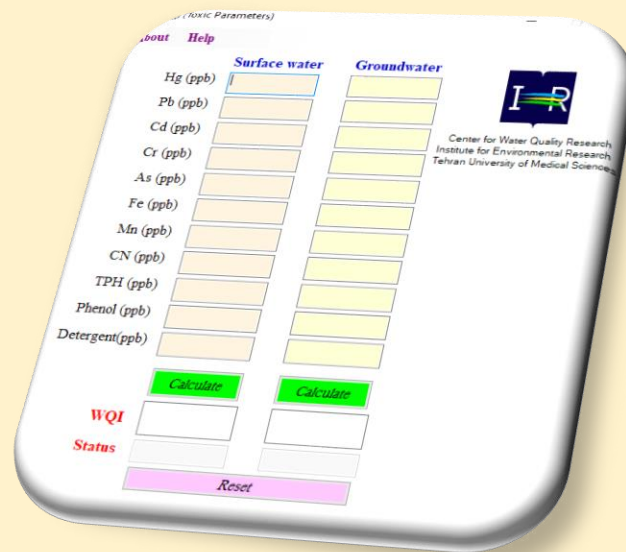


# نرم افزار محاسبه شاخص کیفیت آب برای پارامترهای سمی در منابع آب



نسخه : ۱/۰/۰

**توسعه دهنده:**

سمیرا شیخی

دانشجوی دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، علوم پزشکی تهران

**تحت راهنمایی:**

دکتر مهدی هادی

مرکز تحقیقات کیفیت آب

پژوهشکده محیط زیست

دانشگاه علوم پزشکی تهران

۱۴۰۲

## مقدمه

کیفیت آب در هر محل منعکس کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی می باشد و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده های پیچیده ای می شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند و نیاز به روش های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. در این میان طبقه بندی، شبیه سازی و تحلیل آماری داده ها، از مهم ترین بخش های ارزیابی کیفیت آب هستند. شاخص ها ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در آنها داده های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد، میزان سلامت آب را نشان می دهد، شرکت داده می شوند. شاخص کیفیت آب (Index Quality Water (WQI)) یکی از ابزارهایی است که برای ارزیابی کیفی آب های سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرد. این شاخص با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از خیلی بد تا بسیار خوب است، دسته بندی می شود. به عبارت بهتر مقادیر بالا نشان دهنده کیفیت بهتر و مقادیر کمتر نشان دهنده کیفیت پایین تر آب است. از خصوصیات این شاخص خلاصه سازی داده های کیفی آب بصورت یک عدد، قابلیت فهم ساده و آسان برای کاربران و تعیین شرایط قبولی یا رد استفاده از یک منبع آب برای کاربرد آشامیدنی می باشد. از آنجائیکه غلظت های زیاد فلزات سنگین مانند آرسنیک، کادمیم، سرب و جیوه برای سلامتی انسان خطر آفرینی خاصی دارند، در کنار پارامترهای متداول کیفیت منابع آب، پارامترهای سمی نیز باید مورد بررسی قرار گیرند. از این رو این نرم افزار برای محاسبه مقدار شاخص کیفیت آب برای پارامترهای سمی کیفیت منابع آب طراحی و توسعه داده شده است.



## راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی

مراحل محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی عبارتند از:

- ۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول ۱
  - ۲) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول ۱
  - ۳) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی
- جدول ۱ - پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی و وزن های آنها**

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	آرسنیک	۰.۱۲۸	بر حسب ppb
۲	جیوه	۰.۱۱۷	بر حسب ppb
۳	TPH	۰.۱۰۸	بر حسب ppb
۴	دترجنت	۰.۱۰۰	بر حسب ppb
۵	سرب	۰.۰۹۲	بر حسب ppb
۶	کادمیم	۰.۰۹۲	بر حسب ppb
۷	فنول	۰.۰۹۱	بر حسب ppb
۸	کرم	۰.۰۸۴	بر حسب ppb
۹	سیانید	۰.۰۷۰	بر حسب ppb
۱۰	آهن	۰.۰۶۳	بر حسب ppb
۱۱	منگنز	۰.۰۵۶	بر حسب ppb



