**مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی**
**انجمن علمی بهداشت محیط ایران**
دوره ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۸۷ تا ۲۰۰

# توسعه یک شاخص نوین کیفیت آب آشامیدنی (MDWQI) و استفاده از آن در ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران

**محمدرضا محبی[۱]، کوشیار اعظم واقفی[۲]، احمد منتظری[۳]، مهرنوش ابطحی[۴]، سوگل اکتایی[۵]، رضا غلام‌نیا[۶]، فاطمه علی‌عسگری[۷]، رضا سعیدی[۸]**

دریافت: ۹۱/۰۸/۲۰ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۶

## چکیده

**زمینه و هدف:** *در این مطالعه، یک شاخص نوین برای ارزیابی کیفیت منابع آب برای مصرف شرب با عنوان شاخص اصلاح شده کیفیت آب آشامیدنی (Modified Drinking Water Quality Index: MDWQI) توسعه یافت و از آن در بررسی وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی تأمین‌کننده آب آشامیدنی در مناطق شهری ایران در سال ۱۳۹۰ استفاده گردید.*

**روش بررسی:** *تعداد ۲۳ خصوصیت کیفی آب بعنوان خصوصیات کیفی ورودی به شاخص استفاده شد و از استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی ایران بعنوان معیار مقایسه استفاده گردید. شاخص MDWQI با استفاده از سه عامل تعداد خصوصیات متجاوز از معیار، تعداد اندازه‌گیری‌های متجاوز از معیار و بزرگی تخطی‌ها از معیار محاسبه می‌شود. این شاخص کیفیت منابع آب را با توجه به امتیاز کسب شده در محدوده ۰ تا ۱۰۰ در پنج دسته عالی (۱۰۰-۹۵)، خوب (۹۴-۸۰)، متوسط (۷۹-۶۵)، مرزی (۶۴-۴۵) و نامناسب (۴۴-۰) توصیف می‌نماید.*

**یافته ها:** *بر اساس شاخص MDWQI، کیفیت ۹۵٪ آب‌های زیرزمینی کشور در سطح خوب تعیین شد و در بقیه موارد متوسط یا مرزی بود، همچنین بهترین و بدترین کیفیت منابع آب زیرزمینی به ترتیب در استان‌های اردبیل و قم مشاهده شد. سه خصوصیت کیفی اول با بیشترین نرخ تخطی به ترتیب فلوراید، منیزیم و نیترات بودند که نرخ تخطی آنها به ترتیب ۷۴٪، ۳۲٪ و ۱۳٪ تعیین شد.*

**نتیجه گیری:** *میانگین کشوری امتیاز شاخص MDWQI حدود ۸۵(وضعیت خوب) بود. این مطالعه نشان داد که شاخص MDWQI و زیرشاخص‌های آن کیفیت منابع آب را به سهولت، به درستی و به طور قابل اعتماد توصیف می‌کنند و می‌توان از آنها بطور گسترده در سراسر دنیا برای ارزیابی کیفیت منابع آب استفاده کرد.*

**واژگان کلیدی: آب آشامیدنی، منابع آب زیرزمینی، شاخص کیفیت آب، ایران**

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
۲- کارشناس مهندسی شیمی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
۳- کارشناس مهندسی عمران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
۴- دکترای مهندسی بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
۵- کارشناس مهندسی بهداشت محیط، فارغ‌التحصیل دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران
۶- دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، استادیار دانشکده سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۷- کارشناس مهندسی بهداشت محیط، فارغ‌التحصیل دانشکده سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۸- **(نویسنده مسئول)**: دکترای مهندسی بهداشت محیط، استادیار دانشکده سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
reza.saeedi@gmail.com

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

## مقدمه

در گذشته، ارزیابی کیفیت منابع آب تنها از طریق مقایسه خصوصیات کیفی آب با استانداردهای کیفیت آب متناظر صورت می‌گرفت. اگرچه این نوع ارزیابی به سهولت انجام می‌شود، اما تصویر جامع و موجزی از کیفیت آب بویژه برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان که نیازمند اطلاعات کلی در رابطه با کیفیت منابع آب هستند، ایجاد نمی‌کند. برای حل این مسئله و تبدیل خصوصیات کیفی آب به یک امتیاز مجموع، شاخص‌های کیفیت آب (Water Quality Index: WQI) توسعه یافتند. شاخص WQI با استفاده از توابع ریاضی، مقدار خصوصیات کیفی آب را به یک داده کمی (نمره یا امتیاز) تبدیل نموده و وضعیت کلی کیفیت منابع آب را توصیف می‌کند (۴-۱)

اولین بار شاخص WQI بوسیله Horton (۵) با انتخاب و وزن‌دهی خصوصیات کیفی آب و ارائه تابع مجموع توسعه داده شد. پس از آن بنیاد ملی بهسازی ایالات متحده (National Sanitation Foundation: NSF) با استفاده از تکنیک دلفی و اصلاح شاخص WQI، شاخص NSFWQI را ارائه نمود که از آن زمان تاکنون، این شاخص به طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. خصوصیات کیفی آب و ضرایب وزنی (داخل پرانتز) مربوطه که در شاخص NSFWQI مورد استفاده قرار گرفتند، عبارتند از اکسیژن محلول (۰/۱۷)، کلیفرم مدفوعی (۰/۱۶)، pH (۰/۱۱)، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (۰/۱۱)، نیترات (۰/۱۰)، فسفات کل (۰/۱۰)، تغییرات دمایی (۰/۱۰)، کدورت (۰/۰۸) و کل جامدات (۰/۰۷). مقدار شاخص NSFWQI بین ۰ تا ۱۰۰ بوده و منابع آب را در پنج گروه نامناسب (۲۵-۰)، نسبتاً بد (۵۰-۲۵)، متوسط (۷۰-۵۰)، خوب (۹۰-۷۰) و عالی (۱۰۰-۹۰) طبقه‌بندی می‌کند (۶و۷).

