوت می‌باشد، انتخاب می‌شوند. در این آبخوان به علت این که نقشه خاک و محیط آبخوان دارای یک رتبه می‌باشند، در اصلاح پارامترها به کار نمی‌رود. در مرحله بعدی دامنه اصلی و ابتدایی هر پارامتر مقابل آن نوشته می‌شود (ستون سوم جدول). سپس از مقادیر نیترات بر روی نقشه آسیب‌پذیری در هر دامنه، میانگین‌گیری می‌شود. به طور نمونه در مورد عمق سطح آب، در دامنه بین ۰ تا ۱/۵ متر از داده‌های نیترات موجود در نقشه میانگین‌گیری شده است (مقدار ۴/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر). در گام بعدی براساس آزمون ویلکاکسون به پارامتری که دارای بیش‌ترین میزان غلظت نیترات است، بالاترین رتبه داده می‌شود و مابقی رتبه‌ها براساس رتبه این پارامتر به صورت نسبت حسابی اصلاح می‌گردد. به طور نمونه پارامتر تغذیه را در نظر گرفته، دامنه سوم آن (۱۰/۶ تا ۱۷۷/۸ میلی‌متر) با رتبه ۶ دارای بیش‌ترین میانگین غلظت نیترات می‌باشد، بنابراین در اصلاح رتبه بالاترین مقدار رتبه یعنی عدد ۱۰ را به خود می‌گیرد و مابقی دامنه‌ها با توجه به این مقدار اصلاح خواهند شد. در این قسمت ذکر دو نکته ضروری است:

- در این روش تغییر رتبه، به دامنه بالاترین میزان غلظت نیترات، بالاترین رتبه یعنی عدد ۱۰ تعلق می‌گیرد، حتی اگر تا قبل از تغییر رتبه ۱۰ در پارامتر مورد نظر وجود نداشت (هم‌چون پارامتر تغذیه، نوع خاک و یا هدایت هیدرولیکی)
- برای مکان‌هایی که اطلاعات غلظت نیترات وجود ندارد همان رتبه اصلی در نظر گرفته می‌شود.

به طور نمونه پارامتر نوع خاک در نظر گرفته شود، در دو رتبه ۳ و ۶ هیچ‌گونه غلظت نیتراتی برداشت نشده است، لذا رتبه اصلاح شده آنها نیز همان رتبه اصلی یعنی ۳ و ۶ می‌باشد. رتبه اصلی ۸ این پارامتر دارای بیش‌ترین غلظت نیترات بوده بنابراین به بالاترین رتبه یعنی ۱۰ تغییر می‌کند و رتبه مابقی پارامترها به صورت تناسبی با این پارامتر اصلاح می‌گردد.

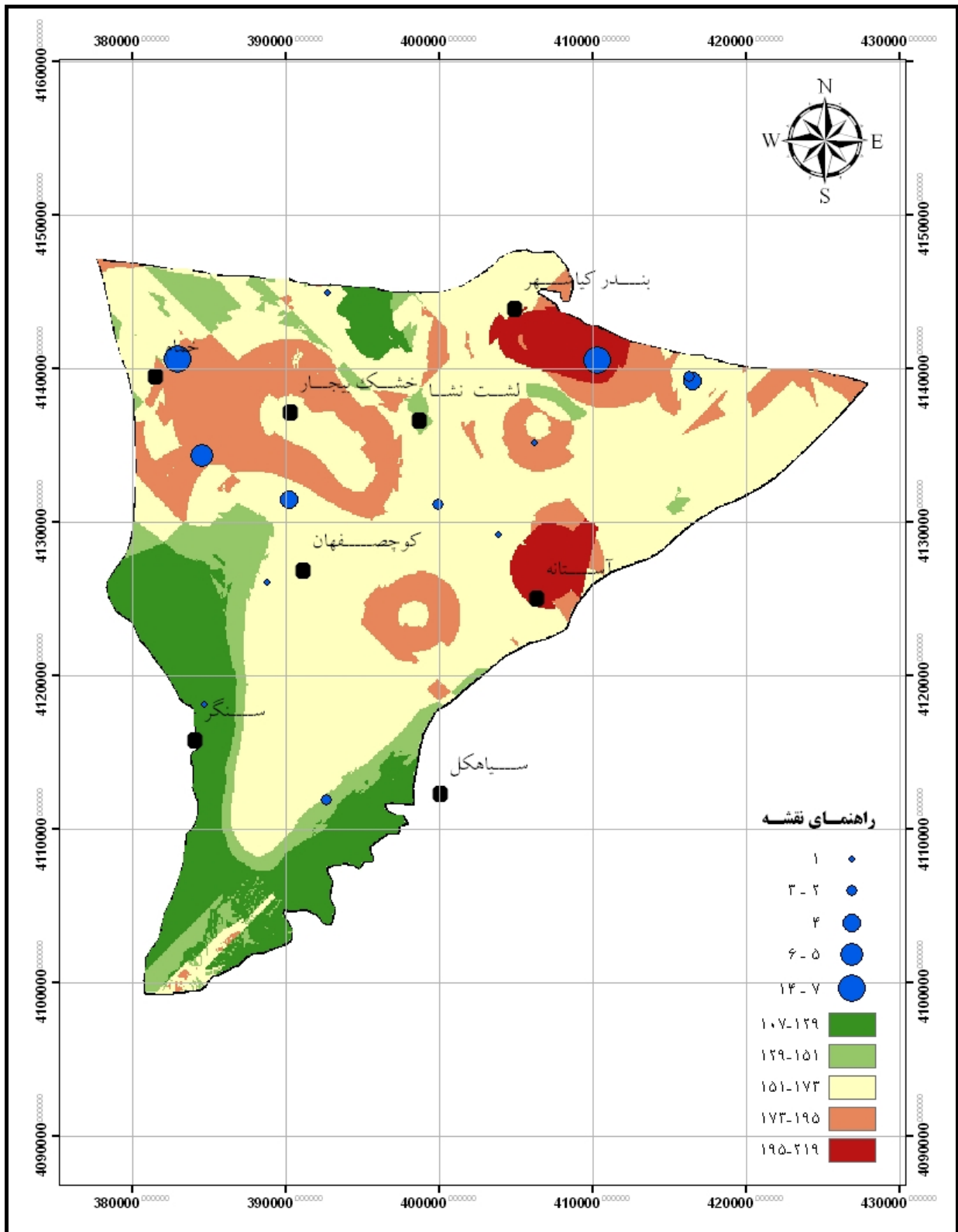
پس از اصلاح دامنه هر پارامتر، این بار نقشه حریم کیفی آبخوان در نرم افزار ArcGIS با نوار ابزار Raster Calculator استخراج می‌گردد و مقادیر نیترات نیز روی آن پخش می‌گردد (شکل ۳-۱۷). حال دوباره بین این دو مقدار با استفاده از رابطه Pearson همبستگی گرفته و مشاهده می‌شود که رابطه همبستگی با حدود اطمینان ۹۵ درصد معنی دار بوده به طوری که میزان همبستگی در این مرحله به ۶۴ درصد رسیده است. به عبارت دیگر قسمت‌هایی که میزان غلظت نیترات در آن افزایش یافته، شاخص آسیب‌پذیری نیز مقادیر بیش‌تری را نشان می‌دهد. بنابراین براساس یک پارامتر آلودگی و آسیب‌پذیری ذاتی، نقشه حریم کیفی یک آبخوان استخراج گردید.

در نهایت با استفاده از دو نقشه آسیب‌پذیری و آلودگی در منطقه برای کاربری کشاورزی، حریم کیفی آبخوان آستانه-کوچصفهان استخراج می‌شود.

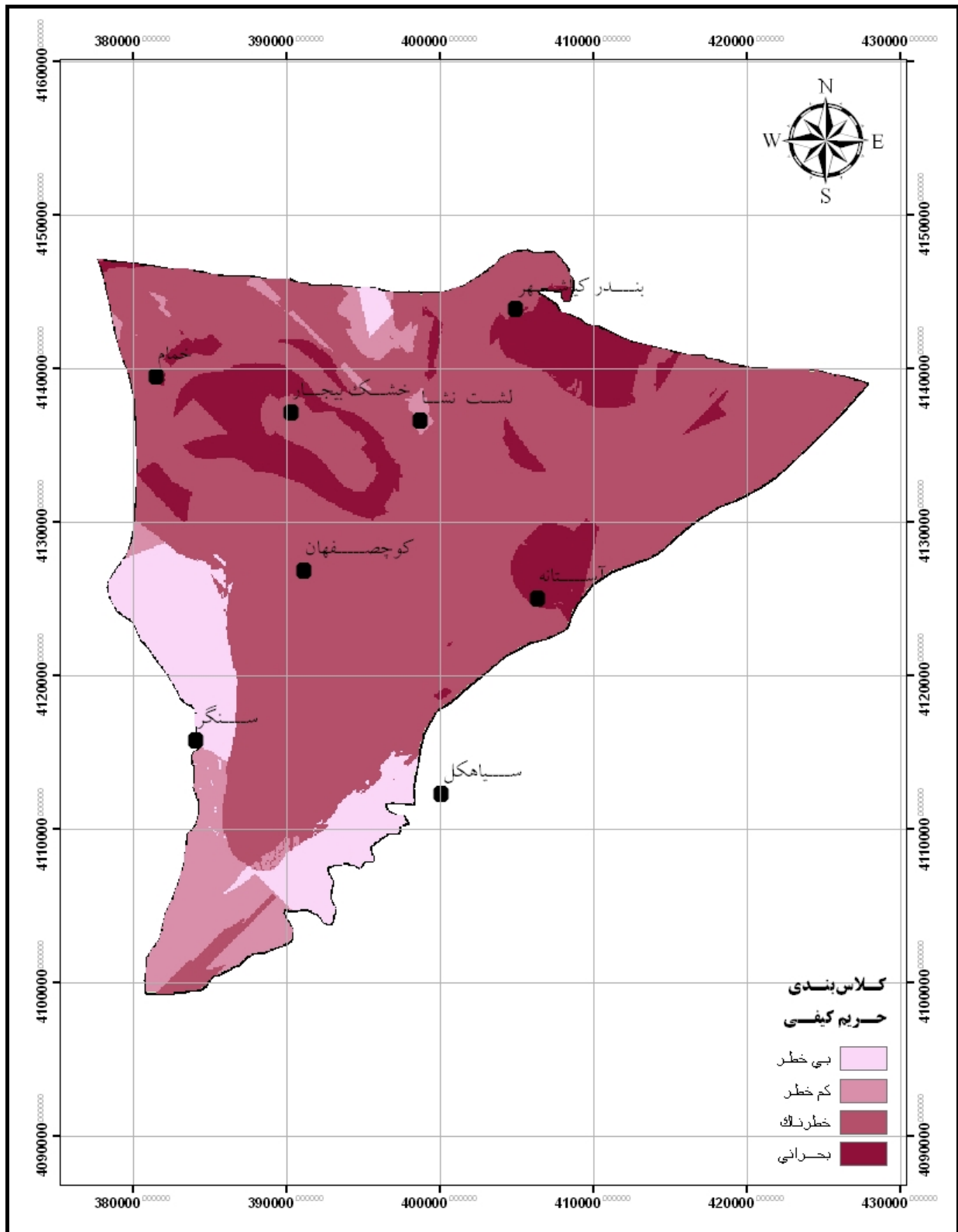
نقشه حریم کیفی با توجه به شکل (۳-۱۸) به ۴ کلاس بی‌خطر، کم‌خطر، خطرناک و بحرانی طبقه‌بندی می‌شود. همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بیش‌تر بوده و یا کاربری منطقه کشاورزی بوده دارای خطرپذیری بالاتری می‌باشد. به عبارت دیگر با استفاده از این نقشه حریم کیفی منطقه از لحاظ آسیب‌پذیری و آلودگی مشخص شده است.

جدول ۳-۱۳- مقادیر اصلاح شده هر پارامتر براساس میانگین غلظت نیترات

پارامتر	دامنه	رتبه اصلی پارامتر	میانگین غلظت نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	رتبه اصلاح شده
عمق سطح آب (متر)	۰-۱/۵	۱۰	۴/۶۱	۱۰
	۱/۵-۴/۶	۹	۱/۵۱	۳/۳
هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)	۰/۰۴-۴/۱	۱	۱/۶۶	۳/۴
	۴/۱-۱۲/۳	۲	۴/۹۱	۱۰
	۱۲/۳-۲۸/۷	۴	۴/۱۶	۸/۵
	۲۸/۷-۴۱	۶	عدم وجود داده نیترات در آن ناحیه	۶
تغذیه (میلی‌متر در سال)	۰-۵۰/۸	۱	۱/۴۸	۲/۵
	۵۰/۸-۱۰۱/۶	۳	عدم وجود داده نیترات در آن ناحیه	۳
	۱۰۱/۶-۱۷۷/۸	۶	۴/۴۹	۱۰
	۱۷۷/۸-۲۵۴	۸	۳/۴۷	۷/۷
	۲۵۴	۱۰	۴/۴۰	۹/۸
نوع خاک	لوم رس دار	۳	عدم وجود داده نیترات در آن ناحیه	۳
	لوم سیلتی	۴	۴/۴۵	۴/۲
	لوم	۵	۱/۱۸	۱/۱
	شنی لومی	۶	عدم وجود داده نیترات در آن ناحیه	۶
	رس فشرده	۷	۲/۶۱	۲/۵
	خاک پیت	۸	۱۰/۴۹	۱۰
	سیلت-رس	۳	۳/۴۱	۳/۳
منطقه غیراشباع	سیلت و رس به همراه شن	۴	۵/۵۵	۵/۳
	ماسه سنگ	۵	۱/۸۲	۱/۷
	شن و ماسه با مقدار زیادی رس و سیلت	۶	۳/۲۶	۳/۱
	شن و ماسه	۷	۱۰/۴۹	۱۰



شکل ۳-۱۷- نقشه آسیب‌پذیری به همراه میزان کمی مدل در منطقه مورد مطالعه پس از اصلاح مدل



شکل ۳-۱۸- کلاس بندی حریم کیفی آبخوان آستانه- کوچصفهان

فصل ۴

جمع بندی و پیشنهادها

۴-۱- کلیات

مباحث ارائه شده در این دستورالعمل به دو بخش کلی تقسیم شد. در بخش اول خلاصه‌ای از تجارب سایر کشورها در تهیه روش‌های تعیین حریم کیفی چه به صورت نقطه‌ای و چه به صورت ناحیه‌ای ارائه شد تا خواننده با آخرین دستاوردها در این زمینه آشنا گردد. در بخش دوم روش‌های منتخب برای حالت‌ها و شرایط مختلف ارائه شده‌اند. همان‌گونه که در متن گزارش آمده، روش DRASTIC با توجه به موفقیت‌ها و کاربرد فراوان آن در نقاط مختلف دنیا، برای آبخوان‌های آبرفتی ایران به عنوان یک روش مناسب برای محاسبه آسیب‌پذیری توصیه گردید. این روش، شرایط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی آبخوان را در نظر گرفته و از طرف دیگر، روشی ساده و قابل کاربرد است. گرچه تحقیقات انجام شده نشان داده که در هر منطقه، این روش نیاز به اصلاحاتی دارد، ولی به صورت کلی و عمومی، روشی موفق بوده است.

لذا در مراحل اولیه مطالعات، روش DRASTIC برای ارزیابی ناحیه‌ای توصیه شده و در مراحل بعدی، با توجه به اطلاعات تکمیلی و نوع کاربری‌ها، می‌توان حریم کیفی را محاسبه نمود. روش محاسبه حریم کیفی برای سه کاربری اصلی یعنی کشاورزی، صنعتی و شرب ارائه شد و مثال‌هایی نیز آورده شد.

حریم کیفی نقطه‌ای بستگی به نوع اطلاعات موجود و دقت مورد نظر داشته و یکی از روش‌های ارائه شده را می‌توان استفاده کرد. نرم‌افزار پیشنهاد شده (WhEAM) در پیوست (۳) این دستورالعمل تحت عنوان «چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و حریم کیفی نقطه‌ای سفره‌های آب زیرزمینی»، قادر است که کلیه روش‌ها را محاسبه کند و استفاده کننده می‌تواند با توجه به اهمیت منبع آبی، حریم کیفی مناسب را انتخاب نماید.

همچنین پیشنهادهای جهت اجرای بهتر تعیین حریم کیفی در زیر ارائه می‌گردد که می‌تواند در آینده مورد بررسی و پژوهش قرار بگیرد.

- تطبیق هر چه بیش‌تر روش‌ها با شرایط کشور

همان‌گونه که اشاره شد، گرچه سعی شده که این روش‌ها را با شرایط ایران تطبیق داده و تا حد امکان آنها را بومی نمود ولی هنوز نیاز به مطالعات بیش‌تر بوده و باید در آبخوان‌های مختلف با شرایط مختلف به کار برده شود تا بتوان اشکال‌ها و کمبودهای روش‌های پیشنهاد شده را برطرف نمود و در نسخه‌های بعدی این دستورالعمل از این نتایج استفاده نمود.

- ارائه روش‌هایی جهت تعیین حریم کیفی برای سفره‌های تحت فشار

سفره‌های تحت فشار را با توجه به پوشش نفوذپذیر یا نیمه نفوذپذیر آن خطر کم‌تری تهدید می‌کند ولی این آبخوان‌ها هم در مناطق تغذیه خود نیاز به حفاظت و تعیین حریم کیفی دارند. در این خصوص تحقیقات کمی حتی در سطح جهانی وجود دارد. در آینده توصیه می‌گردد که با توجه به تحقیقات بیش‌تر، روشی برای حفاظت این آبخوان‌ها ارائه نمود.

- ارائه روش‌هایی جهت تعیین حریم کیفی برای آبخوان‌های کارستی و یا سازند سخت

آبخوان‌های کارستی و یا سازند سخت در ایران دارای اهمیت بالایی بوده و علت آن کیفیت بسیار خوب آن و اختصاص آنها برای مصارف شرب می‌باشد. حریم کیفی این آبخوان‌ها از شرایط ویژه‌ای برخوردار بوده و گرچه روش DRASTIC برای محاسبه آسیب‌پذیری آنها قابل کاربرد است ولی تحقیقات کمی در ایران در این زمینه انجام شده است. اتحادیه اروپا در آبخوان‌های کارستی

فعالیت‌های بیش‌تری داشته و دستورالعمل‌هایی نیز در این زمینه ارائه کرده است ولی با توجه به تفاوت‌هایی که در نوع ساختار این سازندها در اروپا و ایران وجود دارد، نیاز است که روی بومی کردن این روش‌ها کار بیش‌تری انجام شود.

پیوست ۱

مروری بر اقدامات حفاظتی آب‌های

زیرزمینی در کشورهای مختلف دنیا

پ.۱-۱- کلیات

روند افزایش جمعیت جهان بیانگر این مطلب است که طی ۲۵ سال آینده باید برای ۲ تا ۳ میلیارد نفر دیگر غذا تولید کرد. کمبود آب اگر بیش از کمبود خاک ایجاد محدودیت نکند، لاقلاً برابر با آن مشکل اساسی محسوب می‌شود. آب آبیاری بیش از ۹۰ درصد برداشت آب را در حال حاضر شامل می‌شود (بیش از ۷۰ درصد از همه مصارف آب). بنابراین نیاز به آب اضافی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد برای ۲۵ سال آینده می‌باشد که این به معنی تعارض جدی بین بخش کشاورزی و سایر مصارف زیست‌محیطی می‌باشد. [۱۸] مساله کمبود آب و کاهش کیفیت آب، بسیاری از کشورهای جهان را وادار ساخته تا دیدگاه‌های خود در زمینه مدیریت منابع آب را مورد بازبینی و تجدید نظر قرار دهند. در نتیجه، سیستم مدیریت منابع آب در معرض یک تغییر اساسی در سطح جهانی قرار گرفته است و رویکرد «مدیریت بهم پیوسته منابع آب»^۱ ارائه شده است.

مدیریت به هم پیوسته منابع آب دورنمای کارآیی بهتر، حفاظت از منابع آب و مدیریت مصرف را در کنار توزیع عادلانه آب بین بخش‌های مختلف مصرف ارائه می‌نماید. اگرچه اغلب کشورها اولویت اول خود را به تامین آب برای نیازهای اولیه مردم استوار کرده‌اند، اما یک پنجم جمعیت دنیا به آب شرب مطمئن دسترسی ندارند و نیمی از جمعیت جهان فاقد بهداشت مناسب هستند. این کمبودها در مرحله اول بر روی فقیرترین اقشار مردم در جوامع در حال توسعه تاثیر می‌گذارد. در این کشورها تامین آب شرب و بهداشت مورد نیاز در مناطق شهری و روستایی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در چند سال آتی می‌باشد. هم‌چنین ایجاد شرایط بهتر برای جمعیتی که دچار کمبود آب و سرویس‌های بهداشتی تا سال ۲۰۱۵ خواهد شد، یکی از اهداف توسعه هزاره می‌باشد. علاوه بر این‌ها آگاه نمودن عموم و اطلاع‌رسانی به منظور جلب حمایت‌های کارآمد و موثر در مدیریت پایدار منابع آب و ایجاد تغییر در امور می‌تواند اراده سیاسی را در اجرای برنامه‌های مدیریتی برانگیزد زیرا در دنیای منابع محدود (چه مالی و چه طبیعی) توجه و سیاست‌گذاری برای تضمین تصمیم‌گیری درست و سرمایه‌گذاری‌های لازم در توسعه و مدیریت منابع آب، حیاتی به نظر می‌رسد. بررسی‌ها حاکی از آن است که حفاظت آب زیرزمینی به ندرت به صورت اقدامات قانونی محض استعمال می‌گردد و تقریباً همیشه همراه با وضع قوانین از روش‌های اجتماعی و فرهنگی نیز استفاده می‌شود. در زیر به جمع‌آوری و بررسی مقررات سازمان‌های بین‌المللی، قوانین مالکیت آب و وضعیت حفاظت از آب‌های زیرزمینی در غالب دستورالعمل‌ها، سیاست‌گذاری‌ها، مصوبات، آیین‌نامه‌ها و قوانین در برخی از کشورها پرداخته شده است.

پ.۱-۲- مقررات سازمان‌های بین‌المللی

شورای اروپا نخستین سازمان بین‌المللی بود که در مورد جلوگیری از آلودگی آب‌ها مقرراتی تحت عنوان «منشور اروپایی آب» در ۶ می ۱۹۶۸ وضع کرد. پس از آن در ۱۵ سپتامبر ۱۹۶۸، کنوانسیون آفریقایی در مورد حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی تصویب شد و سازمان ملل نیز سومین سازمانی بود که در ۳ دسامبر ۱۹۶۸ به طور مقدماتی و در ژوئن ۱۹۷۲ به طور اساسی در این راستا گام برداشت و در حال حاضر در صدر سازمان‌های فعال در زمینه مبارزه با آلودگی‌های زیست‌محیطی قرار دارد. برخی از اقدامات این سازمان در این زمینه برپایی کنفرانس‌های زیر می‌باشد:

- کنفرانس استکهلم، ۳ دسامبر ۱۹۶۸
- منشور جهانی طبیعت^۱ ۲۸ اکتبر ۱۹۸۲
- کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲

پ.۱-۳- قوانین مالکیت آب

پ.۱-۳-۱- قوانین مالکیت آب در برخی از کشورهای اسلامی

در برخی از کشورهای اسلامی هم‌چون کویت، آب‌ها صراحتاً در مالکیت دولت قرار گرفته‌اند و براساس قانون اساسی این کشور تمام منابع طبیعی از جمله آب‌ها از اموال دولت به شمار می‌روند. در کشور سودان مالکیت آب وابسته به زمین است، بنابراین آب‌های جاری بر اراضی دولتی و یا اراضی ثبت نشده در مالکیت دولت می‌باشد. در عراق آب‌های داخلی مانند: آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، انهار و کاریزها به‌عنوان آب‌های عمومی محسوب شده و دارایی ملت به شمار می‌آیند. در برخی دیگر از کشورهای اسلامی هم‌چون عربستان سعودی و امارات متحده عربی اگرچه اصولاً آب متعلق به خداوند بوده و انسان فقط حق بهره‌برداری از آن را داراست اما حق نظارت دولت، در قانون مورد توجه قرار گرفته است.

پ.۱-۳-۲- قوانین مالکیت آب در کشورهای عضو اکافه^۲

در حقوق کشورهای عضو سازمان اکافه عموماً بیش‌تر رودخانه‌ها یا دریاچه‌هایی که در میان اراضی چندین مالک جاری است از آب‌های عمومی به شمار می‌روند. در خصوص مالکیت آب‌های عمومی دو نظریه در میان کشورهای عضو سازمان وجود دارد: براساس نظریه اول آب‌های عمومی ابداع نمی‌توانند مورد تملیک واقع شوند، زیرا آب‌ها، به‌طور طبیعی متعلق به جامعه هستند و فقط می‌توانند مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در نظریه دوم آب‌های عمومی اموال عمومی می‌باشند و بنابراین مالکیت آنها به دولت نسبت داده می‌شوند. بنابراین در هر دو نظریه نظارت نهایی بر آب‌های عمومی باید به دولت واگذار شود.

پ.۱-۴- وضعیت حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برخی از کشورها

نظر به کمبود قوانین در زمینه حریم کیفی آب‌های زیرزمینی در ایران و تعاریف و مباحث جدید در زمینه حریم کیفی در جهان بررسی و شناسایی تجربیات دیگر کشورها در زمینه اقدامات حفاظت از آب‌های زیرزمینی امری ضروریست. علاوه بر این بررسی تجربیات و دستاوردهای دیگر قانونگذاران در این زمینه نارسایی‌های موجود در قوانین کشور را مشخص نموده و با نگرش تطبیقی آن می‌توان به تدوین مقررات و قوانین در این زمینه پرداخت. در این راستا به بررسی وضعیت و اقدامات حفاظت از آب‌های زیرزمینی در

1- World Charter for Nature

۲- (ECAFE) این نهاد یکی از ۵ کمیسیون منطقه ای شورای اقتصادی و اجتماعی مجمع عمومی سازمان ملل متحد (ECOSOC) است که در سال ۱۹۴۷ با عنوان اکافه در شانگهای چین تاسیس و سپس در سال ۱۹۷۴ به ESCAP تغییر نام یافته و مقر آن در بانکوک استقرار یافت.

برخی از کشورهای صنعتی (شایان ذکر است که کشورهای صنعتی برگزیده در این زمینه هم‌چون آمریکا، کانادا، استرالیا و غیره اغلب دارای استانداردها و سیستم‌های مدیریتی در این زمینه بوده و الگویی برای دیگر کشورها به شمار می‌روند) پرداخته و سپس به بررسی چالش‌ها و مسایل و تدابیر حفاظتی آب‌های زیرزمینی در برخی از کشورهای در حال توسعه پرداخته می‌شود.

پ. ۱-۴-۱- کشور ایالات متحده آمریکا

آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از منابع آبی مهم در آمریکا به‌شمار می‌رود که بیش از نیمی از جمعیت این کشور جهت مصارف خانگی از آن استفاده می‌کنند. در دو دهه اخیر ایالات متحده تلاش‌های زیادی در جهت حفاظت از آب‌های زیرزمینی انجام داده و قوانینی در این زمینه وضع کرده است. قوانین مصوب در زمینه حفاظت آب‌های زیرزمینی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)^۱ تهیه و اجرا گردیده است. ایالات متحده از لحاظ زیست محیطی به ۱۰ منطقه تقسیم شده است و هر ایالت نیز برنامه‌های حفاظتی را به صورت مجزا اجرا می‌کند.

هر ساله بیش از ۷/۴ میلیارد مترمکعب آب از منابع آب‌های زیرزمینی آمریکا پمپاژ می‌گردد. براساس آمار موجود، منابع آب زیرزمینی ۳۳ درصد آب مصرفی را در ۱۹ ایالت غربی آمریکا تشکیل می‌دهند. به طور کلی در حدود ۷۸ درصد آب زیرزمینی برای مصارف آبیاری، ۱۴ درصد برای مصارف عمومی و صنعت و مابقی نیز در مصارف خانگی و احشام به کار برده می‌شود. هم‌چنین ارقام زیر درصد جمعیتی که از منابع آب زیرزمینی جهت شرب استفاده می‌نمایند را در ایالت‌های مختلف آمریکا نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ۹۶ درصد از جمعیت ایالت آیداهو از آب زیرزمینی جهت شرب استفاده می‌کنند، که این آمار اهمیت این منابع را نشان می‌دهد.

آریزونا	٪۶۰
کالیفرنیا	٪۴۵
کلرادو	٪۲۲
آیداهو	٪۹۶
مونتانا	٪۵۲
نوادا	٪۳۱
نیومکزیکو	٪۹۰
اورگن	٪۴۰
یوتا	٪۵۶
واشینگتن	٪۶۱
ویومینگ	٪۵۷

استفاده از آب زیرزمینی دارای مزایایی است، از جمله این که این منابع دارای کیفیت مطلوبی بوده و مانند برخی از آب‌های سطحی، به علت ورود پساب ناشی از مزارع با شوری بالا، آب آن احتیاج به تصفیه نخواهد داشت. هم‌چنین بهره‌برداری از آب زیرزمینی با کیفیت علاوه بر مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی، به صورت بسته‌بندی نیز در حال گسترش می‌باشد. از فواید دیگر آب زیرزمینی، قابلیت بهره‌برداری از آن در تمام فصول است که این مزیت در رودخانه‌ها و چشمه‌های مناطق خشک وجود ندارد زیرا در این مناطق جریان آب سطحی متغیر بوده و در تابستان نیز ممکن است در برخی از مناطق جریانی وجود نداشته باشد. ذخیره آب‌های سطحی در پشت سدها و انتقال آن توسط کانال‌ها و نهرها مستلزم هزینه‌های بالایی است و البته لازم به ذکر است که نفوذ و تبخیر نیز در این آب‌ها بیش‌تر است، درحالی‌که برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به پمپاژ نیاز است که در مقایسه با ذخیره آب‌های سطحی کم هزینه‌تر است.

با این حال پمپاژ بیش از حد نیز از لحاظ زیست محیطی دارای اشکالاتی است. کاهش سطح آب‌های زیرزمینی موجب نشست خاک می‌شود که این موضوع مشکلاتی را در آریزونا، کالیفرنیا، آیداهو، نوادا، تگزاس و واشنگتن به وجود آورده است. از طرف دیگر با پایین رفتن سطح آب زیرزمینی هزینه حفاری افزایش یافته و اغلب کیفیت آب کاهش می‌یابد. در کالیفرنیا و مناطق ساحلی مصرف آب زیرزمینی باعث ورود آب شور به آبخوان گشته است.

به طور کلی مسایل و مشکلات آب‌های زیرزمینی مختص ایالات متحده نبوده و بیش از یک میلیارد نفر در جهان به آب شرب سالم دسترسی نداشته و ۲/۵ میلیارد نفر فاقد سرویس‌های مدرن بهداشتی می‌باشند و مرگ و میر کودکان هر ساله بین ۱۰۰۰۰ الی ۲۰۰۰۰ می‌باشد. [۲۲]

پ. ۱-۴-۱-۱- مروری بر تاریخچه وضع قوانین حفاظت آب‌های زیرزمینی در ایالات متحده

ایالت‌ها به طور مجزا براساس عوامل مختلف و یا معیارهای آن ایالت به وضع قوانین پرداخته‌اند. این قوانین اکثراً شامل اتخاذ سیستم طبقه‌بندی آبخوان، دستورالعمل‌های حفاظت از حریم چاه‌ها و سیاست‌های جلوگیری از آلودگی آب هستند. تا سال ۱۸۵۰ در ایالات متحده در زمینه حفاظت آبخوان‌ها به علت فقدان درک مناسب از شکل یافتن آب‌های زیرزمینی و تجدید شدن آن و ارتباط آب‌های زیرزمینی با آب‌های سطحی، قوانین مدونی وجود نداشت. پس از سال ۱۸۵۰ تعاریف جامعی در این زمینه مطرح گردید و ایالت‌ها روش‌های مرتبط با اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی را بهبود بخشیدند. بدین منظور برخی از ایالت‌ها قوانین جامعی در زمینه آب‌های زیرزمینی وضع کرده‌اند و برخی دیگر تنها بر تطبیق و تفسیر قوانین بسنده کرده‌اند. [۲۲]

تلاش‌های اولیه در جهت حفاظت آب‌های زیرزمینی توسط EPA منجر به انتشار اولین استراتژی حفاظت آب‌های زیرزمینی در بخش ۱۰۶ آیین‌نامه آب سالم در سال ۱۹۸۴ گردید. بر این اساس همه ایالت‌های امریکا تحت مدیریت آب‌های زیرزمینی ایالتی قرار گرفتند. ایالت‌ها به طور مجزا براساس عوامل مختلف و یا معیارهای آن ایالت به وضع قوانین پرداختند. این قوانین اکثراً شامل اتخاذ سیستم طبقه‌بندی آبخوان، دستورالعمل‌های حفاظت از حریم چاه‌ها و سیاست‌های جلوگیری از آلودگی آب هستند.

توسعه استراتژی حفاظت آب زیرزمینی به‌وسیله هر ایالت با تاکید بر لزوم حفاظت از آب‌های زیرزمینی، موجب تصویب اصلاحیه قانون آب سالم آسامیدنی در سال ۱۹۸۶ گردید. در این قانون هر ایالت طرح‌های حفاظتی در زمینه حریم کیفی آب‌های زیرزمینی را ارائه داده و آیین‌نامه‌های لازم را فراهم نموده است. در اواخر سال ۱۹۹۳ و براساس اعتبارات موجود بیش از ۲۰ ایالت چنین

طرح‌هایی را ارائه و چندین ایالت آیین‌نامه‌هایی را تصویب کردند. EPA نیز چندین دستورالعمل دیگر و تکمیلی به منظور توسعه اقدامات حفاظتی ارائه نمود. تلاش‌های EPA در این زمینه منجر به انتشار اقدامات حفاظت آب زیرزمینی در سال ۱۹۹۰ گردید و در نهایت دستورالعمل طرح‌های ملی به منظور اقدامات جامع حفاظت آب‌های زیرزمینی ایالتی (CSGWPP)^۱ در ژانویه ۱۹۹۳ منتشر گردید. با انتشار این دستورالعمل در زمستان ۱۹۹۴ حداقل یک ایالت در هر یک از مناطق دهگانه طبقه‌بندی شده EPA، اقدامات جامع حفاظت آب‌های زیرزمینی ایالتی (CSGWPP) را اجرا کردند. پارامترهای اصلی این طرح شامل طبقه‌بندی آمارهای موجود و اجرای سیستم طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی بود که پایه و اساس طرح‌های آب‌های زیرزمینی به‌شمار می‌رفت. علاوه بر این‌ها در این طرح مدیریت و پیش‌گیری از آلودگی آب نیز اهمیت بیش‌تری یافته بود.

