نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال سیزدهم، شماره ۳۱، زمستان ۹۲

بررسی کیفیت آب شرب استحصالی از منابع زیرزمینی بر بیماری‌های انسانی دهه اخیر در دشت مشهد

دریافت مقاله:۹۱/۱۱/۲ پذیرش نهایی: ۹۲/۴/۲۲

صفحات: ۱۷۲-۱۵۷

علیرضا انتظاری: استادیار گروه آموزشی آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری[۱]
Email:entezari@hsu.ac.ir
الهه اکبری: مربی گروه آموزشی آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری
Email:e.akbari@hsu.ac.ir
فاطمه میوانه: کارشناس ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری
Email:fmayvaneh@yahoo.com

چکیده

امروزه با رشد روزافزون جمعیت در بیشتر مناطق جهان ، تامین آب شرب از منابع زیرزمینی از اهمیت ویژه ای برخورداراست. این بهره‌مندی در بعضی مناطق و موقعیت‌ها با بروز بیماری هایی همراه بوده است. این مطالعه به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد به لحاظ قابلیت شرب و میزان تاثیر بر سلامت انسان ها انجام شده است. برای شناسایی و نحوه ی توزیع کیفیت آب زیرزمینی این دشت از اطلاعات ۶۰ حلقه چاه در رابطه با پارامترهای میزان مواد جامد محلول ، سختی کل ، کلر، سدیم و سولفات در طی دهه اخیر استفاده گردید. به نحوی که این پارامترها براساس استانداردهای بین‌المللی و طبقه‌بندی شولر در سیستم اطلاعات جغرافیایی از طریق روش‌های وزن دهی معکوس فاصله و ترکیب وزن دهی خطی پهنه‌بندی و با هم مقایسه شدند و سپس میزان ارتباط مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای قلبی و کلیوی با پارامترهای مذکور با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. نتایج بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دهه گذشته ، حاکی از روند نزولی و وضعیت نامطلوب به خصوص در قسمت‌های جنوبی دشت می‌باشد . همچنین بین میزان مرگ و میرهای ناشی از بیماری قلبی عروقی با پارامتر کلر ارتباط معناداری ($p<0.05$) وجود دارد. با تداوم روند تغییرات منفی کیفیت آب زیرزمینی، احتمال بروز این بیماری در سالهای آتی نیز افزایش خواهد یافت. لذا به

---

[۱]. **نویسنده مسئول**: سبزوار – دانشگاه حکیم سبزواری – دانشکده جغرافیا و علوم محیطی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

منظور جلوگیری از پیش روی آب های شور و کاهش کیفیت آب های زیرزمینی و به خطر افتادن سلامتی ساکنین این دشت، بایستی از نشت فاضلاب های خانگی و صنعتی و همچنین برداشت بی رویه ی آب های زیرزمینی، اقدامات جدی انجام گیرد.

کلیدواژگان: آب زیرزمینی، پهنه‌بندی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، بیماری‌ها، دشت مشهد.

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تامین آب آشامیدنی در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایران به شمار می‌آید. این منابع درنقاط مختلف به صورت طبیعی یا از طریق فعالیت‌های انسانی دچار تغییر کیفیت شده و آلوده می‌شوند (صداقت ،۱۳۸۷: ۱۶۲). در سال‌های اخیر استفاده از مواد شیمیایی و سموم مختلف در کشاورزی و دامداری درمناطق مختلف باعث تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی شده است (باریر ،۲۰۰۴: ۱۹۳).

محدود بودن این منابع زیرزمینی و استفاده بیش از حد از آنها در ایران به خصوص در مناطق کویری، مشکلاتی برای سلامتی انسانها به وجودآورده است. بنابراین تعیین مشخصات کیفی آب زیرزمینی(ویژگیهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی) که نشان‌دهنده مناسب بودن برای مصرف مورد نظر خواهد بود ، ضروری است (صداقت،۱۳۸۷: ۱۷۹).

انسان بالغ روزانه به حدود۱/۵ تا ۳ لیتر آب برای رفع تشنگی احتیاج دارد (حسینیان، ۱۳۶۴:۲۳)، این در حالی است که مشکلات کیفیت آب نسبت به کمیت آن از اهمیت بیشتری برخوردار بوده ، به نحوی که امروزه به عنوان یکی از مشکلات زیست محیطی در نقاط مختلف جهان مطرح است . وجود برخی املاح درآب برای سلامتی انسان ضروری است ولی مقدار بیش ازحد مجاز آنها سلامتی انسان رابه خطرمی‌اندازد(سمائی و همکاران،۱۳۸۶: ۵۰). بر اساس آمارهای ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی، بیماری‌های ناشی از آب آلوده قاتل شماره یک کودکان زیر پنج سال در دنیا به شمار می‌آیند. به طوری که در هر ۲۰ ثانیه یک کودک در اثر بیماری‌های مرتبط با آب جان می‌دهد. بالغ بر ۶۰ درصد از کودکان جهان در اثر بیماری‌های عفونی و انگلی که به طور عمده مرتبط با آب هستند، جان خود را از دست می‌دهند(WHO,2011). بنابراین دسترسی به آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است(دیندارلو و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۷)، اولین قدم درشناخت آب، بررسی پارامترهای آب شرب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

و سالم ا ست که در درازمدت مصرف آن خطری برای مصرف‌کننده ایجاد نکند(نامی فرد،۱۳۸۹: ۲).

