



سازمان حفاظت محیط زیست
Department of the Environment
I.R. IRAN

معاونت محیط زیست انسانی دفتر آب و خاک

شاخص کیفیت منابع آب کشور و طبقه بندی آن

به استناد ماده ۵ آئین نامه جلوگیری از آلودگی آب و ماده ۱۸۸ قانون برنامه پنجم

بهمن ماه ۱۳۹۲

پیشگفتار

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.

استفاده از شاخص های کیفیت منابع آب یکی از روش های پر کاربرد و ساده برای تحلیل تفسیر داده های کیفیت آب در دنیا می باشد. این 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 سلامتی آب را نشان می دهد، شرکت داده می شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته بندی می شود.

البته باید متذکر شد که تعیین کیفیت آب با استفاده از مجموعه ای از پارامترها مفهومی ذهنی است، زیرا کیفیت آب بسته به شرایط اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی در کشورهای مختلف جهان متفاوت است، به همین دلیل تعیین کیفیت آب بر اساس مجموعه ای از پارامترهای کیفیت آب نیز در آنها متفاوت خواهد بود.

کاربرد شاخص کیفیت آب ارائه پاسخی کلی به سوالات مدیریتی یا غیر فنی در مورد کیفیت آب می باشد. علاوه بر آن در زمینه اطلاع رسانی عمومی، برنامه ریزی های زیست محیطی، مدیریت و برنامه ریزی برای تخصیص منابع و سرمایه ها، تعیین اقدامات و اولویت ها، کمک به مقایسه شرایط کیفی در محل های مختلف یا شرایط جغرافیایی متفاوت، اجرای استانداردها، تحلیل روند تغییرات کیفیت منابع آب و هم چنین تحقیقات علمی نیز کاربرد دارند.

هدف پروژه تدوین شاخص کیفیت منابع آب ایران، تهیه شاخص (های)ی با توجه به شرایط طبیعی و مسایل و مشکلات منابع آب در ایران بوده است، به گونه ای که شاخص (های) تدوین شده بتوانند چشم انداز و فهم و درک مناسبی از وضعیت کیفی منابع آب در ایران ارائه کند.

از آنجا که کار انجام شده برای اولین بار با چنین گستره ای در کشور انجام می شود، قطعاً نمی تواند بدون مشکل و خطا باشد، لذا موجب امتنان و تشکر خواهد بود اگر نظرات و پیشنهادات خود را از طریق دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست یا از طریق ایمیل (tj_fathi@yahoo.com)، و یا (watergroup.doe@hotmail.com) و یا (h_hashemi@sbu.ac.ir) برای مجری پروژه ارسال کنید. هم چنین افرادی که علاقمند به مطالعه سند پشتیبان این راهنما (گزارش پروژه) می باشند، می توانند با دفتر آب و خاک تماس بگیرند.

راهنمای

محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران

فهرست مطالب

- فصل اول- راهنمای محاسبه شاخص پارامتر های متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQISC) ۴
- فصل دوم- راهنمای محاسبه شاخص پارامتر های متداول کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران (IRWQIGC) ۱۴
- فصل سوم- راهنمای محاسبه شاخص پارامتر های سمی کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQIST) ۲۳
- فصل چهارم- راهنمای محاسبه شاخص پارامتر های سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران (IRWQIGT) ۳۳

فصل اول

راهنمای محاسبه

شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی (IRWQI_{sc})

۱-۱- شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQI_{sc})^۱

مراحل محاسبه شاخص IRWQI_{sc} عبارتند از:

- (۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول زیر^۲،
- (۲) تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی گرم بر لیتر) به درصد اشباع (در صورت نیاز)^۳،
- (۳) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول زیر،
- (۴) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی های رتبه بندی،

جدول ۱- پارامترهای شاخص IRWQI_{sc} و وزن های آنها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	کلیرم مدفوعی	۰.۱۴۰	بر حسب MPN/100ml
۲	BOD ₅	۰.۱۱۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰.۱۰۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰.۰۹۷	بر حسب درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰.۰۹۶	بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر
۶	COD	۰.۰۹۳	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰.۰۹۰	مجموع آمونیم
۸	فسفات	۰.۰۸۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰.۰۶۲	بر حسب NTU
۱۰	سختی کل	۰.۰۵۹	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۱۱	پ هاش	۰.۰۵۱	واحد استاندارد

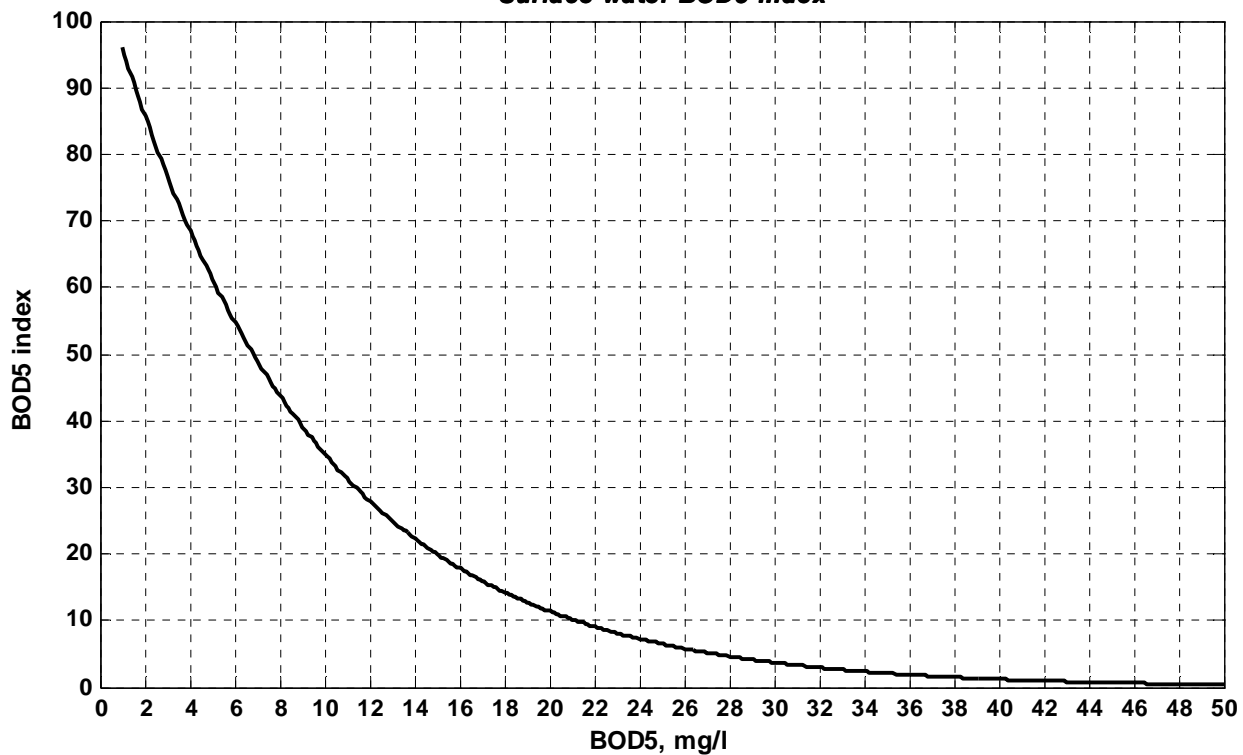
۱- IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, IRWQI_{sc}

۲- با وجود این که پارامتر دمای آب جزو پارامترهای موثر در محاسبه شاخص کیفیت آب نمی باشد، ولی به دلیل تاثیر آن بر تصحیح مقادیر اکسیژن محلول، قویا توصیه می شود در تمام برنامه های پایش کیفیت آب دمای آب در محل اندازه گیری شود.

۳- برای محاسبه درصد اشباع اکسیژن محلول لازم است ابتدا غلظت اشباع اکسیژن محلول در شرایط محلی با توجه به فشار هوا (ارتفاع)، دمای آب، و شوری (یا هدایت الکتریکی) محاسبه شود. پس از آن غلظت اکسیژن محلول اندازه گیری شده بر غلظت اشباع تقسیم و حاصل در صد ضرب و درصد اشباع به دست می آید. همچنین برای محاسبه غلظت اشباع می توان از جداول و فرمول های مختلفی که در این زمینه ارائه شده است، استفاده کنید. برای اطلاعات بیشتر به مرجع "مدلسازی کیفی آب های سطحی: سینتیک، ثوابت و نرخ ها، مترجم علی ترابیان و سید حسین هاشمی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱" رجوع کنید.

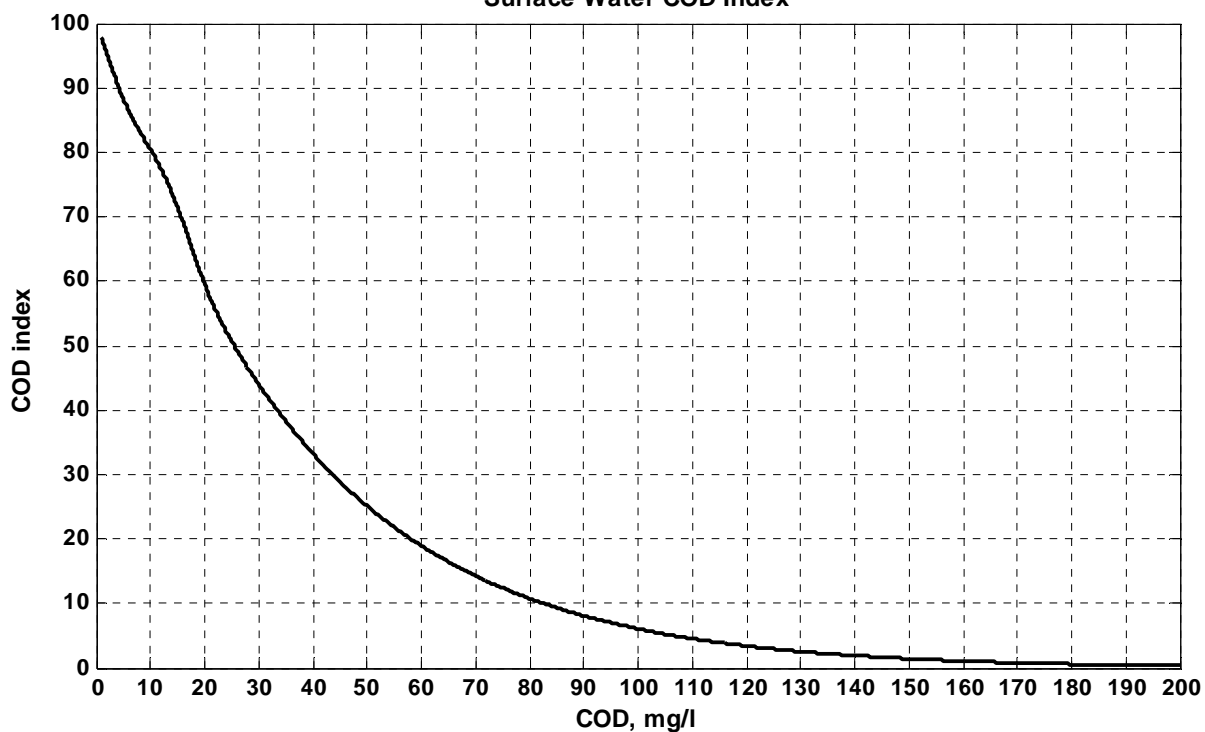
علاوه بر این بسیاری از دستگاه های پرتابل علاوه بر اندازه گیری غلظت اکسیژن محلول درصد اشباع اکسیژن محلول را نیز نمایش می دهند. ولی برخی از این دستگاه ها درصد اشباع را فقط بر اساس دمای آب تصحیح می کنند و پارامترهای شوری/هدایت الکتریکی و فشار را لحاظ نمی کنند. در این موارد لازم است تصحیحات لازم پیش از محاسبه شاخص توسط کارشناسان انجام شود.

Surface water BOD5 index

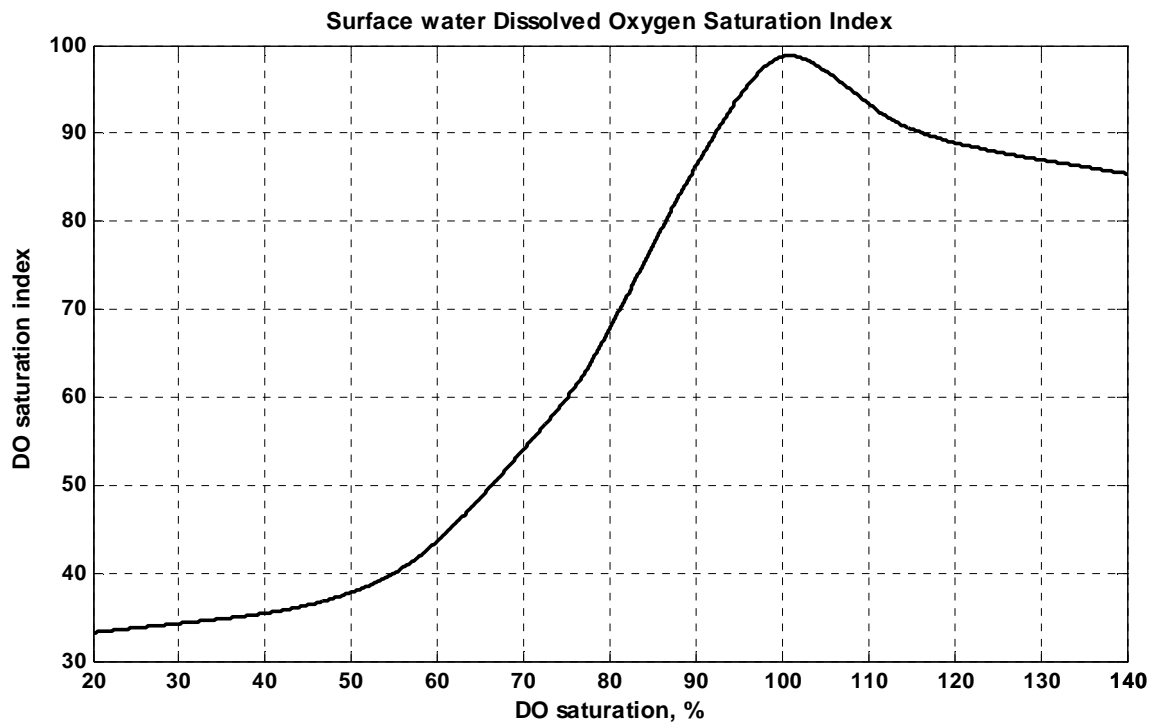


توجه: برای BOD₅ بیشتر از ۵۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.