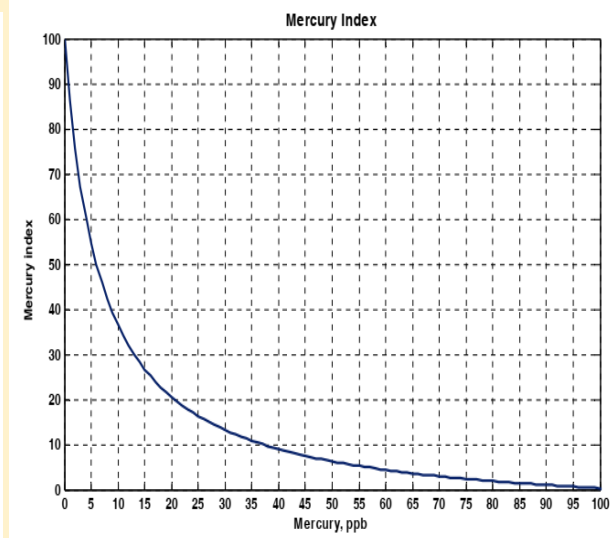
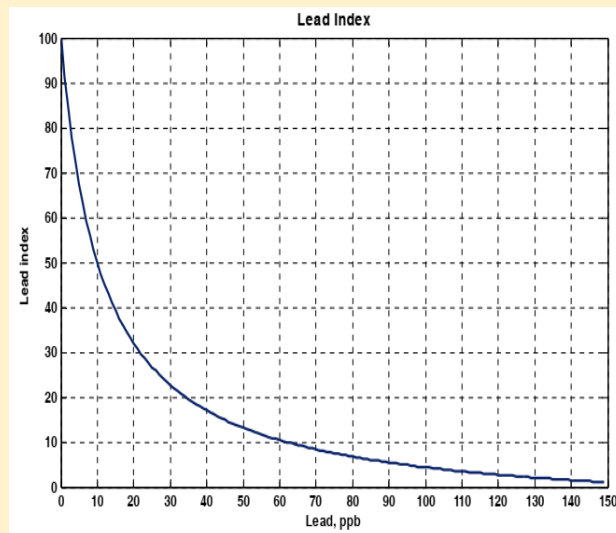
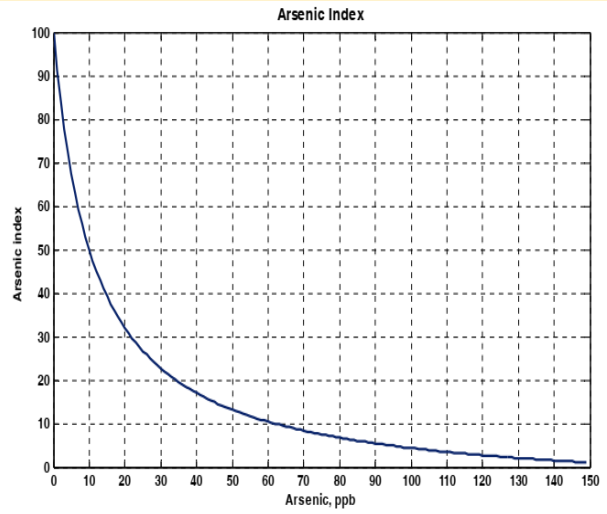
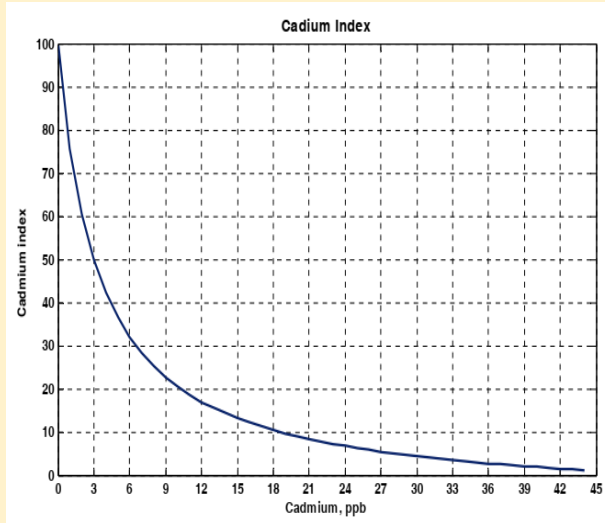
## منحنی‌های محاسبه شاخص برای آبهای سطحی