با استفاده از GIS می‌توان کیفیت آب آشامیدنی را به لحاظ قابل‌شرب بودن پهنه‌بندی نمود. به نحوی که در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری بر روی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و قابلیت آنها برای مصارف کشاورزی و شرب، با استفاده از GIS انجام گرفته است. رجایی و همکاران (۱۳۹۰: ۷۳۷)، کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن را به صورت آماری-توصیفی و با استفاده از دیاگرام شولر انجام و به تجزیه تحلیل پارامترهای آن (مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم، سولفات و سختی‌کل) پرداخته و به این نتیجه رسیده اند که آب شرب مناطق مورد مطالعه در وضعیت خوب تا نامناسب قرار دارند. حسنی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۸)، شاخص کیفی آب زیرزمینی را با استفاده از منطق فازی در قنات‌های شهر یزد بر اساس ۲۴ پارامتر شیمیایی بررسی نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که کیفیت آب پایین و استاندارد لازم برای مصارف آشامیدن را ندارد. چیت‌سازان و اختری(۱۳۸۵: ۴۰)، به پتانسیل‌یابی آلودگی آب زیرزمینی دشت‌های زویرچری و خرّان(دشت های واقع در شمال شرق شهرستان اهواز) با استفاده از مدل دراستیک[۱] و GIS پرداخته و با استفاده از هفت پارامتر مهم هیدروژئولوژیکی، نقشه آسیب‌پذیری را تولید نمودند. بر اساس این مطالعه نواحی کوچکی در شمال غرب و شرق منطقه مورد مطالعه در محدوده بدون خطر آلودگی قرار دارد و سایر بخش‌های آبخوان نیز آسیب‌پذیری پایینی را نشان داده اند. عسکری و همکاران (۱۳۸۸: ۱۶)، نیز به بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین با استفاده از تحلیل‌های زمین آماری و GIS پرداختند. آنها میزان کلر را با روش‌های زمین آماری به صورت ماهیانه پهنه‌بندی و بیان نموده اند که به طور متوسط در هر ماه ۳۴/۰۱ درصد از منطقه تحت وضعیت کیفی بد یا ضعیف قرار می گیرد.

منابع آب زیرزمینی دشت مشهد علاوه بر تامین آب مورد نیازبخش کشاورزی منطقه (حدود ۱/۵ میلیارد متر مکعب)، به عنوان تامین کننده بخش مهمی از آب شرب شهرهای مشهد، طرقبه، شاندیز و چناران از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست. این دشت در گستره ی ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده و در حال حاضر به عنوان مرکز عمده ی فعالیت‌های صنعتی و

۱- واژه ی Drastic از هفت پارامتر بکاررفته در مدل شامل : عمق تا سطح ایستابی (D)، تغذیه خالص (r)، محیط آبخوان (a)، محیط خاک (s)، توپوگرافی (t)، محیط غیراشباع (i) و هدایت هیدرولیکی (c) تشکیل شده است .

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

کشاورزی استان خراسان رضوی، در وضعیت بسیار بحرانی قرار گرفته است (اکبری و همکاران ،۱۳۸۸: ۶۳). بدین منظور لازم دیده شد تا وضعیت کیفی آب و منابع اثر گذار بر روی آن از طریق داده‌های نمونه‌برداری شده از چاهها در محیط GIS مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرارگیرد. لذا در این تحقیق کیفیت آب این دشت از حیث پارامترهای بررسی نشده در مطالعات پیشین و از دیدگاه اثرات نامطلوب آن بر سلامتی انسان ارزیابی گردید. در این راستا نقشه‌های کیفیت آب به لحاظ قابلیت شرب تهیه و ترسیم شدند. امید است با بکارگیری راهکارهای حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی از آلودگی روزافزون و پیامدهای ناخوشایند آن جلوگیری شود.

داده ها و روش‌ها

در این تحقیق از اطلاعات ۶۰ حلقه چاه نمونه‌برداری شده شامل: مواد جامد محلول[1]، سختی کل[2]، کلر، سدیم و سولفات در طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۰ الی ۱۳۹۰)، فراهم شده از سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی استفاده گردیده است. شکل ۱، موقعیت جغرافیایی دشت مشهد وچاه های نمونه برداری شده را نشان می‌دهد.

نحوه ی توزیع این پارامترها و تاثیر آن‌ها در قابلیت استفاده برای مصارف شرب در محیط GIS از طریق روش وزن دهی معکوس فاصله[3] و ترکیب وزن دهی خطی [4] پهنه‌بندی و با هم مقایسه شده‌اند. همچنین با استفاده از آمار مرگ و میر ناشی از بیماریهای قلبی و کلیوی سال های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۰ شهر مشهد، فراهم شده از سازمان فردوس‌ها[5] به بررسی ارتباط و همبستگی بین مرگ و میرهای ناشی از این بیماری ها و پارامترهای کیفی آب پرداخته شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از ضریب همبستگی پیرسون و آماره P با ضریب اطمینان ۹۵ درصد($p=۰/۰۵$) استفاده گردید.

روش وزن دهی معکوس فاصله به عنوان یکی از روش های درون‌یابی، براساس عکس فاصله وزن‌دهی است که در آن، تخمین بر اساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطه ی برآورد صورت می

[1] - Total Dissolved Solids

[2] - Total Hardness

[3] - Inverse Distance Weighted

[4] - Weighted Linear Combination

[5] - سازمان مدیریت قبرستان های مشهد از جمله بهشت رضا و ...

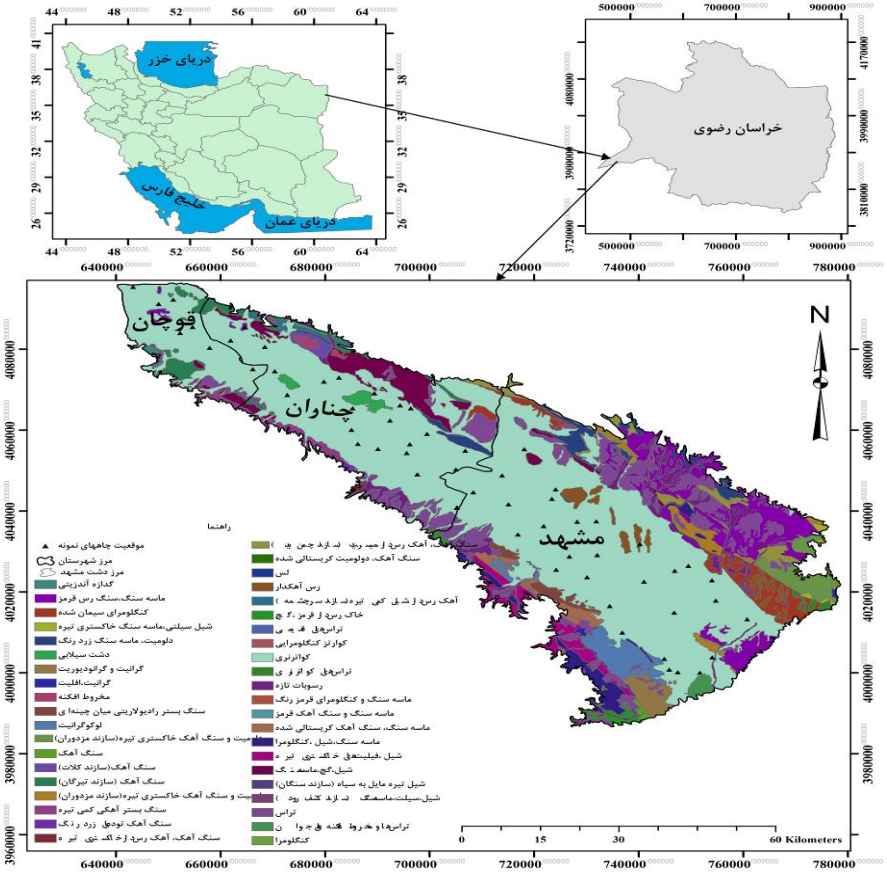
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