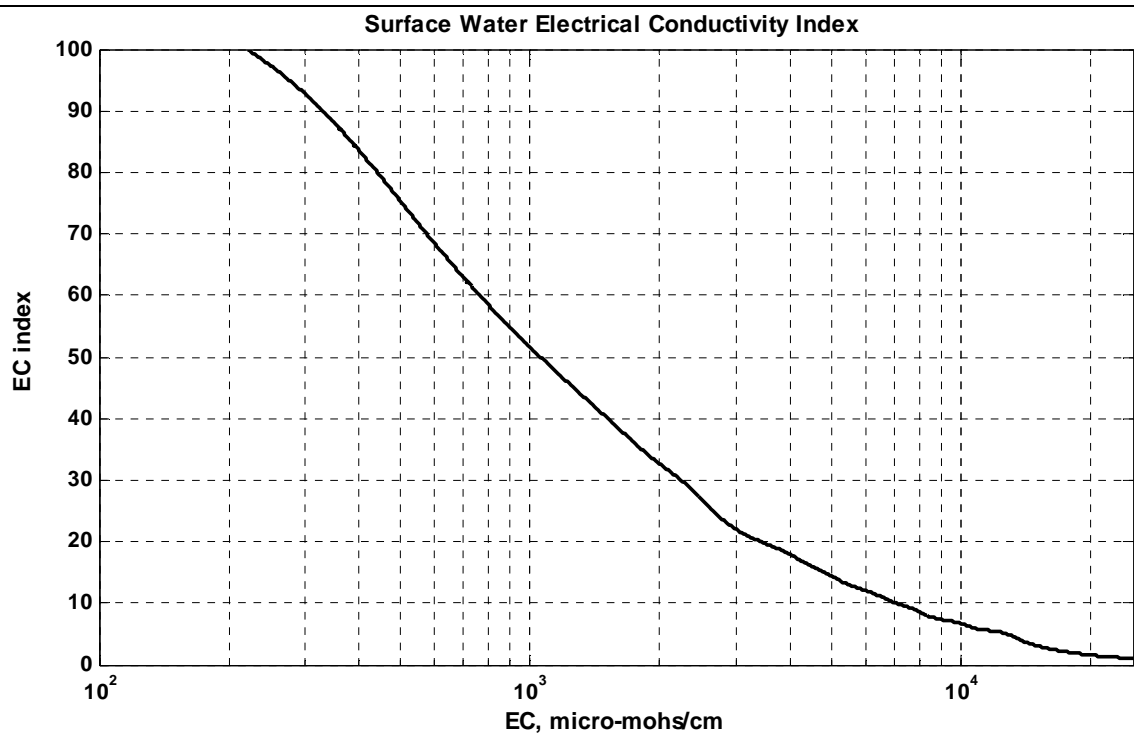
Surface Water COD Index



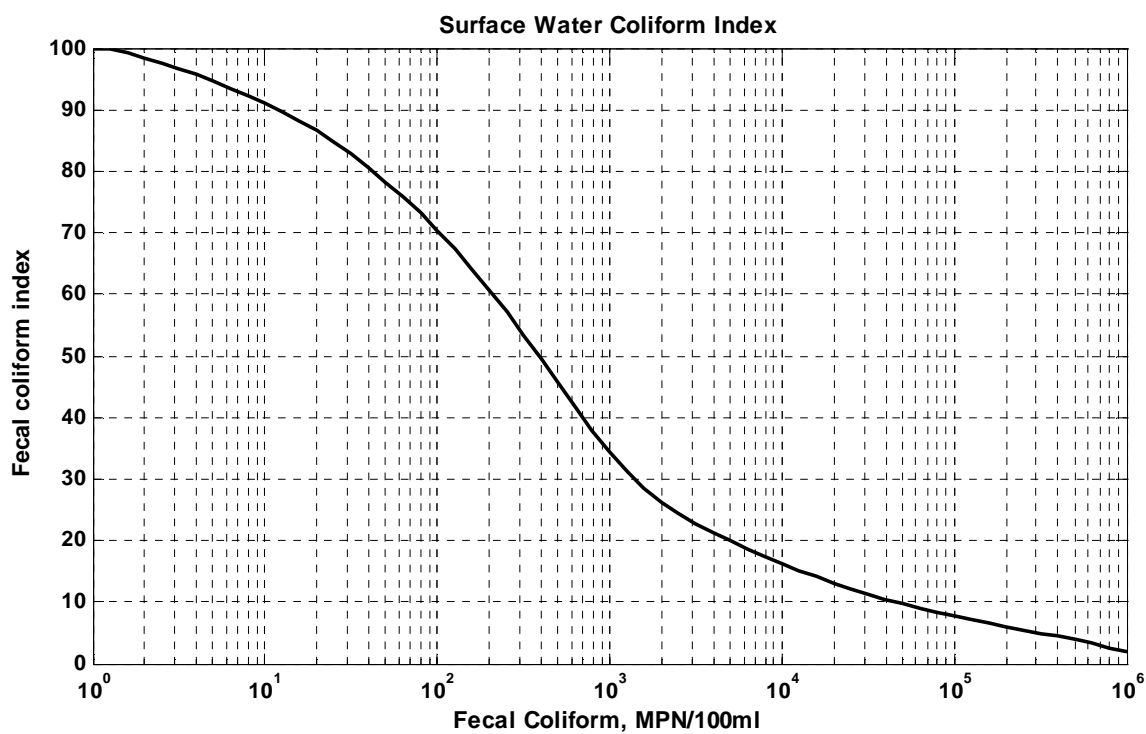
توجه: برای COD بیشتر از ۲۰۰ مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



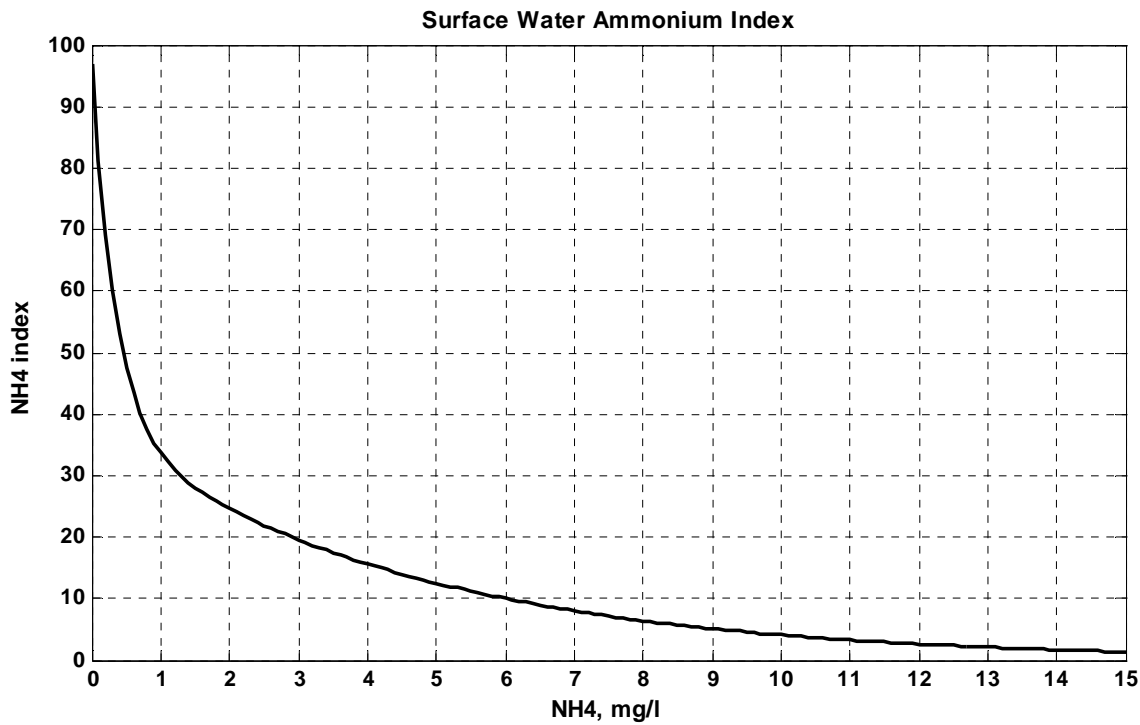
توجه: برای اکسیژن محلول بیش از ۱۴۰ درصد اشباع مقدار شاخص معادل ۸۰ در نظر گرفته شود.



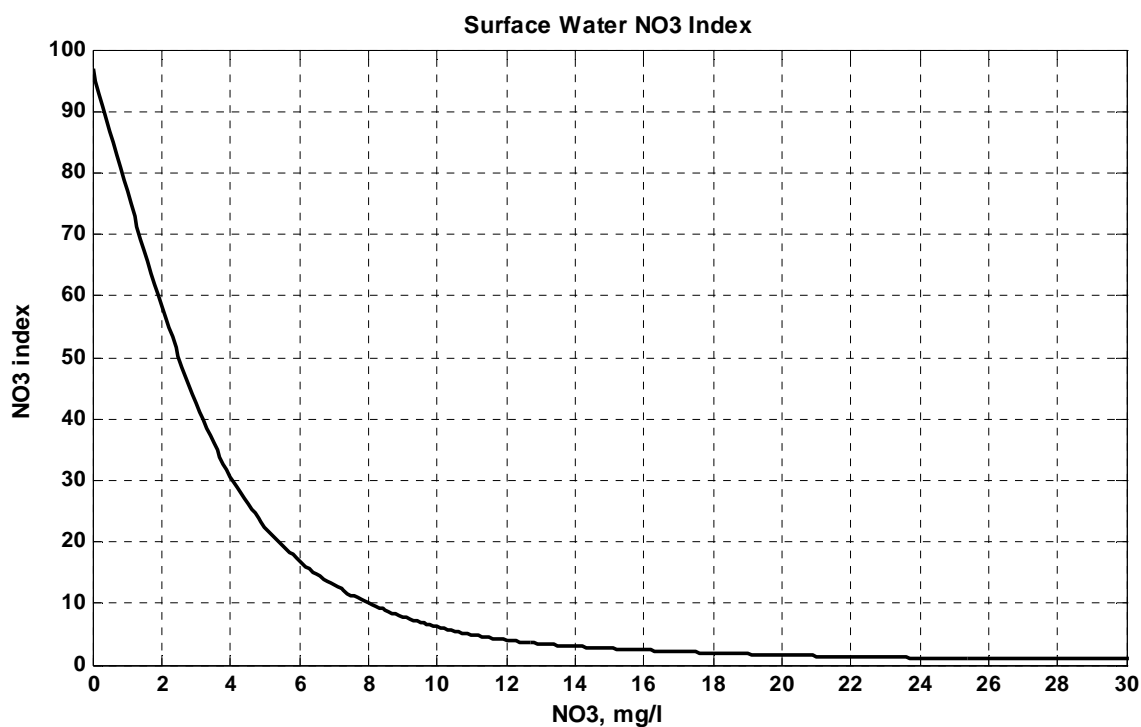
توجه: برای EC بیش از ۲۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



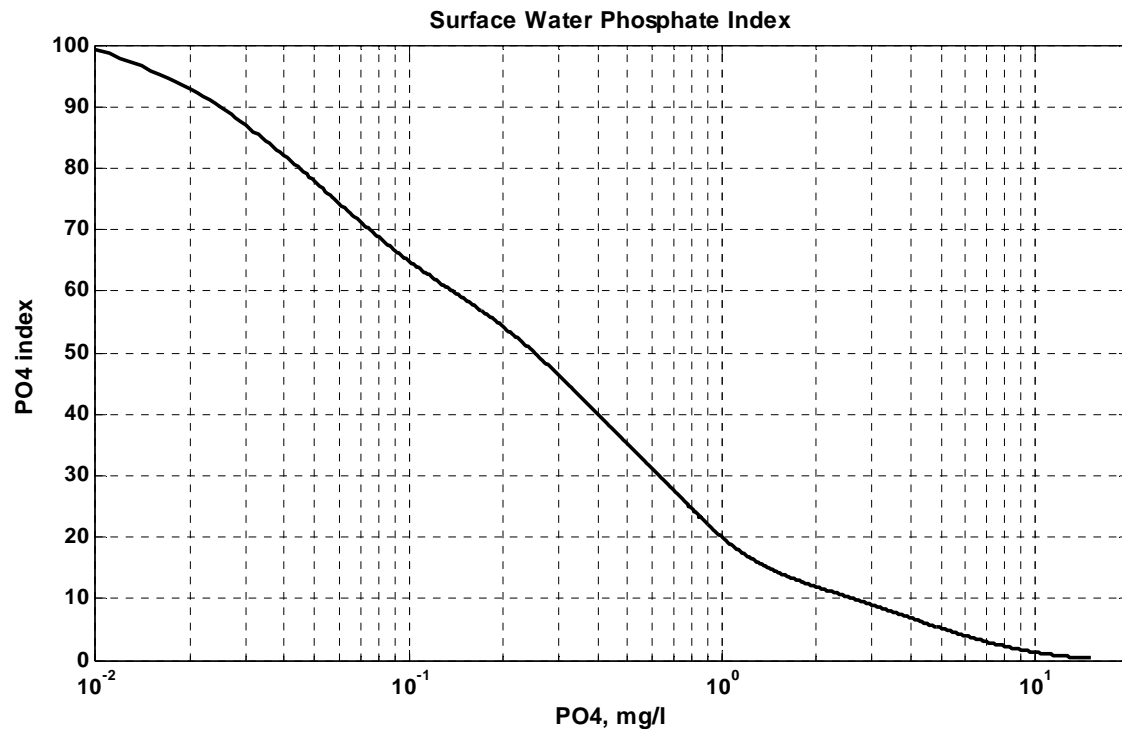
توجه: برای کلیفرم مدفوعی بیش از ۱۰^۶ MPN/100ml مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