چندین شاخص ترکیبی کیفیت آب بر پایه شاخص NSFWQI و اصلاح جزئی آن ایجاد شده است (۱۱-۸). در میان شاخص‌های کیفیت آب، شاخص‌هایی که کیفیت منابع آب را با هدف تأمین آب در اجتماع ارزیابی می‌کنند، شاخص‌های کیفیت آب آشامیدنی (Drinking Water Quality Index: DWQI) نامیده می‌شوند. به عنوان مثال Ramesh و همکاران (۱۲) با استفاده از ۲۲ خصوصیت کیفی آب، یک شاخص DWQI ارائه دادند. توسعه این شاخص طی چهار مرحله به شرح زیر انجام شد: (۱) انتخاب خصوصیات کیفی آب و دسته‌بندی آنها، (۲) توسعه زیرشاخص، (۳) تخصیص ضریب وزنی و ارائه منحنی استانداردسازی برای خصوصیات منتخب و (۴) ارائه تابع مجموع و توصیف شاخص DWQI. اگرچه این شاخص کارایی قابل قبولی دارد، اما ایراداتی از جمله پیچیدگی، محاسبات زمان‌بر، به‌کارگیری منحنی‌های استانداردسازی سلیقه‌ای و عدم انعطاف‌پذیری در انتخاب خصوصیات کیفی آب و معیار مقایسه و سنجش در آن به چشم می‌خورد.

یکی از موفق‌ترین تلاش‌ها در توسعه شاخص DWQI توسط شورای وزیران محیط‌زیست کانادا صورت گرفت (۱۳). در شاخص DWQI کانادا، برخلاف بیشتر شاخص‌های DWQI قبلی، به جای استاندارد کردن خصوصیات کیفی آب با منحنی‌های سلیقه‌ای، خصوصیات کیفی آب با استانداردهای کیفیت آب متناظر مقایسه می‌شود. از جمله مزایای شاخص DWQI کانادا می‌توان به محاسبه ساده و انعطاف‌پذیری در انتخاب خصوصیات کیفی آب و معیار مقایسه اشاره نمود، البته این شاخص معایبی نیز دارد که یکی از مهم‌ترین آنها تأثیر برابر خصوصیات کیفی مختلف بر امتیاز نهایی شاخص است (۱۴،۳و۱۵).

هدف از این پژوهش بازنگری شاخص DWQI کانادا و ارائه یک شاخص کارآمد با عنوان شاخص اصلاح شده کیفیت آب آشامیدنی (Modified Drinking Water Quality Index: MDWQI) بود. پس از توسعه شاخص MDWQI، از آن برای ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی تأمین‌کننده آب آشامیدنی در سراسر ایران استفاده شد تا علاوه بر ارائه یک چهره کلی از کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران، قابلیت این شاخص بررسی شده و حساسیت آن تحلیل گردد.

## مواد و روش‌ها

### توسعه شاخص MDWQI

مبنای محاسبه شاخص MDWQI، داده‌های کیفیت آب جمع‌آوری شده در طول یک سال است و این شاخص برای



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

داده‌هـای کیفیت آب حاصل از یک نمونه‌بـرداری منفرد قابل محاسبه نیست؛ در نتیجه شاخص MDWQI وضعیت پایدار و طولانی‌مـدت کیفیـت منابع آب را نشـان می‌دهـد. از میان ایستگاه‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌هایی که در آنها حداقل چهار خصوصیـت کیفی آب، حداقل چهار بار در سـال اندازه‌گیری شده‌اند، برای محاسبه شاخص MDWQI انتخاب می‌شوند. توسـعه شـاخص MDWQI طی چهار مرحله به شـرح زیر صورت پذیرفت:

الـف) انتخـاب خصوصیـات کیفـی آب و معیـار مقایسـه: از یـک دیـدگاه کلـی خصوصیـات کیفـی آب در دو گروه دسته‌بندی می‌شـوند: خصوصیـات بهداشـتی و خصوصیات مقبولیـت. براسـاس ایـن دسـته‌بندی، دو زیرشـاخص برای شاخص MDWQI ارائه شد: شـاخص مقبولیت کیفیت آب (Acceptability Water Quality Index: AWQI) که خصوصیـات زیباشـناختی و گوارایی آب آشـامیدنی را مورد توجه قرار می‌دهد و شـاخص کیفیت بهداشـتی آب (Health Water Quality Index: HWQI) که با اسـتفاده از خصوصیات بهداشـتی آب آشامیدنی توسعه می‌یابد. دو ملاک برای انتخاب خصوصیات کیفی آب ورودی به شـاخص MDWQI در نظر گرفته شد: اندازه‌گیری منظم (حداقل چهار بار در سـال) در منابع آب زیرزمینی و داشـتن استاندارد کیفی آب آشامیدنی ایران. براساس ملاک‌های مذکور، ۲۳ خصوصیت کیفی آب برای توسعه شاخص MDWQI و زیرشـاخص‌هایش انتخاب شدند (جدول ۱) و استانداردهای کیفیت آب آشـامیدنی ایران (بجز یـک مورد) به عنوان معیار مقایسـه مورد اسـتفاده قرار گرفتند (۱۶). از آنجایی‌که منابع آب زیرزمینی قبل از اسـتفاده به عنوان آب آشـامیدنی، الزاما گندزدایی می‌شوند، استفاده از استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران بـه عنوان معیار کلیفـرم مدفوعی (۰ MPN/۱۰۰mL) بسـیار سـختگیرانه بـود، از این‌رو معیـار کلیفـرم مدفوعی ۲۰ MPN/۱۰۰mL در نظـر گرفته شـد، این مقـدار معیار کیفیت مناسب منابع آب برای مصرف شرب در ایالات متحده اسـت(۷).

**جدول ۱: مقادیر استاندارد و ضریب وزنی خصوصیات کیفی ورودی به شاخص MDWQI**

| خصوصیت | واحد | مقدار استاندارد | | ضریب وزنی ($w_{q_i}$) |
|---|---|---|---|---|
| | | حداقل مجاز | حداکثر مجاز | |
| خصوصیات مقبولیت | | | | |
| آلومینیوم (Al) | mg/L | – | ۰/۲ | ۱ |
| آهن (Fe) | mg/L | – | ۰/۳ | ۱ |
| پی‌اچ (pH) | - | ۶/۵ | ۸/۵ | ۱ |
| روی (Zn) | mg/L | – | ۳ | ۱ |
| سختی کل (Total hardness) | mg/L | – | ۵۰۰ | ۱ |
| سدیم (Na) | mg/L | – | ۲۵۰ | ۱ |
| سولفات ($SO_4^{2-}$) | mg/L | – | ۴۰۰ | ۱ |
| کلرید ($Cl^-$) | mg/L | – | ۴۰۰ | ۱ |
| کل جامدات محلول (TDS) | mg/L | – | ۱۵۰۰ | ۱ |
| کلسیم (Ca) | mg/L | – | ۳۰۰ | ۱ |
| منیزیم (Mg) | mg/L | – | ۳۰ | ۱ |