گیرد. رابطه کلی درون‌یابی دو بعدی به روش فوق به صورت زیراست (Webster & Oliver,2000:271):

رابطه ۱:

$$(x, y) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i W_i$$

که در آن W(x,y) مقادیر برآورده شده در موقعیت (x,y)، N تعداد نقاط معلوم مجاور (x,y)، λ_i وزن اختصاص داده شده به هر یک از مقادیر معلوم w_i در موقعیت (x_i,y_i)، d_i فاصله اقلیدسی بین هر یک از نقاط واقع در موقعیت‌های (x,y) و (x_i,y_i) و p مقدار توان است که متاثر از وزن w_i بر W است (اخوان و همکاران،۱۳۹۰: ۳۰۶).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی دشت مشهد و چاههای نمونه‌برداری برروی نقشه زمین شناسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

یکی از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌های ارائه شده و مورد استفاده برای کیفیت آب شرب، طبقه‌بندی شولر است. براساس این طبقه‌بندی (جدول ۱)، پهنه‌بندی کیفی دشت انجام شده است. به طوری که پس از وارد کردن اطلاعات مربوط به پارامترهای مربوطه به محیط GIS ، سطوح کیفیت اولیه آب زیرزمینی برای این پارامترها براساس روش وزن دهی معکوس فاصله تهیه گردید.

جدول (۱) طبقه بندی کیفیت آب به روش دیاگرام شولر(Johansen:1982)

درجه کیفیت آب برای شرب	TDS (mg/l)	TH (mg/l)	Na (mg/l)	CL (mg/l)	SO4 (mg/l)
خوب	‹۲۸۰	‹۱۹۰	‹۱۰	‹۵	‹۵
قابل قبول	۲۸۱ -۵۰۰	۱۹۱ -۲۵۰	۱۰ -۱۵	۵ -۱۰	۵ -۱۰
نامناسب	۵۰۱ -۱۰۰۰	۲۵۱ -۶۰۰	۱۶ -۲۰	۱۱ -۲۰	۱۱ -۱۵
بد	۱۰۰۱ -۲۰۰۰	۶۰۱ -۱۰۰۰	۲۱ -۲۵	۲۱ -۲۵	۱۶ -۲۰
قابل شرب در شرایط اضطراری	۲۰۰۱ -۳۵۰۰	۱۰۰۱ -۱۵۵۰	۲۶ -۳۰	۲۶ -۳۰	۲۱ -۲۵
غیر قابل شرب	۳۵۰۱ -۴۰۰۰	۱۵۵۱ -۲۰۰۰	۳۱ -۴۵	۳۱ -۳۵	۲۶ -۳۵

روش ترکیب وزن دهی خطی از رایج‌ترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی بر اساس مفهوم میانگین وزنی است. در این روش پس از اختصاص اهمیت نسبی به هر معیار از طریق عملگر ضرب، کلیه معیارها برای رسیدن به امتیاز کلی جمع می‌گردند. رابطه کلی این روش به صورت زیر است (پرهیزکار و غفاری گیلانده،۱۳۸۵: ۳۳۶):

رابطه ۲:

$$A_i = \sum_J W_J X_{iJ}$$

در رابطه فوق X_{iJ} امتیاز گزینه i ام با رعایت صفت j ام و وزن W_J وزن نرمال شده است ($\sum W_J=1$) و اهمیت نسبی صفات را نشان می‌دهند.

مباحث ویافته ها

با توجه به عدم وجود آب خالص در طبیعت و همراه بودن آن با یکسری مواد ، عناصر و ناخالصی ها (برخی مفید و لازم و برخی مضر و خطرناک)، کشورهای مختلف استانداردهایی را برای استفاده از آب برای مصارف مختلف در نظر می گیرند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

جدول (۲) برخی استاندارد های ملی ایران[1] و جهان برای آب مصرفی و عوارض ناشی از نامناسب بودن آب