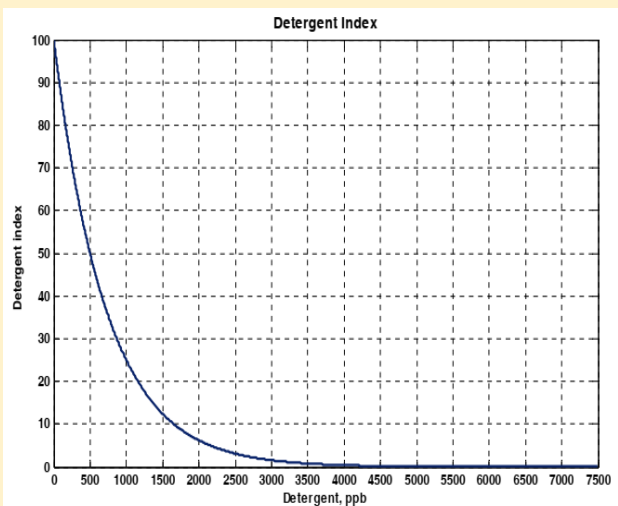
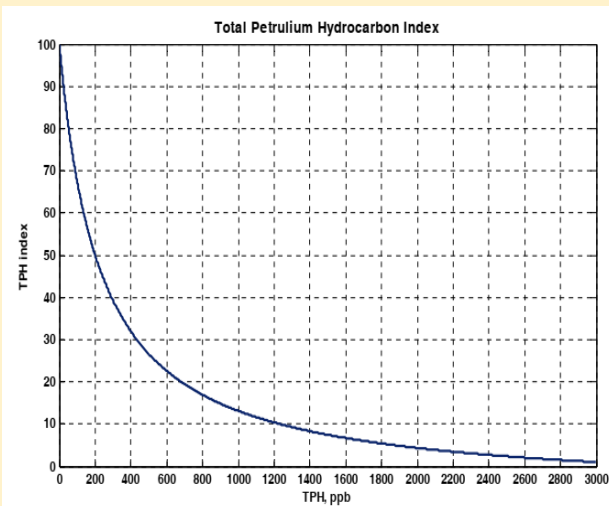
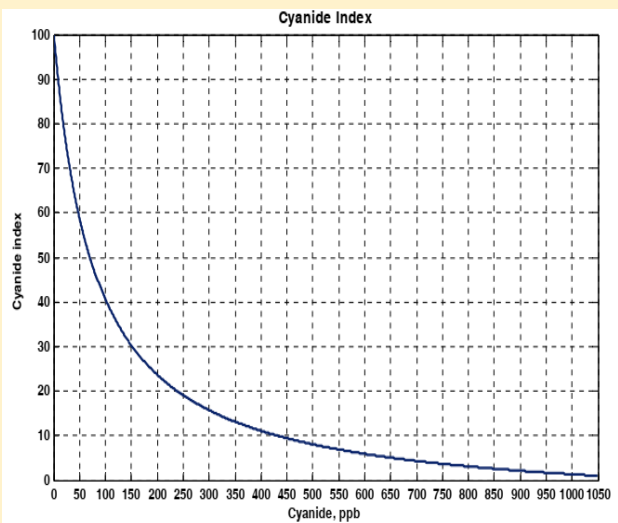
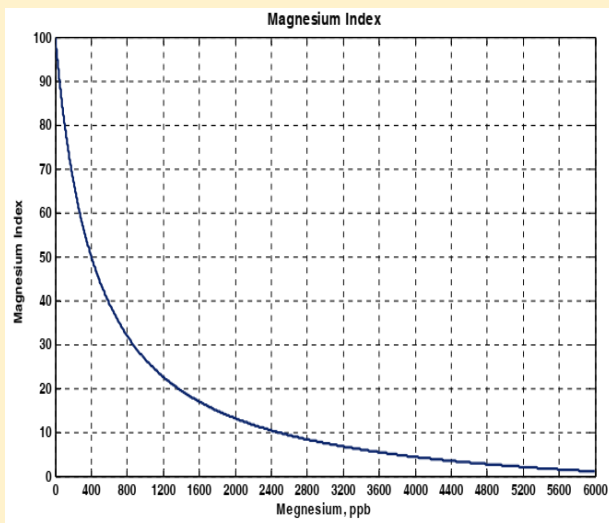
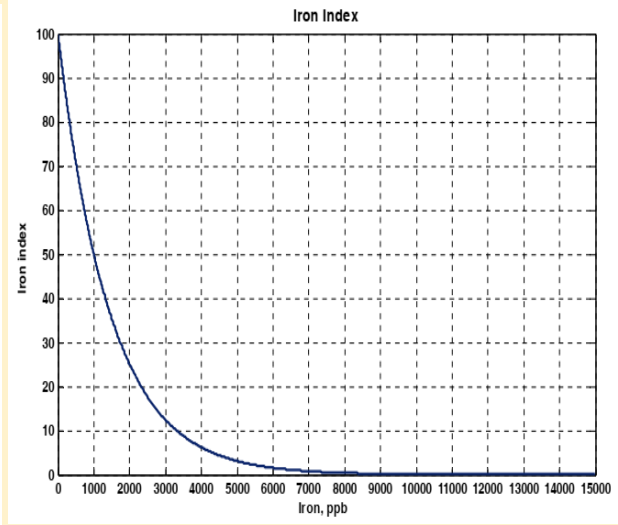
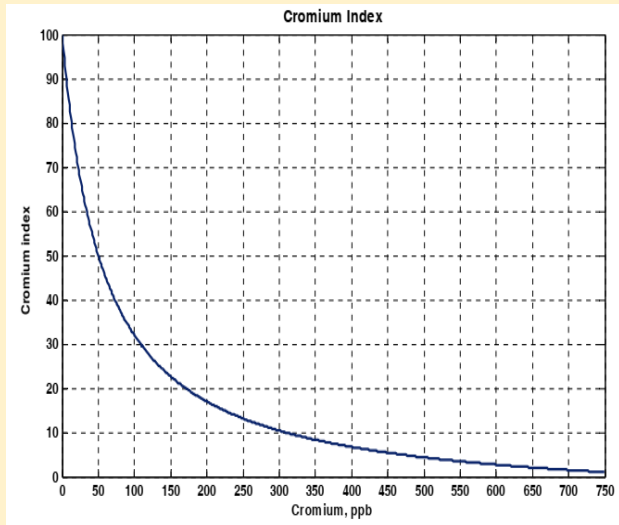
منحنی‌های محاسبه شاخص مربوط به هر پارامتر در صفحات بعد آورده شده است. در این راهنما برای بدست آوردن مقدار شاخص کیفیت، برای هر یک از پارامترهای کیفی رابطه ریاضی منحنی مطابق جدول ۲ زیر استخراج و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت.