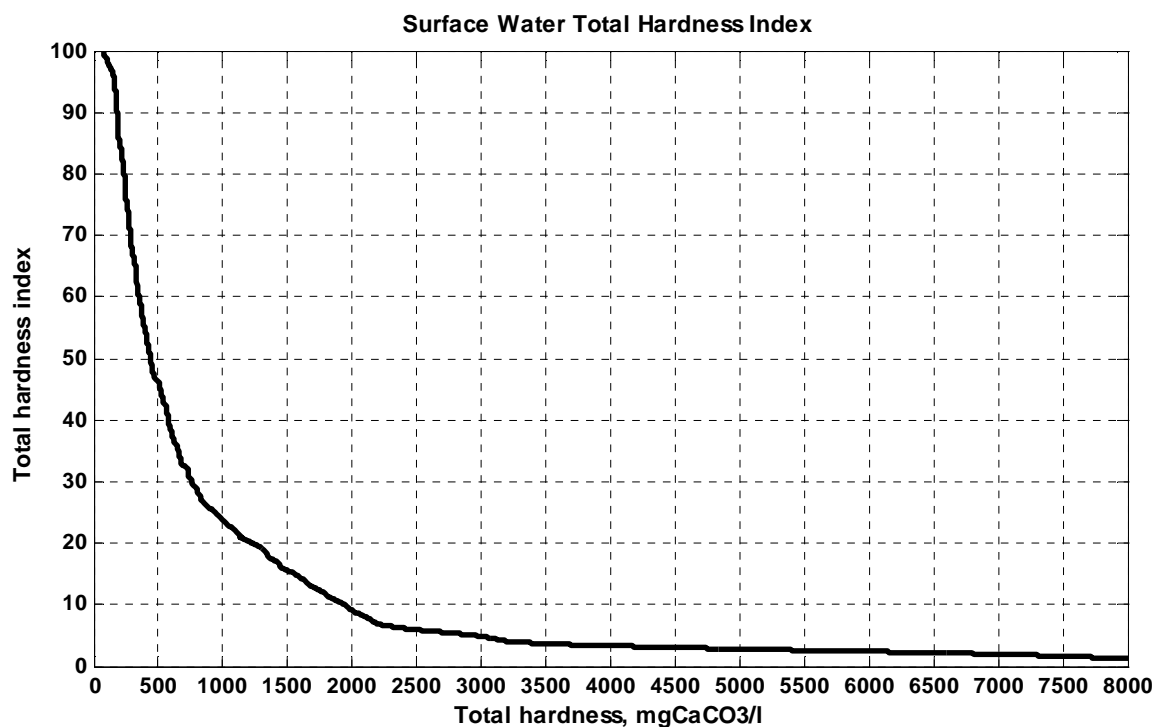
توجه: برای آمونیم بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



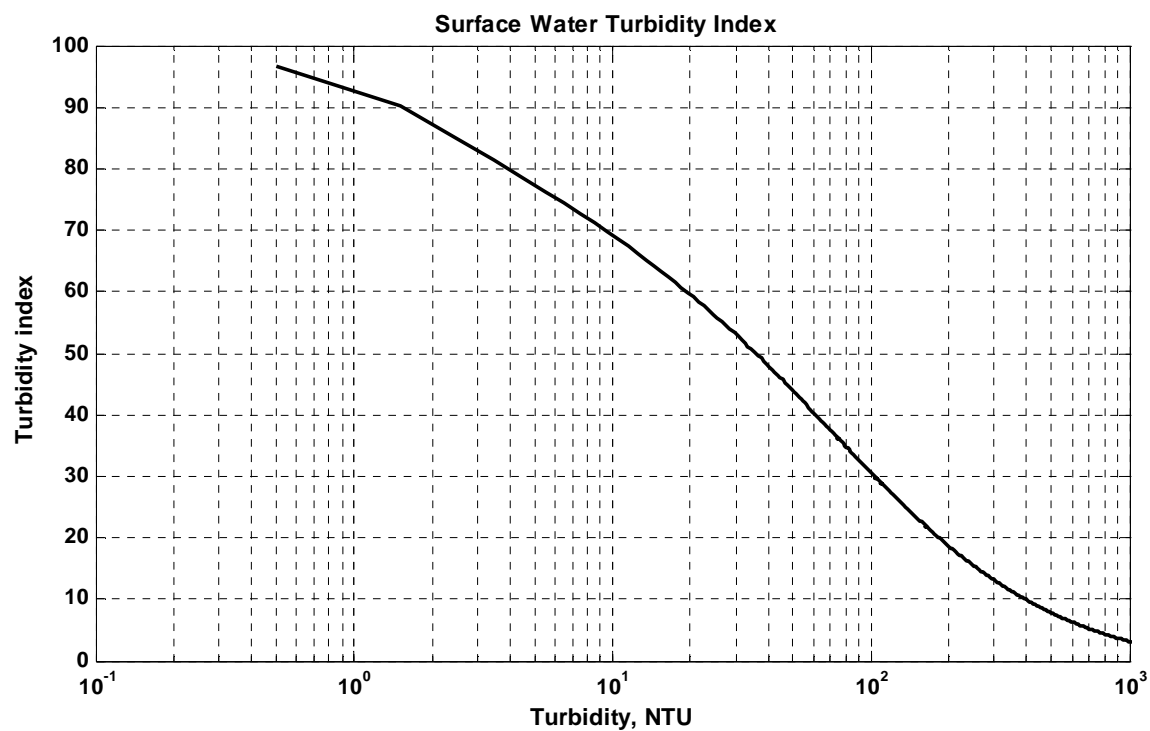
توجه: برای نیترات بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



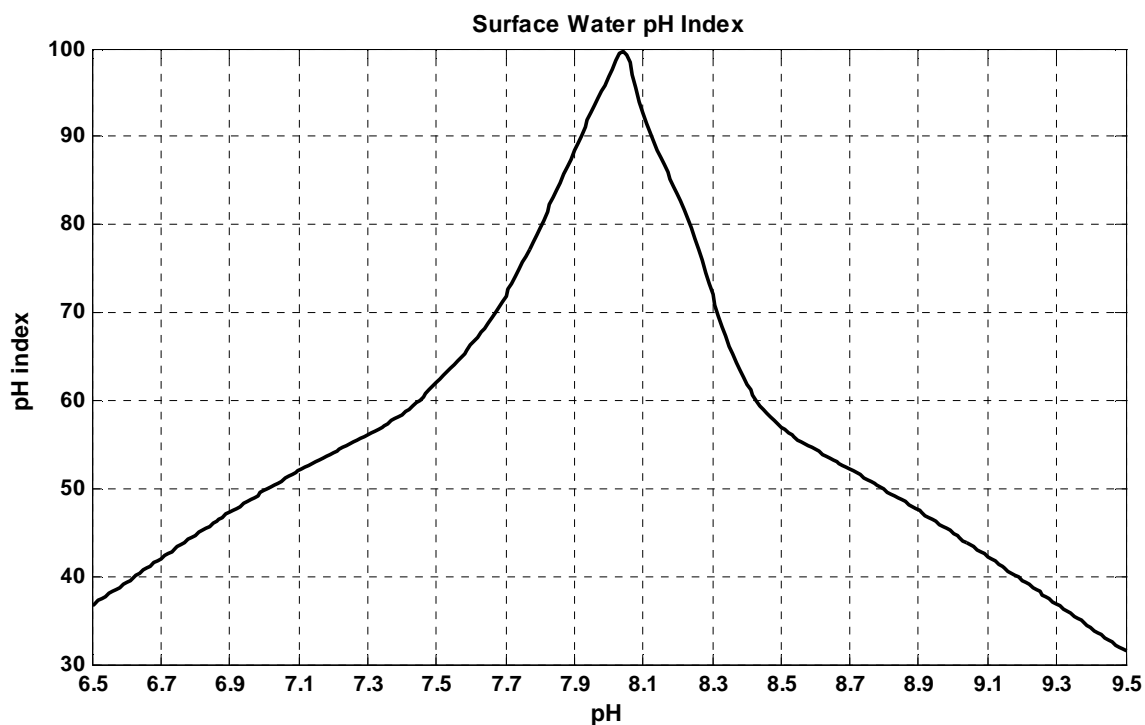
توجه: برای فسفات بیش از ۱۵ میلی گرم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: برای سختی کل بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم مقدار شاخص معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: برای کدورت بیش از ۱۰۰۰ واحد مقدار شاخص معادل ۲ در نظر گرفته شود.



توجه: برای pH بیش از ۱۰ و کمتر از ۶ مقدار شاخص معادل پنج در نظر گرفته شود.

(۵) محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر:

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

که در آن:

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

W_i = وزن پارامتر i ام،

n = تعداد پارامترها،

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

می باشد.

(۶) برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از راهنمای زیر استفاده کنید:^۵

۴- در صورتی که تعداد پارامترهای اندازه گیری شده کمتر از یازده پارامتر مندرج در جدول ۱ باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی باشد.

۵- برای کاربردهای بصری مانند تهیه نقشه پهنه بندی آلودگی برای هر معادل توصیفی یک رنگ معادل نیز تعریف شده است.

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

مثال: در یک ایستگاه پایش بر روی رودخانه جاجرود در ورودی سد لتیان پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده اند:

Fecal coliform = 1600 MPN/100ml

Nitrate = 3.2 mg/l

Water Temperature = 18.1°C

Electrical Conductivity = 341 micro-mohs/cm

DO = 9.1 mg/l → DO_{sat} = 96.8%

BOD₅ = 1 mg/l

COD = 2 mg/l

Ammonium = -

Phosphate = 0.4 mg/l

Total Hardness = -

pH = 8.16

مقدار شاخص IRWQI_{SC} و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

حل: ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۱ تعیین کنید.

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
کلیفرم مدفوعی	۰.۱۴۰	۲۷
BOD ₅	۰.۱۱۷	۹۵
نیترات	۰.۱۰۸	۳۹
درصد اشباع اکسیژن محلول	۰.۰۹۷	۹۶
هدایت الکتریکی	۰.۰۹۶	۸۸
COD	۰.۰۹۳	۹۹
فسفات	۰.۰۸۷	۴۰
pH	۰.۰۵۹	۸۷

سپس با استفاده از رابطه ارائه شده در گام پنجم (میانگین وزنی هندسی) مقدار شاخص را به ترتیب زیر محاسبه کنید:

- جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i = 0.14 + 0.117 + 0.108 + 0.097 + 0.096 + 0.093 + 0.087 + 0.059 = \mathbf{0.797}$$

$$\begin{aligned} IRWQI_{SC} &= \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \\ &= [27^{0.14} \times 95^{0.117} \times 39^{0.108} \times 96^{0.097} \times 88^{0.096} \times 99^{0.093} \times 40^{0.087} \\ &\quad \times 87^{0.059}]^{\frac{1}{0.797}} = \mathbf{60.8} \end{aligned}$$

برای تعیین معادل توصیفی شاخص از راهنمای گام ششم استفاده می شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۶۰٫۸ به دست آمده است، کیفیت آب معادل نسبتاً خوب با رنگ سبز می باشد.

نسبتاً خوب	۵۵٫۱-۷۰
------------	---------

دلیل قرار گیری کیفیت آب در این طبقه مقدار نسبتاً بالای مواد مغذی (نیترات و فسفات) و کلیفرم مدفوعی می باشد که می تواند ناشی از کاربری های مسکونی و تفریحی در بالادست ایستگاه پایش باشد.

فصل دوم

راهنمای محاسبه

شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب زیرزمینی (IRWQI_{GC})

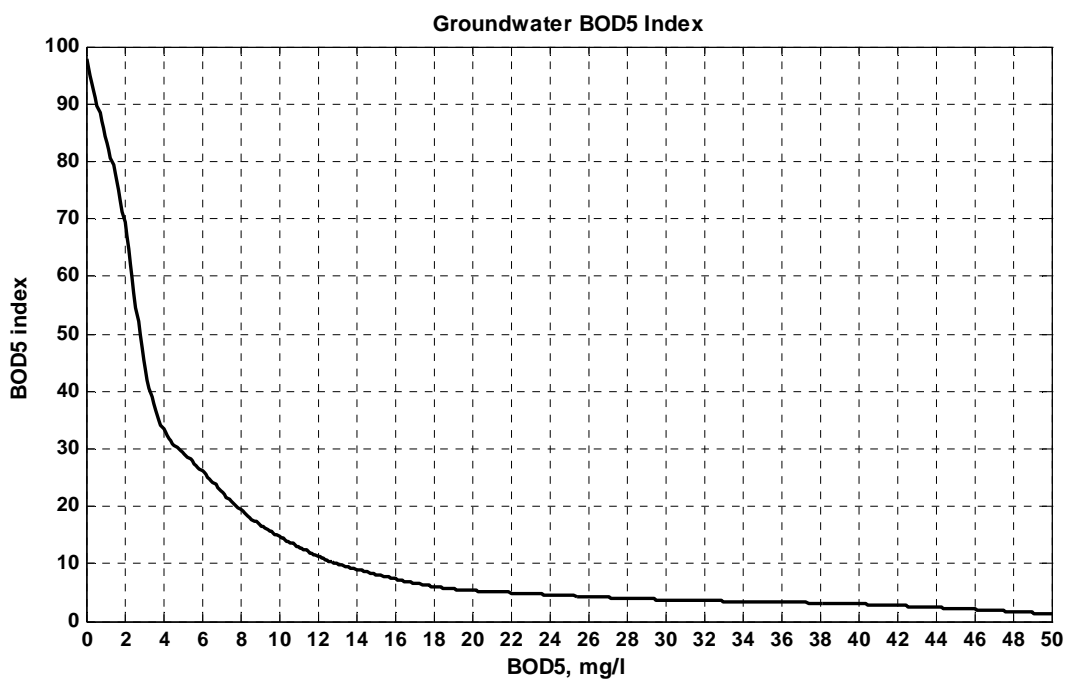
۱-۲- شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب زیرزمینی (IRWQI_{GC})^۶