پارامتر	حداکثر مجاز و مطلوب	عوارض ناشی از غلظت بیشتر
مواد جامد محلول	۱۵۰۰ میلی گرم (استاندارد ملی ایران)	مشکلات قلبی و عروقی، بیماریهای کلیوی و کبدی، استخوانی و اسکلتی، امراض مخاطی و سرطان، تیروئید و بروز مشکلات ظاهری(اسماعیلی ساری،۱۳۸۱:۳۹).
سختی کل	۵۰۰ میلی گرم (استاندارد ملی ایران)	بیماریهای کلیوی، قلبی و عروقی، سرطانهای مری، معده و افزایش فشارخون (کوشکی و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۳)و نیز بیماریهای آرتریواسکلروزیس[2]، هیپرتنسیون[3] و مرگ‌های ناگهانی (WHO, 1996) و سنگ‌سازی در کلیه و مثانه در افراد حساس (زارع و همکاران، ۱۳۸۵: ۱)
کلر	آب آشامیدنی ۵ مطلوب تا ۲۵۰ مجاز تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر (WHO,2011:323)	کلر باقیمانده در ترکیب با مواد آلی موجود در آب، تشکیل ترکیباتی به نام تری‌هالومتان‌ها را می‌دهد که امروزه سرطان‌زایی آنها به اثبات رسیده است. همچنین این آنیون باعث بروز سقط جنین، بیماریهای چشمی و مغز و اعصاب می‌شود(اسماعیلی ساری،۱۳۸۱: ۴۸) .
سدیم	کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر (WHO, 2011, 417) در شرایط اضطراری حداکثر مقدار مجاز ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر(مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران،۱۳۸۹:۷)	در غلظت‌های بالای این پارامتر امکان بروز مشکلات قلبی برای انسان وجود دارد (بینای مطلق،۱۳۸۹: ۴۲). افزایش سطح سدیم در خردسالان منجر به صدمه نورگیلیایی می‌شود و در پاره‌ای موارد باعث مرگ لحظه‌ای در خردسالان خواهد شد(اسماعیلی ساری ،۱۳۸۱: ۵۲)، بعلاوه رژیم بالای کلرید سدیم می‌تواند منجر به افزایش فشار خون و بروز مشکلاتی نظیر نازک شدن دیواره سرخرگ‌های کوچک و پارگی آنها، صدمه به مغز و چشم و غیره گردد
سولفات های کلسیم و منیزیم	کمتر از ۰/۰۰۹ میلی‌گرم در لیتر (WHO, 2011, 417) استانداردهای بین‌المللی آب آشامیدنی حداکثر ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر است(مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران،۱۳۸۹:۷)	سولفات سدیم و منیزیم بعنوان مسهل بکار می‌روند(بینای مطلق،۱۳۸۹:۴۲). همچنین وجود سولفات در آب باعث بروز اسهال بویژه در کودکان می‌شود. در آب هم سولفید هیدروژن باعث طعم و بوی نامطبوع شده و حضور آن یکی از علل مهم اعتراض مصرف کنندگان است(همان،۱۳۸۹: ۲۱).

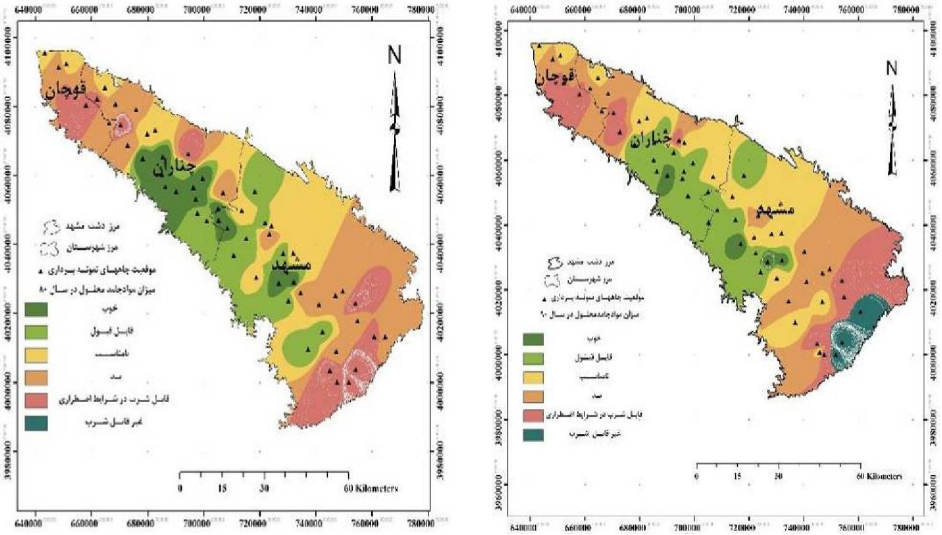
بررسی تغییرات پارامتر های موثر بر کیفیت آب زیرزمینی:

مواد جامد محلول: مجموع مواد محلول در آب به جز رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول شامل نمک‌های معدنی با غلظت کمی از مواد آلی نظیر کربنات، بی‌کربنات، کلراید،

[1] -Institute of Standards and Industrial Research of Iran
[2] - Arteriosclerosis
[3] - Hypertension

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

سولفات، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌باشند (صداقت، ۱۳۸۷، ۱۷۱). هر چه میزان این مواد در آب بیشتر باشد ، میزان هدایت الکتریکی و شوری آن افزایش می‌یابد. نقشه ی پهنه‌بندی این پارامتر (شکل ۲) در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که مناطق با کیفیت آب نامناسب در قسمت‌های مرکزی و مناطق با کیفیت آب بد ، غیرقابل شرب و قابل شرب در شرایط اضطراری در قسمت‌های شمالی و جنوبی دشت قراردارند . نکته ی قابل توجه کاهش ۶/۵ درصدی مناطق با کیفیت آب خوب است. بعلاوه مناطق با کیفیت آب بد(۳/۸۳ درصد)، قابل شرب در شرایط اضطراری(۳/۷درصد)، و غیر قابل شرب (۱/۵درصد)، به ویژه در قسمت‌های جنوبی دشت روبرو بوده‌اند. به طور کلی با عنایت به سطح استاندارد ملی ایران، ۱۵/۹۴ درصد از سطح دشت در سال ۱۳۸۰ و ۲۱/۶۳ درصد در سال ۱۳۹۰ در قسمتهای جنوبی و شمال غربی و همچنین جنوب غربی قوچان در وضعیت نامطلوب و با امکان بروز بیماریهای مذکور قرار می‌گیرند. با توجه به روند صعودی این مواد در کنار مزایای آن برای بدن انسان، احتمال بروز و افزایش بیماریهای مرتبط برای ساکنین قسمت‌های جنوبی قابل پیش‌بینی است.