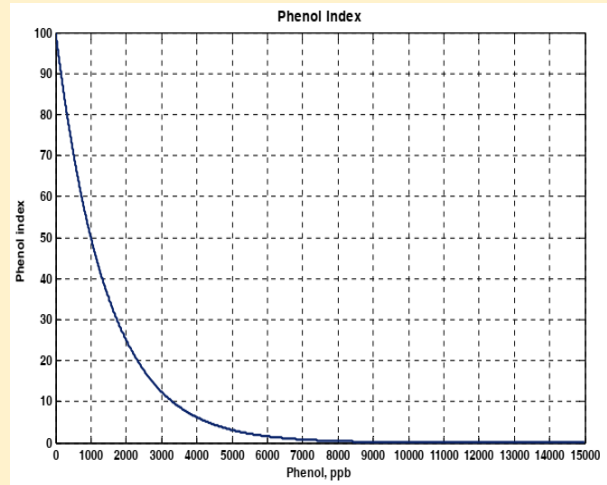
جدول ۲- روابط ریاضی منحنی‌های محاسبه شاخص پارامترهای کیفی برای منابع آب سطحی

$WQI_{Hg} = 100.3278971454447 * (2.71 ^ {((-0.049209008950069) * (Hg))})$	مقدار شاخص برای جیوه
$WQI_{Pb} = 69.5500604885486 * (2.71 ^ {((-0.026778197503242) * (Pb))})$	مقدار شاخص برای سرب
$WQI_{Cd} = 65.4056532034431 * (2.71 ^ {((-0.091074553288794) * (Cd))})$	مقدار شاخص برای کادمیوم
$WQI_{Cr} = 65.905962623975 * (2.71 ^ {((-0.005522030732569) * (Cr))})$	مقدار شاخص برای کروم
$WQI_{As} = 97.2444974977967 * (2.71 ^ {((-0.027421343460983) * (As))})$	مقدار شاخص برای آرسنیک
$WQI_{Fe} = 100.2724093348286 * (2.71 ^ {((-0.000521826404749) * (Fe))})$	مقدار شاخص برای آهن
$WQI_{Mn} = 74.4549217974468 * (2.71 ^ {((-0.000675572651534) * (Mn))})$	مقدار شاخص برای منگنز
$WQI_{CN} = 65.9825834746033 * (2.71 ^ {((-0.003942126052053) * (CN))})$	مقدار شاخص برای سیانید
$WQI_{TPH} = 87.7802927090388 * (2.71 ^ {((-0.001318085662786) * (TPH))})$	مقدار شاخص برای کل هیدروکربن‌های نفتی
$WQI_{Phenol} = 90.7671950201202 * (2.71 ^ {((-0.000444231648164) * (Phenol))})$	مقدار شاخص برای فنول
$WQI_{Detergent} = 99.9117537855903 * (2.71 ^ {((-0.000933798808211) * (Detergent))})$	مقدار شاخص برای دترجنت

## منحنی‌های مقدار شاخص برای پارامترهای کیفی در منابع آب سطحی







محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر انجام می شود:

$$WQI = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$
$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$

$W_i$  = وزن پارامتر  $i$  ام

$n$  = تعداد پارامترها

$I_i$  = مقدار شاخص برای پارامتر  $i$  ام از منحنی رتبه بندی

برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده از جدول زیر استفاده می شود:



مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹.۹	بد
۳۰-۴۴.۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵.۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰.۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

مثال:

در یک ایستگاه پایش مربوط به یک رودخانه (آب سطحی) پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده‌اند.  
مقدار شاخص کیفیت آب و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

Hg = 0.3 ppb  
As = 0.6 ppb  
Fe = 30 ppb  
Pb = 7 ppb  
Mn = 150 ppb  
CN = 52 ppb  
Cd = 3 ppb  
Cr = 50 ppb  
TPH = 2800 ppb  
Phenol = 200 ppb  
Detergent = 100 ppb



## حل:

ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۱ تعیین می‌کنیم:

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
جیوه	۰/۱۱۷	۹۹
آرسنیک	۰/۱۲۸	۹۶
آهن	۰/۰۶۳	۹۹
سرب	۰/۰۹۲	۵۸
منگنز	۰/۰۵۶	۶۷
سیانید	۰/۰۷	۵۴
کادمیوم	۰/۰۹۲	۵۰
کروم	۰/۰۸۴	۵۰
کل هیدروکربن‌های نفتی (TPH)	۰/۱۰۸	۲
فنول	۰/۰۹	۸۳
دترجنت	۰/۱	۹۱

جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$

$$\gamma = 0.117 + 0.128 + 0.063 + 0.092 + 0.056 + 0.07 + 0.092 + 0.084 + 0.108 + 0.09 + 0.1 = 1$$

محاسبه مقدار شاخص:

$$WQI = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$WQI = [(99^{0.117}) * (96^{0.128}) * (99^{0.063}) * (58^{0.092}) * (67^{0.056}) * (54^{0.07}) * (50^{0.092}) * (50^{0.084}) * (2^{0.108}) * (83^{0.09}) * (91^{0.1})]^{1/1} = 49.9$$

برای تعیین معادل توصیفی شاخص از جدول راهنما استفاده می‌شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۴۹/۹ به دست آمده است، کیفیت آب معادل متوسط با رنگ زرد می‌باشد.