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

ادامه جدول ۱: مقادیر استاندارد و ضریب وزنی خصوصیات کیفی ورودی به شاخص MDWQI

| خصوصیت | واحد | مقدار استاندارد | | ضریب وزنی |
|---|---|---|---|---|
| | | حداقل مجاز | حداکثر مجاز | ($w_{q_i}$) |
| نیتروژن آمونیاکی | mg/L | – | ۱/۵ | ۱ |
| **خصوصیات بهداشتی** | | | | |
| آرسنیک (As) | mg/L | – | ۰/۰۱ | ۳ |
| جیوه (Hg) | mg/L | – | ۰/۰۰۶ | ۳ |
| سرب (Pb) | mg/L | – | ۰/۰۱ | ۳ |
| فلوراید ($F^-$) | mg/L | 0.5 | ۱/۵ | ۲ |
| کادمیوم (Cd) | mg/L | – | ۰/۰۰۳ | ۳ |
| کدورت | NTU | – | ۵ | ۲ |
| کروم (Cr) | mg/L | – | ۰/۰۵ | ۳ |
| کلیفرم مدفوعی | MPN/100mL | – | ۲۰ | ۳ |
| مس (Cu) | mg/L | – | ۲ | ۲ |
| منگنز (Mn) | mg/L | – | ۰/۴ | ۲ |
| نیتریت ($NO_2^-$) | mg/L | – | ۳ | – |
| نیترات ($NO_3^-$) | mg/L | – | ۵۰ | – |
| $^*C_{NO_3^-}/SV_{NO_3^-}+C_{NO_2^-}/SV_{NO_2^-}$ | – | – | ۱ | ۳ |

* مجموع نسبت غلظت نیترات و نیتریت به مقدار رهنمودیشان نباید بیشتر از یک باشد.

ب) تخصیص ضریب وزنی برای خصوصیات کیفی ورودی: خصوصیات بهداشتی بویژه ترکیبات سرطانزا و کیفیت میکروبی در مقایسه با خصوصیات مقبولیت آب تأثیر بیشتری بر وضعیت کلی کیفیت آب آشامیدنی دارند، بمنظور در نظر گرفتن این تأثیر متفاوت در توسعه شاخص MDWQI، برای خصوصیات کیفی ورودی بسته به اهمیت ضریب وزنی به میزان یک، دو یا سه تعیین گردید. این کار با تلاش کارشناسان و متخصصان کیفیت آب در سراسر ایران و با استفاده از تکنیک دلفی انجام پذیرفت. ضرایب وزنی تعیین شده برای خصوصیات ورودی در جدول ۱ آمده است.

ج) محاسبه شاخص MDWQI: شاخص MDWQI با استفاده از سه عامل محاسبه می‌شود؛ عامل حوزه یا وسعت ($F_1$)، عامل تکرار یا فراوانی ($F_2$) و عامل بزرگی یا فاصله از معیار ($F_3$). عامل $F_1$ تابعی از تعداد خصوصیات کیفی است که از معیار تخطی می‌کنند. عامل $F_2$ تابعی از تعداد اندازه‌گیری‌های موجود در مجموعه داده‌ها است که از معیار تخطی می‌کنند و عامل $F_3$ نیز تابعی از مقدار تخطی از معیار در اندازه‌گیری‌های متجاوز از معیار است. عوامل $F_1$ و $F_2$ به ترتیب با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند:

$$F_1 = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{q_j}}{\sum_{i=1}^{m} w_{q_i}} \quad i = 1, 2, ..., m; j = 1, 2, ..., n \qquad (1)$$

$$F_2 = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left( w_{q_j} \times N_{q_j} \right)}{\sum_{i=1}^{m} \left( w_{q_i} \times N_{q_i} \right)} \qquad (2)$$



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

که در آنها $w_{q_i}$ ضریب وزنی خصوصیت کیفی iام و $w_{q_j}$ ضریب وزنی خصوصیت کیفی متجاوز از معیار jام هستند؛ m تعداد خصوصیات کیفی ورودی و n تعداد خصوصیات کیفی متجاوز از معیار هستند؛ $N_{q_i}$ تعداد کل اندازه‌گیری‌های خصوصیات کیفی ورودی و $N_{q_j}$ تعداد اندازه‌گیری‌های متجاوز از معیار هستند.

بمنظور محاسبه عامل $F_3$، ابتدا باید بزرگی تخطی خصوصیات متجاوز از معیار ($E_{q_j}$) محاسبه شده و سپس عامل مجموع نرمال شده تخطی‌ها (Normalized Sum of Excursions: NSE) تعیین گردد. عوامل $E_{q_j}$ و NSE به ترتیب با استفاده از روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند:

$$E_{q_j} = \sum_{N_{q_j}} \left( \frac{C_{q_j}}{\mathrm{SV}_{q_j}} - 1 \right) \qquad (3)$$

$$\mathrm{NSE} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left( w_{q_j} \times E_{q_j} \right)}{\sum_{i=1}^{m} \left( w_{q_i} \times N_{q_i} \right)} \qquad (4)$$

که در آنها $E_{q_j}$ بزرگی تخطی خصوصیت متجاوز از معیار j ام، $C_{q_j}$ غلظت خصوصیت متجاوز jام، $SV_{aj}$ مقدار استاندارد خصوصیت متجاوز jام و NSE مجموع نرمال شده تخطی‌ها هستند.

عامل $F_3$ و شاخص MDWQI به ترتیب از روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند:

$$F_3 = \frac{\mathrm{NSE}}{0.01\mathrm{NSE} + 0.01} \qquad (5)$$

$$\mathrm{MDWQI} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \qquad (6)$$

زیرشاخص‌های AWQI و HWQI نیز با استفاده از روابط فوق محاسبه می‌شوند، با این تفاوت که خصوصیات کیفی ورودی آنها به ترتیب خصوصیات مقبولیت و خصوصیات بهداشتی آب آشامیدنی هستند.

د) طبقه‌بندی و توصیف امتیاز شاخص MDWQI: امتیاز شاخص MDWQI (خروجی رابطه ۶) عددی بین ۰ تا ۱۰۰ است که عدد صفر نشان‌دهنده نامناسبترین کیفیت و عدد ۱۰۰ نشان‌دهنده کیفیت عالی است. در جدول ۲ طبقه‌بندی و توصیف امتیاز شاخص MDWQI ارائه شده است. مطابق جدول ۲، این شاخص کیفیت منابع آب را در پنج دسته عالی، خوب، متوسط، مرزی و نامناسب دسته‌بندی می‌کند.