در مرحله بعد، EPA پارامترهای لازم در طرح‌های حریم کیفی چاه‌ها و ضوابط و معیارها و اهداف طرح جامع حفاظت آب‌های زیرزمینی ایالتی (CSGWPP) را به منظور تدوین برنامه حفاظت منابع آب (SWP)^۲ تدوین نمود.

به طور کلی استراتژی حفاظت آب‌های زیرزمینی، برنامه‌های حفاظت حریم کیفی چاه‌ها و طرح جامع حفاظت آب‌های زیرزمینی ایالتی در سطح ایالت‌ها توسط EPA توسعه یافت، اما اجرای طرح‌های حفاظت از آبخوان‌ها و حریم کیفی چاه‌ها در اغلب ایالت‌ها توسط شهرداری‌ها انجام می‌گیرد و در این راستا تاکنون طرح‌های حفاظتی آبخوان با موفقیت انجام شده است. [۲۴]

علاوه بر آیین‌نامه‌ها و مصوبه‌های ایالتی، قوانین اصلی و پایه‌ای نیز توسط دولت فدرال در سال‌های مختلف به تصویب رسید. از میان قوانین، دو قانون مهم آن در رابطه با حفاظت کیفی آب می‌باشد که تحت عناوین قانون آب سالم و قانون آب آشامیدنی است که در کل ایالت متحده اجرا می‌شود. در زیر به بررسی این دو قانون پرداخته شده است.

الف- قانون آب سالم (۱۹۷۲ و ۱۹۸۷)

قانون کنترل آلودگی آب فدرال در سال ۱۹۷۲ با اصلاحیه‌ای به قانون آب سالم تغییر یافت و در سال ۱۹۸۷ مجدداً تحت تغییر و اصلاح قرار گرفت. این ماده قانونی در برگیرنده قوانین اصلی فدرال در زمینه حفاظت کیفی آب می‌باشد. بخش ۳۰۳ از قانون آب سالم: ایالت‌ها باید لیستی از مواد آسیب‌رسان و آلاینده‌ها که وارد آب می‌شوند و هم‌چنین مقدار این مواد در آب را تهیه نمایند.

بخش ۳۱۹ از قانون آب سالم: ایالت‌ها موظف هستند مسایل مربوط به منابع آلاینده‌ای غیرنقطه‌ای را ارزیابی کنند و طرح‌هایی در این زمینه تهیه و اعتبارات لازم را تامین نمایند. علاوه بر آن شورای کنترل منابع آب ایالتی، طرحی را در زمینه منابع غیرنقطه‌ای در سال ۱۹۹۵ تهیه نمود که این طرح در سال ۲۰۰۰ به وسیله اصلاحیه‌هایی در زمینه قوانین مدیریت نواحی ساحلی و کنترل منابع آلاینده غیرنقطه‌ای ارتقا یافت.

طرح‌های مربوط به منابع آلاینده غیرنقطه‌ای به طور مشترک توسط شورای ایالتی و شورای منطقه‌ای هر ایالت اجرا و نظارت می‌شود. بر این اساس آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) هر ساله اعتبار قابل ملاحظه‌ای در زمینه منابع آلاینده غیرنقطه‌ای، شامل پساب‌های شهری، کشاورزی و حتی آلودگی‌های ناشی از جنگل‌های انبوه تخصیص می‌دهد.

1- Comprehensive State Groundwater Protection Program

2- Source Water Protection

بخش ۴۰۱ از قانون آب سالم: طبق این بخش از قانون آب سالم، فعالیت‌های صورت گرفته توسط مهندسی ارتش آمریکا (US. Army) در زمینه آلودگی آب، باید توسط بخش مربوط در هر ایالت تایید گردد. [۲۵]

ب- قانون آب آشامیدنی سالم (SDWA, 1974)^۱

براساس قانون آب آشامیدنی سالم، EPA آلاینده‌های دارای اثرات نامطلوب بر سلامت عمومی را تعیین و استانداردهای آب شرب ملی را تنظیم نمود. هم‌چنین این قانون (SDWA) در سال ۱۹۹۶ اصلاح گردید و براساس آن هر ایالت موظف گردید تا به طور مداوم آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها را ارزیابی کند.

تمام فعالیت‌های آلاینده احتمالی در آن مناطق شناسایی شود، که فعالیت‌های کشاورزی به خصوص استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها و مخازن فاضلاب از جمله این آلاینده‌ها می‌باشند. هم‌چنین هر ساله خلاصه وضعیتی از برنامه طرح DWSAP نیز به سازمان‌های توزیع آب شرب ارسال می‌گردد.

در اصلاحیه حفاظت از منابع آب سال ۱۹۹۶، بودجه اقدامات حفاظتی و اقدامات عمومی بهبود یافته، در راستای این افزایش بودجه مقرر گشت EPA استانداردهایی را در زمینه آب آشامیدنی تنظیم نماید.

اصلی‌ترین ارگان به منظور حفاظت از آب آشامیدنی که به وسیله این قانون معین گردید، سازمان بهداشت می‌باشد و مسوولیت‌های آن به شرح زیر می‌باشد:

- آزمایش و بازرسی شبکه‌های توزیع آب عمومی
- وضع استانداردهای ایالتی برای منابع آب شرب
- ارزیابی تاثیر آلاینده‌ها بر سلامت
- تهیه دستورالعمل به منظور تصفیه
- آزمایش بطری آب

در این راستا اساسنامه طرح حفاظت حریم کیفی چاه که شامل دو بخش زیر است تعیین گردید.

- مشخص کردن مناطق حفاظتی حریم کیفی و مناطق منابع آب شرب و تهیه نقشه آسیب‌پذیری چاه یا چاه‌ها در برابر آلاینده‌ها

- تهیه طرح‌های منطقه‌ای حفاظت از حریم کیفی، اهداف طرح‌ها، منطقه‌ای که طرح باید در آن اجرا گردد، برنامه‌های ارزشیابی و طرح‌های احتمالی که لازم است در آینده اجرا گردد.

مناطق حفاظت حریم کیفی چاه به وسیله مطالعات زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی از قبیل آبخوان و تاثیر پمپاژ و غیره مشخص می‌گردد. [۲۵]

در حدود یک میلیون نفر در مینسوتا از چاه‌های خانگی برای مصارف آب و در حدود ۳ میلیون نفر از شبکه توزیع آب که از چاه‌ها فراهم می‌گردد، استفاده می‌نمایند. همه چاه‌ها در این ایالت باید با مجوز سازمان بهداشت حفر گردند. چاه‌های موجود و چاه‌هایی که برای مصارف آبیاری حفر گردیده‌اند نیز به منظور مصرف کود و آفت‌کش‌ها مجوزهای لازم را از سازمان بهداشت دریافت می‌کنند. در این ارتباط سازمان بهداشت آزمایش‌هایی را به منظور آلودگی چاه با آفت‌کش‌ها و کودها انجام می‌دهد.

سازمان کنترل آلودگی PCA^۱ نیز طرح‌هایی را به منظور اجرای پروژه‌های ارزیابی آسیب‌پذیری هم‌چون پایش^۲، بررسی محل دفن زباله‌های شهری و توسعه طرح‌های مدیریتی را انجام می‌دهد. دولت محلی نیز لازم است از برنامه‌های PCA حمایت نماید و در صورت نیاز می‌تواند محدودیت‌های جدیدی را در زمینه حفر چاه در مرزهای تعیین شده توسط PCA، مانند مناطق اطراف محل‌های دفن زباله، را اعمال نماید.

علاوه بر قوانین فدرال، ایالت‌ها و شوراهای محلی، سازمان‌های بی‌شماری در آمریکا وجود دارد که در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی فعالیت می‌نمایند. به‌عنوان مثال برخی از انجمن‌ها در این زمینه به انتشار کتاب‌هایی پرداخته‌اند و همایش‌ها و گردهمایی در سال برگزار می‌کنند. سازمان ملی آب‌های زیرزمینی نیز از طرح‌ها و برنامه‌ها و کنفرانس‌های مرتبط با اقدامات حفاظتی آب‌های زیرزمینی حمایت مالی می‌نماید. تشکل‌های دیگری هم‌چون انجمن ملی آب روستایی و غیره نیز در این زمینه فعالیت می‌کنند. [۲۶]

پ. ۱-۴-۲- کانادا

آب زیرزمینی منبع تامین آب بیش از ۲۶ درصد مردم کانادا می‌باشد. استفاده از آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف خانگی و صنعتی در کانادا در ۲۰ سال گذشته به صورت چشمگیر افزایش یافته و انتظار می‌رود این روند به‌ویژه خارج از محدوده کلان شهرها، که آب زیرزمینی از نظر در دسترس بودن و هزینه به صرفه‌تر است، هم‌چنان ادامه یابد. [۲۳]

پ. ۱-۴-۲-۱- آیین‌نامه حفاظت آب کانادا مصوب ۲۹ مارس ۲۰۰۶

در این آیین‌نامه تدابیر و راه‌حلی در زمینه حفاظت آب مطرح گردیده است که برخی از آنها به شرح زیر می‌باشد:

- توسعه روش‌های جدید در زمینه اقدامات حفاظت از منابع آب با همکاری سازمان محیط زیست.
- تهیه مصوبه‌های لازم در زمینه اقدامات بازدارنده در زمینه آلوده کردن آب و تهیه اختاریه‌های لازم در این زمینه.
- مقرر کردن مجازات‌ها در صورت نقض مصوبات حفاظت آب و افزایش مقدار جریمه‌ها نسبت به سالیان قبل.
- ممنوعیت موقتی آب در مناطق حساس در صورت لزوم.
- بررسی پتانسیل و یافتن منابع تامین آب قابل اطمینان، پربازده و پایدار و اقدامات حفاظتی برای جلوگیری از آلودگی این منابع.
- دادن اختیارات به ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط با امور آب در زمینه اجرای طرح‌های حفاظتی و ممنوعیت‌های موقت که این امر باید با مشورت و زیر نظر سازمان حفاظت از محیط زیست صورت گیرد. بنابراین مصوبه، نماینده ارگان می‌تواند در صورت رعایت نکردن مصوبات اقدامات حفاظتی آب و یا ممنوعیت‌های موقت توسط مالک یک زمین اختاریه‌هایی لازم در این زمینه به مالک زمین بدهد و در صورت عدم موفقیت، اختاریه کتبی را به مالک تسلیم نماید و در نهایت در صورتی که تشخیص داده شود مالک مرتکب قانون شکنی گشته و مجازات‌ها اجرا گردد.

در گزارش اخیر سازمان زمین‌شناسی کانادا به اقدامات اساسی در محدوده آبخوان‌ها و اقدامات تحقیقاتی و حفاظتی به منظور مدیریت موثر و پایدار این منبع مهم اشاره شده است. در حال حاضر حفاظت از آب‌های زیرزمینی از لحاظ قضایی در حوضه کاری استانداری‌ها بوده و هر کدام از آنها سیاست‌ها و برنامه‌های خود را در این زمینه اجرا می‌کنند. در زیر برخی از سیاست‌ها در برخی از استان‌ها ارائه می‌شود:

پ. ۱-۴-۲- بریتیش کلمبیا^۱

در حال حاضر آب‌های زیرزمینی یکی از منابع آسیب‌پذیر ایالت بریتیش کلمبیا به‌شمار می‌رود. آب زیرزمینی تنها منبع آب آشامیدنی ۲۲ درصد کل جمعیت و ۴۰ درصد جمعیت روستایی بریتیش کلمبیا را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین آب‌های زیرزمینی ۱۲ درصد کل آب مصرفی در این استان را تشکیل می‌دهد که این میزان حجم آب برابر ۲۲ درصد از کل آب مصرفی در کانادا می‌باشد. در بسیاری از مناطق این استان آب زیرزمینی تنها منبع موجود و اقتصادی به‌شمار می‌رود و در نتیجه استفاده از آن در طی سالیان اخیر به‌ویژه خارج از کلان‌شهرها افزایش یافته است. بیش‌ترین میزان آب زیرزمینی در بریتیش کلمبیا توسط صنعت (۵۵ درصد) مصرف می‌شود و مابقی آن در کشاورزی (۲۰ درصد)، شهری (۱۸ درصد) و روستایی (۷ درصد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان قابل توجهی از آب نیز توسط روستاهایی در این استان هم‌چون فریزر و اوکانگان از آبخوان‌های آزاد که در مقابل آلودگی ناشی از فعالیت صنعتی و کشاورزی آسیب‌پذیر هستند، استخراج می‌گردد. وجود آفت‌کش‌ها و بالا بودن نیترات در آبخوان آب‌تزفورد و مناطق اطراف روستای فریزر موجب نگرانی‌های بسیار در زمینه سلامت عمومی افراد مقیم در این منطقه شده و چنین مسایلی منجر به تشکیل کمیته‌های محلی گشته است.

در حال حاضر استان بریتیش کلمبیا قوانین و آیین‌نامه‌هایی در زمینه کنترل حفاظت از آب‌های زیرزمینی دارد که تا حدی غیرمستقیم هستند. (مانند قانون مدیریت پسماندها، آیین‌نامه بهداشت و کنترل آفت‌کش‌ها). بریتیش کلمبیا تنها استان کانادا بوده که به‌طور مستقیم قانون در زمینه حفاظت آب نداشته و قانون آب آن نیز شامل منابع آب زیرزمینی نمی‌گردد. در این راستا سازمان محیط زیست کتابچه جامعی تحت عنوان «نظارت بر آب^۲» منتشر نمود که با هدف به روز نمودن قانون حفاظت آب صورت گرفت. در این کتابچه پیشنهاد گشته است که قانون آب بسط یافته و شامل حفاظت آب زیرزمینی گردد. پیشنهادهای مرتبط در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی در این کتابچه شامل موارد زیر است:

تخصیص امور به مدیریت آب زیرزمینی مناطق به منظور نظارت بر حفر چاه و استفاده از آب زیرزمینی به‌وسیله صدور پروانه بهره‌برداری چاه‌های جدید و آزمایش‌های مربوط، بررسی حریم چاه‌های مجاور، طبقه‌بندی و بررسی نحوه حفر چاه و نصب پمپ و منصوبات لازم به منظور تحقیقات در زمینه آب‌های زیرزمینی

ارجاع الزامی داده‌های ثبت چاه

- جمع‌آوری داده‌های جدید، حدود و طبقه‌بندی آبخوان
- ارائه استاندارد برای ساختمان چاه، تعمیر و تخریب چاه

1- British Columbia

2- Monitoring Stewardship of the Water

- ارائه استاندارد برای عملکرد فعالیت‌های مشخص در زمین به منظور پیش‌گیری از آلودگی آب زیرزمینی
- تعیین مناطق حساس و ایجاد مناطق حفاظتی در اطراف چاه‌های اصلی
- توسعه طرح‌های مدیریت آبخوان
- تنظیم آیین‌نامه فعالیت‌های با ریسک بالا در اطراف چاه‌ها

راهکارهای دیگری نیز در بریتیش کلمبیا به منظور حفاظت از آب‌های زیرزمینی صورت گرفته است، هم‌چون انتشار یک سری «دستورالعمل حداقل استاندارد در ساختمان چاه‌های آب»^۱ در سال ۱۹۸۲ به‌وسیله سازمان محیط زیست که بعدها تحت بازبینی مجدد قرار گرفت و نیز برگزاری سمینارهایی نظیر سمینار «حفاظت دهانه سر چاه»^۲ در سال ۱۹۹۴.

در گزارش تهیه شده توسط سازمان محیط زیست کانادا و در محدوده رودخانه فریزر توصیه‌هایی مبنی بر توسعه روش‌های نوین استخراج منابع آب زیرزمینی و افزایش آگاهی عمومی در زمینه آب زیرزمینی گردیده است. سازمان محیط زیست پس از بررسی این گزارش سیستم طبقه‌بندی آبخوان را در حوضه رودخانه فریزر به کار برد. بر این اساس بیش از ۲۰۰ آبخوان، مشخص و در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ طبقه‌بندی گردید. بریتیش کلمبیا نیز با مشارکت سازمان محیط زیست کانادا اقدام به تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ کرد. علاوه بر آن سازمان زمین‌شناسی کانادا برنامه سه ساله تهیه نقشه‌های جامع با هدف مشخص کردن و طبقه‌بندی آبخوان و جریان آب زیرزمینی را اجرا نمود. [۲۳]

پ. ۱-۴-۲-۳- آلبرتا^۳

آب زیرزمینی تامین کننده آب شرب حدود ۲۷ درصد جمعیت آلبرتا می‌باشد. مدیریت آب زیرزمینی در آلبرتا توسط سازمان حفاظت محیط زیست آلبرتا و براساس قانون حفاظت محیط زیست و قوانین منابع آب موجود صورت می‌گیرد. پوشش زمین‌ها در بیش‌تر قسمت‌های آلبرتا از جنس رسوبات رسی با نفوذپذیری پایین بوده که نوعی عایق حفاظتی طبیعی در برابر انتقال آلودگی به آب‌های زیرزمینی ایجاد کرده است. در نتیجه حفاظت از آب‌های زیرزمینی در آلبرتا اهمیت زیادی نداشته است. از طرف دیگر هیچ آیین‌نامه‌ای به منظور حفاظت از آب‌های زیرزمینی غیر از آیین‌نامه مربوط به تانک‌های ذخیره موجود نمی‌باشد و آیین‌نامه‌های صادر شده بیش‌تر در زمینه‌هایی هم‌چون حفاری، ساختمان چاه و واگذاری، پروانه بهره‌برداری و میزان آبدهی چاه می‌باشد. هم‌چنین استانداردی متعهد به انجام یک سری مطالعات مشخص در زمینه آب زیرزمینی گردید، اما اهمیت این طرح بیش‌تر در زمینه تامین آب بوده تا کیفیت آب

در زمینه کیفیت آب، استانداردی به‌علت وجود صنایع پتروشیمی، نقشه‌هایی جهت حفاظت از آب زیرزمینی در مناطق قابل بهره‌برداری تهیه کرده است. راهنمای مقادیر و لیست آلاینده‌های آب زیرزمینی نیز توسط استانداری منتشر شده است. گام‌های دیگری نیز در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی به‌وسیله افزایش محدودیت حفاری چاه در شهرها و خارج از محدوده کالگاری^۴ صورت گرفته است. ولی در مجموع کارهای صورت گرفته در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی در این استان قابل توجه نبوده است. [۲۳]

1 Guidelines for Minimum Standards in Water Well Construction

2 Wellhead Protection Seminar

3- Alberta

4- Calgary

پ.۱-۴-۲-۴-۱- کبک (Quebec)

آب زیرزمینی تامین کننده آب شرب تقریباً ۱۷ درصد از جمعیت استان کبک و ۳۱ درصد از کلان شهر کبک می‌باشد. مدیریت آب‌های زیرزمینی توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست و براساس آیین‌نامه کیفیت محیط‌زیست و یک سری آیین‌نامه‌های ۲۰ ساله صورت می‌گیرد. تلاش‌های بارزی به منظور حفاظت از آب زیرزمینی در کبک صورت گرفته است و هم‌چنین دولت یک برنامه چهار ساله به منظور حفاظت از آب‌های زیرزمینی آن منطقه اجرا نموده است. در بخش دیگری از برنامه آیین‌نامه‌های جدیدی در سال ۱۹۹۵ تحت عنوان «ساختاری برای نظارت بر آب‌های زیرزمینی»^۱، جایگزین آیین‌نامه‌های ۲۰ سال گذشته گردید. طبق آیین‌نامه جدید لازم است کلان شهرها که در گذشته طرح‌های منطقه‌بندی را هر پنج سال ارائه می‌کردند، طرح‌های مدیریت آب زیرزمینی را نیز تهیه و ارائه دهند. در مناطق با جمعیت کم‌تر از ۲۵۰۰ نفر، بیش از ۷۵ درصد هزینه کل اجرای طرح‌ها از اعتبارات استانداری تامین می‌گردد. به منظور حمایت از شهرها در آماده‌سازی طرح‌های مدیریت آب زیرزمینی، دولت آیین‌نامه حفاظت از آب زیرزمینی را که در برگیرنده اطلاعات تخصصی جهت مشخص کردن منطقه‌بندی و نواحی حفاظت از آب زیرزمینی بود را منتشر نموده است.

در حال حاضر نیز طرح‌های حفاظت از آب زیرزمینی در برخی از شهرهای کبک در حال اجرا می‌باشد. به طور نمونه انجمن معادن شهر آموس^۲ در شمال غرب کبک، از وزارتخانه محیط زیست^۳ درخواست اعطاء اجازه به منظور ممنوعیت عملیات حفاری در نزدیکی محدوده چاه‌های واقع در این شهر را نموده است.

در کپ دولا مدلین^۴ که آب زیرزمینی از آبخوان‌های سطحی ماسه‌ای ناشی می‌گردد مقررات داخلی (قوانین فرعی) به منظور حفاظت کیفی آب زیرزمینی به اجرا گذاشته است. در جزیره مدلین که به منظور تامین منابع آب کاملاً متکی بر منابع آب زیرزمینی است، مشکلات ورود آب شور وجود دارد. استانداری این منطقه به منظور حفاظت از آب زیرزمینی یک سری قوانینی را مقرر کرده است. تلاش‌های دیگر توسط استانداری کبک، تهیه نقشه‌های آب‌های زیرزمینی تمام حوضه‌های شهری است. این نقشه‌ها شامل طبقه‌بندی آبخوان، نقشه‌های آسیب‌پذیری و موجودی منابع آب زیرزمینی می‌باشد و در مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۲۵,۰۰۰ و ۱:۲۵۰,۰۰۰ تهیه شده است. [۲۳]

پ.۱-۴-۲-۵- جزیره پرنس ادوارد^۵

جزیره پرنس ادوارد (PEI) تنها منطقه در کل کانادا است که آب زیرزمینی آن تنها منبع تامین آب کل مصارف خانگی، شهری و صنعتی محسوب می‌شود. تمام مخازن ذخیره آب در این جزیره ناشی از آب‌های ذخیره شده در شکاف‌های عمیق رسوبات بستر که از سنگ‌های ماسه‌ای، سیلتی و رسی تشکیل شده است می‌باشد.

حفاظت از آب‌های زیرزمینی در این جزیره تحت مدیریت سازمان محیط زیست صورت می‌گیرد. حفاظت از آب‌های زیرزمینی براساس قوانین حفاظت از محیط زیست، ارزیابی‌های زیست محیطی، آیین‌نامه‌های چاه‌ها، مخازن ذخیره نفت و دفع فاضلاب صورت می‌گیرد.

-
- 1- Structures for Capturing Groundwater
 - 2- Amos
 - 3- Ministry of Environment and Fauna
 - 4- Cap-de-la-Madelain
 - 5- Prince Edward Island

اگرچه به‌طور مستقیم قوانینی در زمینه مدیریت آب‌های زیرزمینی وجود دارد اما حفاظت از آب‌های زیرزمینی در این جزیره بیش‌تر توسط راهکارهایی در دیگر زمینه‌ها و براساس توجه موردی به‌وسیله سازمان محیط زیست صورت می‌گیرد. به منظور توسعه انجمن‌ها و تشکل‌ها در زمینه آب‌های زیرزمینی استانداری توصیه‌ها و دستورالعمل‌هایی در ارتباط با مکان چاه‌ها و کاربری اراضی در نزدیکی چاه‌ها تهیه نموده است. انجمن‌ها اغلب زمین‌های اطراف چاه‌ها را خریداری نموده و به مالک قبلی اجاره می‌دهند. بنابراین همه چاه‌های جدید در مکان‌هایی مستقر هستند که کاربری اراضی اطراف آنها سازگار با توصیه‌ها و دستورالعمل‌های استانداری می‌باشد. از آن‌جا که در قبال همکاری ارگان‌ها و انجمن‌ها در جهت توسعه اقدامات حفاظتی امتیازاتی به آنها تعلق می‌گیرد، دستورالعمل‌های سازمان محیط زیست اغلب به سهولت و بدون نیاز به اقدامات قانونی توسط ارگان‌های محلی اجرا می‌گردد.

تنها آبخوان‌های بزرگ جزیره در شهرهای چارلوت^۱ و سامرساید^۲ وجود دارد. آبخوان چارلوت شامل دو محدوده حفاظتی در داخل شهر و یک محدوده در خارج از شهر می‌شود. شهرداری، محدوده جنگلی اطراف چاه را خریداری کرده و اقدامات لازم را در زمینه حفاظت از آن انجام می‌دهد. سامرساید نیز اقدامات حفاظتی اطراف چاه‌ها را توسعه بخشیده و از مشاوران به منظور توسعه طرح‌های حفاظت آب زیرزمینی استفاده نموده است. [۲۳]

پ. ۱-۴-۲-۶- انتاریو^۳

تقریباً ۲۶ درصد جمعیت انتاریو به منظور مصارف خانگی از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند و استفاده از آب زیرزمینی در این منطقه بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ تقریباً دو برابر شده است. دولت انتاریو بودجه قابل ملاحظه‌ای به تحقیقات آب زیرزمینی تخصیص داده است، اما پیشرفت نسبتاً کمی در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی رخ داده است و با این‌که آیین‌نامه‌های مختلف شامل آیین‌نامه منابع آب، آیین‌نامه حفاظت از محیط زیست و آیین‌نامه کاربری اراضی به منظور اجرای طرح‌های حفاظتی تصویب شده‌اند، طرح‌های حفاظتی ناچیزی توسط استانداری اجرا شده است. در عوض مسوولیت حفاظت از آب‌های زیرزمینی محول به شهرداری‌های مناطق گشته و برخی از آنها اقدامات حفاظتی را در این زمینه اجرا کرده‌اند.

یکی از اقدامات، طرح جامع حفاظت از منابع آب به‌وسیله شهرداری واترلو^۴ است که در سال ۱۹۹۲ مطرح گردید و اقداماتی نیز در این زمینه صورت پذیرفت. شهرداری پیل^۵ واقع در غرب تورنتو مطالعاتی را در زمینه حریم کیفی چاه‌ها در اواخر سال ۱۹۹۲ شروع نمود و طرح‌هایی را به منظور حفاظت از آب‌های زیرزمینی در سال ۱۹۹۵ اجرا نمود.

برنامه‌هایی نیز به‌وسیله دولت و با هدف حفاظت از منابع آب‌های سطحی طی «برنامه راهبردی برای مناطق شهری و صنعتی^۶» (MISA) در منطقه آباتمنت^۷ اجرا گردید.

1- Charlottetown
 2- Summerside
 3- Ontario
 4- Waterloo
 5- Peel
 6- Municipal - Industrial Strategy for Abatement
 7- Abatement

هدف از این برنامه کاهش بده آلاینده‌های سمی همچون کارخانه‌ها و مناطق شهری عنوان شده است. تلاش‌های دولت به منظور آموزش همگانی در انتاریو شامل انتشار کتابچه‌هایی در زمینه مخازن آب زیرزمینی و چاه‌ها بوده و گزارش‌هایی نیز در زمینه نحوه جلوگیری از آلودگی چاه‌ها و چشمه‌ها انتشار یافته است. نگرانی در زمینه کیفیت آب زیرزمینی منجر به اقدامات جدید بخش آموزشی سازمان آب‌های زیرزمینی گردید و گروهی به منظور آموزش و ترویج آگاهی‌های لازم در زمینه آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته شدند. تلاش‌های دیگری همچون جشنواره آب‌های زیرزمینی کودکان که در موزه کشاورزی انتاریو واقع در میلتنون^۱ در سال ۱۹۹۴ صورت گرفت که حدود ۶۵۰۰ کودک و ۱۰۰۰ نفر از والدین در آن حضور داشتند و به منظور آموزش در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی آموزش‌های لازم را فرا گرفتند. یکی از مواردی که در آن جشنواره بدان تاکید شده این است که، رفع آلودگی پس از آلوده شدن منابع آب زیرزمینی پروسه‌ای بسیار پرهزینه و طولانی است و اغلب زمانیکه آلودگی وارد می‌گردد آبخوان آسیب دیده و در بیش‌تر مواقع این آسیب دیدگی قابل جبران نمی‌باشد. [۲۳]

پ. ۱-۴-۳- اروپا

آب زیرزمینی در اروپا از ارزش بالایی برخوردار است چرا که منبع آب آشامیدنی تقریباً نیمی از مردم اروپا را تشکیل می‌دهد. از گذشته حفاظت از منابع آب زیرزمینی در اروپا به علت فشار ناشی از کاربری زیاد زمین، مراکز جمعیتی بالا و تقاضای وسیع آب متداول بوده است.

بیش‌تر تدابیر حفاظتی آب‌های زیرزمینی در اروپا از سیستم آلمانی الگوبرداری شده است و عبارت است از ایجاد (استقرار) حریم چاه‌ها براساس فواصل زمانی و مکانی (فاصله و زمان گذر). هم‌چنین خلاصه‌ای از حوضه‌های حفاظتی در اروپا به صورت زیر تعریف شده است:

حوضه ۱: ممنوعیت کاربری اراضی تنها به تجهیزات منابع آب همچون ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آب محدود شده و توسعه دیگر مجاز نمی‌باشد.

حوضه ۲: ممنوعیت کاربری اراضی در بیش‌تر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی لحاظ می‌گردد.

حوضه ۳: ممنوعیت محدوده‌ها در موارد خاص صنعتی، و در ذخایر نفتی و استفاده از انواع به‌خصوصی از مواد نفتی و ترکیبات شیمیایی لحاظ می‌گردد.

در این تعریف حوضه ۱ نسبت به حوضه ۳ فاصله کم‌تری به چاه داشته و با افزایش درجه پتانسیل آلوده‌سازی استقرار کاربری‌ها، فاصله از چاه بیش‌تر و به درجه‌های ۲ و ۳ طبقه‌بندی می‌شود.

یکی از انتقادات به خط مشی کلاسیک اروپایی در زمینه حفاظت حریم چاه‌ها این است که در بسیاری از موارد، تفاوت اندکی میان سیستم‌های آبخوان‌های مختلف و تغییرات در جریان^۲ و شرایط افت^۳ قائل شده است. همین‌طور برنامه حفاظت از حریم چاه‌ها ممکن است شامل مناطق حساس خارج از منطقه حریم چاه‌ها نشود. در پاسخ به این مسایل، تهیه نقشه آسیب‌پذیری، که عبارت از طبقه‌بندی مناطق براساس بررسی ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی و قابلیت آلودگی آنها می‌باشد، در اروپا اهمیت بسیاری یافته است. [۲۳]

1- Milton

2- Associated Variation in Flow

3- Attenuation Characteristics

پ.۱-۴-۳-۱- اتحادیه اروپا

در سال ۲۰۰۰ اتحادیه اروپا قوانین مدیریت آب را به وسیله یک دستورالعمل کلی به طور کامل تغییر داد. این امر یک حفاظت جامع را در زمینه اکوسیستم مطرح کرد که نیازمند درک کاملاً جدیدی از آب زیرزمینی، به عنوان بخش مهمی در اکوسیستم وابسته به آب بود که به طور مجزا نمی‌توان به مدیریت موفق در آن دست یافت.

مهم‌ترین بخش قانون جدید آب‌های زیرزمینی تدوین پشتوانه قانونی و لازم‌الاجرا در زمینه ممانعت از ورود مواد شیمیایی مضر به آب‌های زیرزمینی می‌باشد، یعنی اتحادیه اروپا از هرگونه ورود چنین موادی به آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرده و نباید مقدار این مواد بیش از مقادیر ذاتی در آب‌های غیرآلوده باشد. که این امر بر اهمیت اقدامات پیشگیرانه در زمینه منابع آب تاکید می‌نماید. این قانون هم‌چنین در زمینه آب زیرزمینی که خود می‌تواند اکوسیستمی آسیب‌پذیر باشد، ابلاغیه‌های لازم را به منظور اطمینان از سالم بودن آب از لحاظ آشامیدن و حفاظت از تنوع گوناگون زیست‌محیطی تصویب نموده است.

به طور کلی اهداف و موارد قانونی در زمینه حریم کیفی آب در اتحادیه اروپا شامل موارد زیر است:

- اهداف

- تمیز نگه داشتن آب سطحی و زیرزمینی
 - دست یافتن به هدف ذکر شده در بالا و هم‌زمان رسیدن به مقاصد اقتصادی
- آیین‌نامه‌ها در زمینه‌های دستیابی به اهداف فوق به شرح زیر می‌باشد:
- ابلاغیه اتحادیه اروپا
 - قانون آب و آیین‌نامه‌های مکمل آن
 - طرح‌ها و قوانین منطقه‌ای برای کشورها
 - برنامه‌های حفاظت از آب زیرزمینی
 - طرح‌ها و روش‌های مختلف بازسازی و بهسازی
- براساس بررسی‌های صورت گرفته قوانین حفاظت آب باید دارای قابلیت‌های زیر باشد:
- شرایط استفاده موثر و مفید از منابع آب را فراهم نماید.
 - دارای حفاظت و حریم منطقی آب‌های زیرزمینی باشد.
 - دارای قابلیت انعطاف پذیری لازم در زمینه تخصیص آب براساس شرایط اقتصادی، محلی، جغرافیایی و... باشد.
- بنابراین قوانین حریم کیفی با توجه به موارد ذکر گردیده تابع یک سری شرایط است که لازم است با توجه به موقعیت مکانی و زمانی تعریف گردد. [۲۱]

پ.۱-۴-۳-۲- قوانین اتحادیه اروپا

برخی از قوانین اتحادیه اروپا در زیر بیان شده است:

- دستورالعمل چارچوب آب (ایجاد انجمن‌های فعال در زمینه حقوق آب)

- EC/61/96 - اجتناب و کاهش آلودگی محیط زیست
 - EEC/271/91 - تصفیه فاضلاب شهری
 - EEC/374/88 - تغییر محدودیت مقادیر و اهداف کیفی مواد خطرناک
 - EEC/280/86 - محدودیت مقادیر و اهداف کیفی عناصر خطرناک
 - EEC\278\86 - حفاظت از محیط زیست در زمان استفاده از لجن‌ها و فاضلاب‌ها در کشاورزی
 - EEC\778\80 - کیفیت آب برای مصارف انسانی
 - EEC\778\80 - حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برابر آلاینده‌ها و مواد خطرناک
 - EC\778\80 - روش اندازه‌گیری متناوب برای آب سطحی که به منظور آشامیدن مورد استفاده قرار می‌گیرند
 - ممنوعیت برخی از اقدامات سازمان‌های منابع طبیعی و جنگلداری که در تضاد با اقدامات
 - EEC\778\80 - جلوگیری از آلودگی آب می‌باشند
 - EEC\778\80 - کیفیت آب شیرین به منظور حفاظت از آبزیان
 - EEC\778\80 - بررسی آلاینده‌ها به منظور استخراج مواد واقعا خطرناک
 - EEC\778\80 - کیفیت آب استخرها
 - EEC\778\80 - کیفیت مورد نیاز برای آب‌های سطحی مورد نیاز برای آشامیدن
- EC همان اتحادیه اروپا یعنی EU می‌باشد
EEC: کمیته اقتصادی اروپا می‌باشد

پ.۱-۴-۳-۳- دستورالعمل جدید آب‌های زیرزمینی

الف- مقدمه و تاریخچه

حفاظت از آب‌های زیرزمینی در اتحادیه اروپا با دستورالعمل آب‌های زیرزمینی مصوب در سال ۱۹۸۰ آغاز گردیده است که به موجب آن از تمامی کشورها خواسته شده است که به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌ها از ورود مواد سمی به طور کامل و هم‌چنین از ورود دیگر مواد به آب‌ها تا حد مجاز جلوگیری نمایند.