متوسط	۵۰-۴۵
-------	-------



\* با استفاده از اپلیکیشن هم تقریباً نتیجه مشابهی بدست می‌آید. به دلیل قرائت چشمی غیردقیق شاخص معادل هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی در مقایسه با محاسبه شاخص معادل از طریق معادله توسط اپلیکیشن این اختلاف ناچیز طبیعی است.

مخمسبه شآخص كیفیت آب برای پارامترهای سمی

اطلاعات برنامه راهنما

آب زیرزمینی	آب سطحی	
<input type="text"/>	۰/۳	جیوه
<input type="text"/>	۷	سرب
<input type="text"/>	۳	کادمیوم
<input type="text"/>	۵۰	کروم
<input type="text"/>	۰/۶	آرسنیک
<input type="text"/>	۳۰	آهن
<input type="text"/>	۱۵۰	منگنز
<input type="text"/>	۵۲	سیانید
<input type="text"/>	۲۸۰۰	هیدروکربن های نفتی
<input type="text"/>	۲۰۰	فنول
<input type="text"/>	۱۰۰	دترجنت
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<input type="text"/>	۵۰/۴۶۸۲۷۲۸ ۲۰۹۱۲	WQI
<input type="text"/>	متوسط	وضعیت
<input type="button" value="شروع مجدد"/>		

## راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی

مراحل محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی عبارتند از:

- (۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول ۳
- (۲) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول ۳
- (۳) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی

جدول ۳- پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی و وزن های آنها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	آرسنیک	۰.۱۲۸	بر حسب ppb
۲	فتول	۰.۱۱۹	بر حسب ppb
۳	جیوه	۰.۱۱۳	بر حسب ppb
۴	دترجنت	۰.۱۰۷	بر حسب ppb
۵	TPH	۰.۰۹۷	بر حسب ppb
۶	کادمیم	۰.۰۸۶	بر حسب ppb
۷	سرب	۰.۰۷۹	بر حسب ppb
۸	کرم	۰.۰۷۹	بر حسب ppb
۹	سیانید	۰.۰۷۲	بر حسب ppb
۱۰	آهن	۰.۰۶۶	بر حسب ppb
۱۱	منگنز	۰.۰۵۳	بر حسب ppb