**جدول ۲: طبقه‌بندی کیفیت منابع آب با استفاده از شاخص MDWQI**

| وضعیت | امتیاز شاخص | توصیف |
|---|---|---|
| عالی | ۹۵-۱۰۰ | تمام سنجش‌ها همواره مطلوب است. |
| خوب | ۸۰-۹۴ | کیفیت آب به ندرت از سطح مطلوب خارج می‌شود. |
| متوسط | ۶۵-۷۹ | کیفیت آب گاهی اوقات از سطح مطلوب خارج می‌شود. |
| مرزی | ۴۵-۶۴ | کیفیت آب اغلب از سطح مطلوب خارج می‌شود. |
| نامناسب | ۰-۴۴ | کیفیت آب معمولا از سطح مطلوب خارج می‌شود. |

**میدان مطالعه و نمونه‌برداری**

این مطالعه در مناطق شهری ایران بوسیله شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران با همکاری ۴۰ شرکت آب و فاضلاب واقع در ۳۱ استان کشور انجام پذیرفت. در مناطق شهری ایران تقریبا ۶۷٪ آب اجتماع از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (۱۷)، از این‌رو در این مطالعه برای تهیه یک شمای کلی از منابع آب آشامیدنی در کشور، تمام چاه‌های آب زیرزمینی با مصرف شرب واقع در مناطق شهری به تعداد ۵۳۱۴ حلقه مورد بررسی قرار گرفته و شاخص MDWQI در آنها براساس نمونه‌برداری‌های سالیانه (سال ۱۳۹۰) محاسبه گردید. تمام خصوصیات کیفی آب طبق دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (۱۸).



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

### تحلیل حساسیت شاخص MDWQI

به منظور بررسی درستی روابط توسعه یافته برای محاسبه شاخص MDWQI، حساسیت این شاخص به داده‌های خصوصیات کیفی ورودی تحلیل گردید. این اقدام با حذف دو عامل از خصوصیات کیفی مقبولیت و بهداشتی با بالاترین نرخ تخطی انجام شد و سپس نتایج شاخص جدید (حاصل از حذف دو خصوصیت) با نتایج حاصل از شاخص MDWQI مقایسه گردید و تجزیه و تحلیل شد.

## یافته‌ها

### ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص MDWQI

تصویر کلی کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران با استفاده از شاخص MDWQI و زیرشاخص‌های آن در جدول ۳ و شکل ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۳ آمده است، منابع آب زیرزمینی استان اردبیل با کسب امتیاز ۹۴، بالاترین میانگین استانی امتیاز شاخص MDWQI را به خود اختصاص دادند. بالاترین میانگین استانی امتیاز شاخص‌های HWQI و AWQI به ترتیب ۹۵ و ۹۹ بدست آمد که به ترتیب مربوط به استان‌های اردبیل و کردستان بود. در ۲۵ استان کشور، میانگین استانی امتیاز شاخص MDWQI در محدوده خوب بود و در ۴ و ۲ استان دیگر نیز میانگین استانی امتیاز این شاخص به ترتیب در محدوده متوسط و مرزی قرار داشت (شکل ۱). در هیچ یک از استان‌های کشور میانگین استانی امتیاز شاخص MDWQI در سطح عالی و یا نامناسب نبود. مطابق جدول ۳، پایین‌ترین میانگین استانی امتیاز شاخص‌های MDWQI، HWQI و AWQI به ترتیب ۵۶، ۶۵ و ۳۸ بدست آمد. این مقادیر به ترتیب در استان‌های قم، هرمزگان و قم مشاهده شد، بنابراین بر اساس شاخص MDWQI، پایین‌ترین کیفیت آب زیرزمینی مربوط به استان قم بود.

**جدول ۳: شاخص‌های MDWQI، HWQI و AWQI در منابع آب زیرزمینی ایران**

| شماره | استان | MDWQI | HWQI | AWQI | خصوصیات با بیشترین نرخ تخطی | | خصوصیات با بالاترین NSE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | HWQI | AWQI | HWQI | AWQI |
| ۱ | آذربایجان شرقی | ۸۲ | ۷۰ | ۹۲ | فلوراید | منیزیم | کدورت | منیزیم |
| ۲ | آذربایجان غربی | ۸۲ | ۷۵ | ۹۳ | فلوراید | منیزیم | آرسنیک | منیزیم |
| ۳ | اردبیل | ۹۴ | ۹۵ | ۹۲ | فلوراید | سختی | فلوراید | سختی |
| ۴ | اصفهان | ۸۴ | ۸۵ | ۸۲ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۵ | البرز | ۸۵ | ۷۹ | ۹۶ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۶ | ایلام | ۹۲ | ۸۸ | ۹۵ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۷ | بوشهر | ۶۱ | ۷۹ | ۴۷ | فلوراید | منیزیم | کدورت | منیزیم |
| ۸ | تهران | ۸۷ | ۷۸ | ۹۷ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۹ | چهارمحال و بختیاری | ۹۲ | ۸۸ | ۹۸ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۰ | خراسان جنوبی | ۷۴ | ۷۱ | ۷۷ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۱ | خراسان رضوی | ۸۵ | ۸۰ | ۹۰ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۲ | خراسان شمالی | ۷۵ | ۷۲ | ۷۸ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۳ | خوزستان | ۸۶ | ۸۲ | ۸۹ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۴ | زنجان | ۸۶ | ۷۵ | ۹۵ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۵ | سمنان | ۹۰ | ۹۲ | ۸۷ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۶ | سیستان و بلوچستان | ۸۰ | ۸۸ | ۷۴ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