مراحل محاسبه شاخص IRWQI_{GC} عبارتند از:

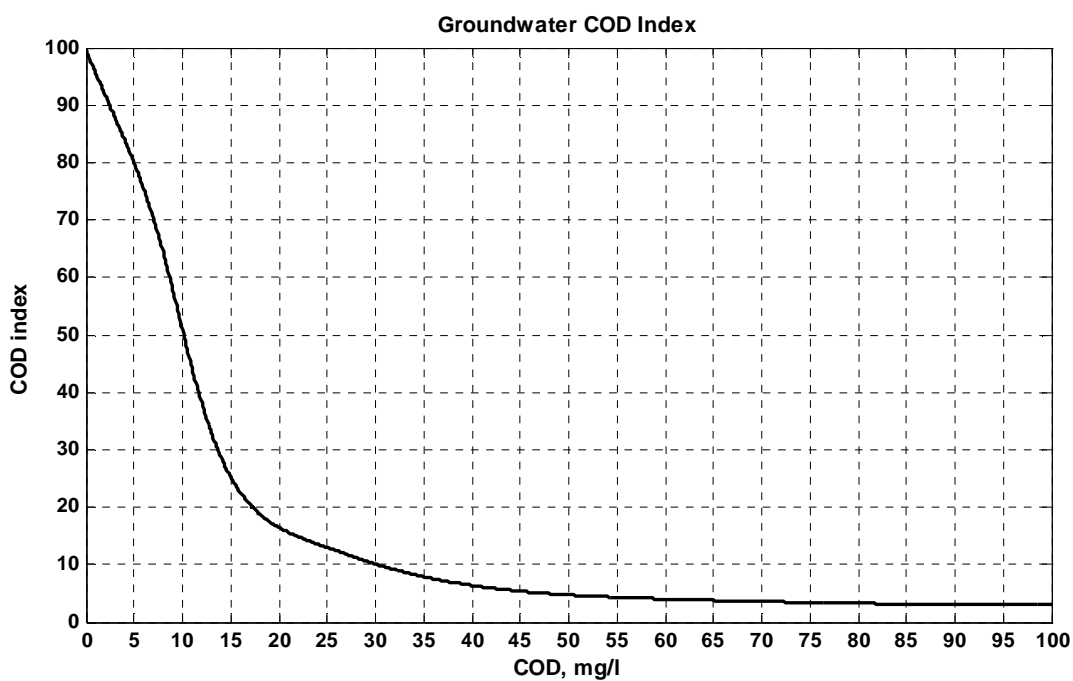
- (۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول زیر،
- (۲) تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی گرم بر لیتر) به درصد اشباع (در صورت نیاز)،
- (۳) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول زیر،
- (۴) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی های رتبه بندی،

جدول ۲- پارامترهای شاخص IRWQI_{GC} و وزن های آنها

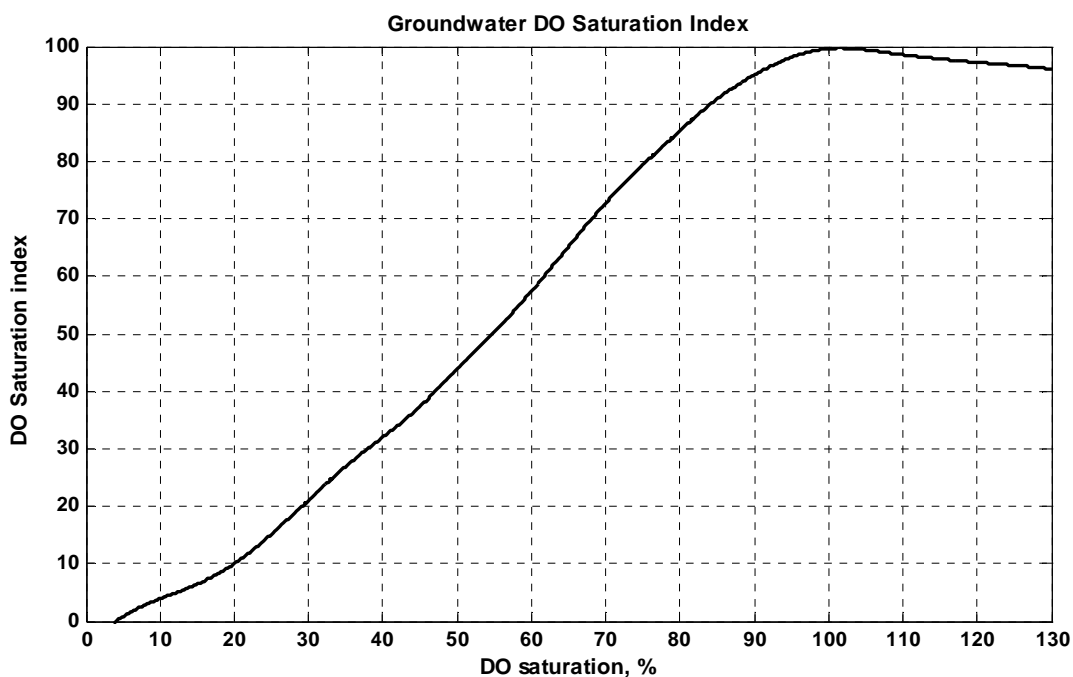
ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	نترات	۰.۱۵۱	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۲	کلیفرم مدفوعی	۰.۱۳۴	بر حسب MPN/100ml
۳	هدایت الکتریکی	۰.۱۲۹	بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر
۴	سختی کل	۰.۱۰۳	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۵	SAR	۰.۰۸۹	-
۶	BOD ₅	۰.۰۸۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۷	فسفات	۰.۰۸۵	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۸	COD	۰.۰۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۹	پ هاش	۰.۰۷۴	واحد استاندارد
۱۰	اکسیژن محلول	۰.۰۶۷	بر حسب درصد اشباع



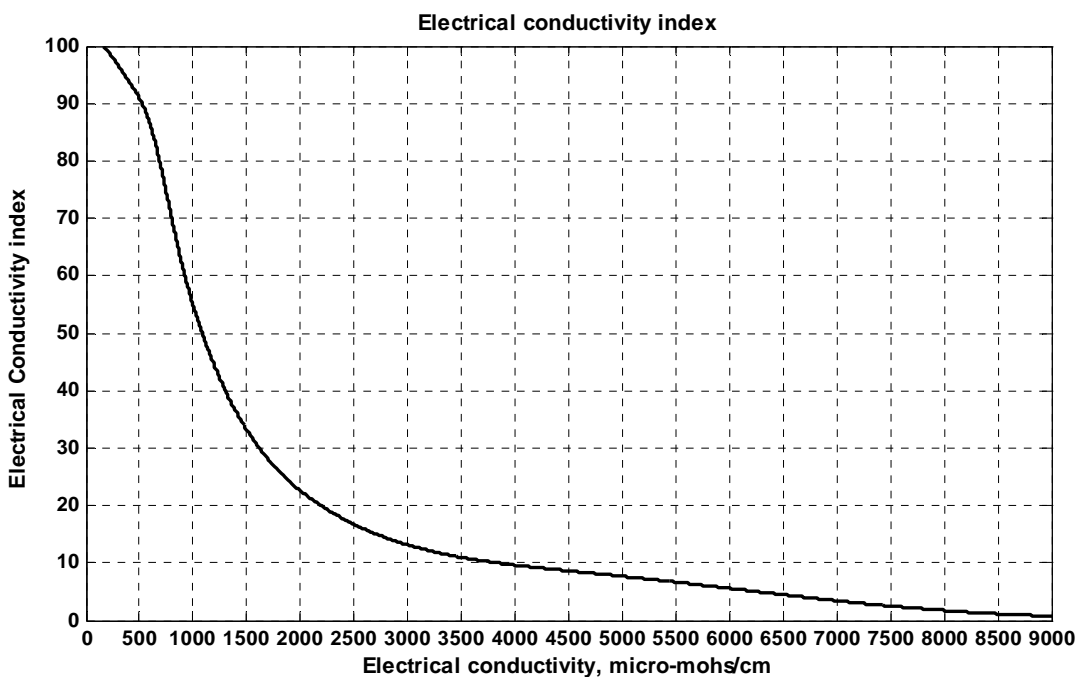
توجه: مقدار شاخص برای BOD5 بیش از ۵۰ میلی گرم بر لیتر یک در نظر گرفته شود.



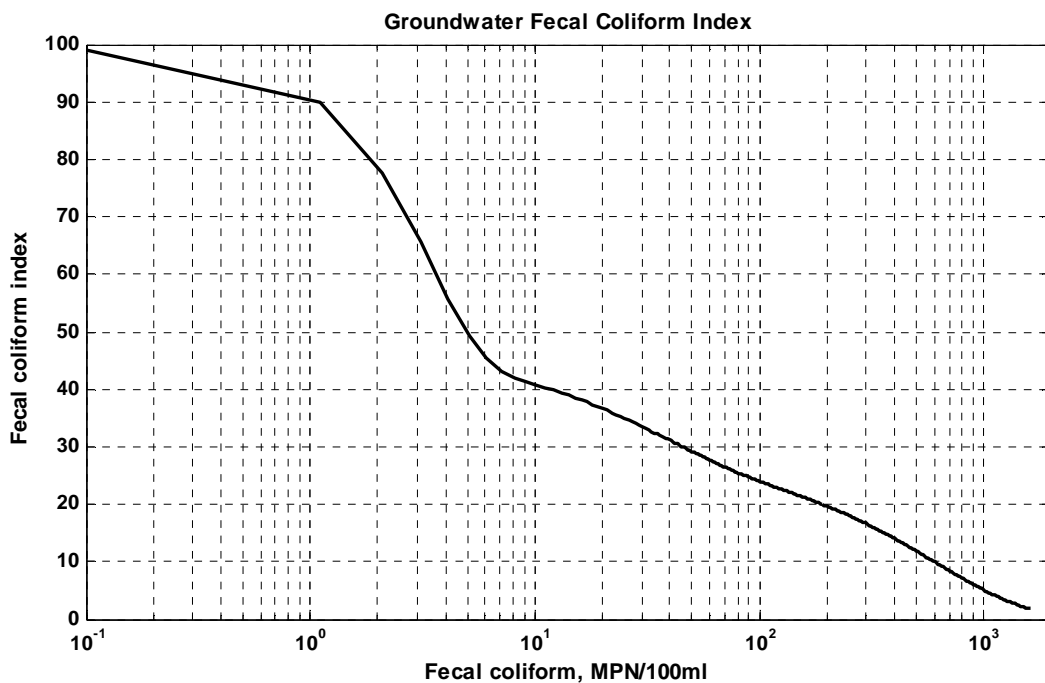
توجه: مقدار شاخص برای COD بیش از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر یک در نظر گرفته شود.



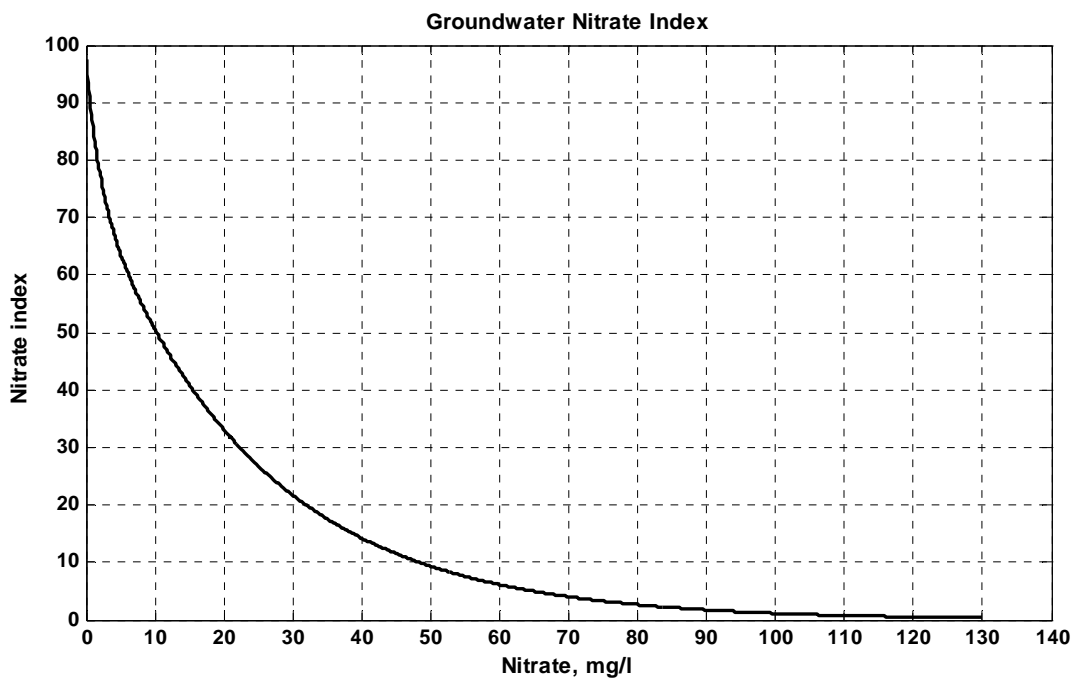
توجه: مقدار شاخص برای درصد اشباع اکسیژن بیش از ۱۳۰ درصد ۹۰ در نظر گرفته شود.