دستورالعمل جدید آب‌های زیرزمینی تعاریف و موارد جدیدی در زمینه آب‌های زیرزمینی بیان نمود و به موجب آن قوانین کلی که بسیار سختگیرانه‌تر از قوانین موجود بود وضع نمود. دستورالعمل جدید آب‌های زیرزمینی پتانسیل‌های جدیدی برای حفاظت ارائه نمود و مهم‌تر از آن تصویب دستورالعمل‌های لازم‌الاجرا و واضح در زمینه جلوگیری از ورود مواد شیمیایی به آب‌های زیرزمینی می‌باشد که این امر تأکیدی بر این واقعیت است که وجود این مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی مورد تأیید اتحادیه اروپا نمی‌باشد. بنابراین ارزش حقیقی منابع آب زیرزمینی غیر آلوده و اهمیت اقدامات پیشگیرانه در هنگام مواجهه با منابع در معرض آسیب در این دستورالعمل جدید آب‌های زیرزمینی بیان شده است.

ب- نقاط قوت و نیازها

- حفاظت از آب‌های زیرزمینی باید به‌وسیله قوانین مربوط به خود انجام پذیرد و نیازهای اکوسیستم آب‌های زیرزمینی شناخته شده و مطرح گردد.
 - موارد قانونی الزام آور باید تهیه شده و تحقیقات در زمینه آب‌های سطحی و زیرزمینی صورت پذیرد، زیرا پتانسیل‌های زیادی برای بهبود مدیریت آب‌های زیرزمینی وجود دارد.
 - از ورود هر گونه مواد خطرناک به آب‌های زیرزمینی جلوگیری شود که لازمه این کار اجرای قوانین و دستورالعمل‌های با شدت عمل بیش‌تری نسبت به ۲۵ سال گذشته می‌باشد.
- از آن‌جا که با توجه به شرایط هر یک از کشورهای اتحادیه اروپا، اقدامات حفاظتی را مطابق با منشورهای اتحادیه اروپا و نیازهای خود انجام داده‌اند در ادامه به بررسی وضعیت حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برخی از کشورهای کلیدی اروپا می‌پردازیم.

پ.۱-۴-۳-۴- آلمان

به طور خلاصه روش فواصل زمانی و مکانی (فاصله و زمان گذر) حفاظت از آب‌های زیرزمینی در آلمان به سال ۱۹۳۰ برمی‌گردد، به همین دلیل تدابیر آلمان به عنوان مدل و الگویی برای برنامه‌های دیگر کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیش‌تر از ۷۰ درصد از منابع آب آشامیدنی عمومی و تقریباً همه منابع آب‌های غیر عمومی در آلمان را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهد. مصوبات فدرال مستلزم حفاظت آب‌های زیرزمینی از طریق حفاظت حریم کیفی چاه‌ها در تمام استان‌ها است. طرح و اجرای حوضه‌های حفاظتی سرچشمه‌ها به عهده هر استان است. تاثیرگذارترین برنامه‌های حفاظتی سرچشمه‌ها توسط ایالت‌های لاورساکسونی^۱ در شمال آلمان، که اساساً آبخوان‌های بی‌شماری در آن وجود دارد، و بادن-ویتنبرگ^۲ در جنوب آلمان، که بیش‌تر آب‌های زیرزمینی آن از بستری سنگی مشتق می‌شوند، به اجرا درآمده است.

یکی از تهدیدات عمده منابع آب زیرزمینی در آلمان آلودگی آنها از طریق فعالیت‌های کشاورزی است. در سال ۱۹۸۹ تقریباً ۵۰ درصد از آب آشامیدنی در آلمان تحت تاثیر آفت‌کش‌ها بوده است و برآورد شده است که مقدار نیترات بین ۰ تا ۸ درصد سیستم‌های عمومی منابع آب و ۵۰ درصد سیستم‌های غیر عمومی، بالاتر از حد مجاز ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر براساس آیین‌نامه آب آشامیدنی آلمان است.

علاوه بر این، آیین‌نامه راهبردی در جهت کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های مرتبط با کشاورزی بسط یافته‌اند. این آیین‌نامه‌های مصوب در زمینه محدودیت استفاده از رسوبات حاصلخیز که محتوی فلزات سنگین هستند، می‌باشد. همچنین دستورالعملی در زمینه زمان ذخیره کود بر روی زمین، تناوب کشت، پوشش گیاهی زمین‌ها، محافظت از چراگاه‌ها، کنترل و مدیریت استفاده از کود و آبیاری و امور مرتبط با کشاورزی نیز در رابطه با حفاظت آب زیرزمینی ارائه شده است. [۲۳]

1- Lower Saxony

2- Baden-Wuerttemberg

پ.۱-۴-۳-۵- سوئد

تقریباً ۱۵ درصد جمعیت سوئد از چاه‌های خانگی و ۵۰ درصد از جمعیت شهری از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کنند. از سال ۱۸۹۷ قانون آب فدرال در سوئد اجرا گشته است. این قانون که به‌وسیله شهرداری‌ها اجرا می‌گردد، کاربری زمین‌هایی که فاصله مشخصی از چاه دارند را محدود می‌نماید. از سال ۱۹۹۱ تقریباً ۴۰ درصد منابع آب زیرزمینی به‌وسیله ممنوعیت و محدودیت در مناطق حساس محافظت گشته است.

یکی از چالش‌ها در زمینه کیفیت آب زیرزمینی سوئد مربوط به نفوذ آب‌های شور به آبخوان‌ها می‌باشد. توسعه سریع مناطق ساحلی منجر به نفوذ آب‌های شور به بسیاری از چاه‌های کم عمق موجود گشته است. در این راستا آیین‌نامه‌هایی در زمینه محدودیت و سهمیه‌بندی استفاده از منابع آب زیرزمینی در این مناطق وضع شده است. علاوه بر اقدامات قانونی و مصوبات، تلاش‌هایی در زمینه بالا بردن آموزش همگانی به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی بر اثر فعالیت‌های کشاورزی صورت گرفته است. به‌عنوان مثال بیش‌تر کشاورزان قبل از سیلاب‌ها و باران‌های شدید در فصل بهار از کود شیمیایی استفاده می‌کنند. اقدامات دیگری هم‌چون آموزش کشاورزان به منظور ترتیب استفاده از کودهای شیمیایی و مشاوره رایگان به منظور تهیه دستورالعمل‌های لازم صورت گرفته است. [۲۳]

پ.۱-۴-۳-۶- انگلیس

آب زیرزمینی منبع تامین آب ۳۵ درصد از کل جمعیت انگلیس محسوب می‌گردد. در حال حاضر حفاظت از آب زیرزمینی در انگلستان و ولز از لحاظ اجرا به‌طور منحصر به‌فرد تحت اختیارات سازمان ملی رودخانه‌ها (NRA) انجام می‌شود. این سازمان در سال ۱۹۸۹ و به واسطه قانون آب به‌وجود آمده است. قبل از این زمان حفاظت از آب‌های زیرزمینی تحت نظارت ۱۰ سازمان آب منطقه‌ای که هر کدام سیاست‌های خودشان را داشتند صورت می‌گرفت. اختیارات قانونی NRA شامل همه آب‌های مهار شده از قبیل آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، آب‌های ساحلی و غیره می‌گردد. NRA در سال ۱۹۹۲ سند حفاظت از آب‌های زیرزمینی را تحت عنوان «سیاست‌ها و شیوه‌های حفاظت آب زیرزمینی»^۱ منتشر کرد. این سند توسط کارخانجات و صنایع نسبتاً خوب رعایت گردیده است. استثناء در این مورد، خرده فروشان و عمده فروشان بنزین هستند که نگران محدودیت‌های وابسته به مخازن زیرزمینی هستند. سیاست‌های حفاظت آب زیرزمینی شامل بندهایی برای کنترل استفاده غیرمجاز از آب‌های زیرزمینی، تعرض فیزیکی به آبخوان‌ها و جریان آب زیرزمینی، جلوگیری از تلفات مصرف در زمین، کنترل آلودگی زمین، کنترل مصرف لجن و گل در زمین، کنترل نشت از سپتیک تانک‌های فاضلاب به آب زیرزمینی و موارد دیگر در زمینه تامین آب زیرزمینی می‌باشد. مساله کلیدی در اجرائیات و دستورالعمل براساس لایه‌های ساختمانی منبع و سرچشمه پایه‌گذاری شده است. NRA نقشه‌های آسیب‌پذیری آب زیرزمینی را براساس روش طبقه‌بندی آسیب‌پذیری هشت لایه^۲ تهیه نموده است. هم‌چنین این سازمان در برنامه گسترده ملی تهیه نقشه‌های مناطق حفاظتی آب زیرزمینی برای ۷۵۰ منبع تامین آب اصلی کشور نیز فعالیت کرده است. [۲۳]

1- Policy and Practice for the Protection of Groundwater
2- National Rivers Authority
3- Eight-Fold

پ.۱-۴-۳-۷- اصول حفاظت منابع آب در ایرلند شمالی

در ایرلند شمالی قوانین مختلف و متنوعی برای حفاظت آب‌های زیرزمینی، نشت مواد زاید، فاضلاب، دفع مواد زاید و... وجود دارد که توسط ارگان‌های مختلفی وضع شده است و هر یک مسوولیت قسمتی از آن را برعهده دارند. در این کشور بحث حفاظت آب‌های زیرزمینی مربوط به سازمان «میراث فرهنگی و محیطی» بوده که این سازمان وابسته به وزارت محیط زیست می‌باشد. این سازمان مواردی را که باید برای تخلیه زباله و مواد زاید بر روی زمین در نظر گرفته شود تا منابع آب زیرزمینی آن مناطق تحت تاثیر قرار نگیرد، ارائه داده است.

پ.۱-۴-۴- استرالیا

آب زیرزمینی منبع تامین آب تقریباً ۱۸ درصد جمعیت استرالیا می‌باشد. اولین قانون مرتبط با محیط زیست در قرن ۱۹ وضع گردیده است. در آن زمان کشور بیش‌تر در حال تسهیل و توسعه در زمینه اکتشاف منابع طبیعی بود و کم‌تر به حفاظت از محیط زیست توجه می‌نمود. پس از آن قوانینی در زمینه انتقال آلودگی و بیماری‌های ناشی از مصرف آب‌های آلوده توسط سازمان بهداشت عمومی تهیه گردید. حدود و قوانین مرتبط با آلودگی با رشد جمعیت و صنعت افزایش یافت. اما تا سال ۱۹۷۰ قانونی جهت جلوگیری از آلودگی وجود نداشت. به‌عنوان مثال در شهر سیدنی عدم رعایت مسایل زیست محیطی توسط صنایع و تخلیه فاضلاب کارخانجات در مسیر جریان آب منجر به اعتراض عمومی مردم در دهه ۱۹۶۰ گردید که در نهایت منجر به تصویب قانون آب سالم در سال ۱۹۷۰ گردید. سپس راهکارهایی هم‌چون دادن اختیارات و مسوولیت به اداراتی چون اداره بهداشت و اداره‌های عمومی و تهیه و تدوین قوانین مد نظر قرار گرفت. [۲۳]

از سال ۱۹۹۵ تجدید نظر و بازبینی قوانین در زمینه آلودگی محیط زیست در همه ارگان‌های قانونگذار استرالیا صورت پذیرفت. در جولای ۱۹۹۵، بندی در زمینه آلودگی (NSW^۱ 1995) و در ژانویه ۱۹۹۱، بند اطلاع رسانی (NSW 1991) به وسیله سازمان حفاظت از محیط زیست منتشر گردید. در مرحله دوم با هدف تنظیم پروپوزال‌هایی برای استدلال‌ها و سودمندتر کردن قوانین اصلاحاتی و بازبینی‌هایی صورت گرفت. پیش‌نویس لوایح برای مصارف عمومی در سال ۱۹۹۴ تهیه گردید. [۲۷] [۲۸]

در جنوب استرالیا، یک گزارش توجیهی مبنی بر ضرورت تاسیس سازمان حفاظت از محیط زیست جنوب استرالیا در سال ۱۹۹۱ منتشر گردید و به دنبال آن در سال ۱۹۹۲ پیش‌نویس لوایح در زمینه تاسیس آن و ابزارهای مورد نیاز آن منتشر گردید. در سال ۱۹۹۳ در جنوب استرالیا قانون حفاظت از محیط زیست مصوب گردید و جرم‌ها و جریمه‌ها در این زمینه مشخص گردید.

در تاسمانیا، یک گزارش توجیحی در زمینه ماده ۱۹۷۳ حفاظت از محیط زیست در سال ۱۹۹۱ منتشر گردید و نیز پیش‌نویس طرح مدیریت محیط زیست و لایحه کنترل آلودگی برای عموم در اکتبر ۱۹۹۳ صادر گردید.

در کوئینزلند^۲، در سال ۱۹۹۱ برگ‌هایی، مبنی بر نظرخواهی در مورد قانون آلوده شدن زمین و همین‌طور برگه رایزنی عمومی در زمینه پیشنهاد قانون حفاظت از محیط زیست منتشر شد. در سال ۱۹۹۲ خلاصه نظریه عموم به چاپ رسید و در سال ۱۹۹۳ پیش‌نویس لایحه‌ای بر پایه نظریه عمومی صادر گشت. هم‌چنین در پایتخت استرالیا یک بازنگری بر قانون حفاظت از محیط زیست در سال ۱۹۹۴ انجام گرفت.

1- New South Wales

2- Queensland

بنابراین ارتباط بین بازنگری‌ها در تمامی ایالات و روند رایزنی عمومی نشانگر هزاران موضوع مرتبط با قوانین حفاظت از محیط زیست بود، که شامل: رسیدگی به محیط زیست، سیاست‌های حفاظتی محیط زیست، اصطلاحات شهری، پیشنهادات متناوب در زمینه اختلاف‌نظرها و شرح گزارش‌های محیط زیست بود. تمامی این‌ها نشانگر تعرضات و جریمه‌هایی نیز بودند که با وجود این‌که این تعرضات و جریمه‌ها در قانون حفاظت از محیط زیست بسیار ضروری نبودند اما مورد توافق سیاست‌گذاران قرار گرفتند که با تنظیم کردن قوانینی در این زمینه بتوان تعرضات و جریمه‌ها را تحت کنترل قرار داد. در جنوب استرالیا نیز ماده ۱۹۹۳ حفاظت از محیط زیست به منظور کنترل تعرضات و جریمه‌ها تهیه گردید.

پرت^۱ در غرب استرالیا تنها شهر اصلی متکی به آب زیرزمینی برای شرب است و آب شرب مصرفی بیش از دو سوم جمعیت این منطقه از آب زیرزمینی تهیه می‌گردد. بیش‌تر آب زیرزمینی در منطقه پرت در عمق کم و در دشت ماسه‌ای ساحلی وجود دارد. در مناطق دیگر استرالیا آب زیرزمینی در درجه اول توسط روستاها مصرف می‌گردد.

در استرالیا حفاظت از آب زیرزمینی تحت اختیارات ایالت‌ها و دولت‌های محلی است. در سال ۱۹۹۲ انجمن منابع آب استرالیا (AWRC^۲) به‌عنوان بخشی از راهبرد مدیریت کیفی آب، یک سری دستورالعمل برای حفاظت از آب زیرزمینی منتشر نمود. این دستورالعمل‌ها به علت سیاست استانداری‌ها و ایالت‌ها در زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی به‌درستی اجرا نشد و آنها خود براساس سیاست‌ها و راهبردهای محلی دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های لازم را وضع نمودند.

طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۱ نیز تغییرات اساسی در میزان جریمه‌ها در زمینه تخلفات زیست محیطی اجرا گشت. به‌طور مثال، ماکزیمم جریمه در قانون آب سالم از ۱۰۰۰۰ دلار به میزان ۴۰۰۰۰ دلار افزایش یافت و در واقع چهار برابر گشت. در سال ۱۹۹۰ نیز قانون حفاظت از محیط زیست میزان جرایم مصوب در سال ۱۹۷۰ را به میزان دو برابر افزایش داد. [۲۹]

بیش‌تر تلاش‌ها در زمینه حفاظت از منابع آب زیرزمینی در غرب استرالیا صورت گرفته است. زیرا در این مناطق استفاده از آب زیرزمینی بیش‌تر بوده و تمام مصارف از منابع آزاد برداشت می‌شود که بیش‌تر در معرض آسیب‌پذیری هستند و پتانسیل آلودگی نیز در آنها بالاست. در این راستا نقشه زمین‌شناسی غرب استرالیا و نقشه‌های آسیب‌پذیری حوضه پرت با استفاده از روش ۷ لایه^۳ و براساس مدل DRASTIC تهیه گردید.

هم‌چنین اداره آب غرب استرالیا چندین «منطقه کنترل آلودگی آب زیرزمینی» در منطقه کلان شهر پرت تهیه کرد و سه سطح (رده) به منظور حفاظت از این مناطق براساس مالکیت موجود و منطقه بندی و نزدیکی به چاه‌ها و مسیر آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب منطقه تعیین کرد. بروشورهایی نیز در این زمینه توزیع گردید و اندازه‌گیری‌هایی به منظور حفاظت از آب‌های زیرزمینی صورت پذیرفت. طرح مدیریت آب‌های زیرزمینی نیز در منطقه کوک برن^۴ در نزدیکی شهر برن تهیه گردید.

طرح‌ها و آیین‌نامه‌هایی نیز توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالت ویکتوریا^۵ که در جنوب استرالیا واقع شده است، به تصویب رسیده و در ایالت‌های دیگر نیز تهیه شده است. [۳۰]

1- Perth

2- Australian Water Resources Council

3- Seven- Fold

4- Cock Burn

5- State of Victoria

علاوه بر طرح‌ها و دستورالعمل‌های موجود در هر ایالت، دولت نیز اهداف و اصولی کلی را در جهت حفاظت از کیفیت آب‌های زیرزمینی ارائه کرده است که در زیر بدان پرداخته شده است.

پ.۱-۴-۴-۱- اهداف سیاست حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی

جهت حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی دولت ایالتی اهداف زیر را مد نظر قرار داده است:

- کند کردن، مهار کردن و یا عکس کردن روند نزول کیفیت منابع آب
- هدایت فعالیت‌های آلوده کننده به مناسب‌ترین منطقه (از لحاظ زمین‌شناسی) که ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی به حداقل برسد.
- تهیه روشی برای بازدید و بررسی ساخت و سازهای جدید (صنعتی، معدنی، شهری و روستایی) جهت مشاهده اثرات احتمالی آنها روی منابع آب
- توصیه در جهت استفاده از روش‌های پیشرفته حفاظت کیفی آب مانند تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری آب زیرزمینی یا مناطق حفاظت شده آب زیرزمینی

پ.۱-۴-۴-۲- اصول سیاست حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی

اصل اول: تمام سیستم‌های آب زیرزمینی باید به گونه‌ای مدیریت شوند که حساس‌ترین و مفیدترین نوع کاربری اجرا شود. هنگامی که نوع کاربری آب زیرزمینی مشخص شد همه افراد موظف به حفاظت آن بر مبنای دستورالعمل‌های مربوط هستند. این موضوع باید توسط همگان درک شود که هیچ‌کس حق آلوده کردن آب‌های زیرزمینی را نداشته و به طور کلی کاهش کیفیت آب به منظور تنزل نوع کاربری آن نیز غیر قانونی است.

زمانی که یک آبخوان از قبل آلوده شده است، این طبقه‌بندی باید به منظور پاکسازی یا احیای آن به کار رود.

اصل دوم: منابع آب شهری باید در برابر آلودگی به طور ویژه‌ای حفاظت شوند. حفاظت انواع چاه‌های آب مورد استفاده در شهرها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این چاه‌ها به روش‌های گوناگونی می‌توانند آلوده شوند:

- فعالیت‌های زمینی که با نواحی تخلیه چاه ناسازگار است
- نشست آلودگی به داخل چاه یا اطراف آن
- آلودگی بین سفره‌ای در نتیجه پمپاژ زیاد و جابه‌جایی آب از سفره با کیفیت کم به سفره با کیفیت آب بهتر

یکی از روش‌های توصیه شده جهت جلوگیری از آلودگی چاه‌ها، استفاده از روش‌های جدید حفاظت از درب چاه می‌باشد.

اصل سوم: باید از آلودگی آب‌های زیرزمینی پیش‌گیری شود تا در آینده نیازی به تصفیه نباشد. این اصل خاطر نشان می‌سازد که پس از آلوده شدن آبخوان راه حل ارزان و سریعی برای رفع آلودگی این منابع وجود ندارد. در واقع در بسیاری از موارد حالت برگشت به حالت اولیه امکان‌پذیر نمی‌باشد. گاهی اوقات حرکت آب از نقطه آلودگی تا محل تخلیه ممکن است تا صدها سال به طول انجامد.

اصل چهارم: برای ساخت و سازه‌های جدید، حجم و اندازه کار لازم برای حفاظت منابع آب زیرزمینی باید با خطراتی که این فعالیت‌ها برای منابع ایجاد خواهند کرد متناسب باشد. به عبارت دیگر نوع کاربری ایجاد شده و بزرگی آن باید در نظر گرفته شود، و متناسب با آن راهکارهای حفاظتی ارائه شود.

تعیین حدود میزان خطر ساز بودن کاربری‌های جدید به سه عامل بستگی دارد:

- عامل تهدید
 - آسیب‌پذیری آبخوان
 - نوع کاربری و میزان ارزش آبخوان در منطقه مورد مطالعه
- عامل تهدید باید ماهیت خطر را برای آبخوان مشخص کند. مثلاً سمی بودن، میزان حجم عامل تهدید و یا اثرات موقتی یا دائمی آن و همچنین پهنه جغرافیایی که در آن پخش می‌شود، باید معلوم گردد.
- میزان آسیب‌پذیری نشان می‌دهد تا چه حد آبخوان از لحاظ طبیعی آسیب‌پذیر می‌باشد که در مواقعی با آسیب‌پذیری بالای آبخوان، شرایط بحرانی‌تر می‌باشد.

اصل پنجم: بهره‌بردار آب زیرزمینی مسوول مشکلات محیطی بالای سطح زمین هم‌چون نامتناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی با نوع نباتات و خاک منطقه خواهد بود. بسیاری از سفره‌های زیرزمینی دارای مواد معدنی، نمک، آلکالین و یا اسید زیادی هستند که ممکن است برای گیاهان و خاک سطحی زراعی مضر باشد. استفاده کننده از این آب مسوول تمام خطرات ناشی از تداخل این عوامل خواهد بود.

اصل ششم: سیستم‌های زیست‌محیطی وابسته به آب‌های زیرزمینی نیاز به حفاظت دارند. حفاظت سیستم‌های زیست‌محیطی از این جهت حایز اهمیت هستند که

- بعضی از گونه‌های نادر گیاهی یا حیوانی منطقه ممکن است آسیب‌پذیر باشند.
- بعضی از نواحی ممکن است طبق قوانین سازمان‌های دیگری مانند محیط زیست یا حیات وحش، منطقه ممنوعه به حساب بیایند.

اصل هفتم: حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی باید با مدیریت کمی منابع در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر اقدامات حفاظت کیفی نباید جدا از قوانین کمی آب اجرا شود. تجربه نشان داده است که پمپاژ بیش از حد به‌خصوص در نواحی ساحلی باعث افت کیفیت آب می‌گردد، زیرا که آب شور وارد منطقه آب شیرین می‌گردد. هم‌چنین میزان آب تا حدی می‌تواند خاصیت پالایش داشته باشد و اگر میزان کمی آن کاهش یابد، آلودگی بیش‌تر نمایان می‌گردد.

اصل هشتم: بر روی آبخوان‌های یک منطقه علاوه بر تاثیرات تک تک کاربری‌ها باید مجموع اثرات نیز توسط کسانی که مدیریت منابع را بر عهده دارند، در نظر گرفته شود. در یک محدوده نسبتاً کوچک ممکن است فعالیت‌های مختلفی از جمله صنعتی، کشاورزی و شهری صورت گیرد که هر کدام از این کاربری‌ها به طور جداگانه اثر خود را بر منابع آب زیرزمینی خواهد گذاشت. تاثیر هر کاربری بر آبخوان ممکن است در نظر گرفته شود، اما تاثیر کلی و مجموع کاربری‌ها ممکن است بسیار خطرناک و غیر قابل جبران باشد.

اصل نهم: مناطقی که از لحاظ کیفیت آب در شرایط خوبی قرار ندارند، باید با راهکارهایی کارساز احیا شوند.

در مناطقی که آب زیرزمینی آن آلوده می‌باشد، باید منبع آلوده کننده یافت شده و نهایت تلاش جهت رفع آلودگی صورت گیرد. منبع آلوده کننده و مسوولین آن طبق قانون حفاظت محیط زیست که در بخش بعدی بدان پرداخته می‌شود، موظف به پرداخت هزینه‌های پاکسازی خواهند بود. همچنین در هر منطقه‌ای که آب زیرزمینی منبع تغذیه کننده‌ای برای اکوسیستم دریاچه، رودخانه، چشمه و غیره باشد، علاوه بر شناخت منبع آلودگی و رفع آن، باید برای احیای سیستم‌های زیست‌محیطی وابسته ذکر شده نیز اقدامات لازم لحاظ گردد. [۳۱]

پ. ۱-۴-۳- خلاصه‌ای از قانون و مقررات حفاظت محیط زیست در استرالیا

در زیر به خلاصه‌ای از قوانین و مقررات سازمان حفاظت محیط زیست استرالیا پرداخته می‌شود که در رابطه با آلودگی آب نیز می‌باشد.

- اختارها

این قانون دارای ۳ نوع اختار می‌باشد و شامل تمیز کردن، پیش‌گیری و ممنوعیت می‌شود.

تمیز کردن: این اختار هنگامی داده می‌شود که آلودگی حادث شده باشد.

پیش‌گیری: این اختار زمانی داده می‌شود که فعالیتی در حال انجام است و به لحاظ محیطی دارای اشکال و ایراد باشد.

ممنوعیت: این نوع اختار نیز زمانی داده می‌شود که یک فعالیت باید متوقف گردد. این نوع اختار تنها توسط وزیر صادر خواهد شد.

- قانون خاص جرایم و مجازات‌ها مصوب ۱۹۸۹

این قانون دامنه جرایم و مجازات‌های آلودگی آب‌ها را افزایش داده است. در این قانون آلودگی عبارتست از هر نوع تغییر دادن شرایط فیزیکی، شیمیایی یا زیستی آب‌ها و لازم نیست که ماده آلاینده به طور مستقیم در آب قرار داده شود. قرار دادن ماده آلاینده در وضعی که احتمال دارد به آب‌ها سرایت نماید برای تحقق آلودگی کافی است.

- انواع جرایم

جرم نوع اول: این نوع جرم مربوط به فعالیت‌های بسیار خطرناک نظیر تخلیه مواد سمی، نشت، تولید گازهای سمی، و تولید گازهای مضر برای محیط زیست به خصوص لایه ازن می‌شود.

حداکثر مجازات برای افراد حقوقی تا ۵ میلیون دلار و برای افراد حقیقی تا ۱ میلیون دلار یا ۷ سال زندان می‌باشد.

جرم نوع دوم: این نوع جرایم شامل آلودگی آب، خاک، زمین و آلودگی صوتی می‌شود. جرایم نوع دوم برای افراد حقوقی تا یک میلیون دلار و برای افراد حقیقی تا ۲۵۰۰۰۰ دلار جریمه دارد و در صورت تکرار و ادامه آن به ترتیب ۱۲۰۰۰۰ و ۶۰۰۰۰ دلار جریمه در بر خواهد داشت.

جرم نوع سوم: این نوع جرم همانند جرم نوع دوم می‌باشد، با این تفاوت که طبق قانون باید به آنها اختار داده شود ولی رسیدگی

به جرم آنها در دادگاه مشخص و تعیین می‌گردد. [۳۲]

پ.۱-۴-۵- چین

دولت چین توجه بسیاری به راهکارهای ممانعت و کنترل آلودگی آب نموده است. از سال ۱۹۹۶ دولت چین اقدامات جلوگیری از آلودگی را به عنوان امری ضروری به منظور حفاظت از محیط زیست تعیین نمود که در زیر به مهم‌ترین آنها اشاره می‌گردد:

- قوانین و آیین‌نامه‌ها در زمینه جلوگیری از آلودگی آب به‌طور پیوسته توسعه و بهبود یافته‌اند و بر اجرای قوانین تاکید شده است. پس از تصویب قانون جلوگیری از آلودگی آب به‌وسیله مجلس ملی چین، این کشور ۱۷ قانون تنظیم و در برخی از قوانین موجود تجدید نظر و آیین‌نامه‌ها و مصوبات جدیدی وضع نمود.

- افزایش طرح‌های جلوگیری از آلودگی آب و اولویت‌بندی طرح‌ها

- گذری بر سیاست‌ها و مقررات جلوگیری از آلودگی آب

پ.۱-۴-۶- اردن

در قوانین اردن آب‌های عمومی مانند دریاچه‌ها و آب‌های جاری در رودخانه‌ها و انهار متعلق به جامعه هستند. آب‌های زیرزمینی در اردن براساس تجدیدپذیر یا تجدیدنپذیر بودن سفره‌ها به ۱۲ منطقه مجزا تقسیم‌بندی گردیده است.

پ.۱-۴-۶-۱- سیاست‌گذاری‌ها

الف- اهداف

هدف از این سیاست‌گذاری طرح جزییات بیش‌تر ابلاغیه «استراتژی آب‌های اردن^۱» است، این ابلاغیه تعیین کننده سیاست‌گذاری دولت و هدف مدیریت آب‌های زیرزمینی در زمینه توسعه منابع، حفاظت از آنها، مدیریت و اندازه‌گیری برداشت سالانه مورد نیاز از آبخوان‌های مختلف تجدیدپذیر متناسب با حد مجاز برداشت از هر آبخوان است.

ب- منابع حفاظت شده، پایداری، کنترل کیفیت

- تغذیه محدوده آبخوان‌هایی که باید با حداکثر مقدار ممکن حفاظت شوند.
- تغذیه مناطقی که باید در برابر آلودگی حفاظت شوند
- مناطقی که شامل پساب‌های جامد و مایع، معادن، محل‌های دفن زباله، شورآب‌ها و مواد مربوط به فاضلاب کشاورزی و ... می‌باشند.
- آزمایشگاه‌های مرتبط با آب برای تعیین کیفیت آب باید به آخرین تکنولوژی و تجهیزات مجهز باشند. و سیستم پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی برای تشخیص مواد سمی و کاهش مقدار آنها و انجام اقداماتی در این زمینه باید اجرا گردد.
- استفاده از آبخوان‌های قدیمی و تجدیدنپذیر باید با دقت و براساس مطالعات دقیق و گسترده‌ای صورت گیرد، که در یک دوره‌ای از زمان و با توجه به مقادیر مجاز برداشت این امر تحقق می‌یابد.
- توسعه و افزایش عمق چاه‌ها با دقت بسیاری صورت گیرد تا از نظر کمی و کیفی مشکلی در بر نداشته باشد.

ج- پایش

- برای بررسی چاه‌ها باید در هر مخزن آب زیرزمینی و مناطق وابسته به آن شبکه‌ای نصب گردد که نشان‌دهنده پایش وضعیت و عملکرد ذخایر در هنگام توسعه و یا در هنگام برداشت از ذخایر باشد.
- مخازن آب زیرزمینی به چند بخش برای اهداف پایش و کنترل بر برداشت تقسیم گردد.
- تکنولوژی پیشرفته باید در خدمت روند پایش که شامل نصب ابزار برای مشخص کردن تراز آب، ابزار کنترل از راه دور، تله‌متری، کنترل و هدایت خودکار دستگاه‌های مرکزی است قرار گیرد.
- مجموعه اطلاعات پایش برای ذخیره و بازیابی از فایل‌های کامپیوتری باید طبقه‌بندی (قالب‌بندی) شده باشد.
- آنالیز و تفسیر داده‌ها توسط گروهی متشکل از افراد متخصص صورت گیرد.
- شبکه خاص پایش ویژه مناطق صنعتی و بخش‌هایی که دارای پتانسیل آلوده کننده هستند طراحی و نصب گردد.