**ادامه جدول ۳: شاخص‌های MDWQI، HWQI و AWQI در منابع آب زیرزمینی ایران**

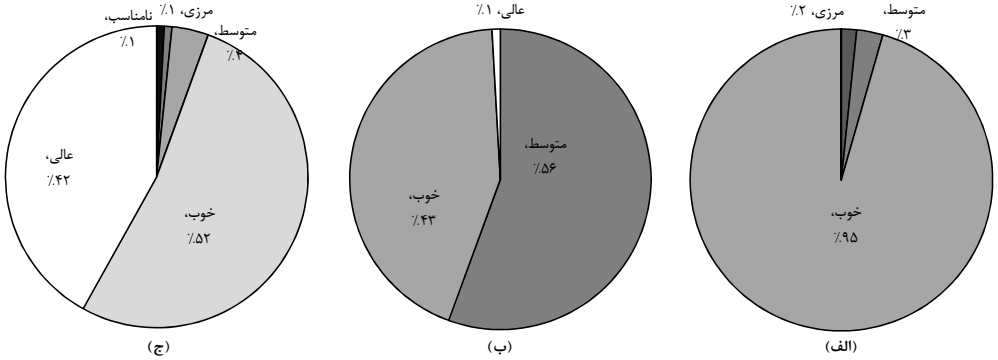
| شماره | استان | MDWQI | HWQI | AWQI | خصوصیات با بیشترین نرخ تخطی | | خصوصیات با بالاترین NSE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | HWQI | AWQI | HWQI | AWQI |
| ۱۷ | فارس | ۸۳ | ۸۰ | ۸۷ | فلوراید | منیزیم | سرب | منیزیم |
| ۱۸ | قزوین | ۹۱ | ۸۶ | ۹۷ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۱۹ | قم | ۵۶ | ۷۷ | ۳۸ | نیترات | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۰ | کردستان | ۸۶ | ۷۶ | ۹۹ | فلوراید | آهن | فلوراید | آهن |
| ۲۱ | کرمان | ۸۵ | ۷۹ | ۹۲ | آرسنیک | منیزیم | آرسنیک | منیزیم |
| ۲۲ | کرمانشاه | ۸۹ | ۸۲ | ۹۷ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۳ | کهگیلویه و بویراحمد | ۸۴ | ۷۵ | ۹۸ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۴ | گلستان | ۸۵ | ۷۵ | ۹۵ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۵ | گیلان | ۷۶ | ۶۶ | ۸۸ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۶ | لرستان | ۸۵ | ۶۸ | ۹۵ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۷ | مازندران | ۸۴ | ۷۴ | ۹۳ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۲۸ | مرکزی | ۸۶ | ۸۳ | ۸۹ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | سدیم |
| ۲۹ | هرمزگان | ۶۵ | ۶۵ | ۶۴ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۳۰ | همدان | ۸۷ | ۸۰ | ۹۴ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۳۱ | یزد | ۸۸ | ۹۱ | ۸۴ | فلوراید | منیزیم | فلوراید | منیزیم |
| ۳۲ | **کل کشور** | **۸۵** | **۷۹** | **۹۱** | **فلوراید** | **منیزیم** | **فلوراید** | **منیزیم** |

**شکل ۱: تصویر کلی کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران با استفاده از شاخص MDWQI (میانگین استانی)**

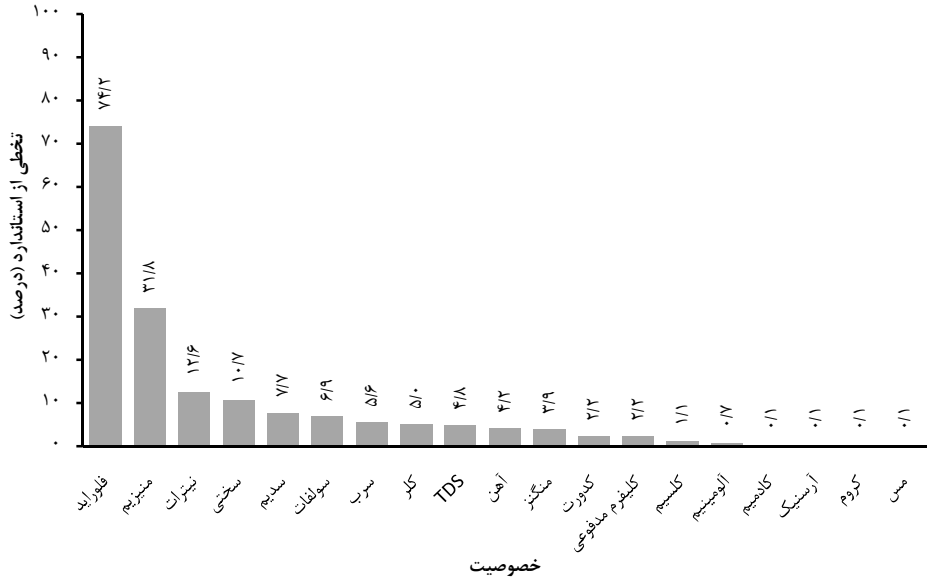


[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی کشور (بر حسب میزان جریان) با استفاده از شاخص‌های MDWQI، HWQI و AWQI در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس شاخص MDWQI، کیفیت ۹۵٪ آب‌های زیرزمینی کشور در سطح خوب تعیین شد و در بقیه موارد متوسط یا مرزی بود (شکل ۲). شکل ۳ نرخ تخطی (بر حسب درصد) خصوصیات کیفی آب را در سطح کشور ارائه می‌دهد. با توجه به شکل ۳، تعداد ۱۹ پارامتر از میان ۲۳ خصوصیات کیفی ورودی شاخص MDWQI، از مقدار استاندارد خود تخطی کرده و تنها نیتروژن آمونیاکی، pH، روی و جیوه همواره در حد استاندارد بودند. در میان خصوصیات کیفی مقبولیت و بهداشتی، به ترتیب منیزیم و فلوراید بیشترین نرخ تخطی را نشان دادند. طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی کشور (بر حسب میزان جریان) بر اساس غلظت فلوراید و غلظت منیزیم در شکل ۴ ارائه شده است.



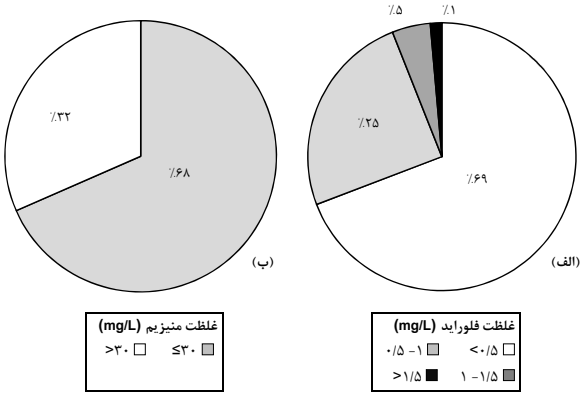

**شکل ۲: طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی کشور (بر حسب میزان جریان) با استفاده از شاخص‌های (الف) MDWQI ، (ب) HWQI و (ج) AWQI**