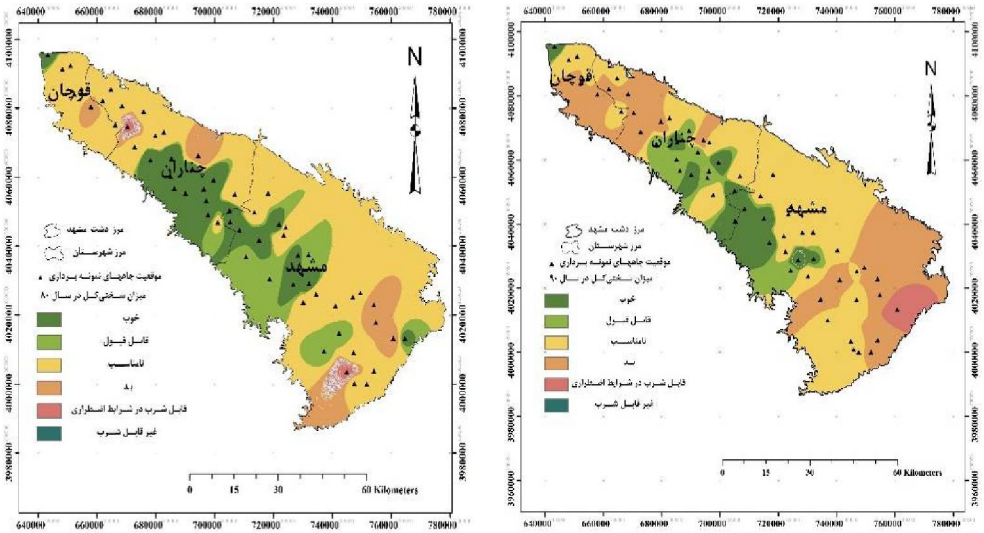
شکل (۲) پراکندگی میزان مواد جامد محلول سال ۱۳۸۰(راست) و ۱۳۹۰ (چپ)

سختی کل:

سختی آب توسط یون‌های فلزی چند ظرفیتی محلول(سمنانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۷۷) و در آب شیرین، از طریق یون‌های اصلی کلسیم و منیزیم بوجود می‌آید(اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

۴۱). مقایسه ی نقشه ی پهنه‌بندی سختی کل آب (شکل ۳) در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که مناطق با کیفیت آب خوب و قابل‌قبول تنها در بخش‌هایی از مرکز دشت در حوالی شهر چناران وجود دارد. اکثر مناطق دشت در سال ۱۳۸۰ در وضعیت نامناسب و در سال ۱۳۹۰ در وضعیت نامناسب ، بد و قابل شرب در شرایط اضطراری قراردارند (به ویژه بخش های جنوبی شهر مشهد ، شرق چناران ، جنوب و جنوب غربی قوچان). بعلاوه در اکثر بخش های دشت بجز حوالی چناران کیفیت آب خوب ۷/۲ و قابل‌قبول ۴/۲ درصد کاهش یافته است. همچنین کیفیت آب نامناسب (۳ درصد)، بد(۱۳/۱ درصد) و قابل‌شرب در شرایط اضطراری (۱/۴ درصد)، در بخش های جنوبی و شمال غربی دشت افزایش نشان می دهد.

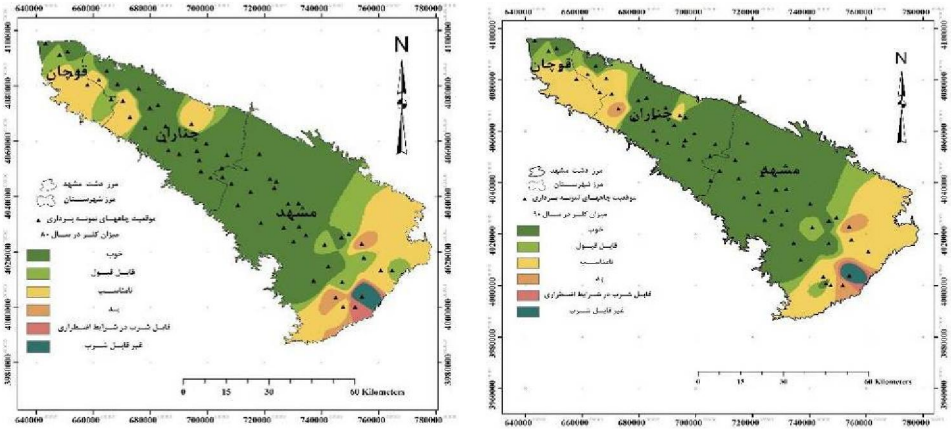


شکل (۳) پراکندگی میزان سختی کل در سال ۱۳۸۰ (راست) و ۱۳۹۰(چپ)

کلر:

نقشه ی پهنه‌بندی این پارامتر (شکل ۴)، در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که مناطق با کیفیت خوب و قابل قبول تنها در قسمت‌های مرکزی دشت و نواحی با کیفیت نامناسب و غیر قابل شرب در شمال غربی و جنوبی دشت قابل قرار دارند. مناطق با کیفیت خوب با افزایش ۰/۷ درصد و قابل قبول با کاهش ۳/۷ درصد در بخشهای مرکزی دشت مواجه بوده اند . مناطق با کیفیت نامناسب(۳/۹ درصد افزایش)، بد(۰/۷ درصد کاهش)، قابل شرب در شرایط اضطراری(۰/۰۸درصد کاهش) و غیرقابل شرب(۰/۴ درصد افزایش) در بخش های جنوب و شمال غرب دشت را نشان می دهند.

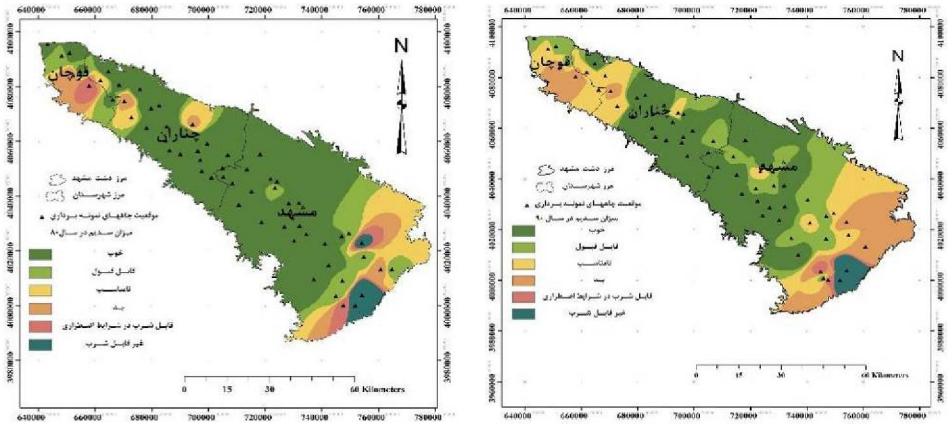
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل (۴) پراکندگی میزان کلر در سال ۱۳۸۰ (راست) و ۱۳۹۰(چپ)

سدیم:

مقایسه نقشه ی پراکندگی میزان سدیم (شکل ۵)، در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که مناطق با کیفیت خوب با مساحت چشمگیر (حدود ۶۲ درصد) و قابل توجهی تنها در قسمت‌های مرکزی دشت و کیفیت نامناسب و غیر قابل شرب در قسمت‌های شمالرغربی و جنوبی گسترش داشته اند. بعلاوه مناطق با کیفیت خوب و قابل قبول به ترتیب با افزایش ۰/۱ و کاهش ۳/۱ درصدی در بخشهای مرکزی و شمال شرقی دشت مواجه بوده‌اند. مناطق با کیفیت نامناسب با کاهش ۳/۱ درصدی و بقیه ی گروهها با افزایش یک تا ۳/۵ درصدی در نواحی جنوبی و شمال غربی دشت روبرو بوده است.