### منحنی‌های محاسبه شاخص برای آبهای زیر زمینی

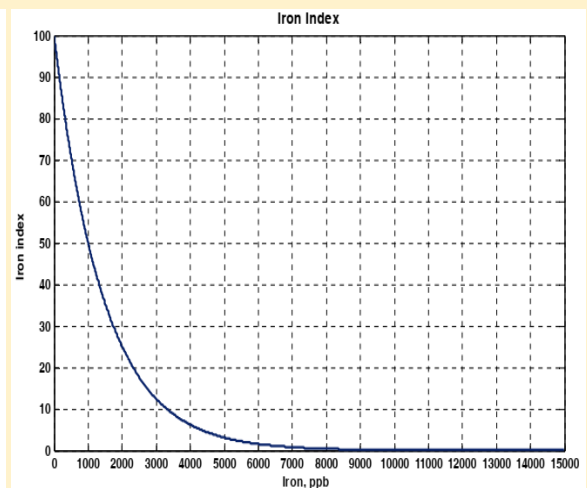
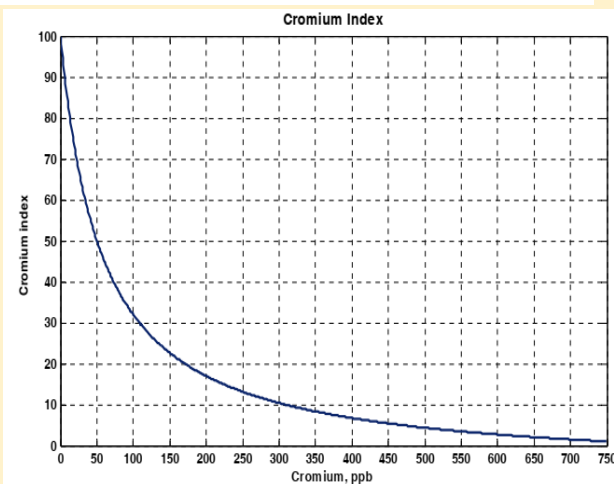
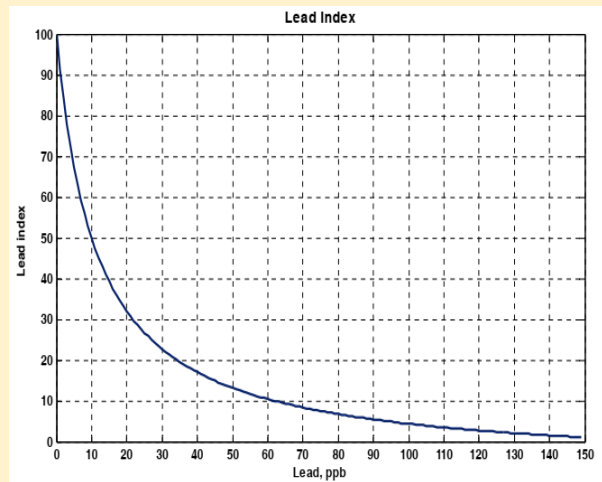
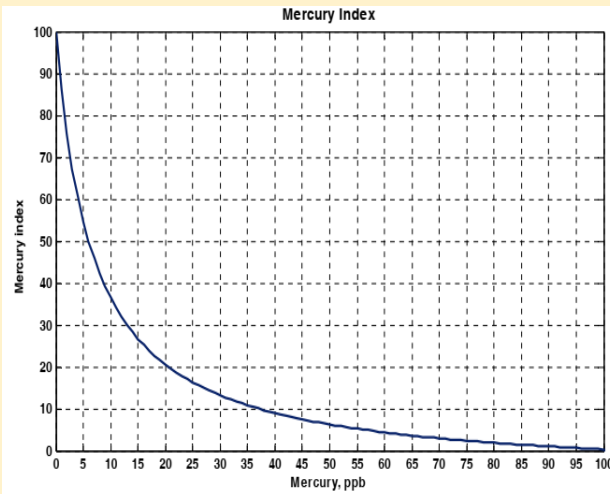
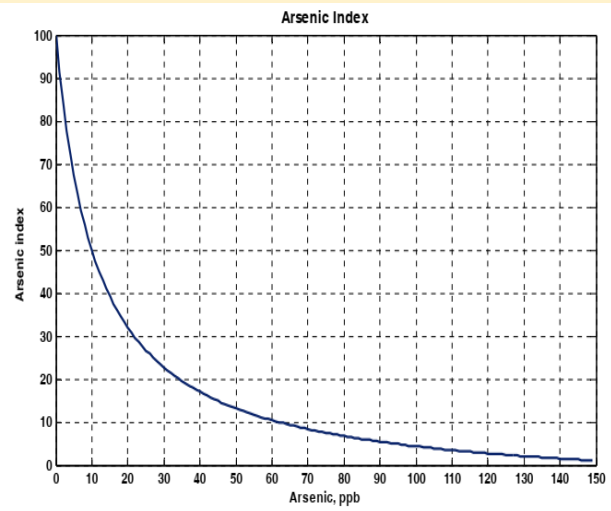
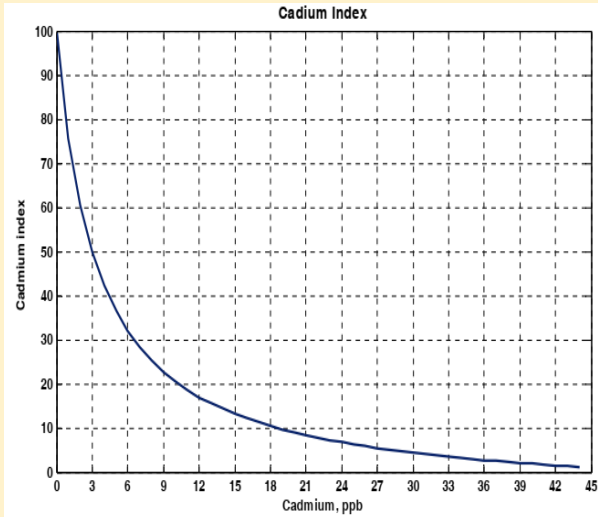
منحنی‌های محاسبه شاخص مربوط به هر پارامتر در صفحات بعد آورده شده است. در این راهنما برای بدست آوردن مقدار شاخص کیفیت، برای هر یک از پارامترهای کیفی رابطه ریاضی منحنی مطابق جدول ۴ استخراج و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت.