**شکل ۳: نرخ تخطی (بر حسب درصد) خصوصیات کیفی آب در سطح کشور**



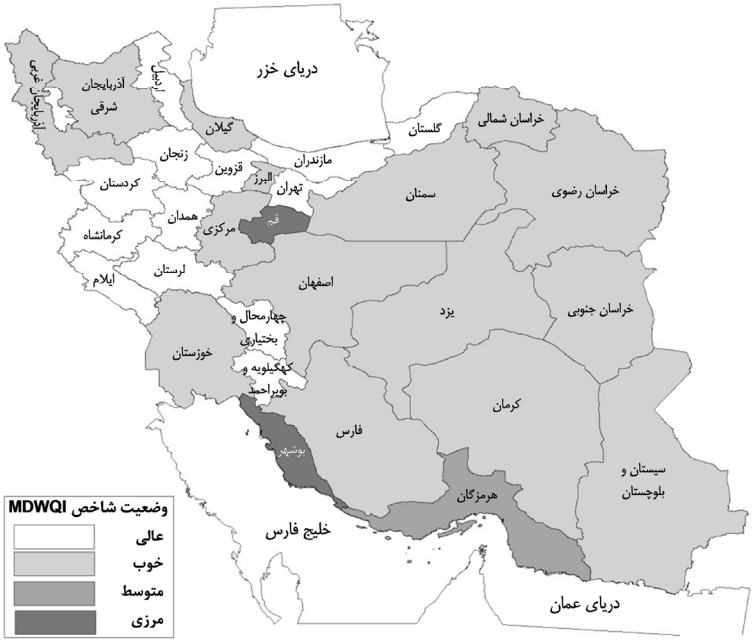
[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]




**شکل ۴: طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی کشور (بر حسب میزان جریان) بر اساس (الف) غلظت فلوراید و (ب) غلظت منیزیم**

## تحلیل حساسیت شاخص MDWQI

شـکل ۵ تأثیر حذف دو خصوصیت کیفی مقبولیت و بهداشتی بـا بالاترین نـرخ تخطی (بـه ترتیـب منیزیـم و فلوراید) از خصوصیات ورودی به شاخص MDWQI را نشان می‌دهد. در نتیجه حذف فلوراید و منیزیم از خصوصیات کیفی ورودی به شـاخص MDWQI، میانگین اسـتانی امتیاز این شاخص در ۱۳ اسـتان در وضعیـت عالـی قرار گرفت کـه بهبود قابل ملاحظه‌ای نسـبت به وضعیت اصلی این شـاخص محسوب می‌شود.




**شکل ۵: تأثیر حذف فلوراید و منیزیم از خصوصیات کیفی ورودی به شاخص MDWQI**

## بحث

### ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی با اسـتفاده از شـاخص MDWQI

شـاخص‌های ترکیبی کیفیت آب آشـامیدنی تصویر جامعی از مطلوبیت آب برای مصرف شـرب ارائـه نموده و قضاوت در مورد کیفیت منابع آب را تسهیل می‌نمایند (۳-۱). مطابق جدول ۳، میانگین کشوری امتیاز شاخص‌های MDWQI، HWQI و AWQI به ترتیب ۸۵ (خوب)، ۷۹ (متوسط) و ۹۱ (خوب) بود. در سطح استانی تنها در یک استان میانگین امتیاز شاخص HWQI در سـطح عالی بود (اسـتان اردبیل)، در حالی‌که در ۱۱ استان میانگین استانی شاخص AWQI در سطح عالی قرار داشت، بعلاوه شکل ۲ نشان می‌دهد که شاخص‌های HWQI و AWQI به ترتیب در ۱٪ و ۴۲٪ از آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه در وضعیت عالی قرار داشـتند، بر این اسـاس می‌توان نتیجـه گرفت که کیفیت زیبایی‌شـناختی منابـع آب زیرزمینی ایران از کیفیت بهداشتی آنها بهتر بود. بالاترین میانگین استانی امتیـاز شـاخص MDWQI به میـزان ۹۴ در اسـتان اردبیل مشـاهده شـد، منابع آب زیرزمینی این استان بالاترین میانگین



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

استانی امتیاز شاخص HWQI (به میزان ۹۵) را نیز به خود اختصاص دادند، بنابراین بر پایه شاخص MDWQI، منابع آب زیرزمینی استان اردبیل از بهترین کیفیت برخوردار بودند. پایین‌ترین میانگین استانی شاخص MDWQI در استان قم مشاهده شد، در این استان بیشترین نرخ تخطی خصوصیات کیفی بهداشتی و مقبولیت به ترتیب مربوط به نیترات و منیزیم بود، در حالی‌که بالاترین مقادیر NSE خصوصیات کیفی بهداشتی و مقبولیت به ترتیب به فلوراید و منیزیم تعلق گرفت. مطابق شکل ۳، در سطح کشور، سه خصوصیت کیفی اول با بیشترین نرخ تخطی به ترتیب فلوراید، منیزیم و نیترات بودند که نرخ تخطی آنها به ترتیب ۷۴٪، ۳۲٪ و ۱۳٪ تعیین شد. نرخ بالای تخطی از معیار فلوراید عمدتاً ناشی از غلظت کم فلوراید در منابع آب زیرزمینی مورد مطالعه بود. شکل ۴ نشان می‌دهد که در ۶۹٪ از آب‌های زیرزمینی استحصال شده، غلظت فلوراید پایین‌تر از حداقل غلظت مجاز ۰/۵ mg/L بود، در ۳۰٪ آنها غلظت فلوراید در محدوده مجاز ۱/۵-۰/۵ mg/L قرار داشت و تنها در ۱٪ باقیمانده غلظت فلوراید بالاتر از حداکثر غلظت مجاز ۱/۵ mg/L بدست آمد. غلظت پایین فلوراید در منابع آب زیرزمینی ایران در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است. Mesdaghinia و همکاران (۱۹) میانگین غلظت فلوراید در منابع آب زیرزمینی ایران را ۰/۲۸±۰/۴۷ mg/L بدست آوردند. شکل ۴ نشان می‌دهد که در ۳۲٪ از آب‌های زیرزمینی استخراج شده، غلظت منیزیم بالاتر از استاندارد کیفیت آب آشامیدنی (۳۰ mg/L) بود. طبق بررسی‌های انجام شده، در اکثر موارد فرایند تصفیه آب‌های زیرزمینی در تأمین آب اجتماع در ایران تنها گندزدایی با کلر است که تأثیری بر غلظت فلوراید و منیزیم ندارد. در بعضی از شرکت‌های آب و فاضلاب، یکی از استراتژی‌های دستیابی به کیفیت مطلوب آب آشامیدنی، استفاده از چند منبع آب و تنظیم میزان برداشت آب از منابع آبی مختلف است (۱۷)، بنابراین در مواردی که از چند منبع آب برای تغذیه شبکه توزیع آب اجتماع استفاده می‌شود، اختلاط آب‌های زیرزمینی با یکدیگر و یا با آب‌های سطحی می‌تواند کیفیت آب در شبکه توزیع را بهبود ببخشد.