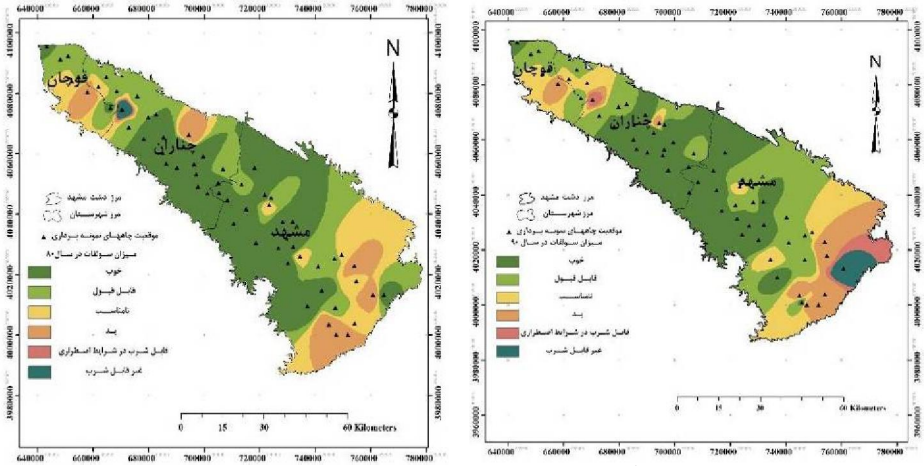


شکل (۵) پراکندگی میزان سدیم در سال ۱۳۸۰ (راست) و ۱۳۹۰(چپ)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

سولفات ها :

نقشه ی پهنه‌بندی این پارامتر (شکل ۶)، در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که مناطق با کیفیت خوب و قابل قبول با مساحت حدود ۴۰ و ۳۰ درصد به ترتیب تنها در قسمت‌های مرکزی دشت و کیفیت نامناسب و غیر قابل شرب در قسمت‌های شمال غربی و جنوبی آن قابل مشاهده‌اند. مناطق با کیفیت خوب و قابل قبول به ترتیب با کاهش ۷/۳ و افزایش ۴/۷ درصد در بخش های مرکزی و شرقی دشت مواجه بوده‌اند. مناطق با کیفیت نامناسب، بد، قابل شرب در شرایط اضطراری و غیرقابل شرب به ترتیب با کاهش ۱/۵ درصدی و افزایش ۰/۶، ۲ و ۲/۰۱ درصد در نواحی شمال غربی و جنوبی دشت مواجه بوده است.



شکل (۶) پراکندگی میزان سولفات در سال ۱۳۸۰ (راست) و ۱۳۹۰(چپ)

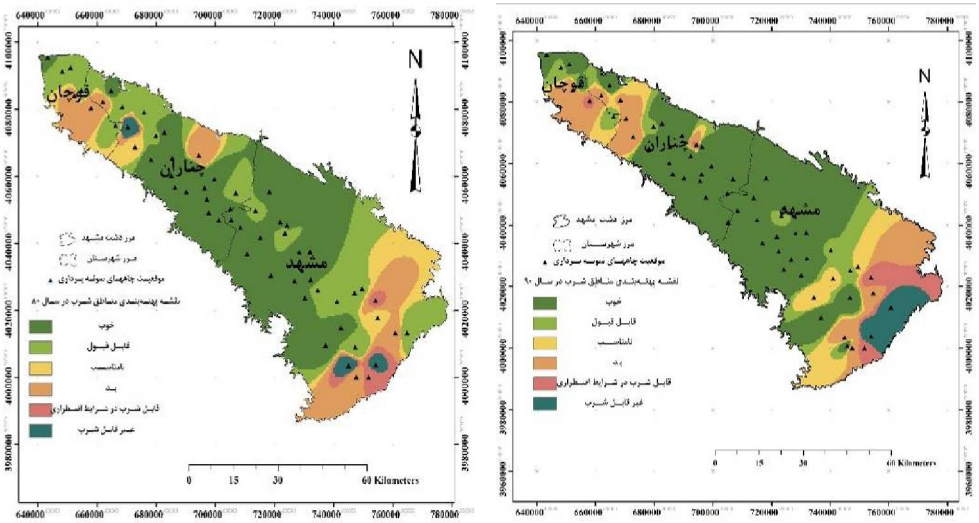
پهنه‌بندی کیفیت آب شرب بر اساس پارامترهای پنج‌گانه:

نقشه ی پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پنج پارامتر ذکر شده از طریق روش وزن دهی خطی برآورد شده است. در این روش، سطوح کیفیت اولیه آب زیرزمینی حاصل از پهنه‌بندی کلیه پارامترها در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ به طور جداگانه بر اساس جمع جبری و با اهمیت یکسان، همپوشانی شده و نقشه نهایی تهیه گردیده است (شکل ۷).

با توجه به نقشه ی مزبور مناطق دارای آب زیرزمینی با کیفیت خوب در قسمت‌های مرکزی دشت قرار گرفته اما وسعت آن در سال ۱۳۹۰ نسبت به ۱۳۸۰ به میزان ۱۱/۹۲ درصد کاهش پیدا کرده است. مناطق با طبقات نامناسب، بد، قابل‌شرب در شرایط اضطراری و غیر قابل شرب در قسمت‌های جنوبی و شمال غربی دشت واقع شده و وسعت این مناطق نسبت به سال ۱۳۸۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

حدود ۷/۰۸ درصد افزایش نشان می دهد. بنابراین ملاحظه می گردد که آب زیرزمینی دشت مشهد به لحاظ کیفی به سمت نامطلوب شدن پیش می‌رود و در صورت عدم جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی در سال‌های آتی این وضعیت بدتر نیز خواهد شد.