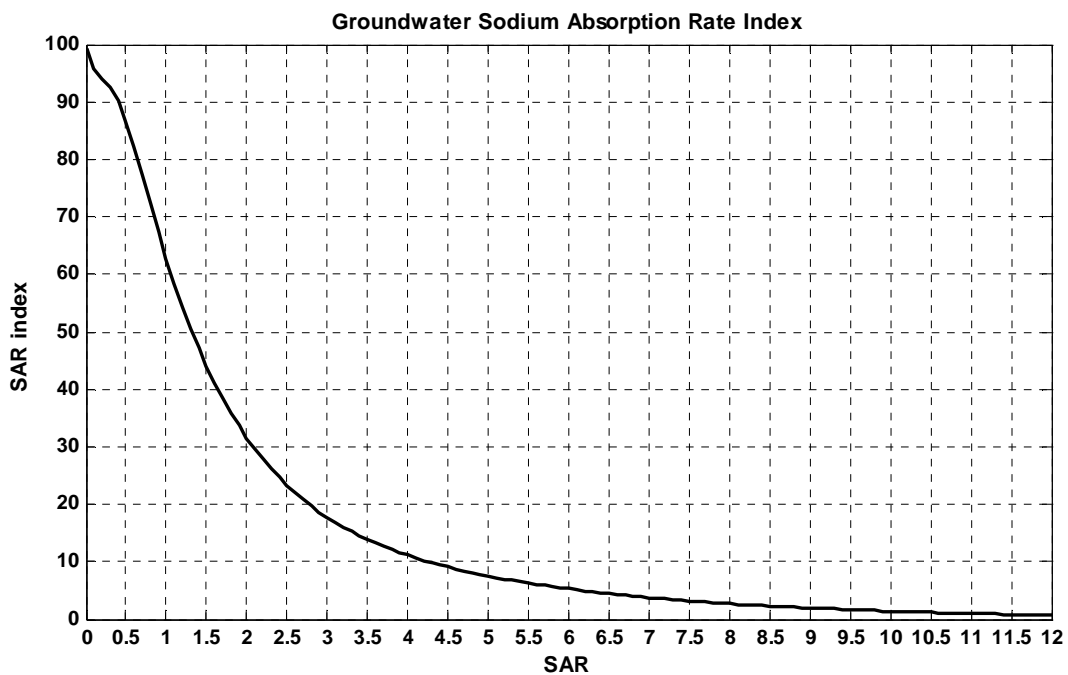
توجه: مقدار شاخص برای هدایت الکتریکی بیش از ۸۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر بک در نظر گرفته شود.



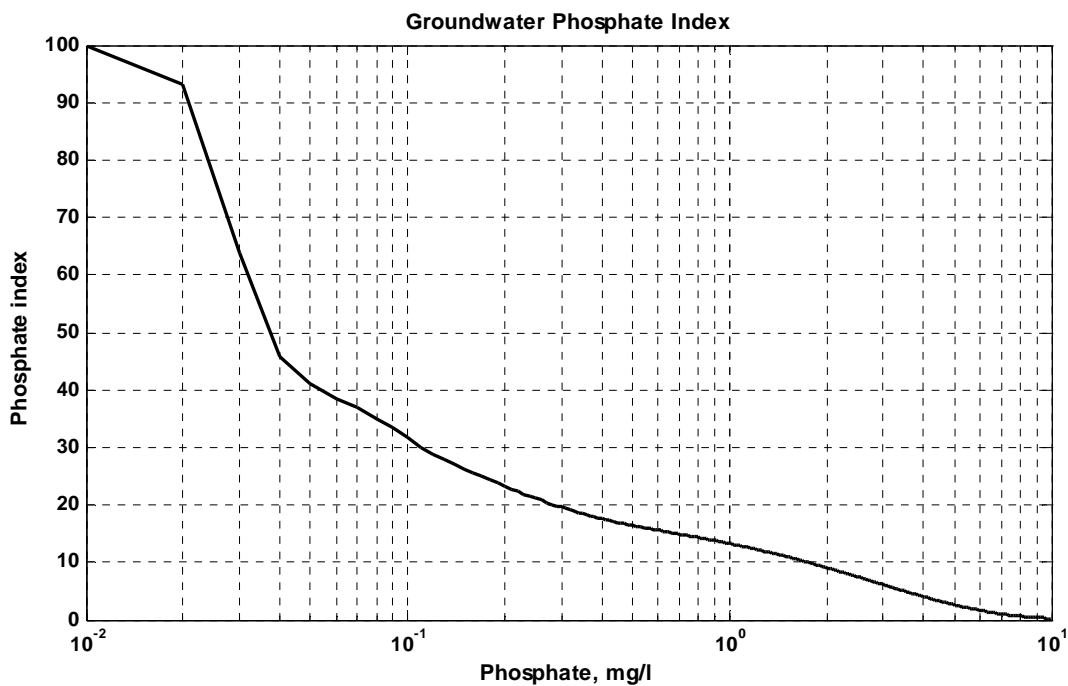
توجه: مقدار شاخص برای کلیفرم بیش از ۱۶۰۰ عدد بر ۱۰۰ میلی لیتر یک در نظر گرفته شود.



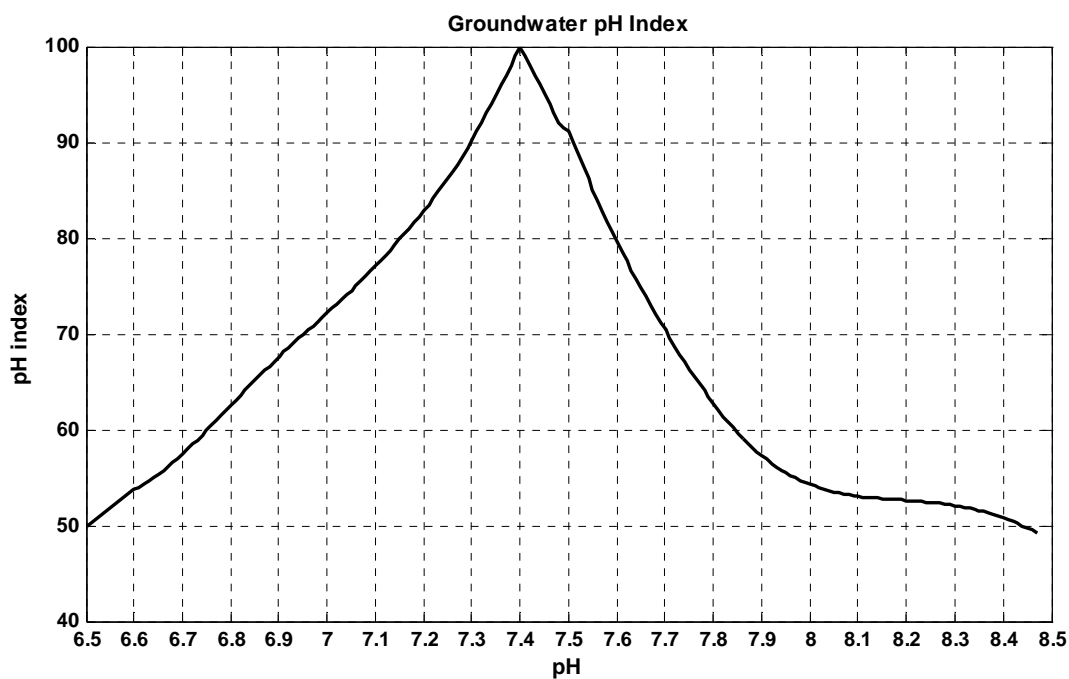
توجه: مقدار شاخص برای نیترات بیش از ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر یک در نظر گرفته شود.



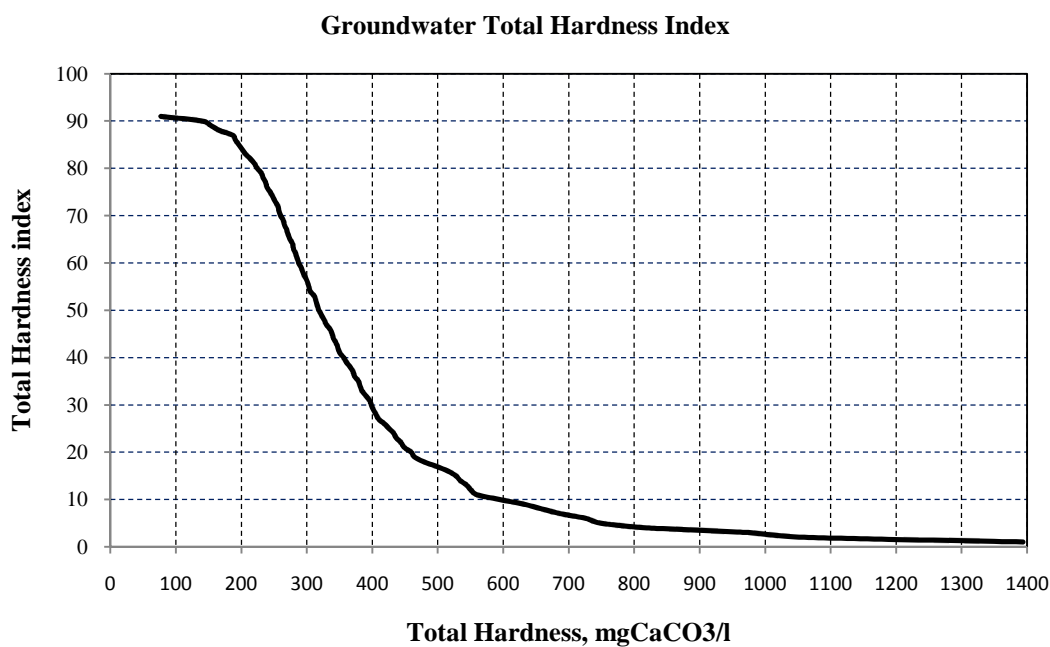
توجه: مقدار شاخص برای SAR بیش از ۱۲ یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای فسفات بیش از شش میلی گرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای pH بیش از ۹ و کمتر از ۶ معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: برای سختی کل بیش از ۱۴۰۰ میلی گرم کربنات کلسیم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک و برای مقادیر کمتر از ۵۰ میلی گرم کربنات کلسیم بر لیتر مقدار شاخص معادل ۱۰۰ در نظر گرفته شود.

(۵) محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر:

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

که در آن:

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

W_i = وزن پارامتر i ام،

n = تعداد پارامترها،

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

می باشد.

(۶) برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از راهنمای زیر استفاده کنید:

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

مثال: در یک ایستگاه پایش آب زیرزمینی واقع در دشت در آمل و بابل پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده اند:

Nitrate = 0.171 mg/l

Fecal coliform = 150 MPN/100ml

Electrical Conductivity = 639.7 micro-mohs/cm

Total Hardness = 225 mgCaCO₃/l

BOD₅ = 4.11 mg/l

Phosphate = 0.16 mg/l

COD = 2 mg/l

pH = 7.38

DO = 4.12 mg/l → DO_{sat} = 43.77%

Water Temperature = 18.1 °C

مقدار شاخص $IRWQI_{GC}$ و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

۷- در صورتی که تعداد پارامترهای اندازه گیری شده کمتر از ده پارامتر مندرج در جدول ۲ باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی باشد.

حل: ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۲ تعیین کنید.

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
نیترات	۰.۱۵۱	۹۹
کلیفرم مدفوعی	۰.۱۳۴	۲۲
هدایت الکتریکی	۰.۱۲۹	۸۷
سختی کل	۰.۱۰۳	۸۸
BOD ₅	۰.۰۸۸	۳۳
فسفات	۰.۰۸۵	۲۶
COD	۰.۰۸	۹۸
pH	۰.۰۷۴	۱۰۰
درصد اشباع اکسیژن محلول	۰.۰۶۷	۳۵

سپس با استفاده از رابطه ارائه شده در گام پنجم (میانگین وزنی هندسی) مقدار شاخص را به ترتیب زیر محاسبه کنید:
- جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i = 0.151 + 0.134 + 0.129 + 0.103 + 0.088 + 0.085 + 0.080 + 0.074 + 0.067 = \mathbf{0.911}$$

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

$$= [99^{0.151} \times 22^{0.134} \times 87^{0.129} \times 88^{0.103} \times 33^{0.088} \times 26^{0.085} \times 98^{0.080} \times 100^{0.074} \times 35^{0.067}]^{\frac{1}{0.911}} = \mathbf{56.5}$$

برای تعیین معادل توصیفی شاخص از جدول راهنمای گام پنجم استفاده می شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۵۶.۵ به دست آمده است، کیفیت آب معادل نسبتاً خوب با رنگ سبز می باشد.

نسبتاً خوب	۷۰-۵۵.۱
------------	---------

دلیل قرار گیری کیفیت آب در این طبقه عمدتاً آلودگی باکتریولوژیک آن بر اساس شاخص کلیفرم مدفوعی و پس از آن خواست اکسیژن بیوشیمیایی و فسفات است که در مجموع می توانند نشان دهنده نفوذ فاضلاب به آب زیر زمینی باشند.