د- تنظیم آیین‌نامه‌ها و کنترل بر اجرای آنها

- متوقف کردن حفر چاه‌های غیرمجاز و برخورد قانونی با متخلفین
- طرح مدیریت اساسی و جامع آب‌های زیرزمینی در هر آبخوان که باید به عنوان بخشی از طرح مدیریت ملی آب توسعه یابد.
- دستگاه‌های اندازه‌گیری میزان سطح آب که در چاه‌ها نصب شده است باید هر سه ماه خوانده شود و بررسی گردد که بیش از حد مجاز برداشت نشود.
- مقررات رسمی باید مرتباً مورد بررسی قرار گیرد و دستورالعمل‌ها باید به روز و در صورت لزوم تجدید نظر شوند. قوانین نیز مرتباً مورد بازبینی قرار گیرند چراکه به‌علت تغییرات زمانی قوانین نیز برای قابل اجرا بودن و کارآمدی بیش‌تر باید همراه با شرایط زمانه به روز و مورد بازبینی قرار گیرند.
- سازمان‌های مرتبط با امور آب باید با یکدیگر همکاری نزدیک داشته و به تبادل اطلاعات با یکدیگر بپردازند.

ه- تحقیقات، توسعه و تبادل تکنولوژی

- مراکز آموزشی در این زمینه گسترش و ارتقا یابند.
- فعالیت‌های منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه‌های تحقیقاتی و توسعه و انتقال تکنولوژی‌های نوین در زمینه مدیریت، کنترل کیفیت و مسایل اقتصادی در زمینه آب انجام گیرد. در مجامع و کنفرانس‌های منطقه‌ای و بین‌المللی نیز تبادل اطلاعات صورت پذیرد.

و- افزایش آگاهی عمومی

- برگزاری کارگاه‌ها و سمینارها در زمینه چاه‌ها، اقدامات حفاظتی و افزایش راندمان در آب‌های زیرزمینی
- برگزاری دوره‌های آموزشی برای کارکنان وزارتخانه‌ها مرتبط با امور آب به منظور ایجاد ظرفیت‌های مناسب در برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه آب‌های زیرزمینی و اقدامات حفاظتی
- همکاری با آژانس‌های مرتبط با مسایل آب به منظور ارتقا آگاهی‌ها

پیوست ۲

بررسی قوانین، مقررات و

آیین‌نامه‌های مصوب در ایران

پ.۲-۱ - کلیات

لازمه پرداختن به جنبه‌های حقوقی مساله حریم کیفی آب‌های زیرزمینی بررسی قوانین، مقررات و آیین‌نامه‌هایی که در ادوار گذشته در ایران وضع گردیده می‌باشد که در این پیوست به آن پرداخته خواهد شد. [۹]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، [۱۴]، [۱۵]، [۱۶]

پ.۲-۲ - قانون مدنی ایران مصوب ۱۳۰۷/۲/۱۸ [۱۷]

برخی از موارد تدوین شده در زمینه مسایل مرتبط با آب به شرح زیر می‌باشد:

پ.۲-۲-۱ - مسایل مربوط به تفکیک آب‌ها و تقسیم‌بندی آنها

از نظر قانون مدنی منابع آبی به دو بخش منابع آبی سطح الارضی همانند دریا، رودخانه، چشمه، نهرها یا مجاری آبیاری، و تحت الارضی همانند چاه، قنات، تقسیم شده است. که برای هر کدام قوانین خاصی ارائه شده است.

پ.۲-۲-۲ - مسایل مربوط به مالکیت منابع آبی

در قانون مدنی مالکیت به‌طور مطلق به سه بخش تقسیم می‌شود:

اول: مالکیت خصوصی

دوم: مالکیت عمومی یا مشترکات

سوم: مالکیت ملی یا بیت المال

در این قانون علیرغم آن که تعریفی از مال ارائه نشده ولی به منابع آبی به دیده یک مال نگریده شده و مالکیت بر منابع آبی به ساحت آن که چه کسی مالک آن است بر مبنای سه بخش فوق تقسیم‌بندی گشته است.

اگر این منابع متعلق به افراد خصوصی باشد و یا اشخاص حقوقی برابر مقررات حق تملک آن را حائز شده‌اند، آنرا خصوصی تلقی نموده لیکن اگر مال یا منبع متعلق به دولت یا عموم افراد باشد، همانند اموال شهرداری آن را جزو اموال عمومی یا مشترکات محسوب کرده است. چنانچه دولت مالی را ملی اعلام دارد شرایط ملی شدن بر آن مترتب می‌گردد. لکن به اشخاص خصوصی و یا اشخاص حقوقی این اختیار داده شده تا براساس چند قاعده حقوقی به مالکیت خصوصی بر منابع آبی دست یابند.

پ.۲-۲-۳ - مسایل مربوط به بهره‌برداری از منابع آبی

نظام قانون مدنی بهره‌برداری از منابع آبی زیرزمینی یا سایر منابع به سه بخش قابل تقسیم است:

اول: بهره‌برداری فردی

دوم: بهره‌برداری شراکتی

سوم: قاعده عدم تضرر در بهره‌برداری

پ.۲-۲-۴- مسایل مربوط به حریم منابع آبی

اولین ماده در این قانون که در آن به حریم پرداخته شده ماده ۱۳۶ است که مطابق آن گفته شده است: ماده ۱۳۶- حریم مقداری از اراضی اطراف ملک و قنات و نهر و امثال آن است که برای کمال انتفاع از آن ضرورت دارد. و متعاقب آن موارد دیگری به شرح زیر تصویب شده که در آن گفته شده است: ماده ۱۳۷- حریم چاه، برای آب خوردن (۲۰) گز و برای زراعت (۳۰) گز است. ماده ۱۳۸- نیز اشعار می‌دارد: «حریم چشمه و قنات از هر طرف در زمین رخوه ۵۰۰ گز و در زمین سخت ۲۵۰ گز می‌باشد» و نیز اجازه داده در مواردی که مقادیر مذکوره در مواد ۱۳۷ و ۱۳۸ قانون مدنی برای دفع ضرر کافی نباشد، برای دفع ضرر به اندازه‌ای که کافی باشد به مقادیر مذکوره افزایش و دعاوی مردم بنحو عادلانه حل و فصل گردد. اختیاراتی که قانونگذار، در مبحث حریم املاک داده است تا آن جاست که حریم را در حکم ملک صاحب حریم قلمداد نموده و تملک و تصرف در آن، که منافی با آنچه منظور از حریم باشد بدون اذن از طرف مالک صحیح ندانسته و بنابراین کسی نمی‌تواند در حریم چشمه یا قنات دیگری چاه یا قنات بکند، اما تصرفاتی که موجب تضرر اشخاص صاحب حریم نشود را جایز دانسته است. از مفاهیم فوق چنین مستفاد می‌گردد که حریم برای تکمیل انتفاع و جلب نفع و دفع ضرر است، خواه ضرر بالفعل باشد، خواه بالقوه و فرضی.

پ.۲-۳- قانون راجع به قنات مصوب و ۱۸ شهریور ۱۳۰۹ و قانون تکمیل قانون قنات مصوب ۱۳ شهریور ۱۳۱۳

در سال ۱۳۰۹ قانونگذار براساس احساس صحیح کمبودهای موجود در نظام قانون مدنی «قانون راجع به قنات» را به تصویب رسانده و مواردی را بشرح زیر مورد توجه قرار داده است.

- تعیین حدود مالکیت صاحبان منابع آبی و صاحبان اراضی
- نظام احداث قنات جدید
- تعیین تکلیف محاکم در رفع اختلاف مالکین اراضی با صاحبان قنات
- نظام بهره برداری از قنات مشترک

پ.۲-۴- قانون اجاره تاسیس بنگاه آبیاری مصوب ۱۳۲۲/۲/۲۹ و قانون اصلاح قانون تاسیس بنگاه

در این قانون به این مطالب در خصوص منابع آب‌های زیرزمینی اشاره شده است:

- تعیین نظام اداری
- فروش آب توسط دولت
- تاسیس صندوق ذخیره و تعمیرات منابع آبی
- ضابطه‌مند کردن نظام تعمیرات قنات بایر
- تعیین متولی برای منابع آبی فاقد مالک معین و ثبت نام حقا به داران

- ارائه کمک مالی به احداث کنندگان تاسیسات و منابع آبیاری
- مسوولیت جبران خسارت برای صاحبان قنوات
- منع بنگاه از فروش آب منابع آبی اختصاصی

پ. ۲-۵- تصویب‌نامه هیات وزیران در مورد حفظ و حراست منابع آب زیرزمینی کشور (مصوب در ۱۳۴۲/۷/۱۰)

برخی از موارد بیان شده در زمینه مسایل مرتبط با آب به شرح زیر می‌باشد:

ماده ۱- نظارت در کلیه امور مربوط به آب‌های زیرزمینی کشور به عهده بنگاه مستقل آبیاری است و بنگاه مستقل آبیاری می‌تواند به منظور بررسی آب‌های زیرزمینی و جمع‌آوری آمار و مشخصات چاه‌ها و قنات‌ها و چشمه‌ها و انجام راهنمایی‌های فنی، تدریجا در تمام شهرستان‌ها سازمان متناسبی به وجود آورد.

(توضیحات: بنگاه آبیاری به موجب قانون اجازه تاسیس بنگاه آبیاری مصوب ۱۳۲۲/۲/۲۹ و به منظور توسعه و اصلاح امور آبیاری کشور، تحت نظارت وزارت کشاورزی تاسیس شده و دارای شخصیت حقوقی مستقل بوده است. سپس طبق تصویب‌نامه ۱۳۴۳/۱/۱۶ هیات وزیران، به وزارت آب و برق منتقل شد و کلیه وظایف و اختیارات وزارت کشاورزی و وزیر کشاورزی مندرج در قوانین و مقررات مربوطه به وزارت آب و برق واگذار شد.)

در این تصویب‌نامه نظارت در کلیه امور مربوط به آب‌های زیرزمینی کشور به بنگاه مستقل آبیاری واگذار شده و پیشنهاد شده است که به منظور بررسی آب‌های زیرزمینی و غیره، تدریجا در تمام شهرستان‌ها سازمان متناسبی به وجود آید.

پ. ۲-۶- لایحه قانونی راجع به تاسیس وزارت آب و برق مصوب ۱۳۴۲/۱۲/۲۶

نهایتا با توجه به تجربه حاصله دولت پیرامون نظارت بر منابع آبی کشور و نیز افزایش تدریجی دخالت‌ها از بدو اولین دوره قانونگذاری تا سال ۴۲ و همچنین با توجه به رویکرد حاکمیت در انجام دگرگونی اجتماعی به موجب لایحه قانونی راجع به تاسیس وزارت آب و برق مصوب ۱۳۴۲/۱۲/۲۶ مقرر گردید، بنگاه مستقل آبیاری که تا این تاریخ از ادارات تابعه وزارت کشاورزی محسوب می‌شد به همراه سایر ارگان‌های متولی آب و فاضلاب و برق به تدریج به وزارت آب و برق واگذار گردد و همچنین تغییرات لازم در اساسنامه آنها صورت گیرد بدون آنکه در ماهیت فعالیت آنها تغییراتی به عمل آید. ولی عملا از مورخ ۱۳۴۴/۱/۱ بنگاه آبیاری بموجب قانون بودجه سال ۴۴ منحل و وظایف آن از هر جهت به وزارت آب و برق تفویض گردید.

پ. ۲-۷- قانون حفظ و حراست از منابع آب‌های زیرزمینی کشور مصوب ۱۳۴۵/۳/۱

در این قانون به این مطالب در خصوص منابع آب‌های زیرزمینی اشاره شده است:

- محول گشتن حفظ و حراست منابع و ذخایر آب‌های زیرزمینی و نظارت در کلیه امور مربوط به آن به وزارت آب و برق.
- جمع‌آوری آمار و مشخصات منابع آبی

- انضباط و مجاز گشتن وزارت آب و برق به ممنوع سازی بهره برداری از قنوات و سفره‌های آب زیرزمینی در مواقع مورد تشخیص
- ضرورت تحصیل پروانه توسط شرکت‌ها یا سازمان‌هایی که حرفه آنها حفاری است و یا وسایل موتوری که اقدام به حفر چاه عمیق و نیمه‌عمیق و قنات می‌نمایند و حفر چاه در مناطقی که وزارت آب و برق مقتضی بداند.
- وضع قواعد بازدارنده از آلودگی آب‌های زیرزمینی
- تعیین جرایمی هم‌چون لغو پروانه در صورت تخلف از شرایط مندرج در پروانه مربوط به چاه برخی از مفاد این قانون در زمینه مسایل مرتبط با آب به شرح زیر می‌باشد:
- ماده ۱ - حفظ و حراست منابع و ذخایر آب‌های زیرزمینی و نظارت در کلیه امور مربوط به آن به وزارت آب و برق محول می‌گردد. وزارت نام‌برده مکلف است تدریجاً نیروی انسانی و وسایل کار را فراهم سازد تا بتواند با جمع‌آوری آمار و مشخصات چاه‌ها و قنات‌ها و چشمه‌ها و رودخانه‌ها و سایر عملیات فنی وضع آب‌های زیرزمینی استفاده شده و یا نشده هر منطقه را مشخص سازد و راهنمایی‌های فنی لازم را به عمل آورد.
- ماده ۲ - وزارت آب و برق مجاز است در مناطقی که با بررسی‌های فنی و علمی معلوم شود که سطح سفره آب زیرزمینی در اثر ازدیاد مصرف یا علل دیگر پایین می‌رود و یا در مناطقی که طرح‌های آبیاری از طرف دولت باید اجرا گردد از تاریخ اجرای طرح برای مدتی با حدود مشخص حفر چاه عمیق و نیمه عمیق و قنات را ممنوع نماید.
- وزارت آب و برق چاره‌جویی‌های لازم نسبت به تقویت منابع آب‌های زیرزمینی معمول خواهد داشت.
- ماده ۱۰ - اشخاص و موسسات خصوصی و دولتی طبق آیین‌نامه اجرایی این قانون موظفند برای جلوگیری از آلوده شدن مخازن آب زیرزمینی احتیاط‌های بهداشتی لازم را به عمل آورند و تذکرها و راهنمایی‌های مامورین وزارت آب و برق را در این زمینه رعایت و عمل نمایند.
- در مورد مواد این قانون هرگاه وزارت آب و برق تقاضای صدور دستور موقت نماید از دادن تامین (هزینه خسارات وارده) معاف است. و در صورتی که وزارت آب و برق محکوم به بی‌حقی شود مسوول جبران خسارات وارده به صاحب حق خواهد بود.

پ.۲-۸- قانون آب و نحوه ملی شدن آن مصوب ۱۳۴۷/۴/۲۷

- در این قانون به مطالب زیر در خصوص منابع آب‌های زیرزمینی اشاره شده است:
- ارائه تعریف حقوقی و دقیق از حقابه و اجازه مصرف
 - تعیین ضوابط برای آب‌های زیرزمینی
 - لازم گشتن اجازه و موافقت وزارت آب و برق به منظور استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی به استثنای موارد ذکر گردیده، در هر نقطه از کشور
 - ممنوعیت آلوده ساختن آب و الزامات مربوط به بهره برداری از قنوات و منابع آب‌های زیرزمینی
 - تعریف شدن مفهوم آلوده ساختن آب

- موظف گشتن وزارت آب و برق به تهیه آیین‌نامه مخصوصی به منظور جلوگیری از آلودگی آب با موافقت برخی سازمان‌های دیگر
 - تعیین ضوابط برای تملک قنوات بر اثر ضوابط ملی شدن آب‌ها
 - تعیین جریمه نقدی و مجازات حبس تادیبی از ۲ تا ۶ ماه در صورت تخلف از ضوابط مندرج برخی از مفاد این قانون به شرح زیر می‌باشد:
 - ماده ۳۰- در مواردی که آب شور و یا آب مخلوط با املاح معدنی غیر قابل مصرف با آب شیرین مخلوط شود، وزارت آب و برق می‌تواند مجرای آب شور یا مخلوط به املاح را مسدود کند و در صورتی که این کار از لحاظ فنی امکان‌پذیر نباشد، چاه یا مجرا را بدون پرداخت خسارت عندالاقضاء مسدود یا منهدم سازد.
 - ماده ۵۵- آلوده ساختن آب ممنوع است و موسساتی که آب را به مصارف شهری یا صنعتی یا معدنی می‌رسانند، موظفند طرح تصفیه آب و دفع فاضلاب را با تصویب وزارت آب و برق و وزارت بهداشتی تهیه و اجرا کنند.
 - ماده ۵۶- منظور از آلوده ساختن آب، آمیختن مواد خارجی به آب است، به میزانی که کیفیت فیزیکی یا شیمیایی یا بیولوژیکی آن را به طوری که مضر به حال انسان و چهارپایان و آبزیان و گیاهان باشد، تغییر دهد. مواد خارجی به قرار زیر است: مواد نفتی - ذغالی - اسیدی و هرگونه اضعاف کربنی^۱ و نفتی، مواد مضر شیمیایی اعم از جامد و مایع از هر پالایشگاه یا منبع گازی یا دستگاه‌های رنگ‌کاری و الکل‌کشی و کارگاه‌ها و کارخانجات شیمیایی و معدنی و صنعتی و مواد غذایی و فاضلاب شهرها.
 - ماده ۵۷- وزارت آب و برق موظف است با موافقت وزارت بهداشتی و وزارت کشور و وزارت منابع طبیعی و سازمان شکاربانی و نظارت بر صید، آیین‌نامه مخصوصی به منظور جلوگیری از آلودگی آب و تعطیل تاسیساتی که موجب آلودگی می‌گردند، تهیه و پس از تصویب هیات وزیران به اجرا بگذارد.
 - ماده ۵۸- کارکنان وزارت آب و برق و شرکت‌ها و سازمان‌های آن وزارت و کارکنان وزارت کشاورزی و وزارت منابع طبیعی و سازمان شکاربانی که طبق حکم وزارت آب و برق و برابر آیین‌نامه‌های مربوط، مامور جلوگیری از آلودگی آب و تعطیل تمام یا قسمتی از کارخانه یا موسسه می‌شوند، موظفند از آلودگی آب طبق مقررات جلوگیری کنند و در صورت تکرار متخلف را به وسیله مامورین انتظامی یا پلیس آب، به نزدیک‌ترین مرجع قضایی تسلیم کنند.
- توضیحات:
- مقصود از کیفیت فیزیکی آب رنگ، بو، طعم و کدورت آب است. به عبارت دیگر در صورتی که رنگ، بو، طعم و کدورت آب تغییر نماید، کیفیت فیزیکی آن تغییر کرده است
 - مقصود از کیفیت شیمیایی آب همان غلظت مواد و املاح شیمیایی مختلف از قبیل سرب، آرسنیک، منیزیم، آهن، مس، منگنز، رادیواکتیو و سایر املاح شیمیایی از قبیل نیترات‌ها، کربنات‌ها، سولفات‌ها و نمک‌ها می‌باشد.

۱- مواد متشکل از ترکیبات کربنی

- کیفیت زیستی آب، ناظر به وجود میکروب‌ها و باکتری‌ها در آب است. میکروب‌های مضر مانند میکروب وبا، تیفوئید، پارا تیفوئید، شیستوزمیا می‌باشد و احیانا باکتری‌های مفید بعضا در آب دیده می‌شود. به هر حال اگر تغییر کیفیت بیولوژی به حدی باشد که برای جانداران مضر باشد مصرف آن آب مضر خواهد بود.
- چنانچه کیفیت فیزیکی و شیمیایی و زیستی آب در اثر ریختن مواد و املاح شیمیایی به حدی باشد که به حال انسان و چهارپا و آبزیان و گیاهان مضر باشد، آن آب آلوده محسوب می‌شود و مطابق مقررات کیفری متخلف مستحق کیفر قانونی است.

پ.۲-۹- قانون مجازات اخلال کنندگان در تاسیسات آب و برق و گاز و مخابرات کشور مصوب ۱۳۵۱

این قانون در مورخ ۵۱/۱۰/۲۳ به منظور مقابله با برخی اقدامات خرابه‌کارانه در تاسیسات آب و برق و به منظور جلوگیری از اخلال در نظم و امنیت عمومی تاسیسات آب و برق تصویب شد. بموجب مقررات این قانون که در پنج ماده تدوین شده تصریح می‌دارد: که مجازات مرتکبین حبس مجرد از ۳ تا ۱۰ سال است و چنانچه مرتکبین کارمند سازمان‌های تابعه وزارتخانه‌های مربوط باشند به حداکثر مجازات محکوم می‌شوند و دادگاه‌های صالح برای رسیدگی به این قبیل جرایم محاکم نظامی هستند و همچنین مجازات سرقت و معامله مال مسروقه بدون انگیزه خرابه‌کارانه را مشمول قانون مجازات عمومی می‌داند.

پ.۲-۱۰- قانون اصلاح قانون جلوگیری از تصرف عدوانی مصوب ۱۳۵۲

در این قانون که پیرامون جلوگیری از تصرف اراضی و املاک اشخاص به وضع مقررات پرداخته است در ماده ۷ آن دعوی مربوط به قطع آب و برق ... که مورد استفاده در اموال غیر منقول است را مشمول مقررات این قانون دانسته و مرتکب توسط دادسرای محل تعقیب می‌گردد و فوریت در رسیدگی جزء مزایای این قانون می‌باشد.

پ.۲-۱۱- قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست مصوب ۱۳۵۳/۳/۲۸

امر پیش‌گیری از هر نوع آلودگی و هر اقدام مخربی که موجب بر هم خوردن تعادل و تناسب محیط‌زیست می‌شود از مزایای این قانون می‌باشد.

برخی از موارد مطرح گردیده در این قانون به شرح زیر می‌باشد:

ماده ۱- حفاظت و بهبود و بهسازی محیط‌زیست و پیش‌گیری از هر نوع آلودگی و هر اقدام مخربی که موجب بر هم خوردن تعادل و تناسب محیط‌زیست می‌شود و همچنین کلیه امور مربوط به جانوران وحشی و آبزیان داخلی از وظایف سازمان حفاظت محیط‌زیست است.

بند ۲ ذیل ماده- انجام تحقیقات و بررسی‌های علمی در زمینه حفاظت محیط‌زیست و جلوگیری از به هم خوردن تعادل و آلودگی محیط‌هایی مثل: رودخانه‌ها و مراتع جنگل‌ها و اکولوژی دریایی و انهدام تالاب‌ها از وظایف سازمان فوق می‌باشد.

ماده ۷- هرگاه اجرای هر یک از طرح‌های عمرانی و با بهره‌برداری از آنها به تشخیص سازمان فوق با قانون و مقررات مربوط به حفاظت محیط‌زیست مغایرت داشته باشد سازمان مورد را به وزارتخانه یا موسسه مربوط اعلام خواهد نمود تا با همکاری سازمان‌های ذیربط به منظور رفع مشکل در طرح مزبور تجدید نظر به عمل آید. در صورت وجود اختلاف نظر به تصمیم رییس جمهور عمل خواهد شد.

ماده ۱۳- میزان جزای نقدی آلوده کنندگان محیط‌زیست

پ.۲-۱۲ - لایحه قانونی جلوگیری از هرگونه تجاوز نسبت به منابع آب مصوب ۱۳۵۸

قانون مذکور که توسط شورای انقلاب در تاریخ ۵۸/۹/۲۲ به تصویب رسیده تحت عنوان «لایحه قانونی جلوگیری از هرگونه تجاوز و تصرف عدوانی و غصب، مزاحمت از حق نسبت به املاک مزروعی، باغات، نخلستان‌ها، منابع آب، هم‌چنین تاسیسات کشاورزی، دامداری و کشت و صنعت، جنگل‌ها، اراضی ملی شده و ملی واقع در داخل یا خارج محدوده شهرها و روستاها مصوب ۱۳۵۸/۵/۱۰ می‌باشد که صرف نظر از ضعف قانون نویسی ناشی از تطویل عنوان قانون و ذکر گستره شمول قانون در نام وی باعث شده تا با پیش‌بینی یک هیئت پنج نفره از قضات و کارمندان دولت و معتمدین محلی سعی داشته تا با رفع اختلاف اصحاب دعوی در شرایط بحرانی اوایل انقلاب به حفاظت از منابع آبی بپردازد. ابعاد مختلف و اختیارات فوق‌العاده‌ای که این هیئت حتی برای بازداشت و اجرای احکام خود داشته‌اند یکی از قاطع‌ترین قوانین محسوب می‌شود، زیرا تسریع در رسیدگی و محدود بودن آیین رسیدگی به پرونده‌ها شاید به نوعی محدود کننده حقوق فردی باشد ولی برای یک جامعه انقلاب دیده در آن مقطع زمانی مهم تلقی می‌گردد.

پ.۲-۱۳ - لایحه قانونی راجع به تجاوز به اموال عمومی و مردم اعم از اشخاص حقیقی و حقوقی مصوب ۱۳۵۸

براساس این قانون که در تکمیل لایحه قانونی جلوگیری از هرگونه تجاوز... در مورخه ۵۸/۹/۲۲ به تصویب رسید، مرتکبین تجاوز اموال عمومی و منابع آب را به‌عنوان ضد انقلاب تلقی و مجازاتی شدید همانند اعدام، تبعید، حبس طولانی برای مرتکبین پیش‌بینی نموده است.

پ.۲-۱۴ - لایحه قانونی راجع به تعقیب اشخاص به‌وسیله دادستانی کل انقلاب اسلامی ایران مصوب ۱۳۵۸

در سال ۵۸ این سومین قانونی است که برای حفاظت از مسایل آبی به تصویب رسیده و گویای وخامت اوضاع منابع آبی ایران در آن سال می‌باشد. این قانون که تحت عنوان «لایحه قانونی راجع به تعقیب اشخاص که بدون مجوز قانونی به منظور بهره‌گیری از آب و برق تاسیسات وزارت نیرو و شرکت‌ها و سازمان‌های تابعه اقدام می‌نماید به‌وسیله دادستانی کل انقلاب اسلامی ایران در تاریخ ۵۸/۱۲/۲۵» به تصویب رسید و قوای انتظامی، نظامی و سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و محاکم انقلاب را مسوول پیگیری حفاظت از منابع آبی وزارت نیرو نموده است.

پ.۲-۱۵ - لایحه قانونی رفع تجاوز از تاسیسات آب و برق کشور مصوب ۱۳۵۹

این قانون که برای جلوگیری از استفاده غیرمجاز از تاسیسات آب و برق کشور می‌باشد در مورخ ۵۹/۴/۳ به تصویب شورای انقلاب اسلامی ایران رسید و علاوه بر تعیین مجازات جزای نقدی، حبس و رفع تجاوز و اعاده به وضع سابق برای مواردی که مرتکبین قصد براندازی و مقابله به حکومت را نداشته باشند پیش‌بینی شده و مقررات قانون آب و نحوه ملی شدن آن را نسخ ضمنی

نموده است و اختیارات ویژه‌ای به مقامات وزارت نیرو برای رفع تجاوز داده که به لحاظ اختصاصی بودن کماکان از آن استفاده می‌شود و این اختیارات از هر جهت باعث شده تا قدرت حفاظت وزارت نیرو تامین گردد.

پ.۲-۱۶- قانون توزیع عادلانه آب مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ [۱۸]

برخی از موادی که این قانون به آن پرداخته است شامل موارد زیر می‌باشد:

ماده ۱- براساس اصل ۴۵ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، آب‌های زیرزمینی و چشمه‌سارها و آب‌های معدنی و منابع آب‌های زیرزمینی از مشترکات بوده و در اختیار حکومت اسلامی است و طبق مصالح عامه از آنها بهره‌برداری می‌شود و مسوولیت حفظ و اجازه و نظارت به بهره‌برداری از آنها به دولت محول می‌شود.

ماده ۳- استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی به استثنای مواردی در هر منطقه از کشور باید با اجازه و موافقت وزارت نیرو انجام شود. تبصره ماده ۳- رسیدگی به وضعیت کلیه چاه‌هایی که در گذشته بدون اجازه وزارت نیرو حفر شده اند اعم از این که چاه مورد بهره‌برداری قرار گرفته یا نگرفته باشد.

ماده ۴- تعیین ممنوعیت موقت در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مناطق مختلف به تشخیص وزارت نیرو، تمدید یا رفع این ممنوعیت نیز به وزارت نیرو واگذار گردیده است.

تبصره ماده ۱۷- تشخیص حریم منابع آب‌های زیرزمینی که این تشخیص به عهده کارشناسان وزارت نیرو گذاشته شده است.

مواردی در زمینه جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی

ماده ۴۶- آلوده ساختن آب ممنوع گشته و مسوولیت پیش‌گیری و ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب به سازمان حفاظت محیط زیست محول شده است.

ماده ۹- صاحبان و استفاده‌کنندگان از چاه یا قنات مسوول جلوگیری از آلودگی آب آنها هستند و مسدود یا منهدم سازی چاه یا مجرا در مواردی که آب شور و یا آب آلوده با آب شیرین مخلوط شود به تشخیص وزارت نیرو

ماده ۲۱- شرکت‌های مستقلی به نام شرکت آب و فاضلاب شهرها و یا دستگاه مناسب دیگری مسوول جمع‌آوری و دفع فاضلاب در داخل محدوده شهرها گشته و تحت نظارت شورای شهر و وابسته به شهرداری‌ها می‌باشند. در صورت نبودن شورای شهر نظارت با وزارت کشور است.

ماده ۳۱- مامورین شهرداری و ژاندارمری و سایر قوای انتظامی حسب مورد موظفند دستورات وزارت نیرو و سازمان‌های آب منطقه‌ای و وزارت کشاورزی را در اجرای این قانون به مورد اجرا گذارند.

ماده ۴۴- جبران خسارات به مالکین قنات

ماده ۴۳- در نظر گرفتن ضوابط جدید در زمینه تخلفات و جرایم

پ.۲-۱۷- آیین‌نامه‌های اجرایی و تصویب‌نامه‌های قوانین مرتبط با منابع آبی

نظر به این که در اغلب قوانین فوق‌الذکر به موجب دستور، قانون‌گذار، هیات وزیران یا وزیر نیرو مکلف شده‌اند که نسبت به تهیه آیین‌نامه‌های اجرایی قوانین مذکور مبادرت نماید، بسیاری از جزییات اجرای قوانین در این آیین‌نامه‌ها به تفصیل بیان شده است.

بنابراین به لحاظ اهمیت آنها و از طرفی برای اختصار مطلب صرفاً به ذکر نام و تاریخ تصویب این آیین‌نامه‌ها و تصویب‌نامه‌ها و بخشنامه‌های مصوب پرداخته می‌شود و از بیان جزئیات خودداری می‌گردد. تنها در صورتی که آیین‌نامه‌ها مربوط به کیفیت آب باشد، جزئیات نیز ذکر می‌گردد.

سیاست عمومی این آیین‌نامه‌ها غالباً تابع قوانین آمره زمان اجرا آنها بوده و کم‌تر آیین‌نامه‌ای است که خود فراتر از قواعد مندرج در قوانین به وضع قاعده بپردازد.

- آیین‌نامه اکتشاف و بهره‌برداری از منابع آب‌های معدنی کشور مصوب ۱۳۴۶/۱۰/۱۶

- آیین‌نامه اجرایی ماده ۵۰ قانون آب و نحوه ملی شدن آن مصوب ۱۳۴۸/۴/۲۱

- آیین‌نامه فصل سوم قانون آب و نحوه ملی شدن آن مصوب ۱۳۴۸/۶/۱۵

- آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب مصوب ۱۳۵۰/۸/۳۰

در این آیین‌نامه به موارد زیر پرداخته شده است:

- گروه‌بندی آب‌ها در مصارف شرب، صید، کشاورزی، صنعت، مصارف تفریحی و غیره.

- تعیین ضوابط در زمینه خصوصیات و مشخصات آب‌ها و فاضلاب‌ها و تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی در مجاری فاضلاب عمومی شهر و شرایط تخلیه عمومی

- تعیین شرایط به منظور پروانه تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی

• آیین‌نامه اصلاحی فصل سوم قانون آب و نحوه ملی شدن آن مصوب ۱۳۵۲/۳/۲۷

• آیین‌نامه اجرایی فصل دوم قانون توزیع عادلانه آب مصوب ۱۳۶۳/۷/۱۸

براساس این آیین‌نامه هر شخصی اعم از حقیقی یا حقوقی و یا وزارتخانه‌ها، دستگاه‌ها، ارگان‌های دولتی و نهادهای انقلاب اسلامی بخواهند از آب‌های زیرزمینی در هر نقطه از کشور به وسیله حفرچاه و یا احداث قنات و یا از طریق تعمیق یا تغییر محل چاه‌های موجود و ادامه پیشکار قنات و توسعه چشمه یا طرق دیگر استفاده کنند به استثنای چاه‌های واقع در مناطق غیرممنوعه مشمول ماده ۵ قانون توزیع عادلانه آب باید تقاضای کتبی خود را که حاوی مدارک مذکور در آن باشد به سازمان‌ها یا شرکت‌های آب تابعه وزارت نیرو یا شعب آنها تسلیم نمایند.

- آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب ۱۳۶۳/۹/۲۴

- آیین‌نامه مقررات حفاظتی حفر چاه‌های دستی مصوب ۱۳۶۴/۶/۲۱

- آیین‌نامه بهداشت محیط زیست مصوب ۱۳۷۱/۴/۲۴

• براساس این آیین‌نامه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به منظور حفظ سلامت و بهداشت مردم مکلف است کیفیت آب آشامیدنی عمومی را از نقطه آگیری تا مصرف تحت نظارت مستمر قرار دهد و سازمان‌ها و موسسه‌های دولتی و خصوصی تامین کننده آب آشامیدنی عمومی موظف به رعایت تمام ضوابط و معیارهای بهداشتی اعلام شده توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بوده و باید تمام اطلاعات لازم برای بررسی مورد یا موارد و تسهیلات بازدید از تاسیسات را در اختیار وزارت مذکور قرار دهند.

- اتخاذ تدابیر لازم به منظور حفظ حریم مناطقی که در آینده برای تامین آب شهرها از طریق دستگاه‌های ذریب پیشنهاد می‌شود.

– آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب مصوب ۱۳۷۳/۲/۱۸

در این آیین‌نامه به مطالب زیر در خصوص آلودگی منابع آب زیرزمینی اشاره شده است:

- سازمان حفاظت محیط زیست با همکاری وزارتخانه‌های نیرو، کشاورزی، جهاد سازندگی، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سایر وزارتخانه‌ها و سازمان‌های ذریب حسب مورد نسبت به بررسی و شناسایی کیفیت آب‌های ایران از لحاظ آلودگی اقدام خواهد نمود.
- سازمان حفاظت محیط زیست در اجرای وظایف قانونی خود مجاز است هر یک از منابع آلوده‌کننده را توسط مامورین خود مورد بازرسی قرار دهد.
- وزارتخانه‌های صنایع، صنایع سنگین، کشور، کشاورزی و جهاد سازندگی هنگام صدور پروانه تاسیس واحدهای صنعتی، معدنی، واحدها و مجتمع‌های کشاورزی، دامداری، مرغداری و کشتارگاه و سایر مراجع صدور پروانه واحدهای فوق‌الذکر موظفند استانداردها و مقررات لازم‌الرعایه ذکر گردیده در این آیین‌نامه را به متقاضیان ابلاغ نمایند.