شکل (۷) پهنه‌بندی کیفیت آب شرب دشت مشهد در سال ۱۳۸۰ (راست) و ۱۳۹۰(چپ)

با توجه به محاسبات انجام شده (جدول ۳)، بیشترین و کمترین تغییرات کیفی آب در طبقات بد و خوب به ترتیب۱۱/۹۲ و ۰/۴ درصد می باشد. این وضعیت به ویژه در قسمت‌های جنوبی و شمال غربی دشت در محدوده جنوب شهرهای قوچان و مشهد بیش ازسایر بخش‌ها بوده و حالت نگران‌کننده داشته و در صورت ادامه ی وضع موجود، انتظار وخیم شدن وضعیت آب زیرزمینی در این مناطق در سال‌های آتی وجود دارد.

جدول (۳) مساحت طبقات کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰

کیفیت آب	مساحت طبقات کیفیت آب (KM^2) در سال ۸۰	درصد طبقات کیفیت آب در سال ۸۰	مساحت طبقات کیفیت آب (KM^2) در سال ۹۰	درصد طبقات کیفیت آب در سال ۹۰	درصد تغییرات
خوب	۲۵۸۳	۴۶/۷۹	۱۹۲۲/۱	۳۴/۶۷	-۱۱/۹۲
قابل قبول	۱۳۹۹	۲۵/۳۴	۱۶۹۰/۱	۳۰/۴۹	۵/۲۵
نامناسب	۵۲۵/۸	۹/۵۲	۶۰۹/۶	۱۱	۱/۵۱
بد	۷۷۵/۲	۱۴/۰۴	۷۹۷/۵	۱۴/۳۸	۰/۴
قابل شرب در شرایط اضطراری	۱۴۵/۶	۲/۶۴	۲۶۸/۲	۴/۸۴	۲/۲۱
غیر قابل شرب	۹۱/۸	۱/۶۷	۲۵۶	۴/۶۲	۲/۹۶

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

ارتباط مرگ و میرهای ماهانه و سالانه با کیفیت آب زیرزمینی:

در بین عوامل موثر بر مرگ ومیرهای ناشی از بیماری های قلبی، پرفشاری خون به عنوان سومین عامل خطر محسوب می شود که با سختی آب به لحاظ وجود عناصر کلسیم ، منیزیم ، پتاسیم و سدیم در ارتباط است(کوشکی و همکاران، ۱۳۸۲، ۲۴). ارتباط و همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و مرگ و میر ناشی از بیماریهای قلبی و کلیوی شهر مشهد به صورت ماهانه و سالانه با استفاده از نرم‌افزار Minitab (جدول ۴)، نشان داد که بیشترین ارتباط بین میزان کلر و بیماری قلبی (۰/۸۳)، با سطح اطمینان ۹۵ درصد (P=0.04)، وجود دارد. همچنین ارتباط معنی‌داری بین میزان کلر و بیماری کلیوی به میزان ۰/۷۱ و سختی کل آب با بیماری قلبی به میزان ۰/۶۲ با سطح اطمینان ۹۰ درصد (P=0.1)، حاصل گردید. بنابراین از لحاظ آماری بین بیماریهای قلبی و کلیوی با میزان کلر و سختی کل آب ارتباط معنی‌دار و قابل ملاحظه ای وجود دارد.

جدول (۴) همبستگی بین مرگ و میر ماهانه ناشی از بیماریهای قلبی و کلیوی با پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

بیماری / پارامترهای کیفی	کلیوی		قلبی	
	ضریب همبستگی	مقدار P	ضریب همبستگی	مقدار P
مواد جامد محلول	۰/۰۲	۰/۷	۰/۱۶	۰/۲
سختی کل	۰/۵۵	۰/۲	۰/۶۲	۰/۱
سدیم	۰/۴۵	۰/۳	۰/۵۶	۰/۲
سولفات	۰/۱۶	۰/۷	۰/۱۷	۰/۷
کلر	۰/۷۱	۰/۱	۰/۸۳	۰/۰۴

نتیجه گیری

نتایج حاصل از پهنه‌بندی و محاسبات آماری بر روی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت مشهد در بازه‌ی زمانی (۱۳۹۰-۱۳۸۰)، نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۰ وضعیت بهتری نسبت به سال ۱۳۹۰ داشته است. مقایسه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی سال های مزبور نشان می دهد که کیفیت آب زیرزمینی دشت در قسمت‌های شمال غربی و جنوبی وضعیت مطلوبی نداشته و این وضعیت در سال ۱۳۹۰ با افزایش در سطح جلوه گر شده است. همچنین دو پارامتر سختی کل و مواد جامد محلول در تمام قسمت‌های دشت (به جز محدوده‌ی شهر چناران)، به خصوص در جنوب شهر مشهد از میزان بالایی برخوردار بوده ،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

بطوری که کیفیت آب در این منطقه در کلاس غیر قابل شرب قرار می گیرد. از آنجایی که طبق دیاگرام شولر، کلیه پارامترهای کیفی در کیفیت آب زیرزمینی موثر می‌باشند، براساس روش ترکیب وزن دهی خطی با اهمیت یکسان، کلیه پارامترها با هم تلفیق شدند. با توجه به نقشه ی پهنه بندی کیفیت آب (شکل ۶)، مساحت طبقات با کیفیت نامناسب، بد، قابل شرب در شرایط اضطراری و غیر قابل شرب به ترتیب ۹/۵۲، ۱۴/۰۴، ۲/۶۴ و ۱/۶۷ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۱۱، ۱۴/۳۸، ۴/۸۴ و ۴/۶۲ درصد در سال ۱۳۹۰ بوده است. به توجه به دیاگرام شولر، ۲۷/۸۷ درصد مساحت دشت مشهد (۱۵۳۸/۴ کیلومترمربع)، در سال ۱۳۸۰ و۳۴/۸۴ درصد مساحت (۱۹۳۱/۳ کیلومترمربع)، در سال ۱۳۹۰، با مشکل کیفیت آب مواجه می باشد.