فصل سوم

راهنمای محاسبه

شاخص پارامترهای کمی کیفیت منابع آب سطحی (IRWQI_{ST})

۳-۱- شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی (IRWQI_{ST})^۸

مراحل محاسبه شاخص IRWQI_{ST} عبارتند از:

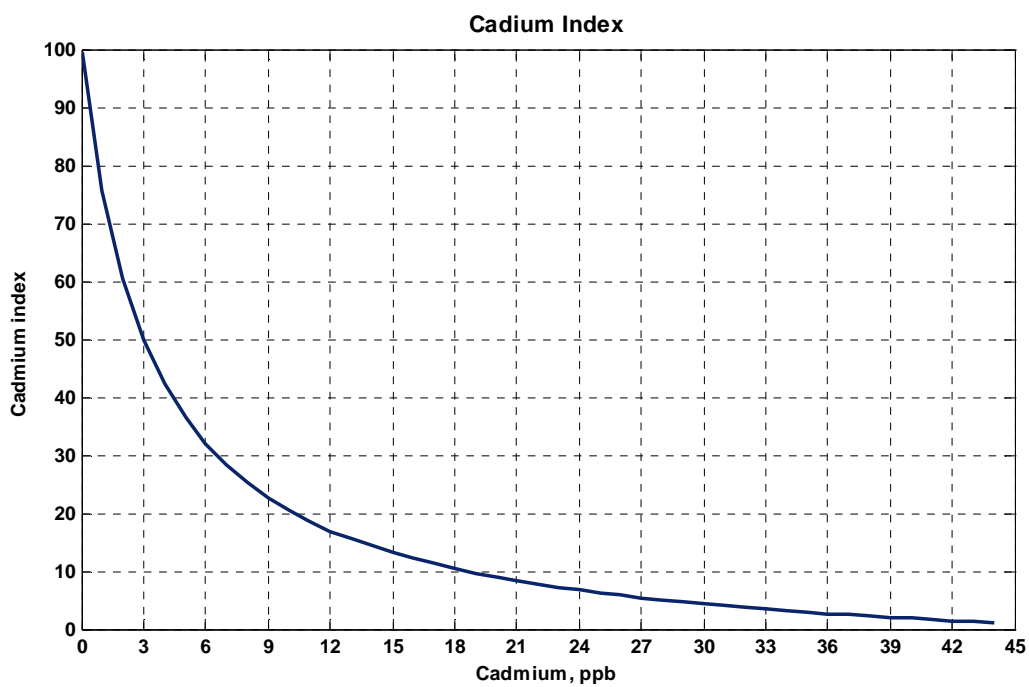
- (۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول زیر،
- (۲) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول زیر،

جدول ۳- پارامترهای شاخص IRWQI_{ST} و وزن های آنها

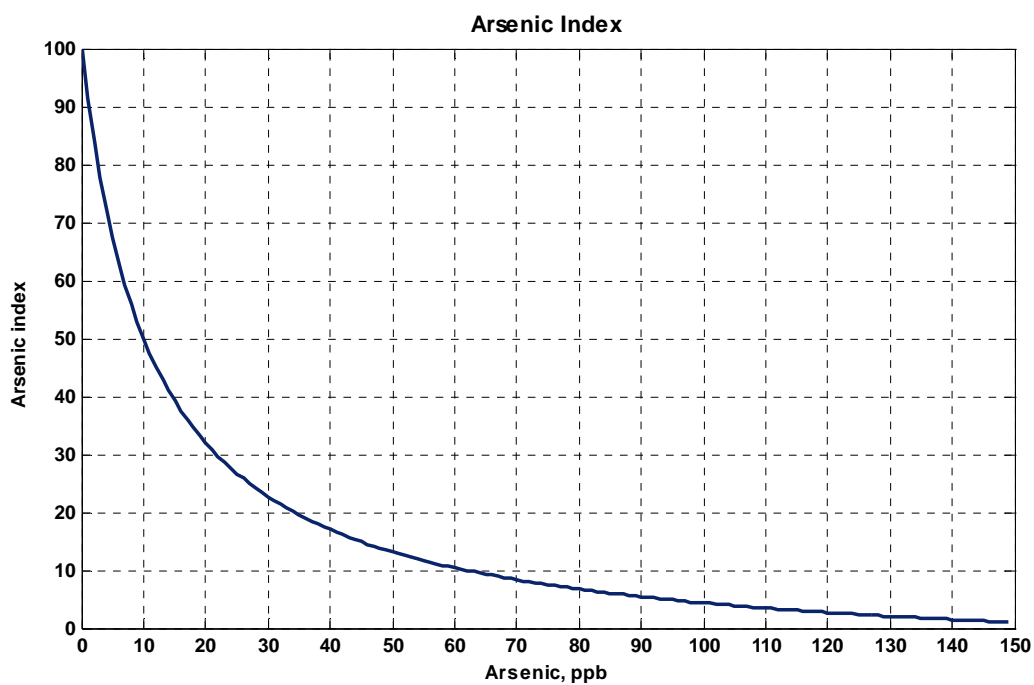
ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	آرسنیک	۰.۱۲۸	بر حسب ppb
۲	جیوه	۰.۱۱۷	بر حسب ppb
۳	TPH	۰.۱۰۸	بر حسب ppb
۴	دترجنت	۰.۱۰۰	بر حسب ppb
۵	سرب	۰.۰۹۲	بر حسب ppb
۶	کادمیم	۰.۰۹۲	بر حسب ppb
۷	فنول	۰.۰۹۱	بر حسب ppb
۸	کرم	۰.۰۸۴	بر حسب ppb
۹	سیانید	۰.۰۷۰	بر حسب ppb
۱۰	آهن	۰.۰۶۳	بر حسب ppb
۱۱	منگنز	۰.۰۵۶	بر حسب ppb

(۳) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی های رتبه بندی،

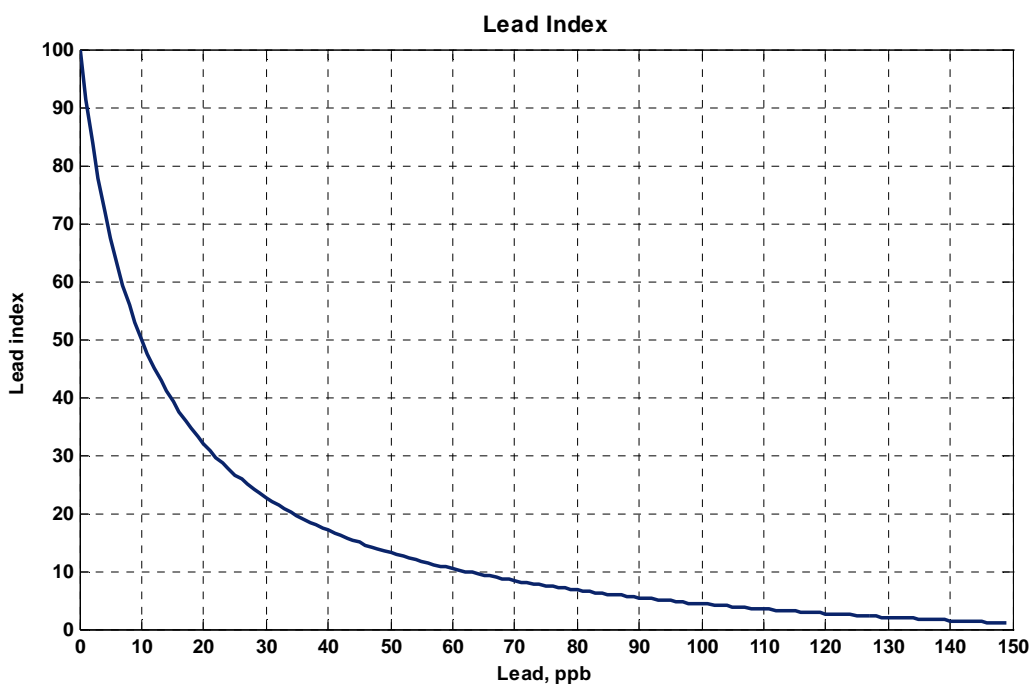
^۸ - IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Toxic Parameters, IRWQI_{ST}



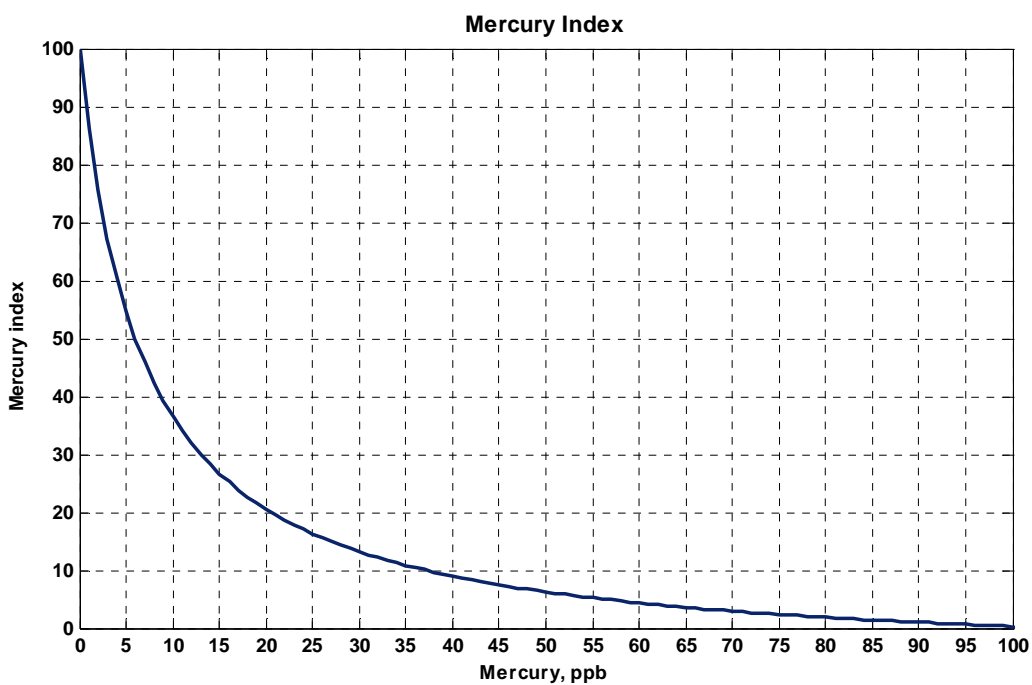
توجه: مقدار شاخص برای کادمیم بیش از ۴۵ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



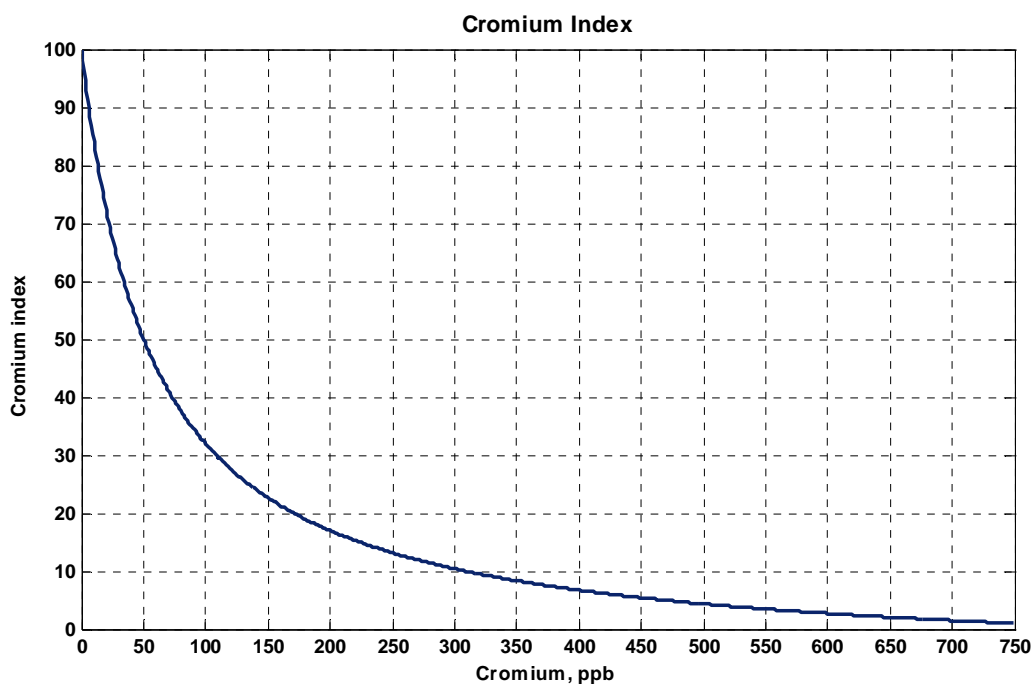
توجه: مقدار شاخص برای آرسنیک بیش از ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



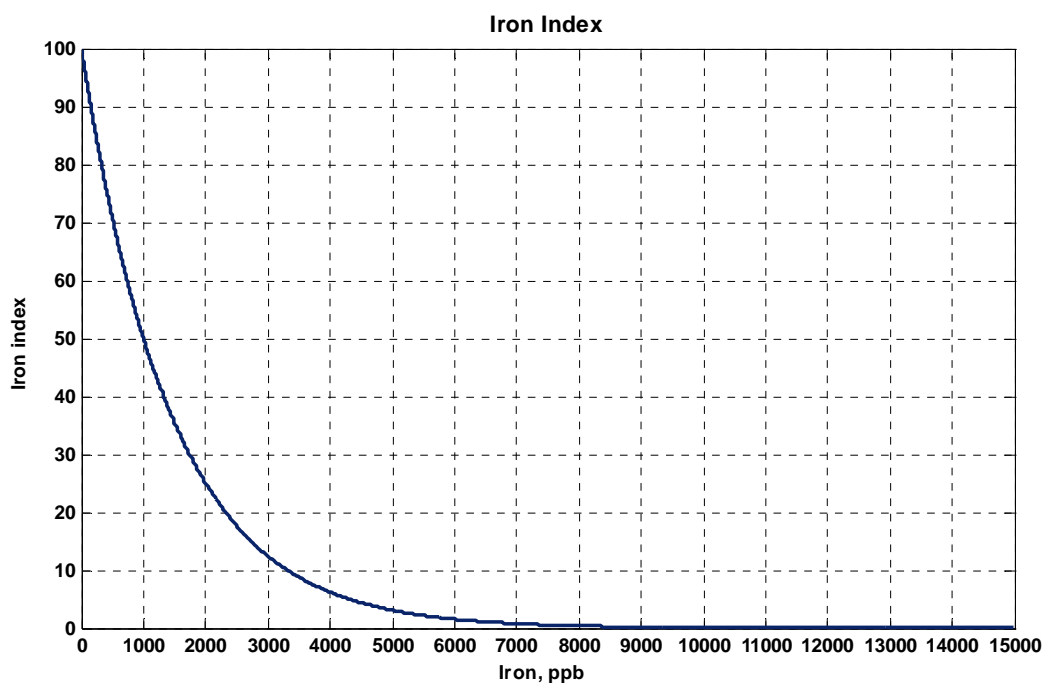
توجه: مقدار شاخص برای سرب بیش از ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