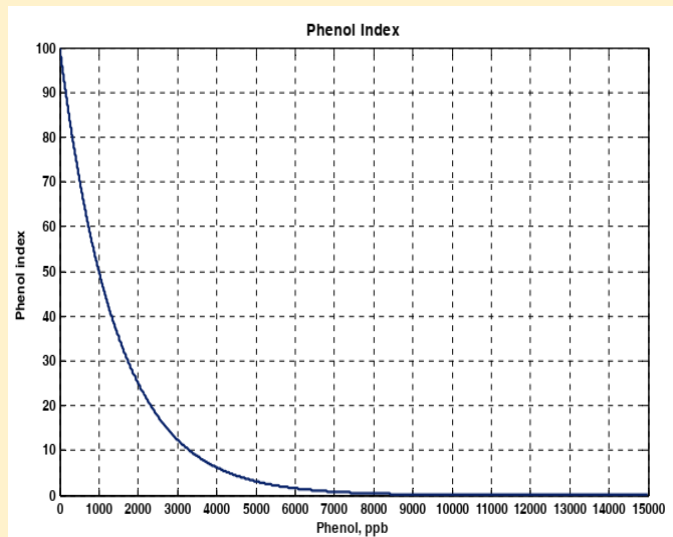
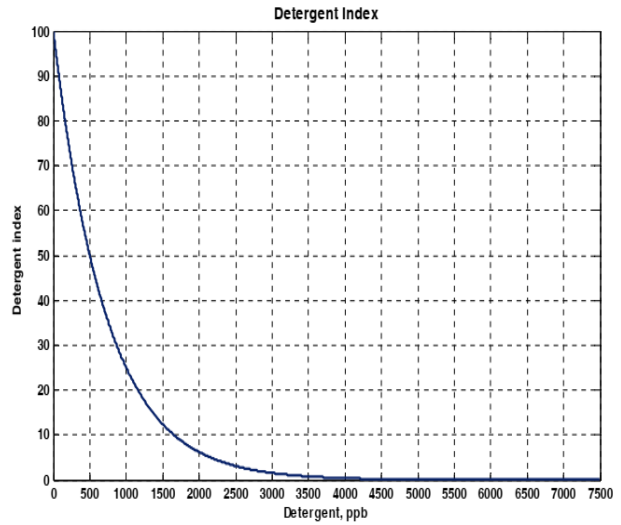
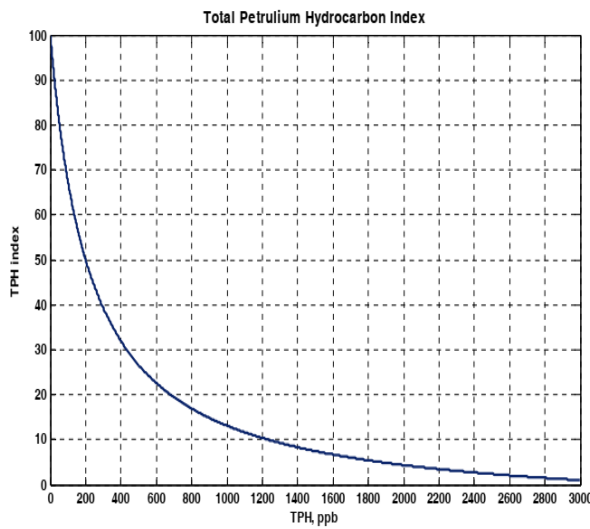
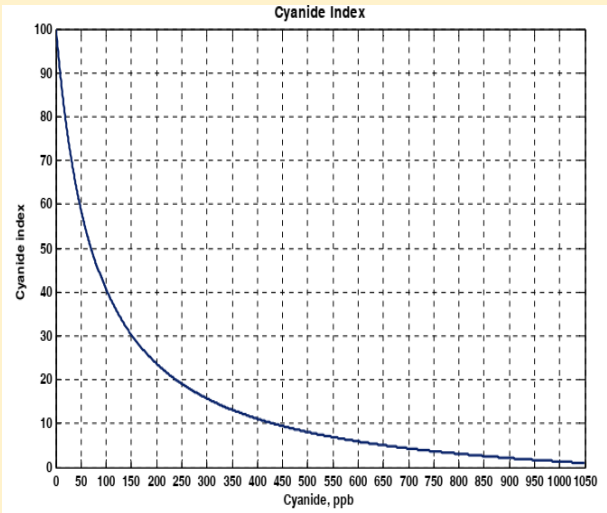
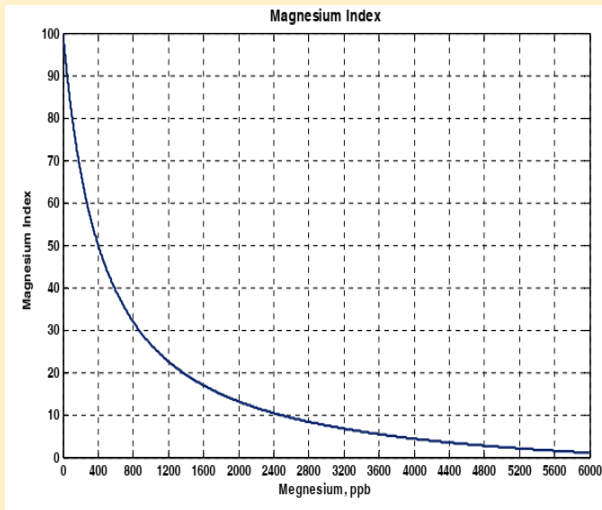