با توجه به اهمیت بیماریهای قلبی و کلیوی، ارتباط این بیماریها با پارامترهای کیفی آب زیرزمینی مورد ارزیابی قرارگرفت و ارتباط معنی‌داری بین آنها بدست آمد. با توجه به پایین بودن کیفیت آب زیرزمینی در بخش های جنوبی دشت، به ویژه جنوب شهر مشهد در صورت عدم پیشگیری از روند صعودی آلودگی آب ، انتظار وقوع بیشتر این بیماریها در سالهای آتی وجود دارد.

منابع و مأخذ

۱. اخوان، رضا؛ منا، کرمی خرم آبادی و جواد سوسنی (۱۳۹۰) **کاربرد دو روش کریجینگ و IDW در پهنه‌بندی تراکم و تاج پوشش جنگل‌های شاخه زاد بلوط (مطالعه موردی منطقه کاکارضای خرم آباد لرستان)**، مجله جنگل ایران، انجمن جنگل بانی ایران ، سال سوم ، شماره ۴ ، صفحات۳۰۵ تا ۳۱۶.

۲. اسماعیلی‌ساری، عباس (۱۳۸۱) **آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست** ، انتشارات نقش‌مهر

۳. اکبری، مرتضی؛ محمدرضا، جرگه و حمید رضا، مدنی سادات (۱۳۸۸) **بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد**، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۶، ش ۱۴، صص۶۳ ـ ۷۸.

۴. بینای مطلق، پروین (۱۳۸۹) **دستورالعمل و روش‌های اندازه‌گیری فیزیکو شیمیایی معدنی سمی در آب آشامیدنی**، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

۵. پرهیزگار، اکبر و عطا، غفاری گیلانده (۱۳۸۵) **سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری**(ترجمه) ، انتشارات سمت.

۶. چیت‌سازان، منوچهر و یوسف، اختری (۱۳۸۵) **پتانسیل‌یابی آلودگی آبهای زیرزمینی در دشتهای زویرچری و خِرّان با استفاده از مدل دراستیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی**، مجله آب و فاضلاب، ش ۵۹، صص۳۹ ـ۵۱.

۷. حسنی، قاسم، محوی، امیرحسین، ناصری، سیمین، عرب علی‌بیگ، حسین، یونسیان، مسعود، قریبی، حامد (۱۳۹۱) **طراحی شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از منطق فازی**، مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره سوم، شماره اول، فصل بهار ، صص ۳۱-۱۸

۸. حسینیان، مرتضی(۱۳۶۴) **سالم سازی آب با کلر و ترکیبات آن**، انتشارات مهتاب قدس

۹. دیندارلو، کاووس، علیپور، ولی و فرشیدفر، غلامرضا (۱۳۸۵) **کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس** ، مجله پزشکی هرمزگان، سال دهم، شماره اول، فصل بهار، صص ۶۲-۵۷.

۱۰.رجایی، قاسم، مهدی‌نژاد، محمد هادی و حصاری مطلق، سمانه (۱۳۹۰) **بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸**، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال هفتم، شماره ششم، صص۷۴۵-۷۳۷.

۱۱.زارع، مریم، امین‌پور، آزاده، میرزازاده، مجید، آذر، مهین، تذکری، زهرا، محرابی، یدا..، کلانتری، ناصر(۱۳۸۵) **مقایسه تاثیر دو نوع آب آشامیدنی با درجه سختی متفاوت بر عناصر ادراری در مردان مبتلا به سنگ کلسیمی و غیر مبتلا**، فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال اول، شماره ۳، فصل زمستان ، صفحات ۷-۱.

۱۲.سمائی، محمدرضا، ابراهیمی اصغر و احرامپوش، محمد حسن(۱۳۸۶) **بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد**، فصلنامه پژوهشی طلوع بهداشت، سال ششم شماره دوم،۵۷ -۵۰.

۱۳.سمنانی، شهریار، بشارت، سیما، عربعلی، علی، کشتکار، عباسعلی،روشندل، غلامرضا، عبدالهی، نفیسه، بهنام‌پور، ناصر(۱۳۸۸) **رابطه بین سختی آب آشامیدنی و بروز سرطان های مری و معده در استان گلستان**، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، فصل پاییز ، دوره ۱۱ ، شماره ۳، پی در پی ۳۱ ، صص۸۰-۷۶.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

۱۴.شعبانی، محمد(۱۳۸۸) **بررسی تغییرات کیفی آب های زیرزمینی دشت ارسنجان،** فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۳۸۸، صص:۸۲-۷۱.

۱۵.صداقت، محمود(۱۳۸۷) **زمین و منابع آب(آب‌های زیرزمینی)**، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

۱۶.عسکری، معصومه، ابوالفضل، مساعدی، امیراحمد، دهقانی‌ومهدی مفتاح حلقی(۱۳۸۸) **بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی بوسیله تحلیل‌های زمین‌آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی دشت قزوین،** کنفرانس بین المللی منابع آب.

۱۷.کوشکی، اکرم، یعقوبی فر، محمدعلی، بهنام‌وشّانی، حمیدرضا (۱۳۸۲) **بررسی ارتباط بین سختی آبهای آشامیدنی با میزان فشارخون افراد،** مجله اسرار، سال دهم، شماره ۳، فصل پاییز، صص۲۸-۲۳.

۱۸.مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد شماره۱۰۵۳، **ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب‌آشامیدنی،** چاپ پنجم.

۱۹.نامی فرد، زهرا (۱۳۸۹) بیماری های منتقله از آب، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان.

Broers HP, van der Grift B. (2004) ***Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality. Journal of Hydrology***. (296): 192-220.

Johansen K, Andersen, AN, Kampman JP, Hansen JM, Mortensen HB (1982) ***Excretion of methimazole in human milk***. Eur J Clin Pharmacol; 23:339-41.

Webster, r, & M.A. Oliver**, (**2000) ***Geostatistics for environmental scientists***, Wiley press, 271pp.

WHO, Gvidelines for Drinking-***Water Quality*** Volume, 1996.

WHO, Gvidelines for Drinking-***Water Quality*** Volume, 2011.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]