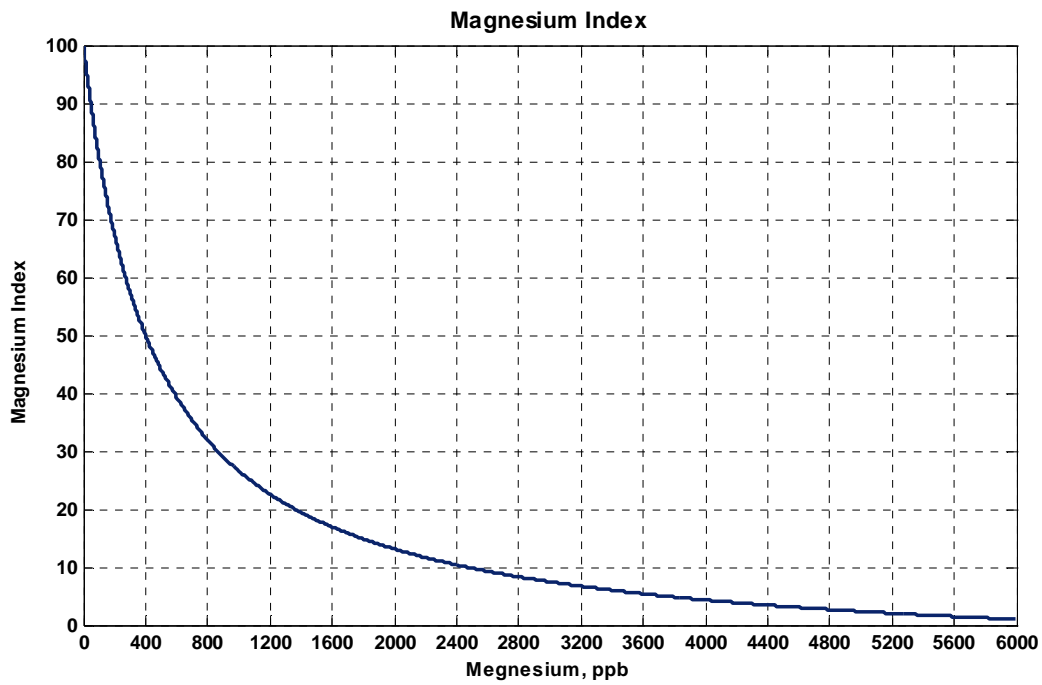
توجه: مقدار شاخص برای جیوه بیش از ۹۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



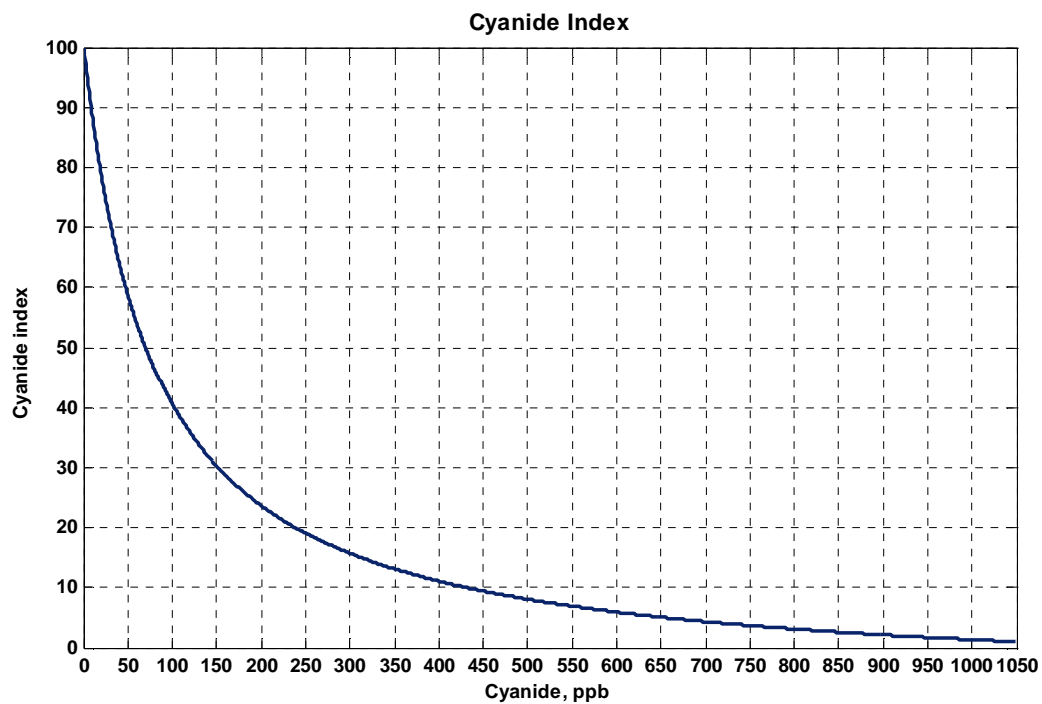
توجه: مقدار شاخص برای کروم بیش از ۷۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



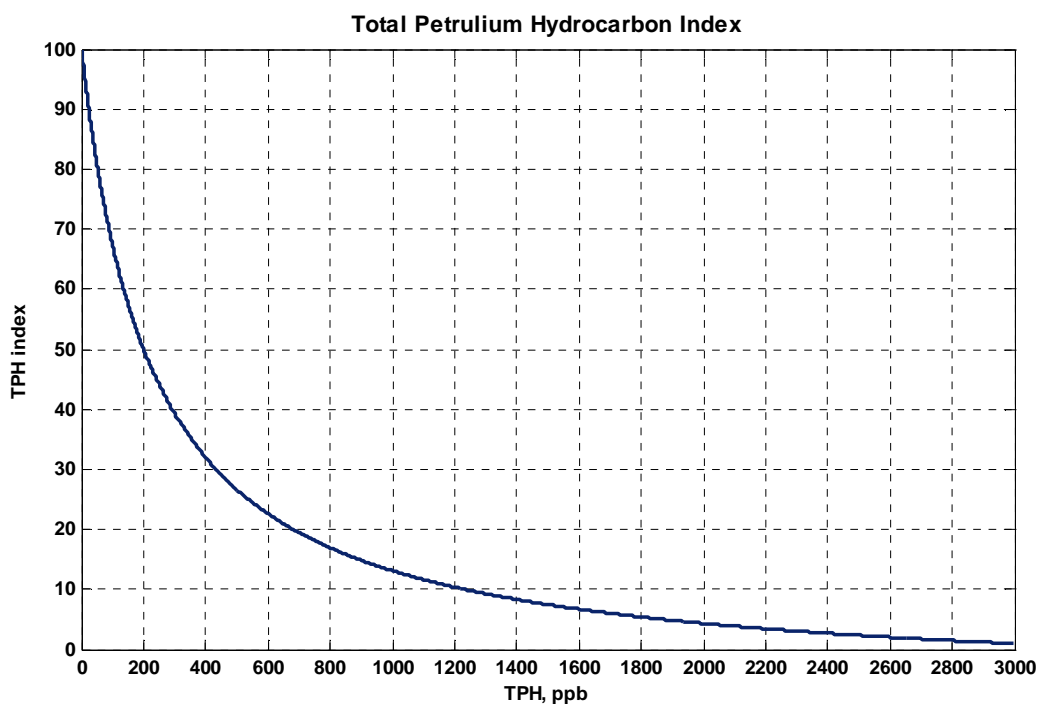
توجه: مقدار شاخص برای آهن بیش از ۷۵۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



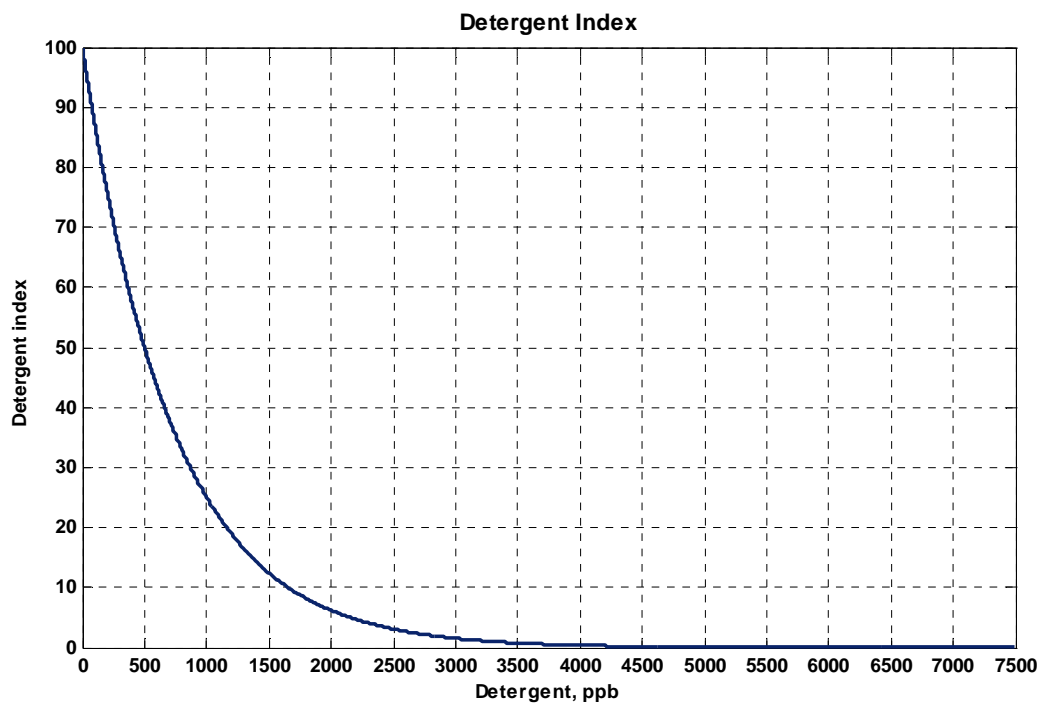
توجه: مقدار شاخص برای منگنز بیش از ۶۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



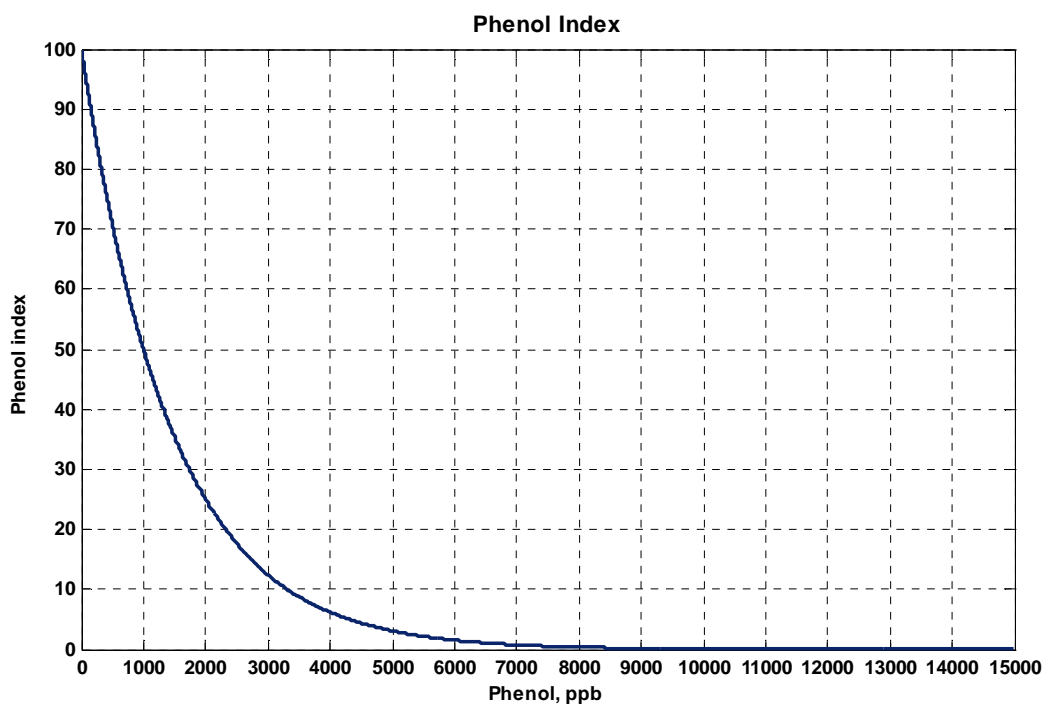
توجه: مقدار شاخص برای سیانید بیش از ۱۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای TPH بیش از ۳۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای دترجنت بیش از ۴۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای فنل بیش از ۷۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.

(۴) محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر:

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

که در آن:

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

W_i = وزن پارامتر i ام،

n = تعداد پارامترها،

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

می باشد.

۹- در صورتی که تعداد پارامترهای اندازه گیری شده کمتر از یازده پارامتر مندرج در جدول ۳ باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی باشد.

(۵) برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از جدول زیر استفاده کنید:

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

مثال: در یک ایستگاه پایش واقع بر روی رودخانه کرخه در محدوده چرداول پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده اند:

Hg = 0.3 ppb

As = 0.6 ppb

Fe = 11 ppb

Pb = 6.2 ppb

مقدار شاخص IRWQI_{ST} و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

حل: ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۳ تعیین می کنید.

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
جیوه	۰.۱۱۷	۹۹
آرسنیک	۰.۱۲۸	۹۶
آهن	۰.۰۶۳	۱۰۰
سرب	۰.۰۹۲	۶۵

سپس با استفاده از رابطه ارائه شده در گام چهارم (میانگین وزنی هندسی) مقدار شاخص را به ترتیب زیر محاسبه کنید:

- جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i = 0.117 + 0.128 + 0.063 + 0.092 = 0.400$$

$$IRWQI_{ST} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}} = [99^{0.117} \times 96^{0.128} \times 100^{0.063} \times 65^{0.092}]^{\frac{1}{0.400}} = 89.1$$

برای تعیین معادل توصیفی شاخص از جدول راهنمای گام پنجم استفاده می شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۸۹.۱ به دست آمده است، کیفیت آب معادل بسیار خوب با رنگ آبی پر رنگ می باشد.

بسیار خوب	بیشتر از ۸۵
-----------	-------------

تنها پارامتری که موجب شده است کیفیت آب کاهش یابد سرب می باشد که شاخص آن در رده نسبتا خوب قرار دارد.