– آیین‌نامه نحوه وصول اراضی آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی مصوب ۱۳۷۳/۱۰/۲۸

– آیین‌نامه اجرایی ماده ۱۳۴ قانون برنامه سوم توسعه ۱۳۷۹/۱۲/۲۷

- براساس این آیین‌نامه سازمان محیط زیست راسا یا به درخواست وزارت نیرو میزان آلودگی واحدهای آلاینده را تعیین و به واحد ذریب و وزارت نیرو اعلام و مهلت مناسبی جهت کنترل و رفع آلاینده تعیین می‌نماید. واحد آلاینده موظف است تا زمان رفع آلودگی جرایم مربوط را به خزانه واریز نماید. در صورتی که واحدها به آلودگی خود ادامه داده و از پرداخت جریمه خودداری کند با اعلام سازمان محیط زیست، وزارت نیرو نسبت به قطع آب و تعلیق پروانه بهره‌برداری از منابع آب واحد آلاینده اقدام خواهد نمود.
- به عنوان شخصیت حقوقی، مدیریت مجتمع‌ها و شهرک‌های مسکونی، صنعتی، تولیدی، خدماتی و مشابه آن که دارای سیستم متمرکز جمع‌آوری فاضلاب هستند، در خصوص مفاد این آیین‌نامه مسوول بوده و موظف به پرداخت جرایم متعلقه می‌باشند، مگر آنکه توافق دیگری بین آنان و سازمان به عمل آید.
- توزیع مبالغ جرایم واریز شده به خزانه بین دستگاه‌های اجرایی متولی طرح‌های حفاظت کیفی منابع آب و طرح‌های پیگیری تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب به پیشنهاد وزارت نیرو و برحسب نظر سازمان محیط زیست. برخی از این موارد در زیر بیان شده است:

○ تعیین، تملک حریم و حفاظت منابع آب سطحی و زیرزمینی

○ پایش کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی

○ جمع‌آوری، تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب‌های شهری، روستایی و شهرک‌ها و نواحی صنعتی و پادگان‌ها

– اطلاع‌رسانی و آموزش عمومی در جهت حفاظت کیفی منابع آب

- تعیین ضوابط لازم جهت جلوگیری از استمرار در پرداخت جریمه و واداشتن واحدهای آلاینده به رفع آلودگی. در مورد واحدهایی که نسبت به رفع آلودگی اقدام نکنند، پس از پایان مهلت جریمه با ضریب ۲ محاسبه می‌شود و این ضریب

پس از گذشت هر سال دو برابر سال قبل خواهد شد، به طوری که ضریب در مدت یک سال پس از پایان مهلت ۲، برای سال دوم ۴، برای سال سوم ۸ و ... خواهد بود البته واحدهایی که به تشخیص سازمان محیط زیست اقدامات مطلوبی را جهت رفع آلودگی انجام داده‌اند مشمول تا ۹۰ درصد تخفیف از جریمه متعلقه خواهند شد.

پیوست ۳

چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری و

حریم نقطه‌ای سفره‌های آب

زیرزمینی

پ.۳-۱- کلیات

از آن جا که بحث تعیین حریم کیفی سفره‌های آب زیرزمینی یک مبحث نسبتاً جدید می‌باشد به منظور به کارگیری روش‌های ارائه شده، سعی گردیده خلاصه‌ای از کارهای انجام گرفته در بخش‌هایی از کشور به صورت آموزشی تهیه شده تا کارشناسان شرکت‌های آب منطقه‌ای و سایر واحدهای مرتبط هر چه بهتر بتوانند این دستورالعمل را عملیاتی کرده و از آن استفاده نمایند. شایان ذکر است کلیه فایل‌های مورد استفاده در این بخش در CD مربوطه قرار داده شده است.

این بخش در دو قسمت تهیه شده که در قسمت اول آن چگونگی تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی توضیح داده شده و در قسمت دوم نیز حریم کیفی نقطه‌ای آبخوان‌ها بررسی می‌شود.

پ.۳-۲- چگونگی تهیه نقشه آسیب‌پذیری سفره‌های آب زیرزمینی

پ.۳-۲-۱- تهیه نقشه آسیب‌پذیری با استفاده از شاخص DRASTIC

- عمق سطح آب

با استفاده از آمار و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت، نقشه هم عمق آب زیرزمینی را تهیه کرده و سپس با کمک جدول پارامترهای DRASTIC رتبه‌بندی عمق برای شاخص DRASTIC محاسبه شود.

- تغذیه خالص

برای تهیه نقشه تغذیه خالص دشت، ابتدا تغذیه خالص‌های مربوط به ارتفاعات، بارندگی، رواناب و پساب که در رابطه با بیلان به‌دست می‌آید، با هم جمع شود. سپس با توجه به نقشه هدایت هیدرولیکی دشت و مقدار نفوذپذیری آن، میزان تغذیه خالص تقسیم‌بندی شود. نقشه تغذیه خالص به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه شده و با توجه به رتبه‌ای که در محاسبه شاخص آسیب‌پذیری برای این پارامتر در نظر گرفته شده (جدول DRASTIC)، نقشه رتبه‌بندی تغذیه به‌دست می‌آید.

- نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب از نقشه رقومی توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شود. سپس این نقشه را به رستری تبدیل کرده و به کمک آن مقدار شیب به صورت درصد برای هر سلول محاسبه شود. پس از به‌دست آمدن نقشه شیب به کمک جدول DRASTIC مقدار رتبه مربوط به شیب به‌دست می‌آید.

- هدایت هیدرولیکی

با توجه به آنکه در آزمایش‌های پمپاژ، مقدار پارامتر ضریب قابلیت انتقال آب اندازه‌گیری می‌شود، با استفاده از ضخامت اشباع آبخوان، مقدار هدایت هیدرولیکی از تقسیم ضریب قابلیت انتقال آب بر ضخامت اشباع آبخوان به‌دست می‌آید. اطلاعات و نقاط جغرافیایی مربوط به ضریب قابلیت انتقال و هم‌ضخامت آبرفت دشت از نقشه‌های موجود تهیه شده و کلیه مراحل تهیه نقشه مطابق

پارامترهای قبلی در محیط ArcMap انجام گیرد. سپس به کمک قابلیت نرم‌افزار ArcMap از تفریق نقشه هم‌ضخامت آبرفت و نقشه هم‌عمق سطح آب، نقشه ضخامت اشباع حاصل شده و بعد از تقسیم نقشه ضریب قابلیت انتقال بر نقشه ضخامت آبخوان، نقشه هدایت هیدرولیکی دشت به دست می‌آید. این نقشه با توجه به تقسیم‌بندی پارامتر هدایت هیدرولیکی در محاسبه شاخص (جدول DRASTIC)، تقسیم‌بندی شود.

– محیط آبخوان

از آنجا که نقشه‌های پروفیل اعماق خاک به صورت نقشه در ایران تهیه نشده است، در این گزارش از لوگ‌های حفاری چاه‌های اکتشافی به صورت نقطه‌ای برای تهیه نقشه خاک، منطقه غیراشباع و اشباع استفاده شده است. بنابراین با استفاده از لوگ‌های حفاری موجود در محدوده مطالعاتی و نقشه‌های مقاطع ژئوالکتریک، نوع و جنس محیط آبخوان مشخص شد. برای تهیه نقشه محیط آبخوان از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس محیط آبخوان و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی DRASTIC در محیط ArcMap استفاده شد. نقشه رتبه‌بندی محیط آبخوان به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه شد.

– تاثیر منطقه غیراشباع

با استفاده از لوگ‌های حفاری چاه‌ها و نقشه‌های مقاطع ژئوالکتریک نوع و جنس منطقه غیراشباع مشخص شد. برای تهیه نقشه منطقه غیراشباع از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس منطقه غیراشباع و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی DRASTIC استفاده شد. نقشه رتبه‌بندی مربوط به منطقه غیراشباع به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه شد.

– محیط خاک

با استفاده از لوگ‌های حفاری نوع و جنس خاک تا عمق ۲ متری مشخص شود. برای تهیه نقشه محیط خاک از موقعیت چاه‌های حفاری، نوع و جنس خاک و ارزش مربوط به هر کدام با توجه به جدول ارزش‌دهی در محیط ArcMap استفاده شد. نقشه محیط خاک به صورت رستری و اندازه سلول ۱۰۰ متری تهیه شده و سپس با توجه به جدول DRASTIC محیط خاک دسته‌بندی شود.

– شاخص آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی

با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و به کمک وزن‌های در نظر گرفته شده در جدول DRASTIC برای هر پارامتر در روش DRASTIC، نقشه آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی به دست می‌آید. عدد محاسبه شده نشان دهنده میزان حساسیت سفره به آلودگی بوده به این ترتیب که اعداد بزرگ‌تر تعیین کننده استعداد بیش‌تر سفره آب زیرزمینی برای آلوده شدن می‌باشد. به منظور درک بهتر نتایج به دست آمده، شاخص مورد نظر به صورت توصیفی به ۵ کلاس مختلف تقسیم‌بندی می‌شود.

جدول پ.۳-۱- رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای DRASTIC

عمق آب متر		تغذیه میلی متر		توپوگرافی درصد شیب		آبگذری متر بر روز		محیط آبخوان		مواد تشکیل دهنده ناحیه غیراشباع		محیط خاک	
دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب
(0-1.5)	10	(0-50.8)	1	(0-2)	10	(.04-4.1)	1	Massive Shale	2	Confining Layer	1	Thin or Absent	10
(1.5-4.6)	9	50.8- (101.6)	3	(2-6)	9	(4.1-12.3)	2	Metamorphic/Igneous	3	Silt/Clay	3	Gravel	10
(4.6-9.1)	7	(101.6- 177.8)	6	(6-12)	5	(12.3- 28.7)	4	Weathered Meta-Morphic Igneous	4	Shale	3	Sand	9
(9.1-15.2)	5	177.8- (254)	8	(12-18)	3	(28.7-41)	6			Limestone	3	Peat	8
15.2- (22.8)	3	(>254)	9	(>18)	1	(41-82)	8	Glacial Till	5	Sandstone	6	Shrinking Clay	7
22.8- (30.4)	2					(>82)	10	Bedded Sandstone, Limestone	6	Bedded Limestone, Sandstone	6	Sandy Loam	6
(>30.4)	1											Loam	5
								Massive sandstone	6	Sand and Gravel W.Silt	6	Silty Loam	4
								Masive Limestone	8			Clay Loam	3
								Sand and Gravel	8	Sand and Gravel	8	Muck	2
								Basalt	9	Basalt	9	No shrinking Clay	1
								Karsts Limestone	10	Karsts Limestone	10		
DRASTIC Weight: 5		DRASTIC Weight: 4		DRASTIC Weight: 1		DRASTIC Weight: 3		DRASTIC Weight: 3		DRASTIC Weight: 5		DRASTIC Weight: 2	
Pesticide Weight: 5		Pesticide Weight: 4		Pesticide Weight: 3		Pesticide Weight: 2		Pesticide Weight: 3		Pesticide Weight: 3		Pesticide Weight: 5	

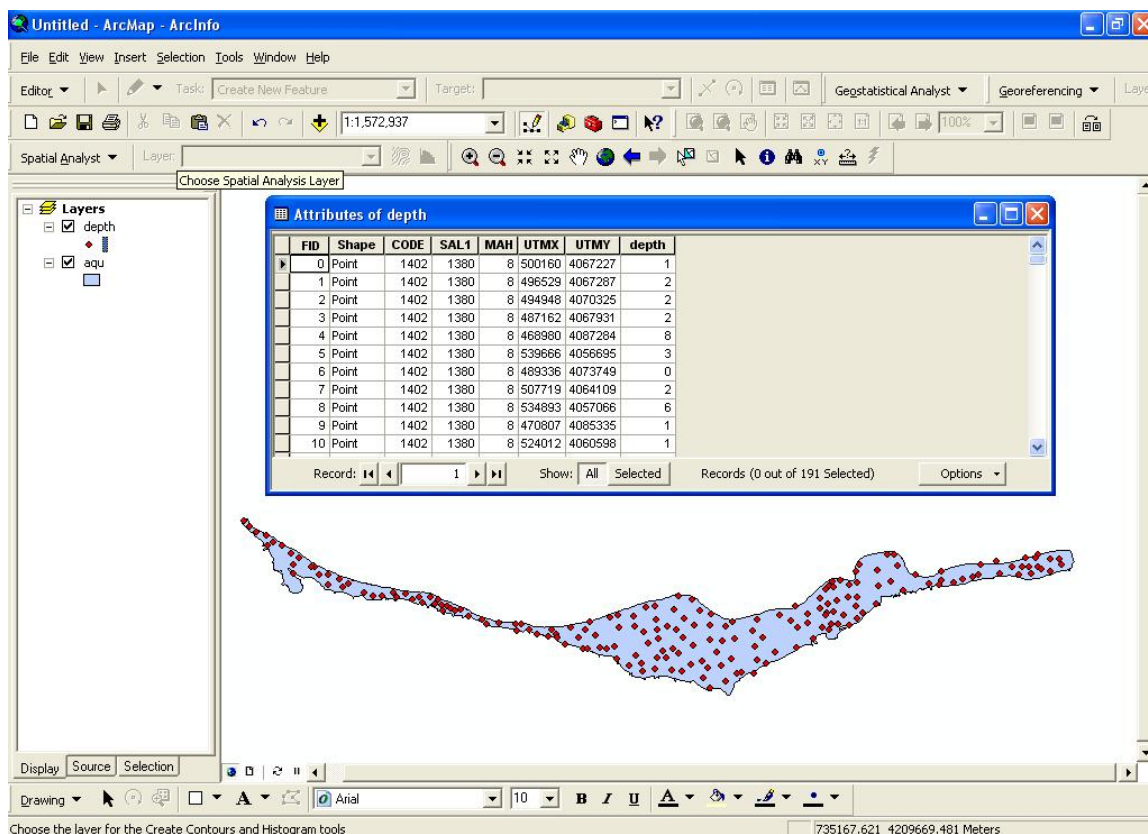
در ادامه کلیه مراحل روند تهیه یک نقشه به عنوان نمونه آورده شده است.

مرحله اول

از مسیر زیر داده‌ها به نقشه اضافه می‌شود:

File→Add data→drastic→mazandaran→bnd→aqu.shp

File→Add data→drastic→mazandaran→index→Depth.shp



مرحله دوم

میانمایی

با توجه به این که اطلاعات ورودی به صورت نقطه‌ای می‌باشند، به منظور تهیه نقشه‌ای که نشان دهنده داده‌های مورد نیاز برای کل آبخوان باشد، میانمایی انجام می‌شود. برای این منظور از روش کریجینگ که از روش‌های مرسوم زمین آمار در آب‌های زیرزمینی می‌باشد، استفاده می‌شود.

اول:

→ tools → extensions → تمام موارد → close

دوم:

در ArcMap در جای خالی نوار ابزار Menu راست کلیک کرده و Geostatistical Analyst تیک زده می‌شود.

سوم:

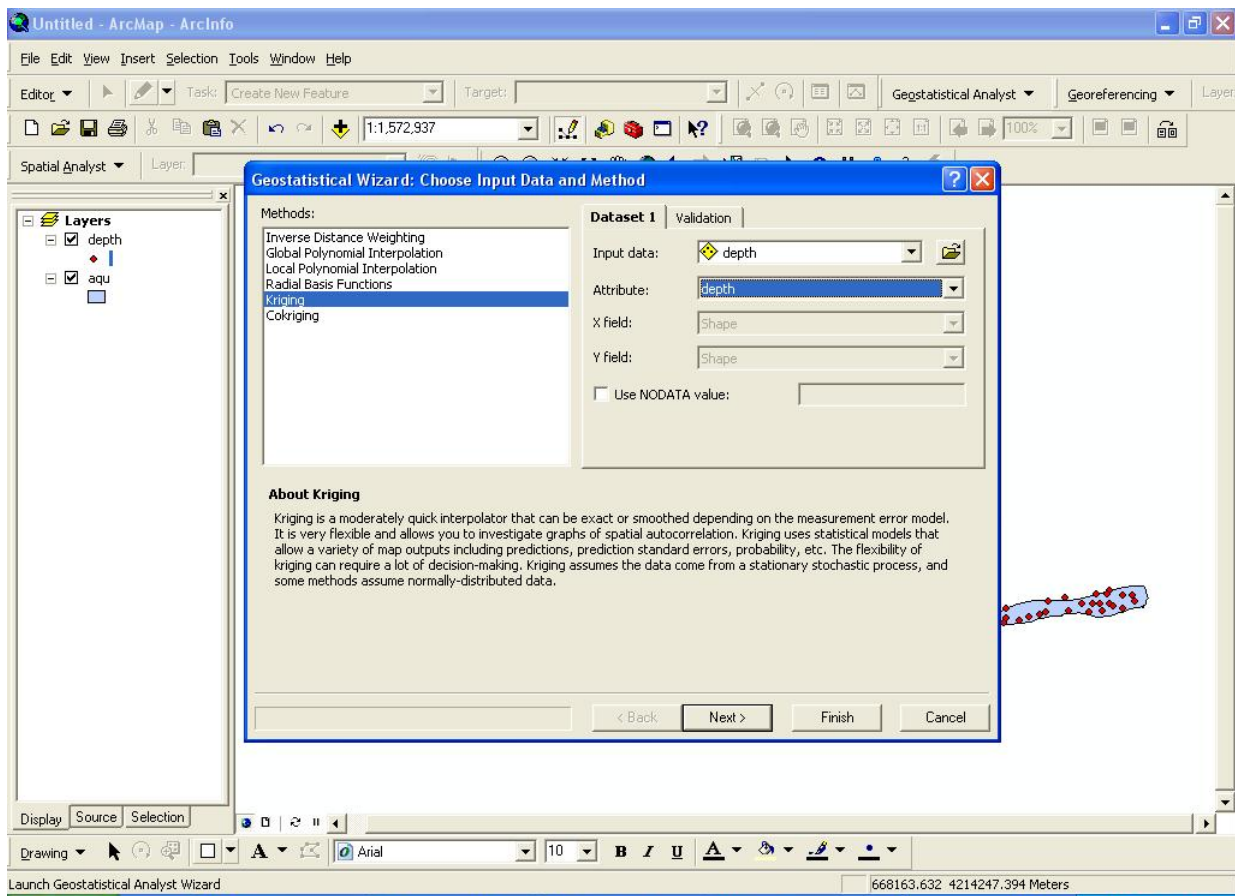
با کلیک روی آیکون Geostatistical Analyst به ترتیب زیر عمل می‌شود:

Geostatistical Analyst → Geostatistical Wizard → Kriging

در این قسمت در پنجره نمایش داده شده لایه و فیلد مورد نظر را انتخاب نموده (برای مثال در تهیه نقشه عمق، لایه depth و

فیلد depth می‌باشد) در ادامه به ترتیب زیر عمل می‌شود:

→ Next → Next → Next → Next → Finish

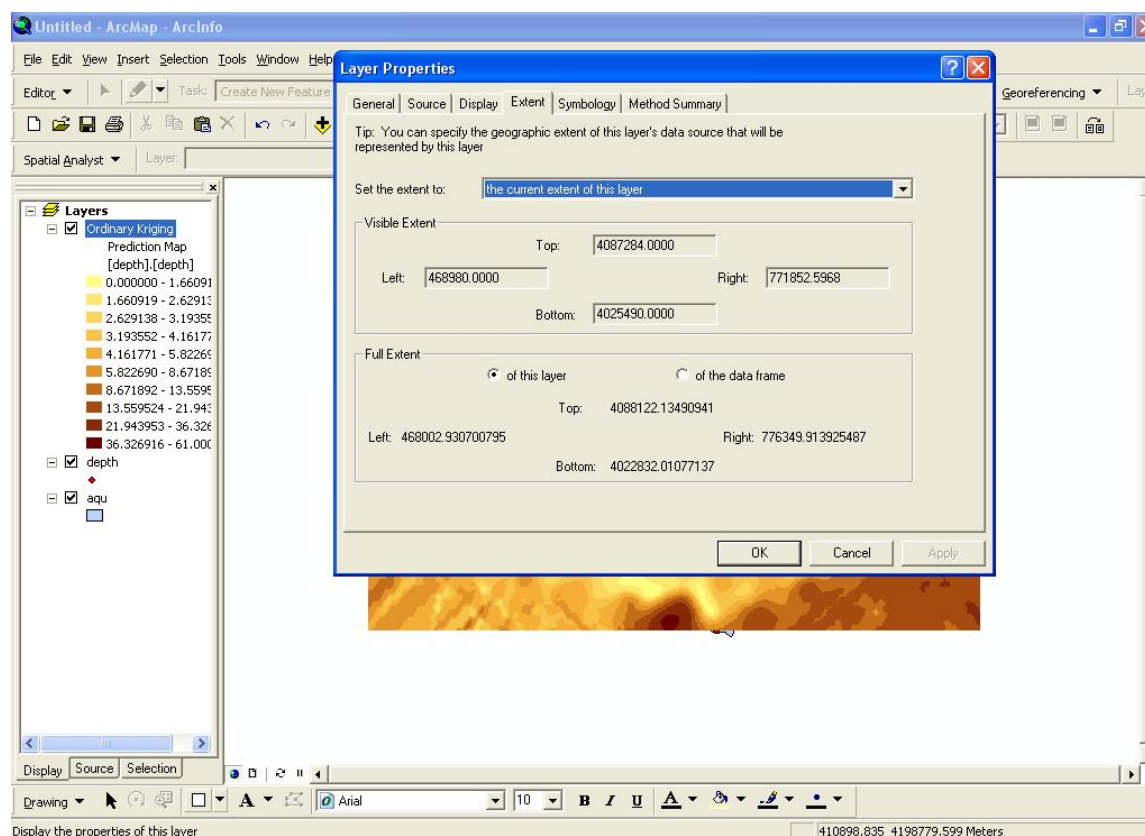


مرحله سوم

کردن Extent:

خروجی مرحله قبل (لایه Ordinary kriging) عموماً کل ناحیه آبخوان را در بر نمی‌گیرد (این شکل به صورت مستطیلی است). برای این‌که کل محدوده آبخوان در محدوده این شکل قرار گیرد به صورت زیر عمل می‌شود:
روی لایه Ordinary kriging Properties کلیک شده و به شکل زیر عمل می‌شود.

Properties → Extent → Set the extent to → the rectangular extent of aqua → OK



مرحله چهارم

Raster کردن

خروجی مرحله قبل (Ordinary kriging) فرمت استاندارد ندارد، بدین معنی که نه رستری می‌باشد نه برداری. برای انجام محاسبات در مراحل بعدی لازم است این شکل به صورت یک نقشه رستری در بیاید. برای این منظور به ترتیب زیر عمل می‌شود:

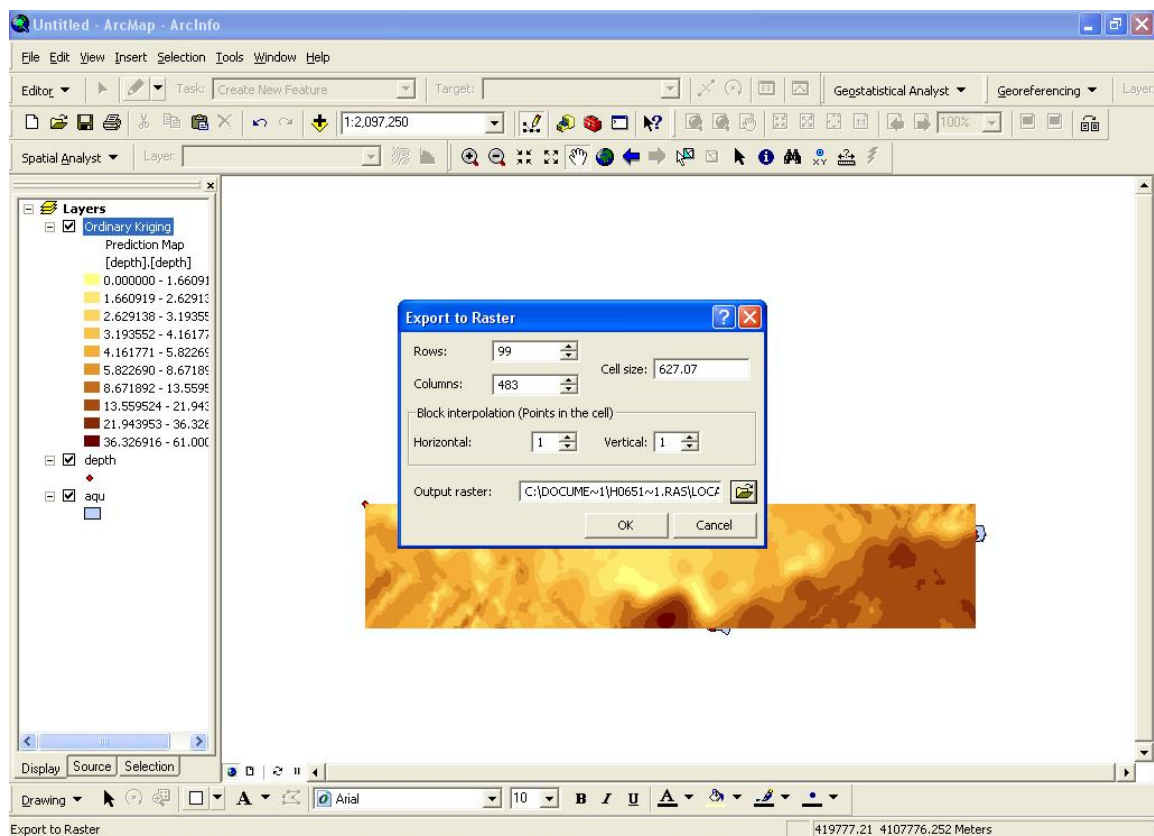
Ordinary Kriging → Data → Export To Raster

در پنجره نمایش داده شده مسیر خروجی و اندازه سلول (Cell Size) تعیین می‌شود:

در قسمت output raster پوشه‌ای با نام drastic و در داخل آن پوشه‌ای به نام depth ایجاد شده، و با نام ras depth ذخیره و

OK می‌شود. اندازه سلول با توجه به دقت مورد نظر تعیین شده که در این پروژه عدد ۱۰۰ پیشنهاد می‌شود. در انتها بر روی OK

کلیک می‌شود:



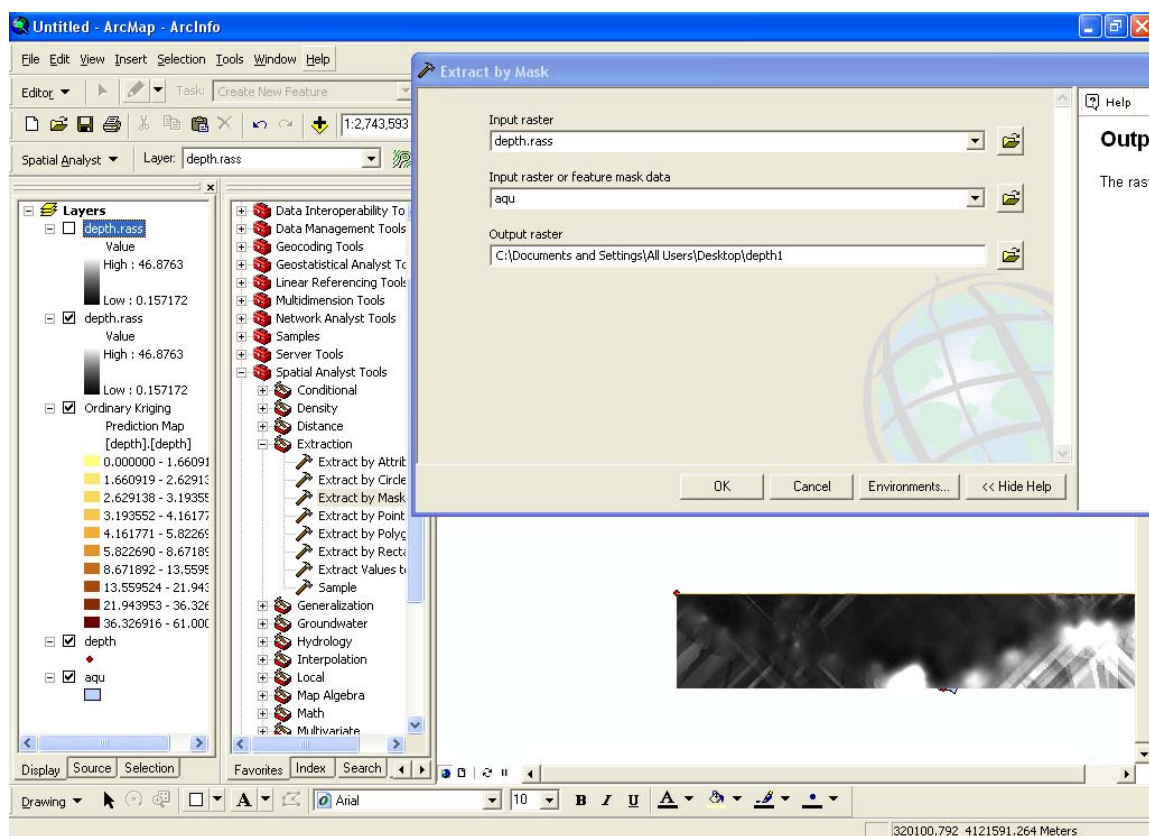
مرحله پنجم

Mask کردن

نقشه رستری که در مرحله قبل تهیه شد (depth ras) به شکل مستطیلی بوده و از محدوده آبخوان ترسیم شده بزرگ‌تر می‌باشد. برای ایجاد نقشه‌ای که کاملاً بر محدوده منطبق باشد، از دستور Mask مطابق با مسیر زیر از جعبه ابزار Arc toolbox استفاده می‌شود:

Spatial Analyst Tools → Extraction → Extract By mask

در پنجره نمایش داده شده به ترتیب لایه رستری مورد نظر، لایه آبخوان و مسیر ذخیره‌سازی با نام فایل خروجی depth mask وارد و OK می‌شود.



مرحله ششم

کلاس‌بندی کردن

نقشه‌های به‌دست آمده با توجه به جدول رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای DRASTIC در محدوده‌های معین تقسیم‌بندی شده و به هر محدوده رتبه مورد نظر اختصاص داده می‌شود. به همین منظور نقشه تهیه شده در مرحله قبل را با توجه به جدول، مطابق با دستور زیر کلاس‌بندی می‌شود:

اول:

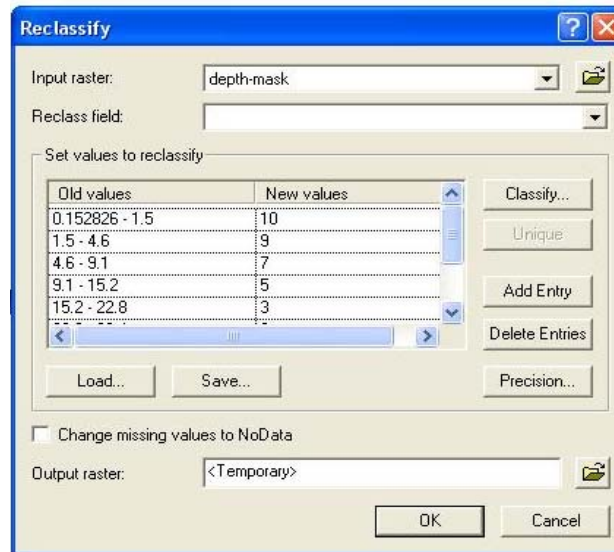
در ArcMap در جای خالی نوار ابزار Menu راست کلیک کرده و Spatial Analyst تیک زده می‌شود.

دوم:

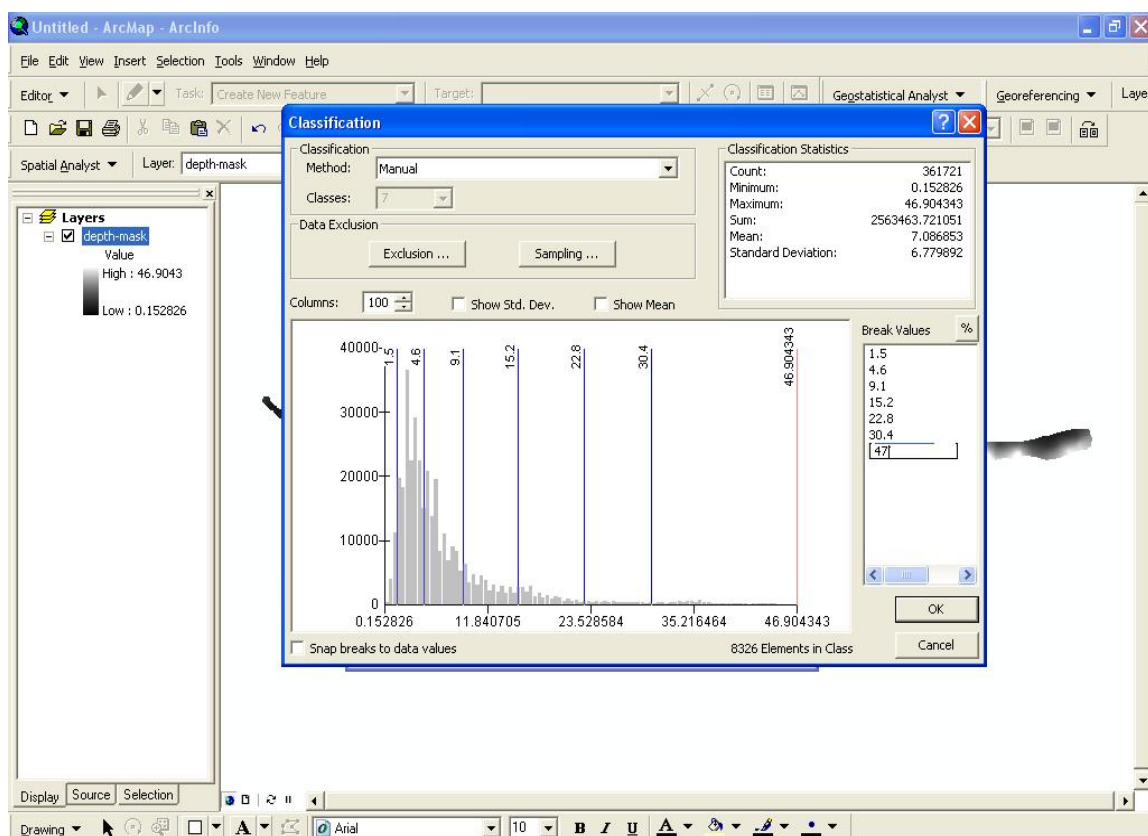
با کلیک روی آیکون Spatial Analyst ادامه کار به ترتیب زیر می‌باشد:

Spatial Analyst → Reclassify فعال کردن

ابتدا در قسمت input raster فایل depth mask را وارد نموده و در قسمت output raster مسیر ذخیره دلخواه و نام فایل خروجی به نام depth class وارد کرده و سپس روی گزینه Classify کلیک می‌شود.