مقایسه استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران برای فلوراید و منیزیم با استانداردهای متناظر سایر کشورها و رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت نشان می‌دهد که استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران برای خصوصیات مذکور سختگیرانه است، برای مثال سازمان جهانی بهداشت برای فلوراید فقط رهنمود حداکثر غلظت مجاز به میزان ۱/۵ mg/L را ارائه داده و برای منیزیم رهنمودی پیشنهاد نداده است (۲۰). استاندارد اولیه کیفیت آب آشامیدنی کشور آمریکا برای فلوراید ۴ mg/L است، در این کشور برای منیزیم استاندارد ملی کیفیت آب آشامیدنی وضع نشده است (۲۱). این مقایسه نشان می‌دهد که نرخ بالای تخطی فلوراید و منیزیم در منابع آب زیرزمینی ایران ناشی از استاندارد سختگیرانه این خصوصیات است. نتایج این مطالعه نشان داد که استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی فلوراید و منیزیم بسیار سختگیرانه بوده و قابلیت اجرا ندارند، بنابراین توصیه می‌شود این استانداردها بر اساس رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت و با توجه به منابع مالی، فنی و کیفیت منابع آب کشور بازنگری و اصلاح گردند.

امروزه افزایش غلظت نیترات در منابع آب، بسیاری از سیستم‌های تأمین آب آشامیدنی در سراسر دنیا را با مشکل مواجه کرده است. غلظت بالای نیترات در آب آشامیدنی از طریق ایجاد مسمومیت مت‌هموگلوبینمیا بویژه در نوزادان خطر بزرگی برای سلامت انسان بشمار می‌رود (۲۲). در سال‌های اخیر غلظت نیترات در منابع آب ایران نیز افزایش یافته است (۲۳و۲۴). مهم‌ترین منابع آلودگی آب به نیترات شامل فعالیت‌های کشاورزی (استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه و کود حیوانی)، شیرابه محل دفن زباله، نشت از سپتیک تانک، رواناب‌های شهری، دفع فاضلاب شهری و صنعتی خام و یا با تصفیه ناکافی می‌شود (۲۲). در مواردی که غلظت نیترات در منابع آب تأمین‌کننده آب آشامیدنی بالاست، باید منابع آب دیگری را جایگزین منابع آب آلوده کرده و یا نیترات را از طریق فرآیندهای تصفیه آب حذف کرد.

برای مقایسه عملکرد شاخص MDWQI با سایر شاخص‌های کیفیت آب، داده‌های کیفیت آب مورد مطالعه با شاخص DWQI کانادا نیز ارزیابی شد؛ در این ارزیابی میانگین کشوری امتیاز شاخص DWQI کانادا ۸۷ (سطح خوب) بدست آمد (داده‌ها نشان داده نشده است) که کمی بیشتر از میانگین کشوری امتیاز شاخص MDWQI (به میزان ۸۵) است، علت



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

امتیاز بالاتر شاخص DWQI کانادا عدم وزن‌دهی (یا وزن برابر) خصوصیات کیفی ورودی به شاخص است. ساختار متفاوت شاخص‌های کیفیت آب مورد استفاده در مطالعات دیگر، مقایسه نتایج ارزیابی آنها با یکدیگر را مشکل می‌سازد. Ocampo-Duque و همکاران (۳) بر اساس منطق فازی و با استفاده از ۲۷ خصوصیت کیفی آب، یک شاخص فازی کیفیت آب توسعه داده و از آن برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه Low Ebro استفاده کردند، در این مطالعه امتیاز شاخص کیفیت آب ۶۷ با توصیف متوسط تعیین گردید. شاخص کیفیت آب توسعه یافته در مطالعه Vasanthavigar و همکاران (۱۱)، کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه Thirumanimuttar را در بیشتر موارد نامناسب نشان داد. مقایسه نتایج ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی ایران با شاخص MDWQI با نتایج سایر مطالعات با توجه به ساختار متفاوت شاخص‌های بکار گرفته شده در مطالعات مختلف نشان می‌دهد که وضعیت کلی کنونی آب‌های زیرزمینی ایران قابل قبول بوده، اما حفظ و یا ارتقاء کیفیت موجود باید با تمرکز و توجه بیشتر از طریق طراحی و اجرای برنامه‌های جامع مدیریت کیفیت آب دنبال شود (۳،۱۱،۱۲،۱۴و۲۵).

### تحلیل حساسیت شاخص MDWQI

حذف فلوراید و منیزیم از خصوصیات کیفی ورودی به شاخص MDWQI به میزان قابل‌توجهی توصیف این شاخص از کیفیت منابع آب زیرزمینی کشور را بهبود بخشید، بطوری‌که میانگین استانی امتیاز آن در ۱۳ استان در وضعیت عالی قرار گرفت و در ۱۵، ۱ و ۲ استان به ترتیب در سطح خوب، متوسط و مرزی به ثبت رسید. با حذف فلوراید و منیزیم، میانگین استانی امتیاز شاخص MDWQI در استان لرستان ۱۰۰ بدست آمد؛ این امتیاز بدین معنی است که در طول یکسال دوره نمونه‌برداری، در نمونه‌های برداشت شده از منابع آب زیرزمینی استان لرستان، هیچ‌کدام از خصوصیات کیفی ورودی (۲۱ خصوصیت) از حد استاندارد تخطی نکردند. افزایش امتیاز شاخص MDWQI با حذف دو خصوصیت کیفی مقبولیت و بهداشتی با بالاترین نرخ تخطی نشان داد که روابط و معادلات ارائه شده برای توسعه شاخص MDWQI به درستی تدوین و تنظیم شده‌اند و توصیف این شاخص از کیفیت آب صحیح است، بنابراین از این روابط می‌توان در سایر مطالعات برای ارزیابی کیفیت منابع آب استفاده نمود.

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه، شاخص اصلاح شده کیفیت آب آشامیدنی (MDWQI) توسعه یافت و از آن برای ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی تأمین‌کننده آب آشامیدنی در سراسر ایران در سال ۱۳۹۰ استفاده گردید. میانگین کشوری امتیاز شاخص MDWQI و زیرشاخص‌های کیفیت بهداشتی و زیبایی‌شناختی آن، HWQI و AWQI به ترتیب ۸۵ (خوب)، ۷۹ (متوسط) و ۹۱ (خوب) بود. در ۲۵ استان کشور، میانگین استانی امتیاز شاخص MDWQI در محدوده خوب بود و در ۴ و ۲ استان دیگر نیز میانگین استانی امتیاز این شاخص به ترتیب در محدوده متوسط و مرزی قرار داشت. درستی روابط و معادلات ارائه شده برای توسعه شاخص MDWQI با تحلیل حساسیت آن به اثبات رسید. این مطالعه نشان داد که شاخص MDWQI و زیرشاخص‌های آن کیفیت منابع آب را به سهولت، به درستی و به طور قابل اعتماد توصیف می‌کنند و می‌توان از آنها بطور گسترده در سراسر دنیا برای ارزیابی کیفیت منابع آب استفاده کرد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان از شرکت‌های آب و فاضلاب سراسر کشور به خاطر همکاری در نمونه‌برداری و اندازه‌گیری نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌نمایند. همچنین رضا سعیدی از حمایت‌های مالی بنیاد ملی نخبگان تشکر می‌کند.