جدول ۴- روابط ریاضی منحنی های محاسبه شاخص پارامترهای کیفی برای منابع آب زیرزمینی

$WQI_{Hg} = 99.3746067119634 * (2.71 ^ {((-0.047457892170821) * (Hg))})$	مقدار شاخص برای جیوه
$WQI_{Pb} = 70.6272145067615 * (2.71 ^ {((-0.037128202170685) * (Pb))})$	مقدار شاخص برای سرب
$WQI_{Cd} = 101.15367065445641 * (2.71 ^ {((-0.084129301087307) * (Cd))})$	مقدار شاخص برای کادمیوم
$WQI_{Cr} = 96.1893249213183 * (2.71 ^ {((-0.005135975233511) * (Cr))})$	مقدار شاخص برای کروم
$WQI_{As} = 99.578825785791 * (2.71 ^ {((-0.027839376216101) * (As))})$	مقدار شاخص برای آرسنیک
$WQI_{Fe} = 102.286765661746 * (2.71 ^ {((-0.000719831999011) * (Fe))})$	مقدار شاخص برای آهن
$WQI_{Mn} = 77.4274305601084 * (2.71 ^ {((-0.000696380215326) * (Mn))})$	مقدار شاخص برای منگنز
$WQI_{CN} = 100.60556215175861 * (2.71 ^ {((-0.004023050773938) * (CN))})$	مقدار شاخص برای سیانید
$WQI_{TPH} = 88.8671174682016 * (2.71 ^ {((-0.001328374075797) * (TPH))})$	مقدار شاخص برای کل هیروکربن های نفتی
$WQI_{Phenol} = 99.7447746196143 * (2.71 ^ {((-0.000418599642396) * (Phenol))})$	مقدار شاخص برای فنول
$WQI_{Detergent} = 100.8293391052988 * (2.71 ^ {((-0.000980098966693) * (Detergent))})$	مقدار شاخص برای دترجنت

## منحنی‌های مقدار شاخص برای پارامترهای کیفی در منابع آب زیرزمینی







محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

$$WQI = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$

$W_i$  = وزن پارامتر  $i$  ام

$n$  = تعداد پارامترها

$I_i$  = مقدار شاخص برای پارامتر  $i$  ام از منحنی رتبه بندی

برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده از جدول زیر استفاده می‌شود:

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹.۹	بد
۳۰-۴۴.۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵.۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰.۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

مثال:

در یک ایستگاه پایش مربوط به آب زیرزمینی پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده‌اند. مقدار شاخص کیفیت آب و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

Hg = 0.5 ppb

As = 2 ppb

Fe = 20 ppb

Pb = 10 ppb

Mn = 200 ppb

CN = 3 ppb

Cd = 0.5 ppb



Cr = 10 ppb  
 TPH = 40 ppb  
 Phenol = 2 ppb  
 Detergent = 1 ppb

حل:

ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۳ تعیین می‌کنیم:

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
جیوه	۰/۱۱۳	۹۷
آرسنیک	۰/۱۲۸	۹۴
آهن	۰/۰۶۶	۱۰۰
سرب	۰/۰۷۹	۴۹
منگنز	۰/۰۵۴	۶۷
سیانید	۰/۰۷۲	۹۹
کادمیوم	۰/۰۸۶	۹۷
کروم	۰/۰۷۹	۹۲
کل هیدروکربن‌های نفتی (TPH)	۰/۰۹۷	۸۴
فنول	۰/۱۱۹	۹۹
دترجنت	۰/۱۰۷	۱۰۰

جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$

$$\gamma = 0.113 + 0.128 + 0.066 + 0.079 + 0.054 + 0.072 + 0.086 + 0.079 + 0.097 + 0.119 + 0.107 = 1$$

محاسبه مقدار شاخص:

$$WQI = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$WQI = [(97^{0.113}) * (94^{0.128}) * (100^{0.066}) * (49^{0.079}) * (67^{0.054}) * (99^{0.072}) * (97^{0.086}) * (92^{0.079}) * (84^{0.097}) * (99^{0.119}) * (100^{0.107})]^{1/1} = 88.9$$





برای تعیین معادل توصیفی شاخص از جدول راهنما استفاده می‌شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۸۸/۹ به دست آمده است، کیفیت آب معادل بسیار خوب با رنگ آبی پررنگ می‌باشد.

**بسیار خوب**                      **بیشتر از ۸۵**

\* با استفاده از اپلیکیشن هم تقریباً نتیجه مشابهی بدست می‌آید. به دلیل قرائت چشمی غیردقیق شاخص معادل هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه بندی در مقایسه با محاسبه شاخص معادل از طریق معادله توسط اپلیکیشن، این اختلاف ناچیز طبیعی است.

محاسبه شاخص کیفیت آب برای پارامترهای سمی

اطلاعات برنامه    راهنما

آب زیرزمینی	آب سطحی	
۰/۵		جیوه
۱۰		سرب
۰/۵		کادمیوم
۱۰		کروم
۲		آرسنیک
۲۰		آهن
۲۰۰		منگنز
۳		سیانید
۴۰		هیدروکربن های نفتی
۲		فنول
۱		دترجنت
<b>محاسبه</b>	<b>محاسبه</b>	
۸۹/۱۴۶۶۹۱۶۶		<b>WQI</b>
۳۴۴۱۷		<b>وضعیت</b>
<b>بسیار خوب</b>		
<b>شروع مجدد</b>		