تعداد کلاس‌ها از جدول DRASTIC مشخص می‌شود. برای مثال چون در این جا بازه عمق آب زیرزمینی از ۰/۱۵ تا ۴۶/۸ است با توجه به جدول (پ.۳-۱)، عمق آب زیرزمینی به ۷ کلاس تقسیم‌بندی می‌شود. سپس با توجه به جدول رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای DRASTIC (پ.۳-۱) در قسمت Break value بالاترین مقدار عددی دامنه هر پارامتر وارد می‌شود. به‌طور مثال دامنه‌های مربوط به پارامتر عمق آب در جدول رتبه‌دهی و وزن‌دهی پارامترهای DRASTIC از ۰-۱/۵، ۴/۶-۱/۵، ۱/۵، ۹/۱-۴/۶ و ... تشکیل شده است که بالاترین اعداد در این دامنه‌ها که شامل ۱/۵، ۴/۶، ۹/۱ و ... می‌باشد باید در قسمت Break Value وارد می‌شوند.



سپس در قسمت New values با استفاده از جدول مذکور ضرایب وارد می‌شود.

برای تهیه سایر نقشه‌ها نیز کم و بیش از روند فوق استفاده می‌شود و در نهایت نقشه‌های کلاس‌بندی به دست آمده در وزنشان ضرب و با هم جمع می‌شود.

تهیه نقشه نهایی شاخص DRASTIC

برای این منظور تمامی نقشه‌های کلاس‌بندی شده پارامترهای هفت‌گانه را Add کرده و دستور زیر اجرا می‌شود:

ابتدا از طریق آدرس زیر کلاس بندی پارامترهای هفت گانه Add می‌شود.

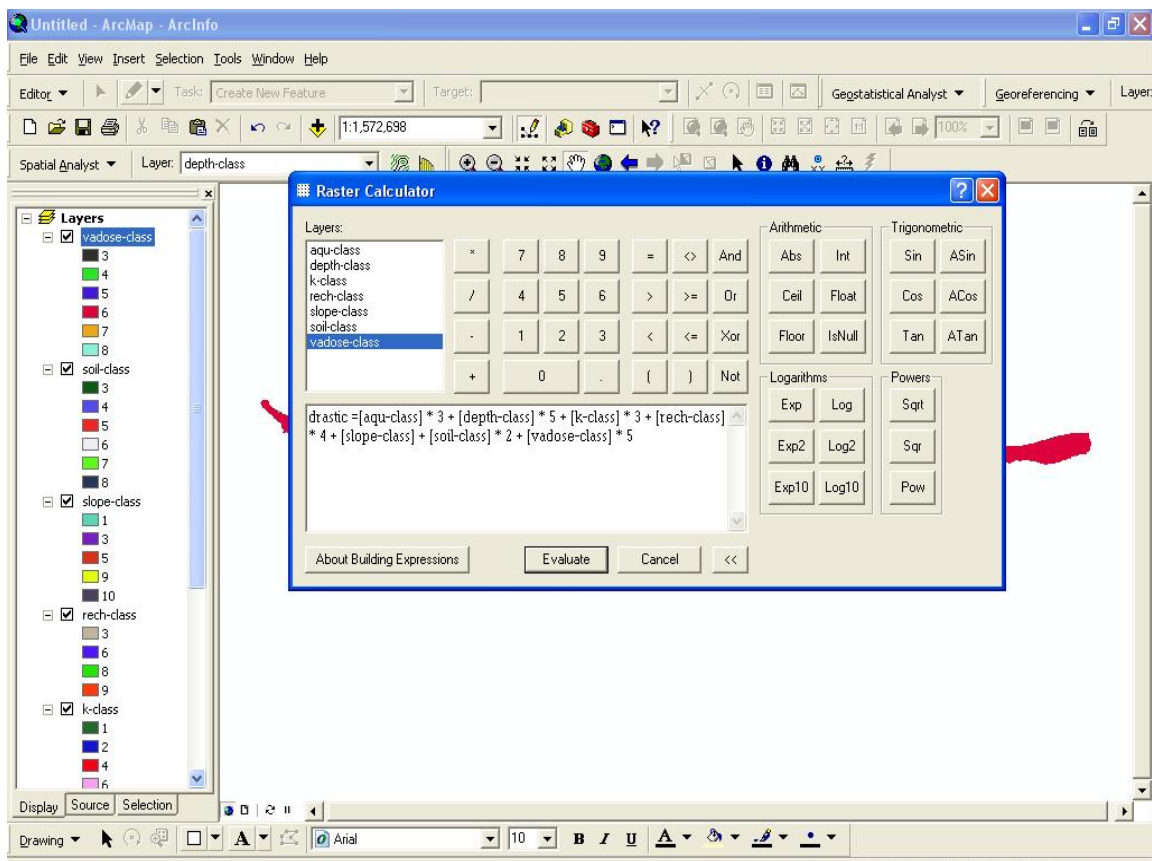
Drastic → Mazandaran → drastic → ...

سپس محل ذخیره از طریق مسیر زیر تعیین می‌شود:

Special Analyst → option →

سپس برای تهیه نقشه نهایی به طریق زیر عمل می‌شود:

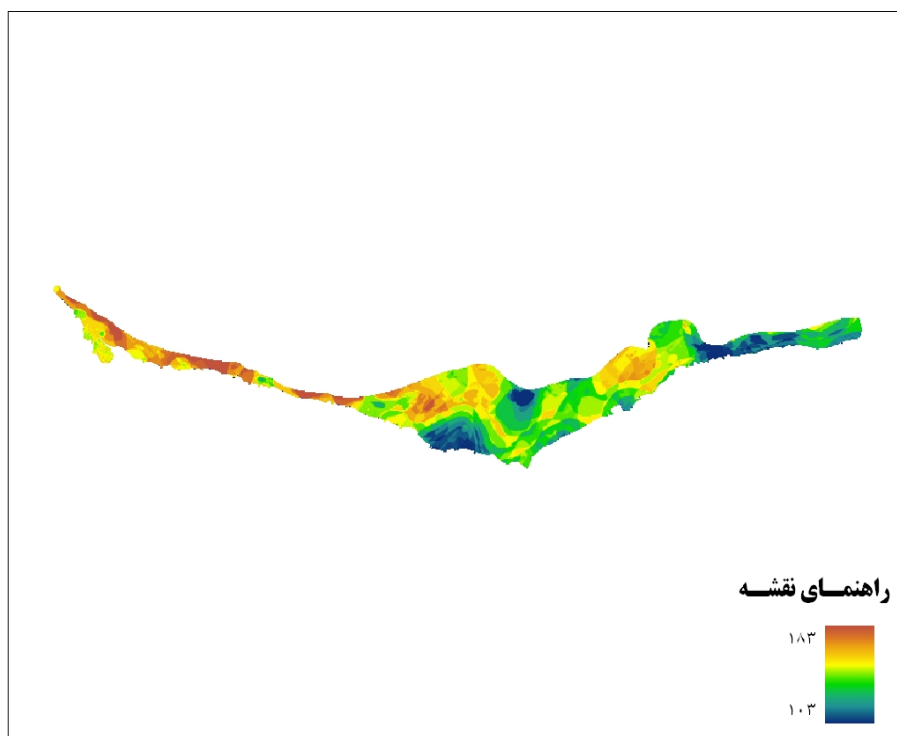
Spatial Analyst → Raster Calculator



فرمول زیر در کادر raster calculator وارد می‌شود:

$$\text{Drastic} = [\text{aqu-class}] * 3 + [\text{depth-class}] * 5 + [\text{k-class}] * 3 + [\text{rech-class}] * 4 + [\text{slope-class}] + [\text{soil-class}] * 2 + [\text{vadose-class}] * 5$$

در پنجره‌ی باز شده، پس از دبل کلیک بر روی هر لایه، آن را در قسمت مربوط به نمایش محاسبات مشاهده نموده که باید در این قسمت در وزن مربوط به پارامتر مورد نظر (جدول drastic) ضرب شود و هر لایه پس از این مرحله با لایه بعدی جمع شود. پس از اضافه کردن تمامی لایه‌ها بر روی دکمه Evaluate کلیک می‌شود. بدین طریق نقشه شاخص آسیب‌پذیری DRASTIC به دست می‌آید.



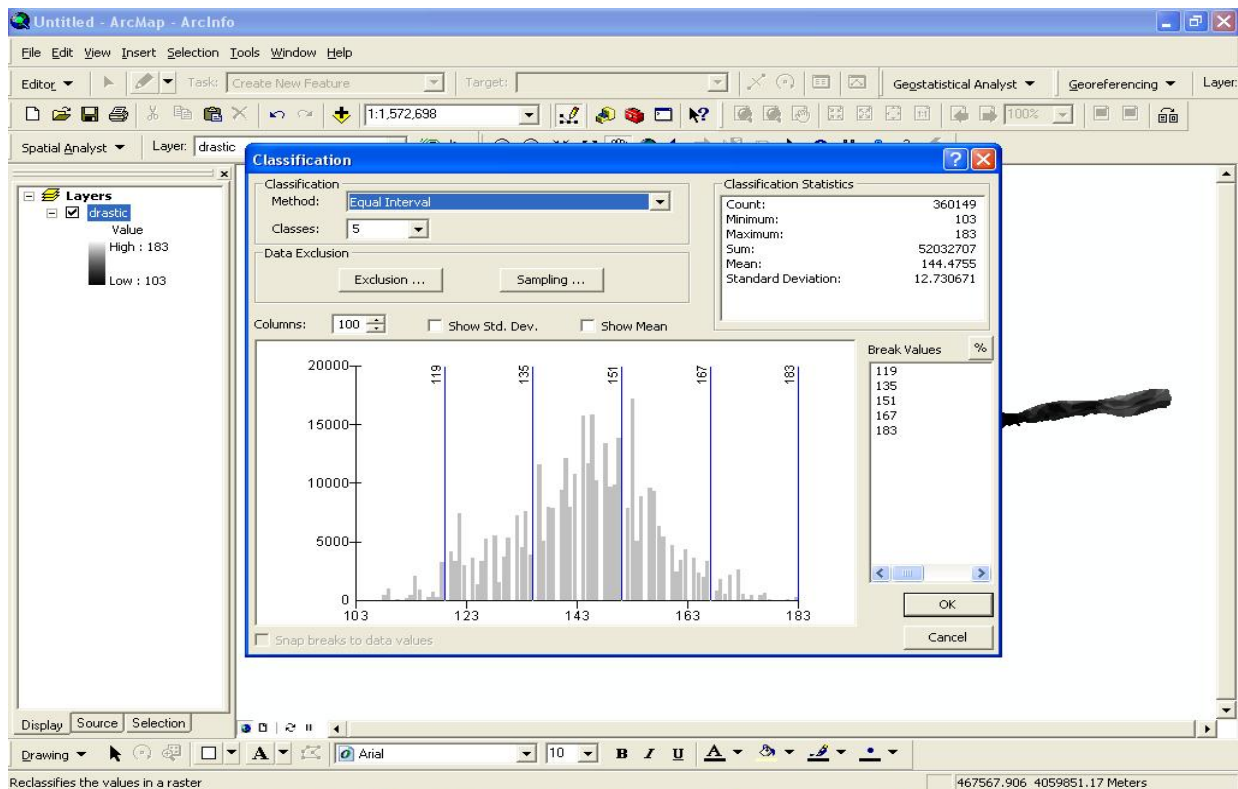
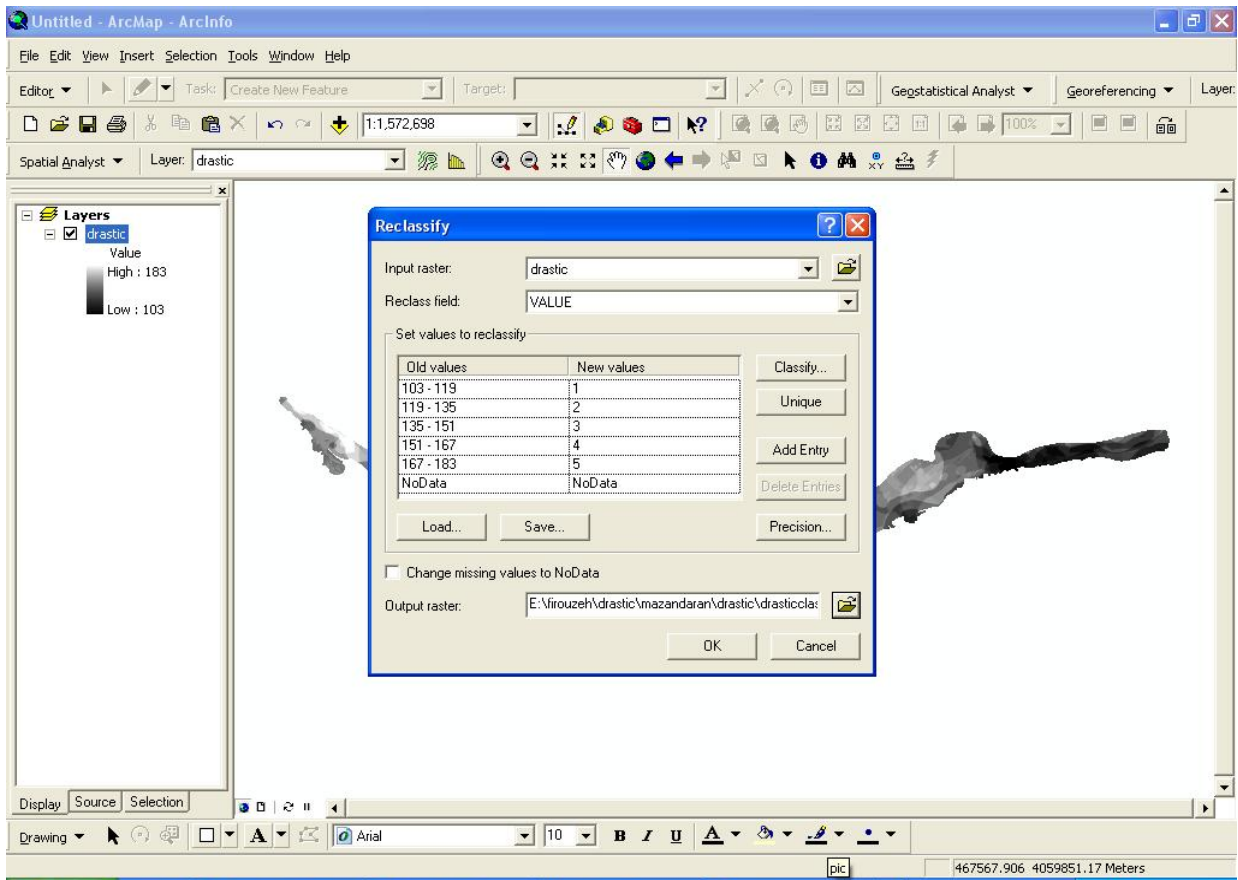
کلاس‌بندی نقشه نهایی DRASTIC:

در نهایت نقشه drastic به دست آمده را به ۵ کلاس مساوی تقسیم می‌شود.

Spatial Analyst → Reclassify

فایل ورودی drastic و خروجی همراه با دادن مسیر به نام drastic class ذخیره می‌شود و سپس روی گزینه classify

کلیک می‌شود.



Reclassifies the values in a raster

467567.906 4059851.17 Meters

پ.۳-۳- تعیین حریم نقطه‌ای سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از مدل WhAEM2000

پ.۳-۳-۱- معرفی نرم افزار WhAEM 2000

پ.۳-۳-۱-۱- کلیات

در این قسمت از دستورالعمل به معرفی نرم افزار WhAEM2000 که یک مدل محاسباتی برای تعیین حریم کیفی چاه‌ها است، پرداخته می‌شود. در این دستورالعمل مدل فوق برای محاسبه تعیین حریم کیفی یک چاه به صورت گام به گام برای مسایل و روش‌های موجود از قبیل، روش شعاع ثابت، به دست آوردن حریم چاه در جریان یکنواخت و روش مدل‌های ژئوهیدرولوژیکی ارائه شده است. این مدل توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برنامه‌نویسی و توسعه داده شده است و بر مبنای روش المان تحلیلی آب‌های زیرزمینی را مدل‌سازی کرده و حریم حفاظتی اطراف چاه را محاسبه می‌کند. معادلات تحلیلی که یکسری توابع ریاضی (حقیقی یا مختلط) می‌باشند به نحوی با هم ترکیب شده‌اند که یک سیستم آب‌های زیرزمینی خاصی را مدل می‌کنند.

برخلاف مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی بر مبنای روش‌های عددی (مانند نرم‌افزار ModFlow)، در روش المان تحلیلی نیازی به تقسیم حوضه به شبکه‌بندی نمی‌باشد و به جای آن، تنها عوارض ژئولوژیکی و هیدرولوژیکی در مدل وارد شده که متناظر هر کدام از آنها تابعی تعریف می‌شود. هر کدام از این توابع یکی از عوارض هیدرولوژیکی و ژئوهیدرولوژیکی موثر بر سیستم آب‌های زیرزمینی را مدل می‌کنند. مثلاً تابع Line Sink برای مدل کردن رودخانه‌ها و مرز دریاچه‌ها است و تابع Arael Sink برای مدل کردن تغذیه سطحی می‌باشد. توابع مختلف دیگری نیز در این روش تعریف شده‌اند که با توجه به خواص هیدرولوژیکی، عوارض گوناگون برای آنها در نظر گرفته می‌شود. در واقع استفاده از این توابع یکی از مزیت‌های روش المان‌های تحلیلی نسبت به روش‌های عددی است که در آن کاربر نیازی به تعریف شبکه و مقیاس مدل نخواهد داشت. هم‌چنین بر خلاف روش‌های عددی با استفاده از این روش می‌توان خواص سیستم را در هر نقطه دلخواهی به دست آورد که این نیز به دلیل عدم نیاز به شبکه‌بندی حوضه می‌باشد.

پ.۳-۳-۱-۲- آشنایی با مدل WhAEM 2000

همان‌طور که اشاره شد این مدل توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ارائه و توسعه داده شده است و آخرین نسخه آن تحت نسخه 3.2.1 در سال ۲۰۰۷ به روز شده است و برای تعیین حریم کیفی نقطه‌ای (چاه) با روش‌های موجود و رایج به کار برده می‌شود. این نرم‌افزار و کتابچه راهنمای آن از سایت www.epa.gov قابل جستجو و دانلود می‌باشد. کتابچه راهنمای آن در ۸۴ صفحه تدوین و برای استفاده کامل از نرم‌افزار بسیار مفید می‌باشد. البته مدل‌های دیگری نیز در این زمینه ارائه شده که مدل WhAEM2000 در بین آنها کاربردی‌تر بوده و در این دستورالعمل نیز به بررسی این مدل پرداخته می‌شود. هم‌چنین از بین سه منبع نقطه‌ای تامین آب (چاه، چشمه و قنات)، در این دستورالعمل چاه (به علت کاربرد بیش‌تر) برای تعیین حریم انتخاب شده است.

توجه: منو Help این نرم‌افزار کامل بوده و می‌توان در مراحل مختلف اجرای برنامه از آن استفاده نمود. لیکن این Help در نسخه 3.2.1 که در سال ۲۰۰۷ ارائه شده است تحت ویندوز XP اجرا و قابل استفاده است.

پ.۳-۳-۱-۳- مراحل تعیین حریم کیفی نقطه‌ای در مدل WhAEM2000

تعیین حریم کیفی محدوده مورد نظر با استفاده از این مدل دارای پنج گام اصلی بوده که عبارتند از:

گام ۱- وارد کردن نقشه‌های رقومی شده مورد نیاز به مدل مانند نقشه آب‌های سطحی، توپوگرافی، مناطق مسکونی، جاده‌ها، راه‌ها و غیره

گام ۲- انتخاب مدل مورد نظر و تعیین پارامترهای مورد نیاز آن مدل

گام ۳- ایجاد المان‌های تحلیلی متناظر عوارض ژئولوژیکی و هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه با توابع مربوط

گام ۴- اجرای مدل، تجزیه و تحلیل نتایج و هم‌چنین واسنجی کردن مدل

گام ۵- تعیین ناحیه حفاظتی چاه‌ها بر مبنای مدل تهیه شده (Haitjema, 2002).

بعد از تهیه مدل و وارد کردن المان‌ها و پارامترهای مورد نیاز و نیز گرفتن خروجی از مدل باید نتایج حاصله از مدل را کنترل نمود. به عبارت دیگر در این مرحله بررسی می‌گردد که آیا جریان مدل شده با جریان موجود در طبیعت هماهنگی دارد یا خیر. این کار با مقایسه سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت با سطح آب مدل در همان نقاط که Test Point نامیده می‌شود، انجام می‌گیرد.

بعد از واسنجی کردن مدل، چاه‌های مورد مطالعه در محل خود در مدل قرار می‌گیرد و مدل یک ناحیه حفاظتی برای آن تعیین می‌کند. بدین صورت که مدل WhAEM2000 ناحیه حفاظتی را با ردیابی حرکت ذرات در سیستم آب‌های زیرزمینی در مدت زمان معینی تعیین می‌کند. برای تعیین ناحیه حفاظتی علاوه بر مختصات چاه مورد مطالعه، میزان بده تخلیه، شعاع و مقدار ذراتی که باید ردیابی شوند نیز باید به مدل داده شود.

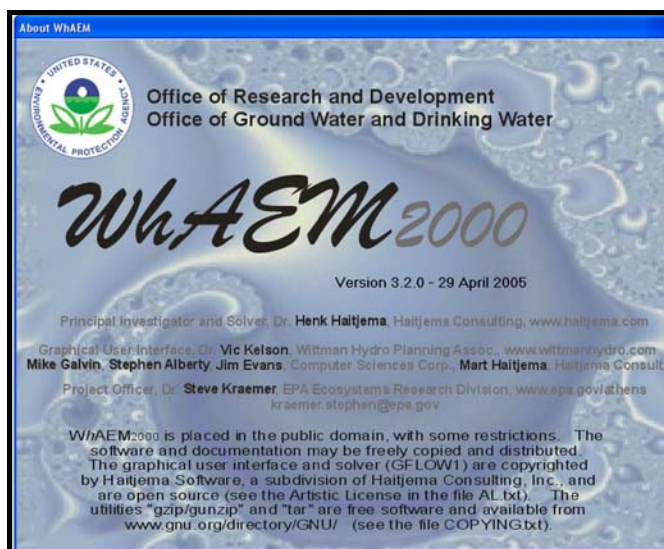
ردیابی حرکت ذرات در مدت زمان مشخصی انجام می‌گیرد یعنی باید تعیین شود مدل ناحیه حفاظتی را برای چه دوره زمانی در نظر بگیرد. مثلاً اگر زمان ۲ ساله باشد، مدل حریمی دور اطراف چاه مشخص می‌کند که هر ذره در آن ناحیه حداکثر ۲ سال طول می‌کشد که به چاه برسد.

پ.۳-۳-۱-۴- معرفی کلیات مدل

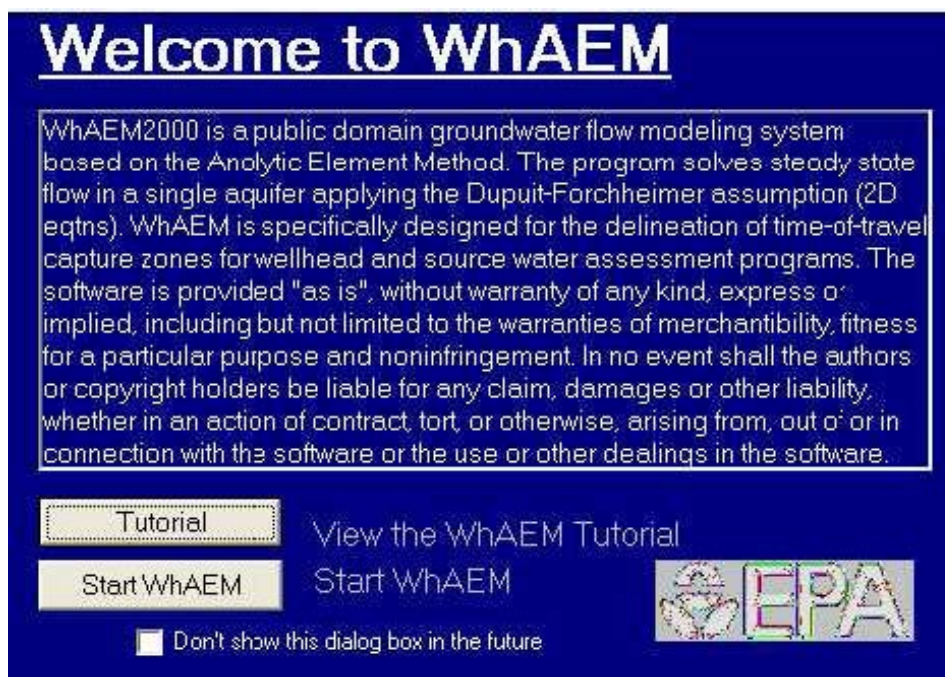
برای اجرای مدل پس از نصب آن از مسیر

Start > all program > WhAEM

برنامه را فعال نموده، پس از اجرای برنامه شکل (پ.۳-۱) نمایان می‌گردد. این شکل پس از چند ثانیه حذف شده و صفحه اصلی WhAEM2000، شکل (پ.۳-۲) ظاهر می‌گردد. در این مرحله با انتخاب گزینه Start WhAEM محیط اصلی مدل نمایان می‌شود. ابتدا برای شروع کار باید یک پروژه تعریف شود.

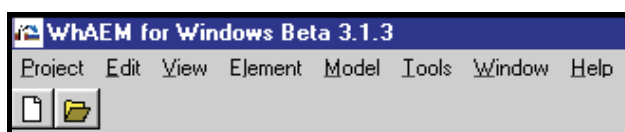


شکل پ.۳-۱- صفحه معرفی نرم افزار WhAEM2000



شکل پ.۳-۲- خلاصه توضیحات مدل

برای تعریف و ساخت پروژه، از منوی project که در شکل (پ.۳-۳) نشان داده شده است استفاده می‌شود. در هنگام ساخت پروژه جدید بعد از انتخاب منوی project از گزینه New Database و برای باز کردن پروژه‌های قبلی از گزینه Open Database استفاده می‌شود. برای آشنایی با طرز کار مدل، یک پروژه جدید به نام Vinbase ساخته می‌شود که در شکل (پ.۳-۴) مشاهده می‌شود.



شکل پ.۳-۳- منوی انتخاب و ساخت پروژه



شکل پ.۳-۴- ایجاد یک پروژه جدید

پس از ایجاد پروژه جدید، باید واحدهای مورد نظر حریم چاه تعیین گردد. شایان ذکر است که انتخاب هر یک از واحدها هیچ تاثیری در جواب نهایی مدل نداشته و فقط از لحاظ واحد با یکدیگر تفاوت دارند که با تبدیل واحد مساله حل شدنی است. مرحله انتخاب واحدها در شکل (پ.۳-۵) نشان داده شده است.



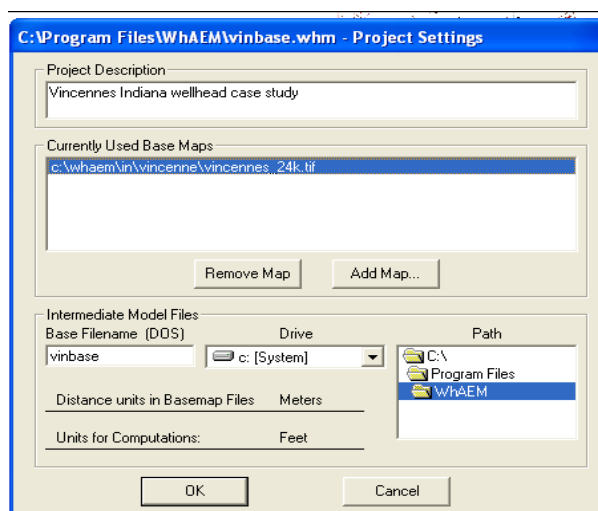
شکل پ.۳-۵- تعریف واحدها برای پروژه جدید

بعد از انتخاب واحدهای مورد نظر با کلیک بر دکمه Create Database واحدها را تایید کرده و سپس در مرحله بعد نقشه‌ها و عارضه‌های سطح زمین به مدل داده می‌شود. طریقه وارد کردن نقشه‌ها به درون مدل از طریق مسیر زیر می‌باشد:

Project > Project Settings > Add Map

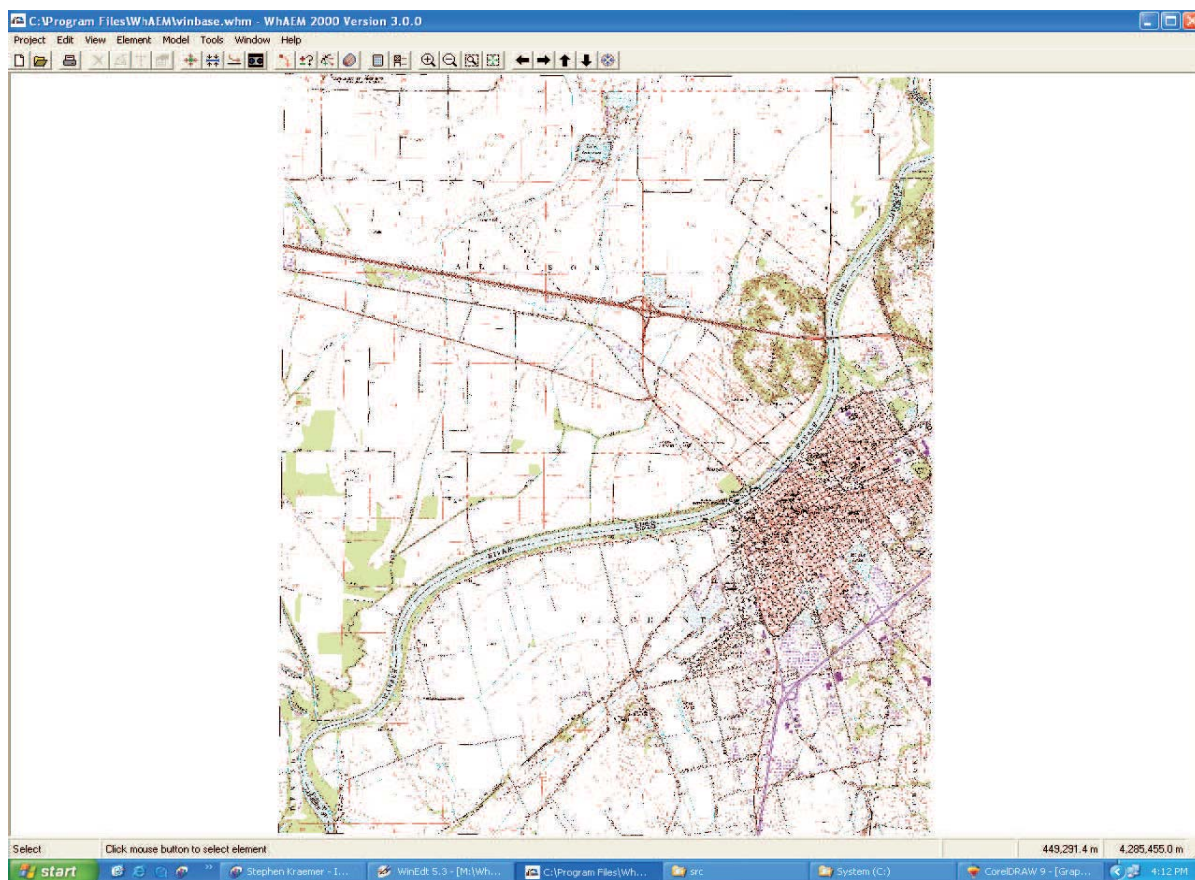
پس از طی مسیر فوق، شکل (پ.۳-۶) ظاهر می‌گردد که باید فایل نقشه را که با یکی از فرمت‌های شناخته شده به صورت نقشه یا تصویر است، انتخاب نموده و سپس پنجره OK شود. فایل‌هایی که می‌توان در این قسمت به نرم‌افزار افزوده و نمایش داده شود،

فایل‌های تصویری (با فرمت tif و bmp) و فایل‌هایی با پسوند Shp می‌باشد. برای نمایش فایل‌های نرم‌افزار AutoCAD بهتر است این فایل‌ها در محیط GIS به فایل با پسوند Shp تبدیل و سپس به این قسمت افزوده گردند. توجه: کلیه فایل‌های نقشه که به این نرم‌افزار اضافه می‌گردند باید رقومی شده باشند و یا در مورد نقشه اسکن شده باید ژئورفرنس شوند.