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

## منابع


1- Boyaciolu H. Development of a water quality index based on a European classification scheme. Water SA. 2007;33:101–106.

2- Icaga Y. Fuzzy evaluation of water quality classification. Ecological Indicators. 2007;7:710–18.

3- Ocampo-Duque W, Ferre-Huquet N, Domingo JL, Schuhmacher M. Assessing water quality in rivers with fuzzy inference systems: a case study. Environment International. 2006:32;733–42.

4- Silvert W. Fuzzy indices of environmental conditions. Ecological Modelling. 2000;130:111–19.

5- Horton RK. An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation. 1965;37;300–306.

6- Chang N, Chen HW, King SK. Identification of river water quality using the fuzzy synthetic evaluation approach. Journal of Environmental Management. 2001;63:293–305.

7- Ott WR. Water quality indices: a survey of indices used in the United States. Washington DC: US Environmental Protection Agency; 1978.

8- Cude CG. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of the American Water Resources Association. 2001;37:125–37.

9- Liou S-M, Lo S-L, Wang S-H. A generalized water quality index for Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment. 2004;96:35–52.

10- Ocampo-Duque W, Schuhmacher M, Domingo JL. A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters. Environmental Pollution. 2007;148:634–41.

11-Vasanthavigar M, Srinivasamoorthy K, Vijayaragavan K, Rajiv Ganthi R, Chidambaram S, Anandhan P, et al. Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. Environmental Monitoring and Assessment. 2010:171;595–609.

12- Ramesh S, Sukumaran N, Murugesan AG, Rajan MP. An innovative approach of Drinking Water Quality Index—A case study from Southern Tamil Nadu, India. Ecological Indicators. 2010;10:857–68.

13- CCME. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME water quality index 1.0, user's manual. Winnipeg, Manitoba: Canadian Council of Ministers of the Environment; 2001.

14- Rickwood CJ, Carr GM. Development and sensitivity analysis of a global drinking water quality index. Environmental Monitoring and Assessment. 2009;156:73–90.

15- Lumb A, Halliwell D, Sharma T. Application of the CCME water quality index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River Basin, Canada. Environmental Monitoring and Assessment. 2006:113;411–29.

16- ISIRI. Chemical specifications of drinking water, ISIRI No. 1053. 5th ed. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2009 (in Persian).

17- Iranian Water and Wastewater Engineering Company. Annual performance report of Iranian rural water and wastewater companies in 2011. Tehran: Iranian Water and Wastewater Engineering Company; 2011 (in Persian).

18- APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.

19- Mesdaghinia AR, Azam Vaghefi K, Montazeri A, Mohebbi MR, Saeedi R. Monitoring of fluoride in groundwater resources of Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2010;84:432–37.

20- WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.

21- USEPA. National primary drinking water regulations. USA: United States Environmental Protection Agency; 2009. Report No.: EPA 816-F-09-004.

22- Saeedi R, Naddafi K, Nabizadeh R, Mesdaghinia A, Nasseri S, Alimohammadi M, et al. Denitrification of drinking water using a hybrid heterotrophic/autotrophic/BAC bioreactor. Desalination and Water Treatment. 2012;45:1–10.

23- Gheysari MM, Houdaji M, Najafi P, Abdollahi A. Assessment of nitrate pollution of groundwater in South-East of Isfahan region. Journal of Environmental Studies. 2007;33:43–50 (in Persian).




[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

24- Khosravi Dehkordi A, Afyouni M, Mousavi SF. Nitrate concentration in groundwater in the Zayanderoud river basin. Journal of Environmental Studies. 2006;32:33–40 (in Persian).
25- Shokuhi R, Hosinzadeh E, Roshanaei G, Alipour M, Hoseinzadeh S. Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir water quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and water quality parameter changes. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;4(4):439–50 (in Persian).

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]

# Development of a modified drinking water quality index (MDWQI) and its application for assessing water quality in groundwater resources of Iran

**Mohebbi Mohammad-Reza.[1], Montazeri Ahmad.[1], Azam Vaghefi Koshyar.[1], Abtahi Mehrnoosh.[2], Oktaei Sogol.[3], Gholamnia Reza.[4], Aliasgari Fatemeh.[4], *Saeedi Reza.[4]**

[1]Water Quality Control Bureau, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran

[2]Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

[3]Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4 Department of Public Health, Faculty of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 10 November 2012 ; Accepted: 4 February 2013

## ABSTRACT

**Background and objectives:** In this research, an innovative drinking water quality index for assessing water resources as "modified drinking water quality index (MDWQI)" was developed and applied for evaluating all of the groundwater resources utilized for community water supply in urban areas of Iran during 2011.

**Materials and methods:** Twenty-three water quality parameters and relevant Iranian standards for drinking water quality were selected as input parameters and benchmarks respectively. The MDWQI is calculated using three factors including the number of parameters that excurse benchmarks, the number of measurements in a dataset that excurse benchmarks and the magnitude of excursions. The MDWQI scores range from 0 to 100 and classify water quality in five categories as excellent (95-100), good (80-94), fair (65-79), marginal (45-64), and poor (0-44).

**Results:** According to the MDWQI value, about 95% of the groundwater resources were in the good condition and the others were in the fair or marginal condition; also the best and the worst water quality of water resources were observed in Ardebil Province and Qom Province respectively. The three parameters of fluoride, magnesium, and nitrate recorded the highest rates of violation to be 74, 32, and 13% respectively.

**Conclusion:** The nationwide average score of the MDWQI was 85 (good description). This study indicated that the MDWQI and its sub-indices could describe the overall water quality of water bodies easily, reliably and correctly and have the potential suitability for extensive application all over the world.

**Keywords:** Drinking water, Groundwater resources, Water quality index, Iran

***Corresponding Author:** *reza.saeedi@gmail.com*
***Tel:** +98 21 77302969 **Fax:** +98 21 77309961*

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-07-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5 ]