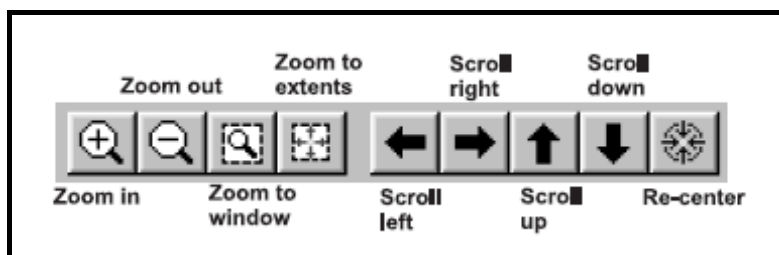
شکل پ.۳-۶- انتخاب نقشه از محل ذخیره فایل

در واقع وارد کردن نقشه چاه‌هایی که هدف تعیین حریم آنهاست در این مرحله انجام می‌گیرد. در شکل (پ.۳-۷) نقشه ایالت Vinsense امریکا که پس از تایید گزینه Add Map، وارد مدل شده را نمایش می‌دهد. برای نمایش این نقشه در برنامه WhAEM2000 فایل (Install_WhAEM_Tutorial_Maps.exe) در مسیر مناسب Extract کرده و سپس طبق مسیری که در شکل (پ.۳-۶) مشاهده می‌شود، فایل مذکور Add شود. توجه شود تا این مرحله از معرفی مدل، هیچ یک از راه‌های تعیین حریم مورد استفاده قرار نگرفته است و فقط کلیاتی از محیط مدل بیان شده است.

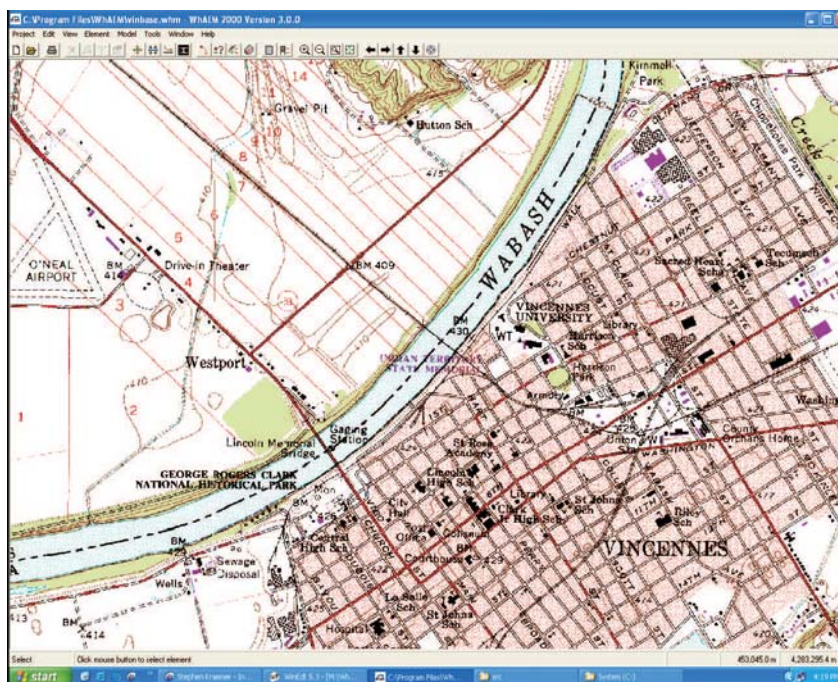


شکل پ.۳-۷- نقشه ایالت Vinsense

برای پیدا کردن چاه‌ها در روی نقشه که در کنار رودخانه WABASH قرار گرفته نیاز به بزرگ‌نمایی و هم‌چنین حرکت دادن نقشه به جهت‌های مختلف می‌باشد، که این کار با استفاده از نمادهای نمایش داده شده در نوار ابزار برنامه مطابق شکل (پ.۳-۸) انجام می‌شود. با انجام بزرگ‌نمایی و جابجا کردن تصویر، مکان چاه‌هایی که در کنار رودخانه WABASH قرار گرفته‌اند و هم‌چنین خط تراز ۴۰۰ متر در شکل (پ.۳-۹) نمایان شده است.



شکل پ.۳-۸- نمادهای مربوط به بزرگ‌نمایی و جابه‌جایی تصاویر



شکل پ.۳-۹- منطقه قرارگیری چاه‌ها و خط تراز ۴۰۰ متر پس از بزرگ‌نمایی

پ.۳-۳-۲- روش‌های تعیین حریم کیفی نقطه‌ای براساس معیارهای مختلف

همان‌طور که در فصل دوم این دستورالعمل مربوط به تعیین حریم کیفی نقطه‌ای اشاره شد، معیارهای مختلفی برای تعیین حریم نقطه‌ای تعریف و ارائه شده است. حال در این قسمت به بررسی روش‌ها و تعیین حریم چاه با استفاده از آنها در مدل 2000 WhaEM پرداخته می‌شود.

الف- تعیین حریم براساس معیار مسافت

یکی از معیارهایی که برای محاسبه حریم چاه در حال پمپاژ به کار می‌رود، مسافت می‌باشد. برای به دست آوردن حریم براساس معیار مسافت به این صورت باید عمل نمود:

ابتدا پروژه vinbase باز می‌شود. این فایل در مجموعه فایل‌هایی که قبل از این Extract شده‌اند، وجود دارد. سپس پروژه جدیدی با همین مشخصات ولی به نام setback1 ایجاد می‌شود. مراحل ایجاد 1 setback به صورت مسیر زیر می‌باشد:

Project > Make Duplicate Database > setback1

توجه شود که پروژه جدیدی که به نام setback1 ایجاد شده، دارای همان مشخصات پروژه vinbase است که هدف از انجام این عمل بررسی معیار مسافت در نمونه جدید و همچنین ذخیره کردن آن است که در صورت لزوم دستیابی به آن امکان‌پذیر باشد. در گام بعد مختصات چاه مورد نظر را وارد کرده که مراحل وارد نمودن آن به صورت زیر است:

Element > New > Well

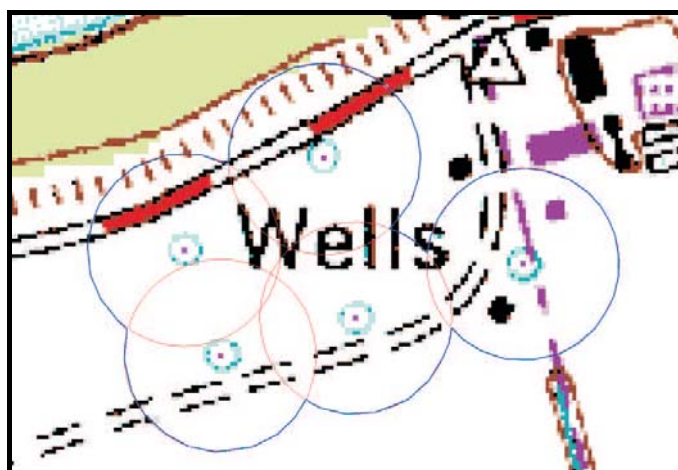
پس از طی مراحل فوق، روی شکل یا نقشه کلیک چپ نموده و بدون توجه به موقعیت فعلی چاه (زیرا پس از نمایش داده شدن مختصات چاه فرضی می‌توان مختصات آن را تغییر داد) مختصات اصلی چاه مورد نظر وارد می‌شود. طریقه وارد نمودن مختصات چاه مورد بررسی واقع در ایالت vinbase آمریکا در شکل (پ.۳-۱۰) نمایش داده شده است.

شکل پ.۳-۱۰- وارد نمودن مختصات چاه

در ادامه از تب General با انتخاب گزینه Discharge-Specified مختصات چاه را وارد کرده، میزان تغذیه و شعاع چاه موجود در پنجره تائیری در جواب نهایی نخواهند داشت. همچنین در تب Other فاصله‌ای را که برای تعیین حریم مورد نظر است، (۶۱ متر) مطابق شکل (پ.۳-۱۱) نوشته می‌شود.

توجه شود که در کادر مقابل Label نام چاه مورد نظر وارد شود. سپس پنجره OK شود. برای حذف علامت چاه که به صورت موقت روی نقشه باقی مانده است از مسیر View > Refresh استفاده شود. به همین صورت برای چند چاه به صورت نمونه حریم ثابت ۶۱ متری ترسیم شده است که در شکل (پ.۳-۱۲) نمایش داده شده است. برای ترسیم حریم ثابت چند چاه دیگر می‌توان مختصات هر یک از چاه‌ها را با حرکت دادن نشانگر موس بر روی مرکز چاه و مشاهده سمت راست پایین صفحه نمایش به دست آورد. برای مشاهده بهتر مرکز چاه‌ها از ابزار Zoom to window می‌توان استفاده نمود.

شکل پ.۳-۱۱- وارد نمودن حریم ثابت چاه



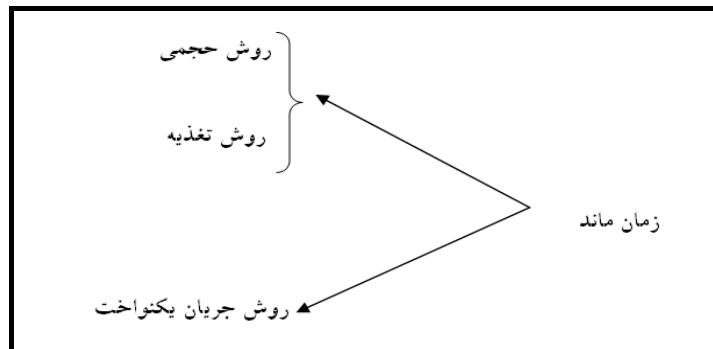
شکل پ.۳-۱۲- رسم حریم ثابت ۶۱ متر برای چند نمونه چاه

جدول پ.۳-۲- مختصات چاه‌های با حریم ثابت در نقشه مطابق شکل ۳-۱۲

Y	X	شماره چاه‌ها
4280726.2	452646.1	Well O1
4280667.0	452558.2	Well O2
4280600.8	452581.4	Well O3
4280624.5	452666.9	Well O4
4280657.8	452772.9	Well O5

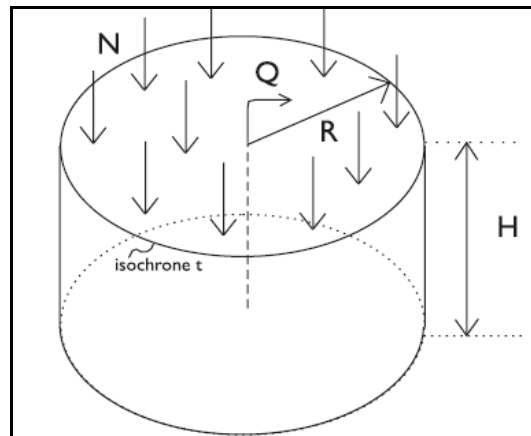
ب- تعیین حریم براساس معیار زمان گذر (مانند)

معیار زمان گذر برای نشان دادن مدت زمان حرکت آب زیرزمینی یا آلاینده سیال از یک نقطه در حریم چاه تا خود چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر زمان ماند به مدت زمانی اطلاق می‌شود که یک ذره از اطراف چاه با توجه به سرعت حرکت آب زیرزمینی، تخلخل و شیب هیدرولیکی به چاه برسد. براساس معیار زمان گذر، به ۳ روش زیر حریم چاه محاسبه می‌شود:



- روش حجمی

در این روش تعیین حریم چاه براساس معیار زمان گذر طبق یکسری معادلات ریاضی می‌باشد که در شکل (پ.۳-۱۳) پارامترهای مورد نیاز و در ادامه معادله تعیین محاسبه حریم آورده شده است:



شکل پ.۳-۱۳ - نمای شماتیک پارامترهای مورد استفاده

$$R \approx \sqrt{\frac{Qt}{n\pi H}}$$

معادله تعیین حریم به روش حجمی که در آن:

Q: میزان بده برداشت از چاه (مترمکعب بر ثانیه)

t: زمان مدنظر برای رسیدن آلودگی به چاه که فرضی است (متر)

n: تخلخل خاک

π : عدد ثابت برابر ۳/۱۴

H: ارتفاع ستون آب در چاه پمپاژ (متر)

R: شعاع حریم می‌باشد. (متر)

- روش تغذیه

در این روش نیز با استفاده از معادلات زیر حریم کیفی چاه تعیین می‌شود.

$$N\pi R^2 t + n\pi R^2 H = Qt$$

Qt: حجم آبی که در زمان t برداشت می‌شود.

$n\pi R^2 H$ حجم آبی که داخل سیلندر است.

$N\pi R^2 t$ حجم آبی که در زمان t وارد سیلندر می‌شود.

در رابطه فوق N میزان تغذیه می‌باشد که ممکن است در اثر بارندگی یا به صورت تغذیه مصنوعی وارد لایه آبدار زمین شود.

معادله بالا پس از ساده شدن به صورت زیر در می‌آید.

$$R = \sqrt{\frac{Qt}{N\pi t + n\pi H}}$$

اگر زمان به سمت بی‌نهایت میل کند حریم چاه را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$R \approx \sqrt{\frac{Q}{\pi N}}$$

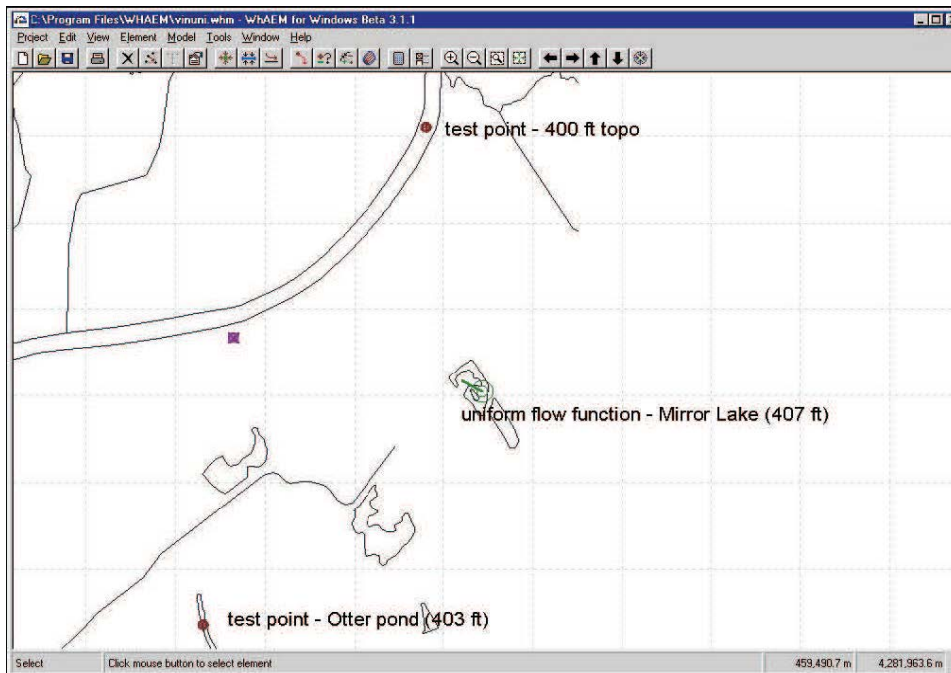
- روش جریان یکنواخت

برای به دست آوردن حریم به روش جریان یکنواخت لازم است که پارامترهای تاثیرگذاری هم‌چون جهت جریان غالب، گرادیان هیدرولیکی، تخلخل، سرعت پمپاژ و حداکثر زمان گذر موجود باشد. پس از جمع‌آوری پارامترهای مذکور در مدل، پروژه جدیدی با نام vinuni1 به صورت زیر ایجاد می‌شود:

Project > Make Duplicate Database > vinuni1

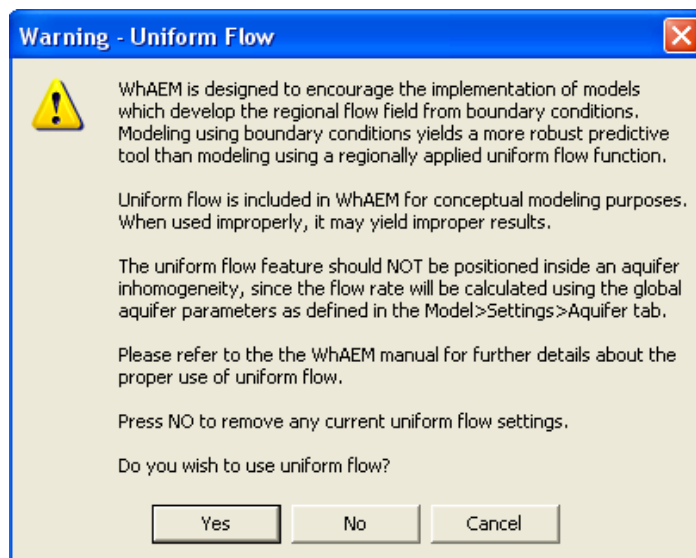
پس از ایجاد پروژه برای تعیین جهت جریان، سه نقطه با پراکندگی مناسب که دارای تراز مشخص سطح آب می‌باشند را تعیین

کرده که در شکل (پ.۳-۱۴) با عناوین (407 feet) Mirror Lake ، (403feet) Otter Pond ، (400 feet) The topographic line crossing of the Wabash River نشان داده شده است.



شکل پ.۳-۱۴ - نقاط با تراز مشخص سطح آب برای تعیین جهت جریان

در ادامه با انتخاب منو Element و Uniform Flow (جریان یکنواخت)، حریم چاه در مدل تعریف می‌شود. در ادامه پنجره‌ی شکل (پ.۳-۱۵) باز می‌شود. این پنجره توضیحاتی درباره روش جریان یکنواخت و متدولوژی نرم‌افزار ارائه می‌دهد و در انتها سوال می‌کند که آیا تمایل به ادامه است یا خیر. با کلیک Yes صفحه اصلی نرم‌افزار رویت می‌شود.



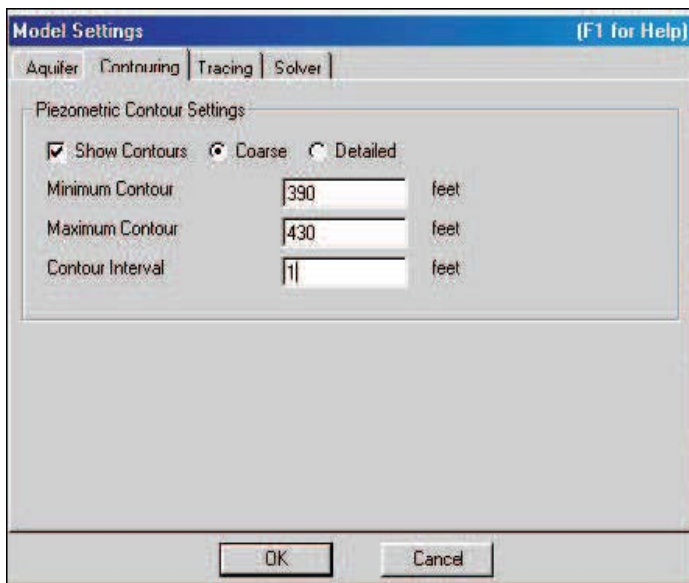
شکل پ.۳-۱۵ - پنجره نمایش داده شده پس از انتخاب Uniform Flow

با کلیک کردن نشان‌گر موس بر روی دریاچه Mirror داده‌های زیر را وارد کرده که شامل، ارتفاع ۱۲۴/۰۵ متر (۴۰۷ فوت)، هدایت هیدرولیکی 3×10^{-4} متر بر روز و جهت جریان 150° درجه می‌باشد (شکل ۳-۱۶).

شکل پ.۳-۱۶- وارد کردن داده‌های مربوط به دریاچه

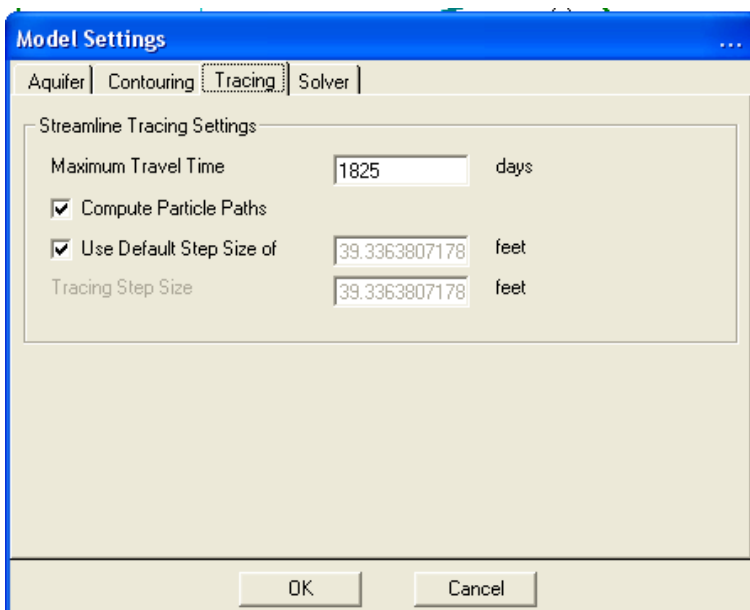
در گام بعدی باید بعضی از مشخصات آبخوان را به مدل داده که مراحل وارد کردن داده‌ها به صورت مسیر زیر می‌باشد:
 Model > Settings > Aquifer tab
 مشخصات آبخوان شامل، سطح تراز پایه ۱۰۰/۶ متر (۳۳۰ فوت)، ضخامت لایه آبدار ۳۰/۴۸ متر (۱۰۰ فوت)، هدایت هیدرولیکی ۱۰۶/۷ متر (۳۵۰ فوت بر روز) و تخلخل ۰/۲ می‌باشد (شکل پ.۳-۱۷). سپس روی تب Contouring کلیک کرده که باید گزینه Show Contours نیز انتخاب شده باشد و پارامترهای دیگر آبخوان به صورت حداقل و حداکثر خطوط تراز ۱۱۸/۹ و ۱۳۱/۰۶ متر (۳۹۰ و ۴۳۰ فوت) با فاصله خطوط ۰/۳ متری (۱ فوت) وارد می‌شود (شکل پ.۳-۱۸).

شکل پ.۳-۱۷- پارامترها و مشخصات مورد نیاز آبخوان



شکل پ.۳-۱۸- پارامترها و مشخصات مورد نیاز خطوط تراز

در تب Tracing نیز زمان مورد نظر برای ترسیم حریم به روز در کادر Maximum Travel Time وارد و سپس دکمه ok را زده و پنجره بسته می‌شود. (شکل پ.۴-۱۹).



شکل پ.۳-۱۹- ورود داده زمان مورد نظر در قسمت Tracing

برای وارد کردن دو نقطه دیگر به صورت زیر عمل می‌شود:

Model / Add Test Point

پس از آن در نقطه‌ای از نقشه کلیک کرده و مختصات دقیق و تراز سطح آب نقاط مشخص می‌شود. مختصات و تراز نقاط به

صورت زیر می‌باشند:

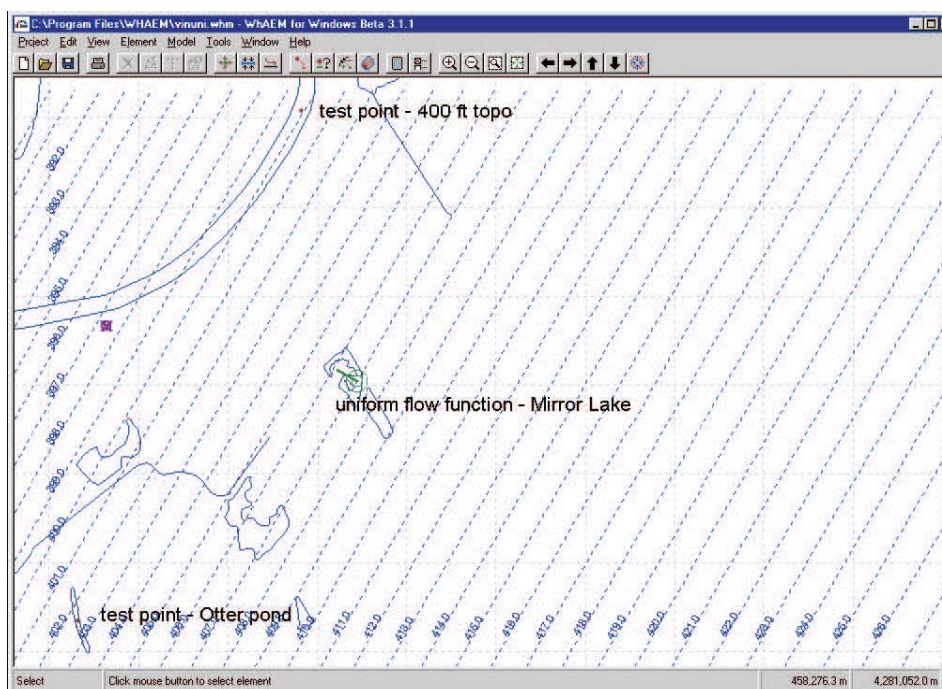
Otter Pond (X=452325, Y= 4277311, El = 403 ft)

The Topographic intersection ($x = 454815$, $y = 4283085$, $El = 400$ ft)

پس از وارد کردن اطلاعات مربوط به آبخوان مدل آماده اجرا شدن می‌باشد، که توسط کلید F9 و یا نماد نشان داده شده در شکل (پ.۳-۲۰) این عمل صورت می‌گیرد. در نهایت پس از اجرا، شکل (پ.۳-۲۱) ظاهر می‌گردد که بیانگر تراز سطح آب در منطقه می‌باشد. البته برای صحت نتایج باید داده‌های واقعی سطح آب در اختیار باشد.



شکل پ.۳-۲۰- دکمه Run برای اجرای برنامه



شکل پ.۳-۲۱- تراز سطح آب منطقه مورد مطالعه

در ادامه برای تعیین حریم کیفی چاه مورد نظر در منطقه مورد مطالعه، از مسیر منو **Element > New > Well** مشخصات آن چاه مطابق شکل (پ.۳-۲۲) وارد می‌شود. این مشخصه‌ها شامل مختصات جغرافیایی محل چاه ($x=452650$ و $y=4280665$)، شدت میزان برداشت از چاه ($10477/2$ مترمکعب بر روز یا 370000 فوت مکعب بر روز) و شعاع چاه ($1/22$ متر یا 4 فوت) می‌باشد. در تب **Other**، گزینه **Trace Particles from Well** را فعال نموده تا محاسبات مربوط از چاه شروع شود و مشخصات ارائه شده در شکل (پ.۳-۲۳) در قسمت‌های مربوط وارد می‌شود. در تب **Other**، در قسمت **lable اسم محدوده** و در قسمت **Setback radius**، شعاع محدوده‌ای که برای تعیین حریم مورد نظر است (3000 فوت) مطابق شکل (پ.۳-۲۳) نوشته می‌شود. در قسمت **Number of particles** عدد 20 وارد می‌گردد. این عدد دقت پردازش در منطقه را مشخص می‌نماید. در پردازش اولیه می‌توان از

اعداد پایین‌تر مانند ۸ و در نقشه نهایی از اعداد بالاتر هم چون ۳۰ استفاده نمود. در ادامه در قسمت Starting elevation مقدار سطح تراز شروع محاسبات وارد می‌گردد که عدد ۳۳۵ فوت وارد شده است و ۵ فوت بالاتر از سطح تراز آبخوان می‌باشد. رنگ خطوط نیز با فعال نمودن گزینه Choose pathline color و انتخاب رنگ مورد نظر امکان‌پذیر می‌باشد.

Well Properties (F1 for Help)

Label: wellfield

General | Other

Head-Specified
 Discharge-Specified

X coordinate: 452650 meters
 Y coordinate: 4280665 meters
 Discharge: 370000 ft³/day
 Radius: 4 feet

OK Cancel

شکل پ.۳-۲۲- وارد کردن پارامترهای مربوط به چاه مورد نظر برای تعیین حریم

Well Properties (F1 for Help)

Label: wellfield

General | Other

Setback radius: 3000 feet

Trace particles from well

Number of particles: 20

Starting elevation: 335 feet

Choose Pathline Color

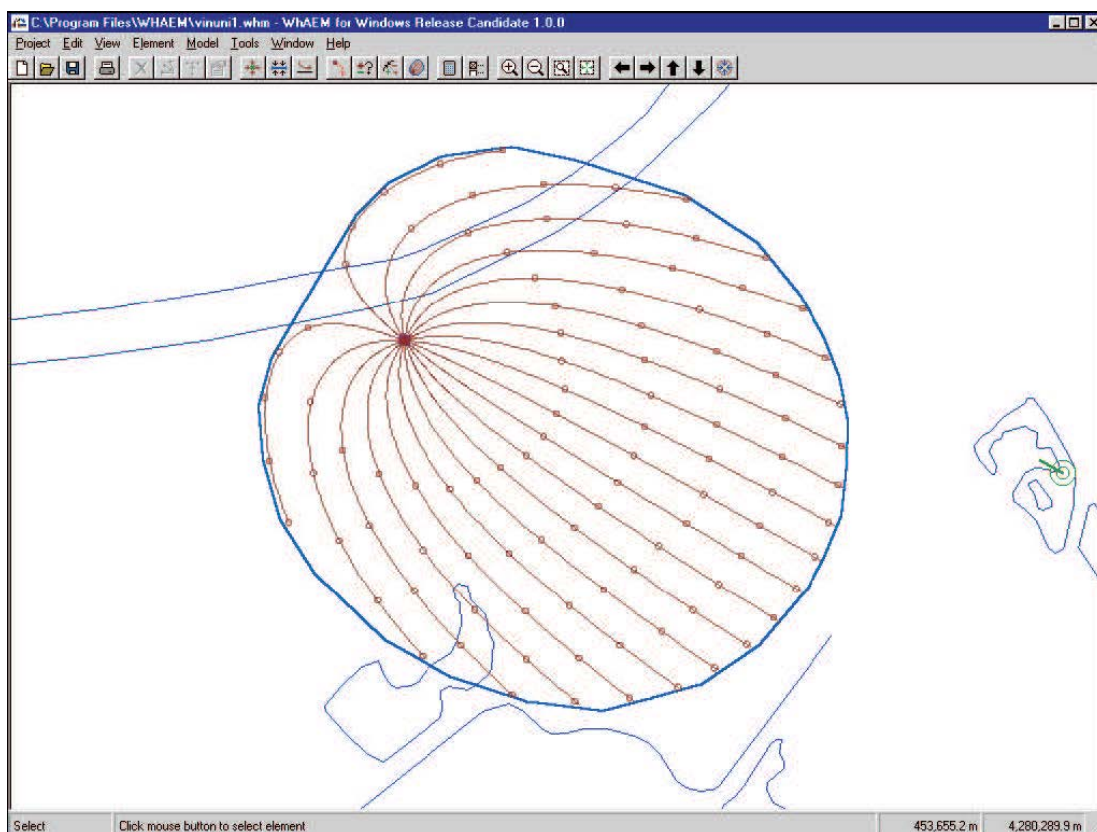
Pathline Color: Color... ■

OK Cancel

شکل پ.۳-۲۳- وارد کردن پارامترهای مربوط به چاه مورد نظر برای تعیین حریم

پس از وارد نمودن پارامترهای فوق با گزینه OK حریم چاه محاسبه می‌شود. برای ترسیم خطوط حریم باید از کلید F9 و یا نماد Run! (شکل پ.۳-۲۰) استفاده شود. هم‌چنین برای ترسیم ناحیه حفاظت شده اطراف دهانه چاه می‌توان از دستور Draw

wellhead protection Area از منو Edit و یا نماد  در نوار ابزار استفاده نمود. برای به دست آوردن نمایش بهتری از تصویر ارائه شده در شکل (پ.۳-۲۴) از دستورات مختلف و متنوع موجود در منو view استفاده شود.



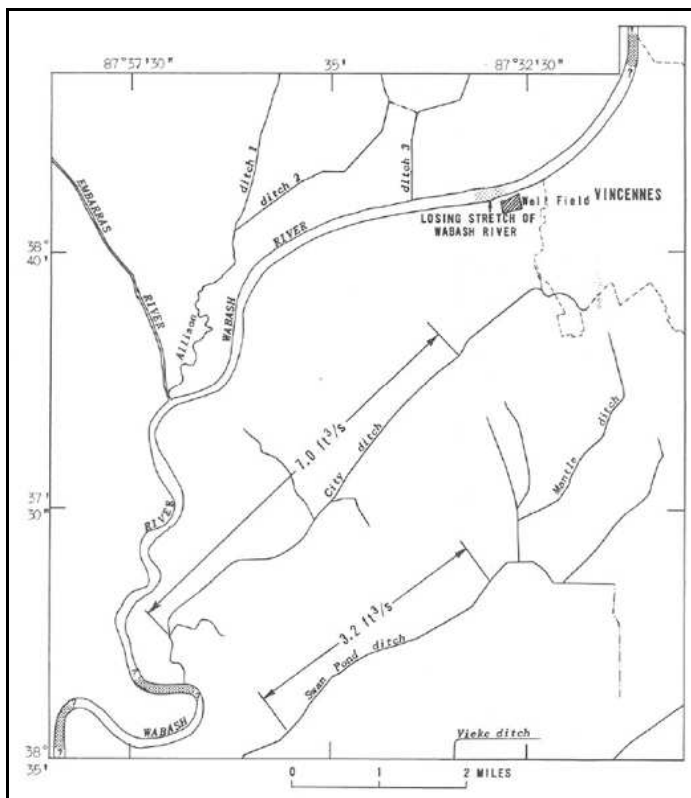
شکل پ.۳-۲۴- حریم کیفی چاه مورد نظر با روش جریان یکنواخت پس از ۵ سال

ج- تعیین حریم براساس معیار مرزهای جریان

یکی دیگر از معیارهای تعیین حریم کیفی نقطه‌ای، مرزهای جریان می‌باشد که در ادامه به بررسی تاثیرات این عوارض طبیعی بر روی حریم بحث خواهد شد. واضح است که رودخانه‌ها، زهکش‌های طبیعی و مصنوعی تاثیر بسزایی در شکل‌دهی و اندازه حریم دارند که با توجه به عمق، بده جریان و طول آنها، تاثیرات متفاوتی بر روی حریم چاه‌ها خواهند گذاشت. در این قسمت به منظور بررسی تاثیر رودخانه WABASH بر روی حریم چاه‌های اطراف آن نقشه پایه مورد نظر را وارد می‌شود. در شکل (پ.۳-۲۵) نمای منطقه به همراه رودخانه WABASH و چند رودخانه دیگر با میزان آبدهی آنها نشان داده شده است. در این مرحله لازم است از مسیرهای زیر خصوصیات آبخوان و پارامترهای طراحی وارد شوند:

Model > setting > aquifer

Model > setting > contouring



شکل پ.۳-۲۵- میزان بده تعدادی از رودخانه‌های اطراف چاه مورد نظر

به منظور مشخص نمودن خصوصیات در نقشه از مسیر زیر خصوصیات مورد نظر وارد می‌شود:

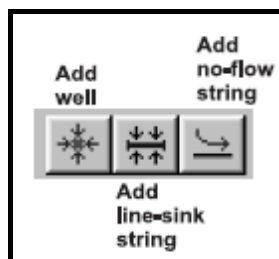
Edit > add text

پس از این مرحله لازم است مسیر تعریف زهکش یا رودخانه‌هایی که به عنوان زهکش کاربرد دارند در مدل تعریف گردد که به

صورت زیر می‌باشد:

Element > New > Line sink

و یا می‌توان از روی آیکون مربوط در نوار ابزار این گزینه را انتخاب نمود شکل (پ.۳-۲۶).



شکل پ.۳-۲۶- نماد Line sink در نوار ابزار

پس از طی مسیر فوق پنجره‌ای مطابق شکل (پ.۳-۲۷) گشوده می‌شود که قسمت‌های مختلف مطابق با شکل تکمیل می‌شود. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود ارتفاع شروع و انتهای به ترتیب ۴۱۰ و ۴۰۰ فوت وارد شده است. در صورتی که به جای ارتفاع حدود بده مشخص شود باید بر روی گزینه discharge-specified کلیک نمود.

در صورت مشخص نبودن Resistance, Width, Depth می‌توان با کلیک بر روی "far-field" treat as مساله را حل کرد، در غیر این صورت لازم است این گزینه را غیرفعال و مقادیر مربوط را وارد نمود.

در قسمت linesink location چنانچه محل زهکش نامشخص باشد، گزینه unknown، در صورتی که محل زهکش در امتداد خط جریان باشد along stream centerline و در صورتی که محل زهکش در امتداد مرز آب سطحی باشد along surface water boundary انتخاب می‌گردد.



شکل پ.۳-۲۷- پنجره ورودی داده‌های زهکش

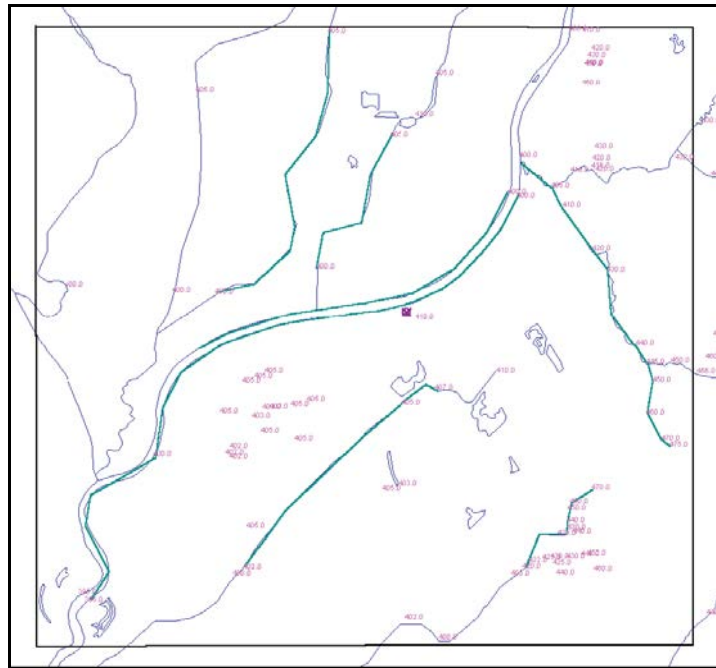
پس از تعیین مقادیر در این مرحله با کلیک بر روی OK و سپس با استفاده از چپ کلیک موس بر روی مسیر رودخانه، از مکانی که دارای ارتفاع ۴۰۰ فوتی می‌باشد تا ارتفاع ۳۹۷/۵ فوتی (ابتدا تا انتهای رودخانه) را علامت گذاری کرده که این کار به صورت نوار باریکی در روی نقشه ظاهر می‌شود.

در ادامه به همین صورت با شروع مجدد دستور و تعیین شرایط جدید در شکل فوق الذکر و کلیک بر روی ok می‌توان رودخانه‌ها و یا زهکش دیگر نیز که در اطراف چاه‌ها قرار دارند، علامت‌گذاری نمود شکل (پ.۳-۲۸). در صورت نیاز به جابه‌جایی، حذف و یا تغییر خطوط مشخص گردیده نیز می‌توان از دستورهای زیر استفاده نمود:

Edit> move

Edit>delete

Edit>refine

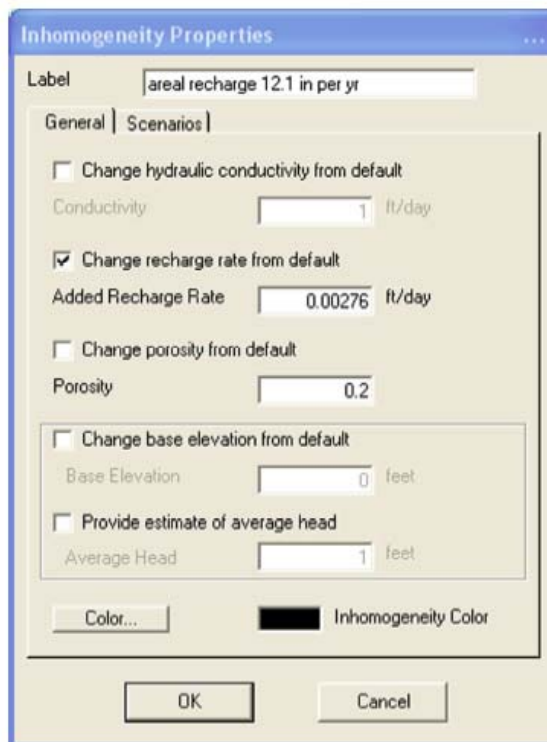


شکل پ.۳-۲۸- نمایش رودخانه‌ها و زهکش‌ها که در منطقه مورد مطالعه علامت‌گذاری شده است

برای ادامه کار نیز باید میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی به مدل داده شود، که شکل (پ.۳-۲۹) طریقه وارد کردن میزان تغذیه از

طریق مسیر زیر را نشان می‌دهد:

Element > New > Inhomogeneity



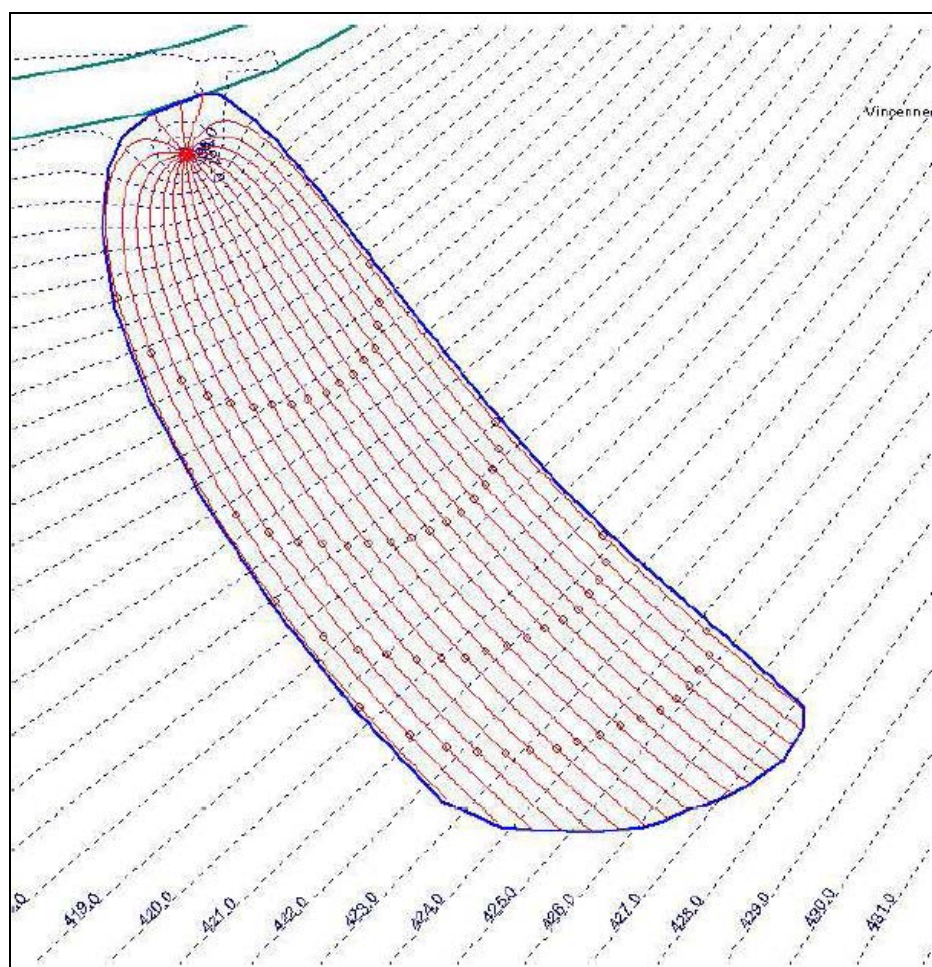
شکل پ.۳-۲۹- وارد نمودن میزان تغذیه آب زیرزمینی

در تب General شکل (پ.۳-۲۹) با توجه به این که شرایط همگن فرض شده است مقدار تغییرات هدایت هیدرولیکی غیرفعال است که در صورت نیاز می‌توان با انتخاب گزینه change hydraulic conductivity آن را تغییر داد. میزان تغذیه نیز برابر 0.00276 ft/day داده شده است. تخلخل خاک نیز در قسمت Prosimy وارد می‌گردد. ارتفاع پایه و حدود تخمین ارتفاع میانگین نیز غیرفعال بوده که در صورت نیاز می‌تواند وارد گردد.

در صورت وجود سناریوهای مختلف می‌توان با انتخاب تب Scenarios هر کدام از سناریوها را به طور مجزا تعریف نمود. پس از تکمیل این مرحله با انتخاب OK، با کلیک موس بر روی نقشه محدوده مورد نظر که سفره آب زیرزمینی تحت تاثیر جریان‌های سطحی تغذیه می‌گردد را ترسیم نمود.

با توجه به مشخص بودن میزان بده برداشت شده از چاه (۳۷۰۰۰۰ فوت مکعب بر روز) و شعاع آن (۴ فوت)، و با توجه به مشخص بودن بده رودخانه‌ها حدود حریم چاه به دست می‌آید.

پس از طی مراحل بالا با انتخاب کردن عدد دلخواهی که میزان خطوط ترسیمی را نشان می‌دهد (در تب Other از پنجره Well Properties) به عنوان مثال عدد ۲۰ که به معنی رسم ۲۰ خط می‌باشد و تعیین ارتفاع شروع رسم خطوط یعنی ۳۳۵ فوت و انتخاب رنگ مورد نظر برای رسم خطوط وارد قسمت نهایی که همان اجرا کردن برنامه است شده و در گام آخر با انتخاب گزینه Model > solve حریم چاه تعیین شده که در شکل (پ.۳-۳۰) نمایش داده شده است.



شکل پ.۳-۳۰- تعیین حریم چاه در شرایط وجود زهکش و رودخانه (مرز جریان) برای مدت ۵ سال

د- تعیین حریم براساس وجود مرزهای نفوذناپذیر در شرایط همگن

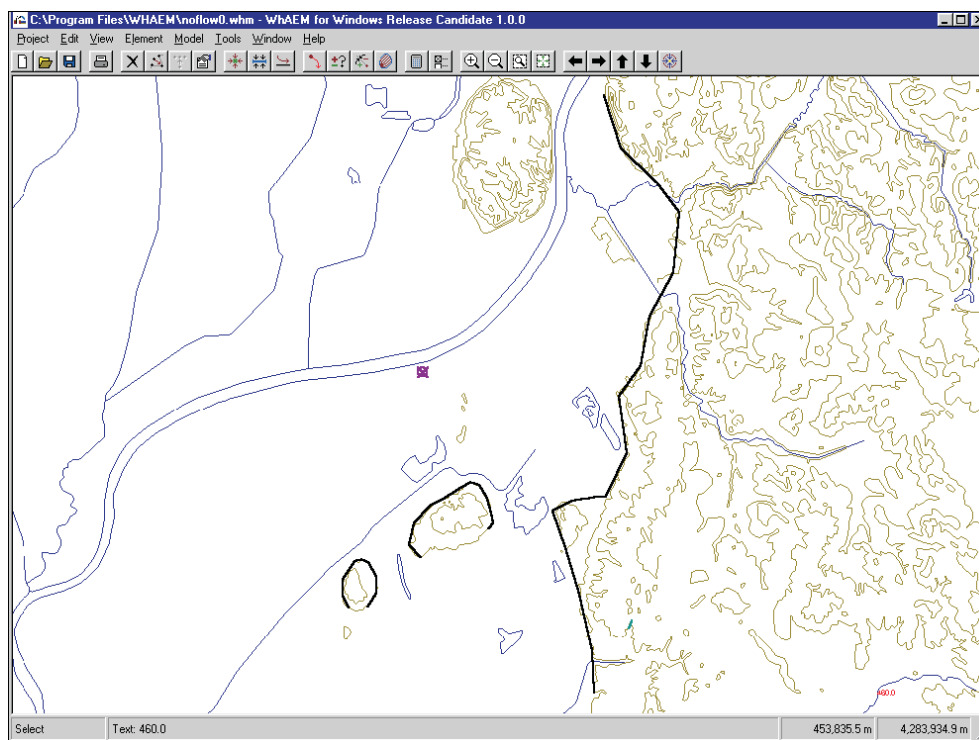
همان‌طور که در شکل (پ.۳-۳۰) مشاهده می‌شود، با وجود رودخانه‌ها و زهکش‌ها شکل حریم با حالتی که هیچ یک از عارضه‌های فوق نباشد فرق دارد. در این قسمت شرایطی که مرزهای نفوذناپذیر بر روی حریم تاثیر می‌گذارند بررسی شده است. در ابتدا باید مرزهای نفوذناپذیر، که هیچ‌گونه جریانی را از خود عبور نمی‌دهند علامت‌گذاری شود که مسیر انجام این مرحله به صورت زیر می‌باشد:

Element > New > Horizontal Barrie

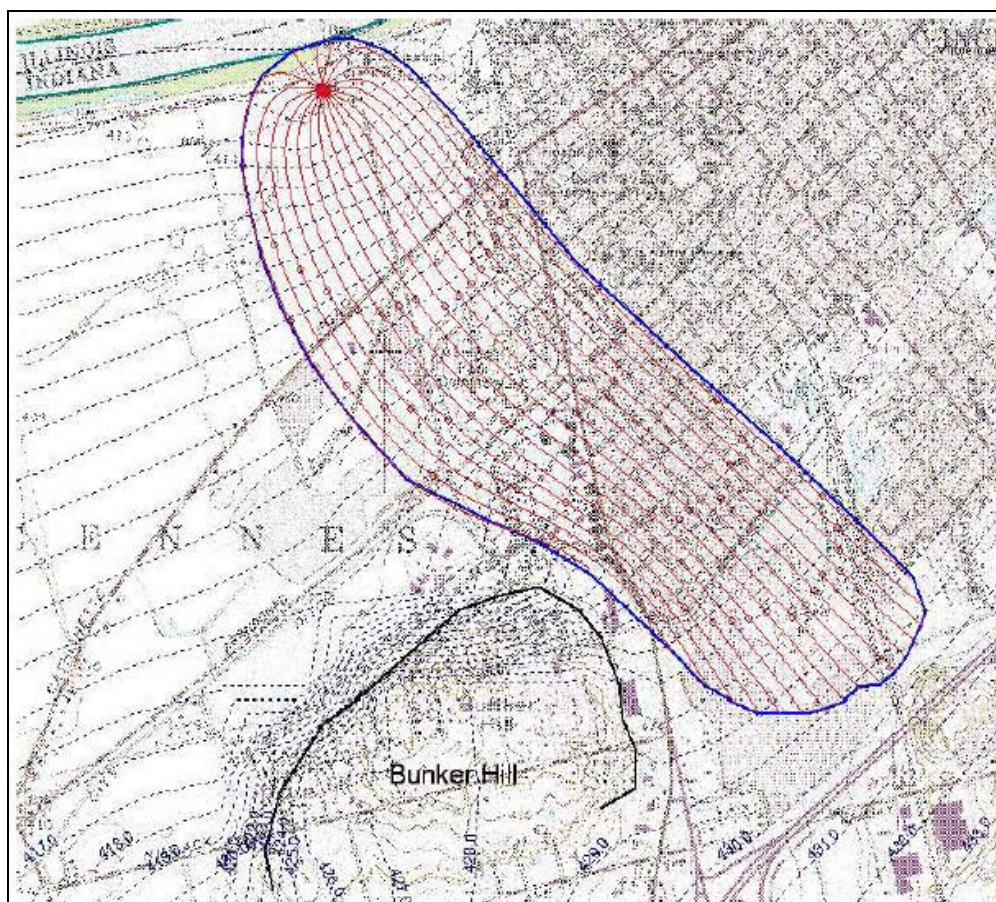
با استفاده از کلیک چپ موس در ابتدا و انتهای مرزهای نفوذناپذیر این مرزها مشخص می‌گردند. نکته قابل توجه این است که باید از برخورد مرزهای جریان با مرزهای نفوذناپذیر جلوگیری شود. پس از طی شدن مرحله بالا و ترسیم لایه‌های نفوذناپذیر (شکل پ.۳-۳۱) مدل را با مسیر زیر اجرا کرده و حریم مورد نظر به دست می‌آید.

Model > setting > solve

پس از تایید گزینه solve شکل (پ.۳-۳۲) ظاهر خواهد شد که نشانگر حریم چاه، حریم با تعریف مرزهای غیر قابل عبور آب برای مدت ۵ سال می‌باشد. تعداد خطوط و زمان در قسمت setting قابل تنظیم می‌باشد.



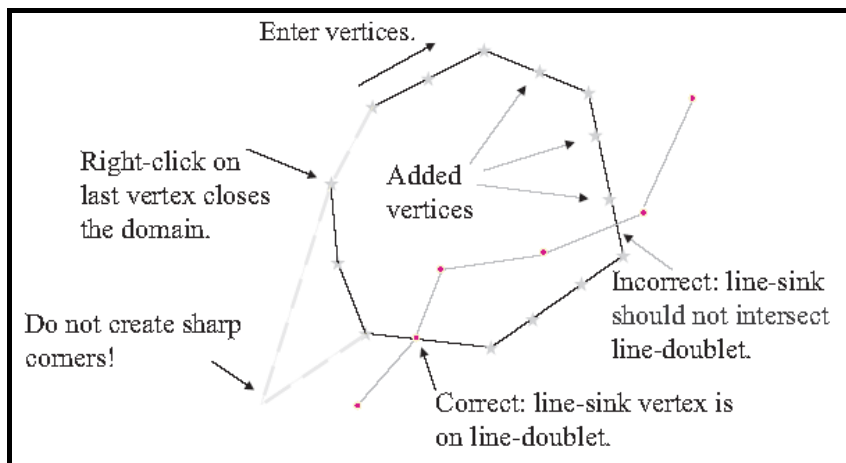
شکل پ.۳-۳۱- تعریف مرزهای غیر قابل عبور آب



شکل پ. ۳-۳۲- تعیین حریم با تعریف مرزهای غیر قابل عبور آب برای مدت زمان ۵ سال
(مرز غیر قابل نفوذ Bunker Hill در شکل مشخص است)

ه- تعیین حریم براساس وجود مرزهای نفوذناپذیر در شرایط ناهمگن

در حالتی که شرایط هدایت هیدرولیکی محدوده مورد مطالعه در نقاط مختلف منطقه متفاوت باشد نمی‌توان از روش قبلی استفاده نمود. در این روش با تعریف کردن مناطق ناهمگن برای منطقه مورد نظر، تاثیر عارضه فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بیان مناطق ناهمگن نکته زیر قابل اهمیت است که باید محدوده‌ای را که دارای شرایط متفاوتی از نظر هدایت هیدرولیکی و سایر مشخصات آبخوان است به صورت چند ضلعی‌هایی که لبه‌های تیزی نداشته باشند مشخص نمود، در غیر این صورت اجرای برنامه امکان‌پذیر نخواهد بود در شکل (پ. ۳-۳۳) نحوه کشیدن این عوارض نشان داده شده است.



شکل پ.۳-۳۳ نحوه کشیدن عوارض در شرایط ناهمگن

(مرز غیر قابل نفوذ Bunker Hill در شکل مشخص است)

مراحل معرفی شرایط ناهمگن برای برنامه به صورت زیر است:

Element > New > In homogeneity

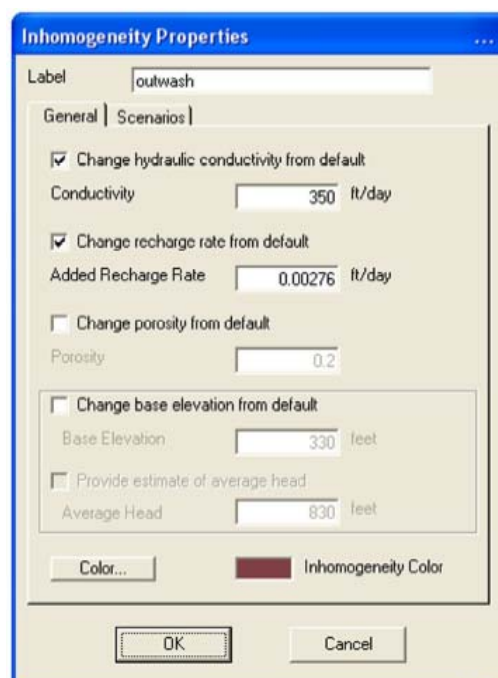
پس از این لازم است هدایت هیدرولیکی جدید را وارد نمود (زیرا محیط ناهمگن می‌باشد). بدین منظور مسیر زیر طی می‌شود:

Model > setting

پس از طی مراحل فوق شکل (پ.۳-۳۴) نمایان می‌گردد که در این قسمت با تعیین سه فاکتور هدایت هیدرولیکی، میزان تغذیه

در روز و تخلخل که در این مثال فقط فاکتور اول یعنی هدایت هیدرولیکی متفاوت از قبل می‌باشد شرایط ناهمگن بررسی می‌شود.

همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد به دلیل تغییر در هدایت هیدرولیک حدود تغییرات این پارامتر وارد گردیده است.

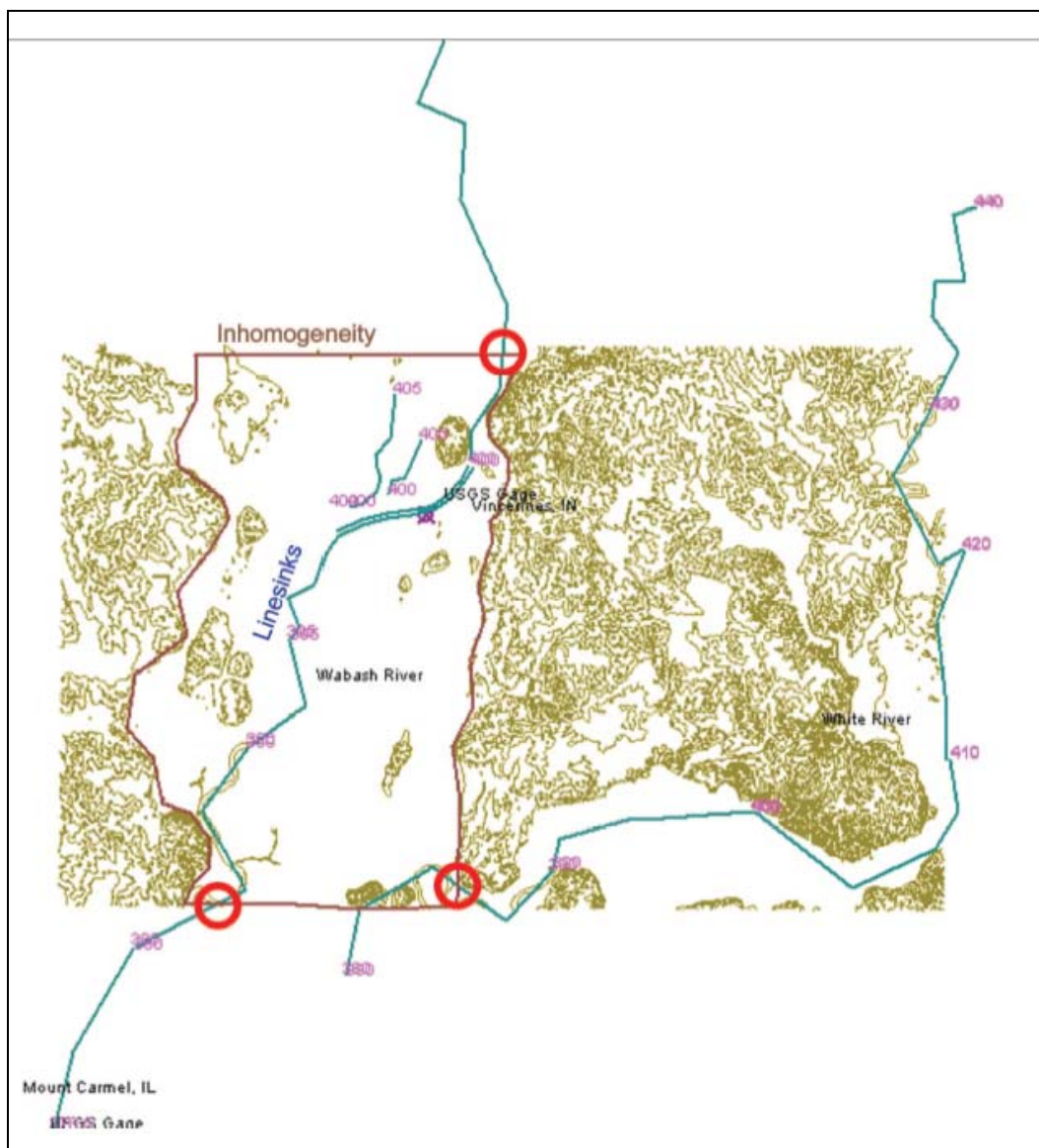


شکل پ.۳-۳۴- وارد کردن پارامترهای مربوط به شرایط ناهمگن

در ادامه زهکش یا رودخانه‌هایی که به عنوان زهکش کاربرد دارند در مدل به صورت زیر تعریف می‌شوند:

Element > New > Line sink

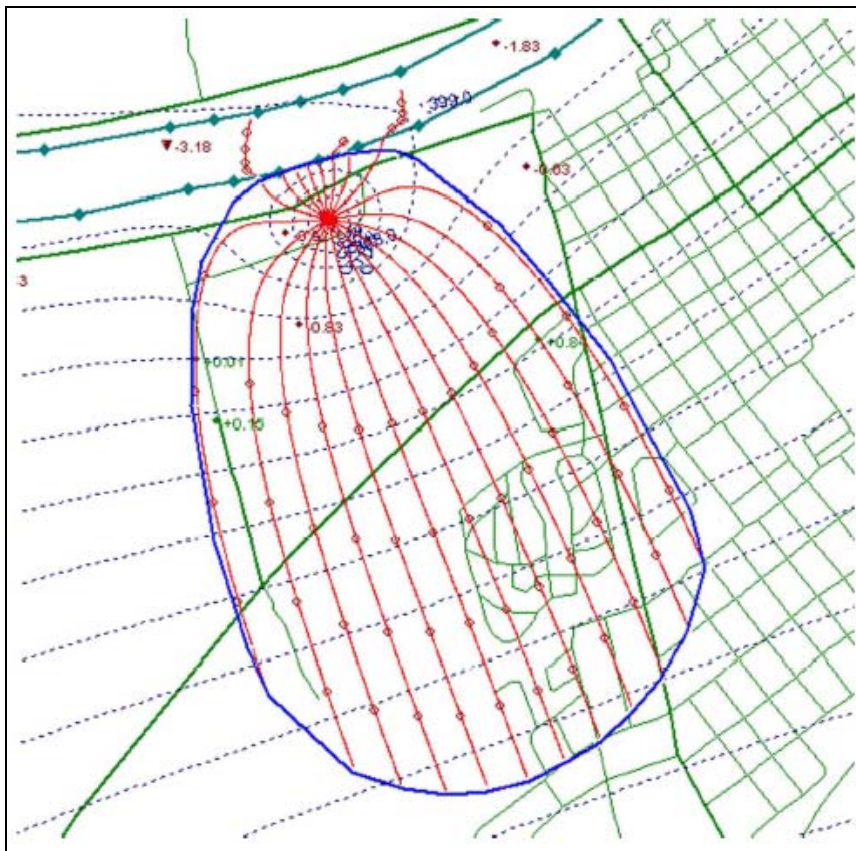
در شکل (پ.۳-۳۵) نقشه منطقه که در آن شرایط ناهمگن اعمال شده است مشاهده می‌شود.



شکل پ.۳-۳۵- نمایش منطقه ناهمگن ترسیم شده، حدود تغذیه و زهکش

پس از انجام مراحل فوق مدل را از طریق گزینه Solve یا انتخاب گزینه F9 اجرا نموده که در نهایت شکل (پ.۳-۳۶) به دست

می‌آید که نشان دهنده حریم چاه در شرایط ناهمگن می‌باشد.



شکل پ.۳-۳۶- تعیین حریم با شرایط ناهمگن

منابع و مراجع

- ۱- عباس جعفری، فرهنگ بزرگ گیتا شناسی، ص ۴
- ۲- آیین نامه جلوگیری از آلودگی سازمان محیط زیست، بند ۲ ماده ۱۰، مصوب ۱۳۷۳/۹/۲۴
- ۳- مرتضی سرمد، حقوق آب، انتشارات سکه، تهران ۱۳۵۰
- ۴- گزارش تعریف حریم کیفی و شناسایی انواع حریم‌های کیفی و عوامل موثر در آن، شرکت مهندسی مشاور لار، ۱۳۸۷
- ۵- گزارش دستورالعمل تعیین حریم کیفی نقطه‌ای، شرکت مهندسی مشاور لار، ۱۳۸۷
- ۶- قانون توزیع عادلانه آب، فصل سوم، انتشارات دفتر حقوقی وزارت نیرو
- ۷- گزارش بررسی و پیشنهاد مبانی حقوقی و قانونی، لوایح و بخش‌نامه‌ها جهت ارائه به مراجع قانونی به منظور اجرای برنامه‌های حریم کیفی در محدوده‌های آبخوان و حریم کیفی چاه، شرکت مهندسی مشاور لار، ۱۳۸۷
- ۸- مهدی میرزایی، حسین صدقی، مدیریت به هم پیوسته منابع آب (IWRM)، نقش گستران بهار، تهران ۱۳۸۵
- ۹- مجموعه قوانین، تصویب‌نامه‌ها و آیین‌نامه‌های آب، برق و آب و فاضلاب، انتشارات دفتر حقوقی وزارت نیرو، تهران ۱۳۸۰
- ۱۰- تعیین حریم کیفی ناحیه‌ای آبخوان‌های انتخابی و تعیین کاربری اراضی در هر یک از قسمت‌های آن، شرکت مهندسی مشاور لار، ۱۳۸۷
- ۱۱- مجموعه قوانین حقوقی صنعت آب و برق کشور، انتشارات دفتر حقوقی وزارت نیرو، تهران ۱۳۷۳
- ۱۲- مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست، دفتر حقوقی و امور مجلس، تهران ۱۳۷۹
- ۱۳- سایت شرکت آب و فاضلاب استان تهران <http://www.tpww.co.ir>
- ۱۴- سایت سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی <http://www.areo.ir>
- ۱۵- سایت ثبت اسناد و املاک کشور <http://www.sabt.gov.ir>
- ۱۶- سایت مجموعه قوانین و مقررات حقوقی <http://www.efeh.com>
- ۱۷- ناصر کاتوزیان، قانون مدنی در نظم حقوقی کنونی، نشر دادگستر، تهران ۱۳۸۳
- ۱۸- حمید رشیدی، قانون توزیع عادلانه آب در آئینه حقوق ایران، نشر دادگستر، تهران ۱۳۸۱
- 19- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H.; Petty, R.J.; Hackett, G., (1987). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological settings. EPA/600/2-87/035. US Environmental Protection Agency, Ada, OK, USA.
- 20- Panagopoulos, G.P.; Antonakos, A.K.; Lambrakis, N.J., (2006). Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS. Hydrology Journal, 14: 894-911.
- 21- A critical assessment of Europe's Groundwater quality protection under the new Groundwater Directive, Dec 2006, <http://www.eeb.org>
- 22- Groundwater Law Sourcebook of the Western United States Gary Bryner and Elizabeth Purcell, Natural Resources Law Center University of Colorado School of Law.
- 23- Groundwater Quality Protection Practices Submitted to: Environment Canada 224 West Esplanade North Vancouver, B.C.V7M 3H7.

- 24- Handbook of Groundwater Protection and Cleanup Policies for RCRA Corrective Action, Environmental Protection Agency, April 2004.
- 25- Water Pollution Control Legislation, NRCS, <http://www.nrcs.usda.gov>
- 26- Water Pollution Control Act Enforcement Rules, <http://law.epa.gov.tw/en/laws/531905379.html>
- 27- Utilities (Water Conservation) Regulation 2006, Australian Capital Territory, <http://www.Legislation.act.gov.au>
- 28- Water Pollution Regulation, Australian Capital Territory, <http://www.Legislation.act.gov.au>
- 29- Chappell, D. & Norberry, J. 1992, Critical issues environmental offences and the police, paper presented to the 1992 Australasian Crime Conference and Seminar hosted by the Australian Federal Police, 16 November, Canberra.
- 30- Rabosky, P. & Braithwaite, J. 1986, Of Manners Gentle: Enforcement Strategies of Australian Business Regulatory Agencies, Oxford University Press in association with the Australian Institute of Criminology, Melbourne and Canberra.
- 31- Guidelines for Groundwater Protection in Australia, Agriculture and Resource management council of Australia and New Zealand, September 1995.
- 32- Australian Capital Territory Numbered Regulations, march 2006, http://www.austlii.edu.au/au/legis/act/num_reg/

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Instruction for Determination of groundwater Protection Areas

No.

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Energy

Bureau of Engineering and Technical
Criteria for Water and Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

2013

این نشریه

با عنوان «دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی» جهت ارائه یک چارچوب جامع برای تعیین و چگونگی اعمال حریم کیفی آب‌های زیرزمینی تهیه شده است. این نشریه چگونگی تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی به صورت نقطه‌ای و ناحیه‌ای را ارائه می‌دهد.