فصل چهارم

راهنمای محاسبه

شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی (IRWQI_{GT})

۴-۱- شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی (IRWQI_{GT})^{۱۰}

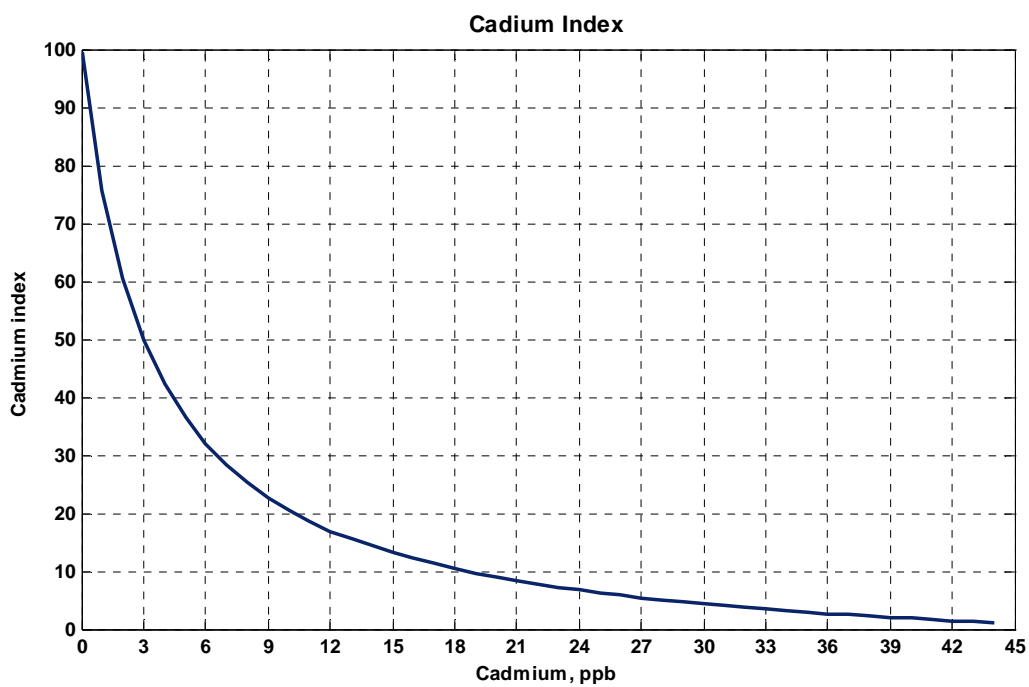
مراحل محاسبه شاخص IRWQI_{GT} عبارتند از:

- (۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول زیر،
- (۲) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول زیر،

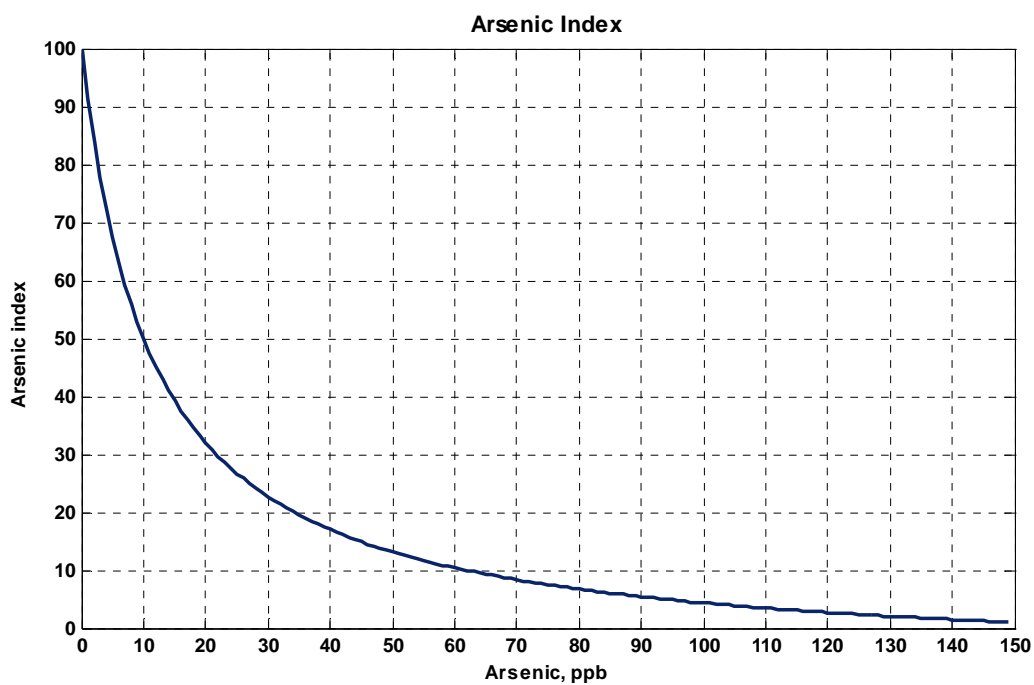
جدول ۴- پارامترهای شاخص IRWQI_{GT} و وزن های آنها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	آرسنیک	۰.۱۲۸	بر حسب ppb
۲	فنول	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

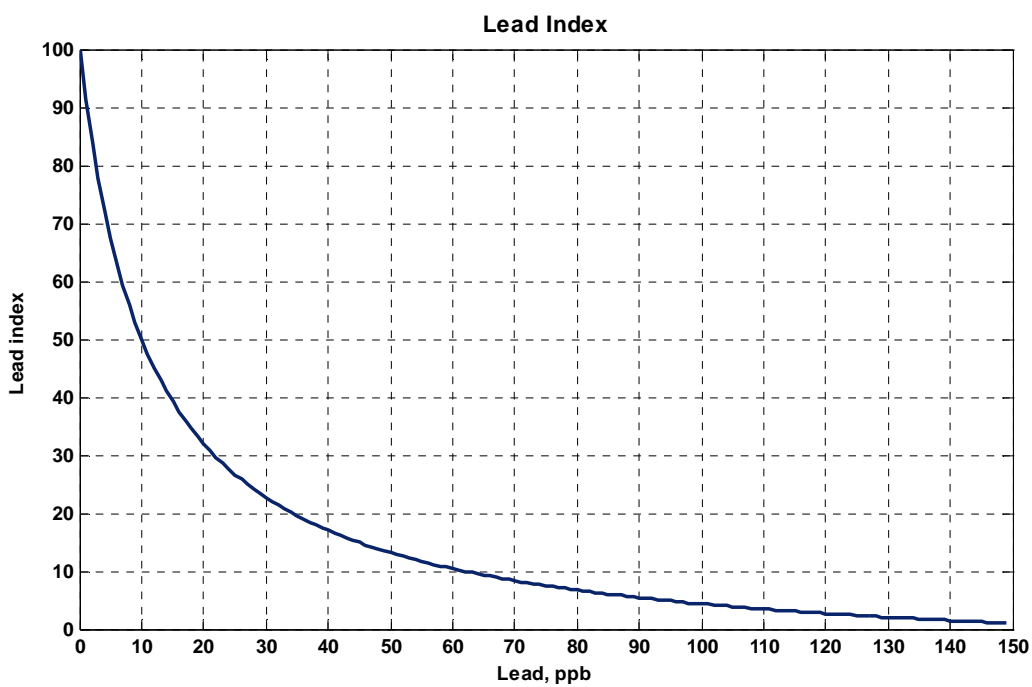
(۳) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی های رتبه بندی،



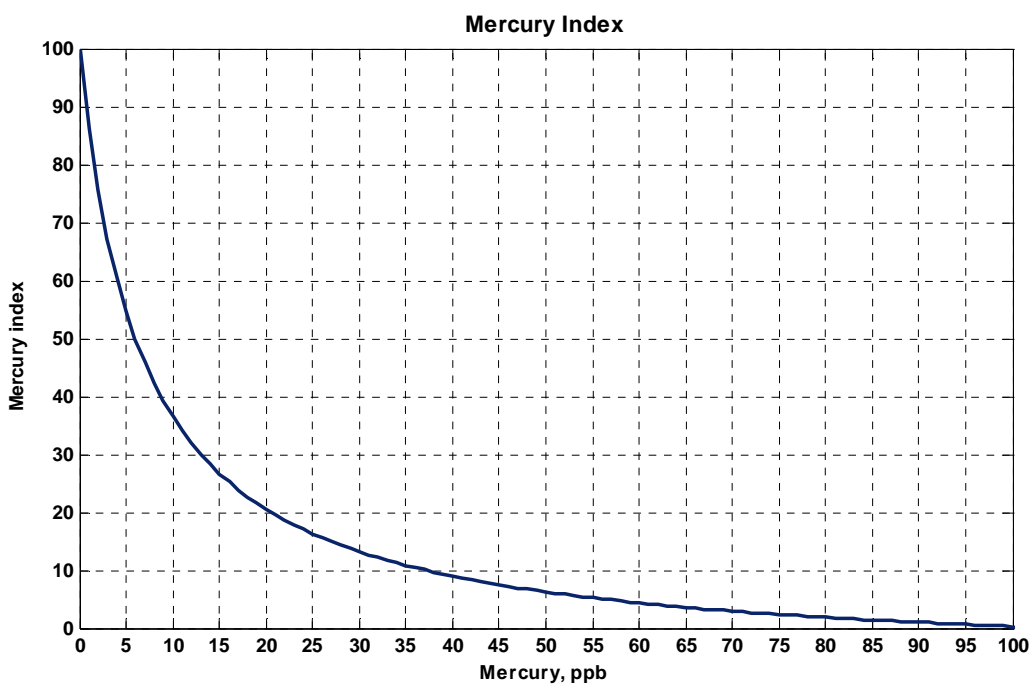
توجه: مقدار شاخص برای کادمیم بیش از ۴۵ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



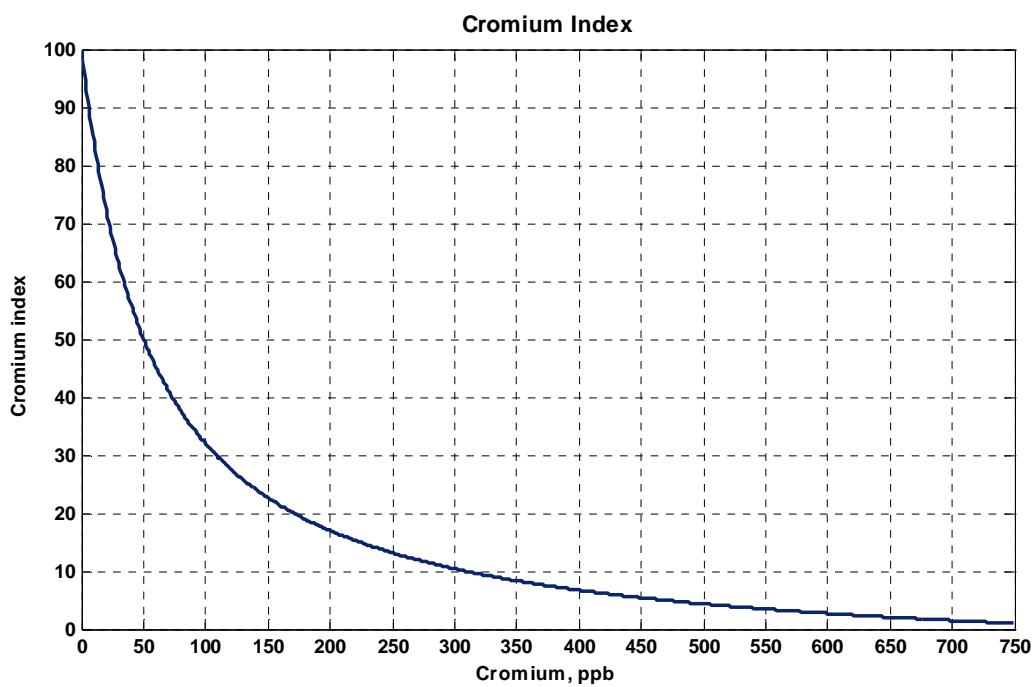
توجه: مقدار شاخص برای آرسنیک بیش از ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



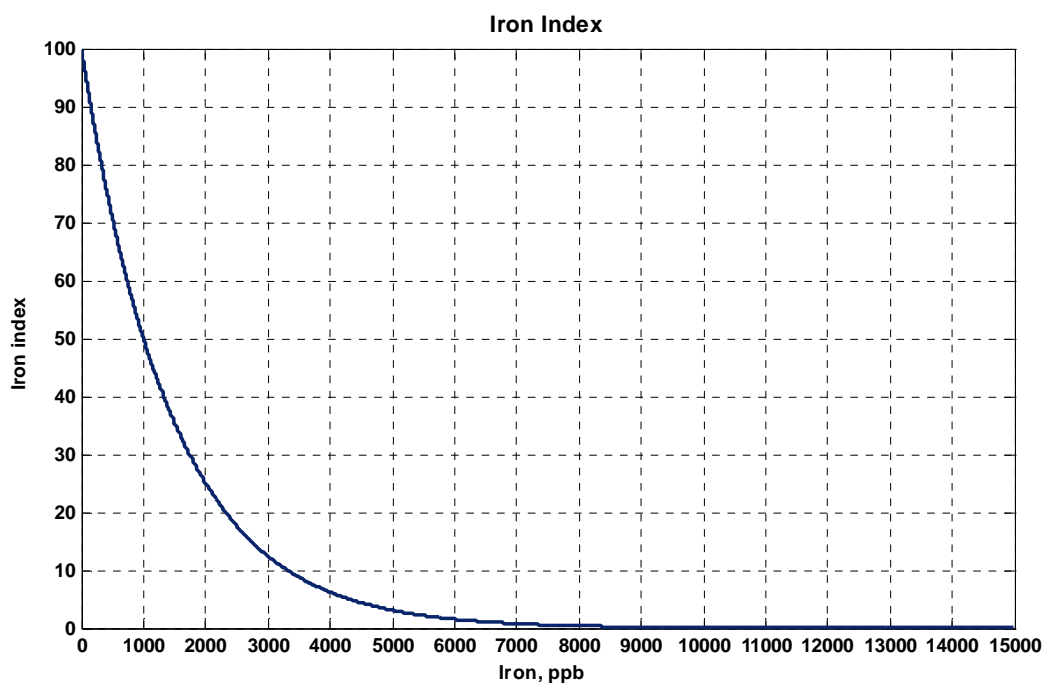
توجه: مقدار شاخص برای سرب بیش از ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



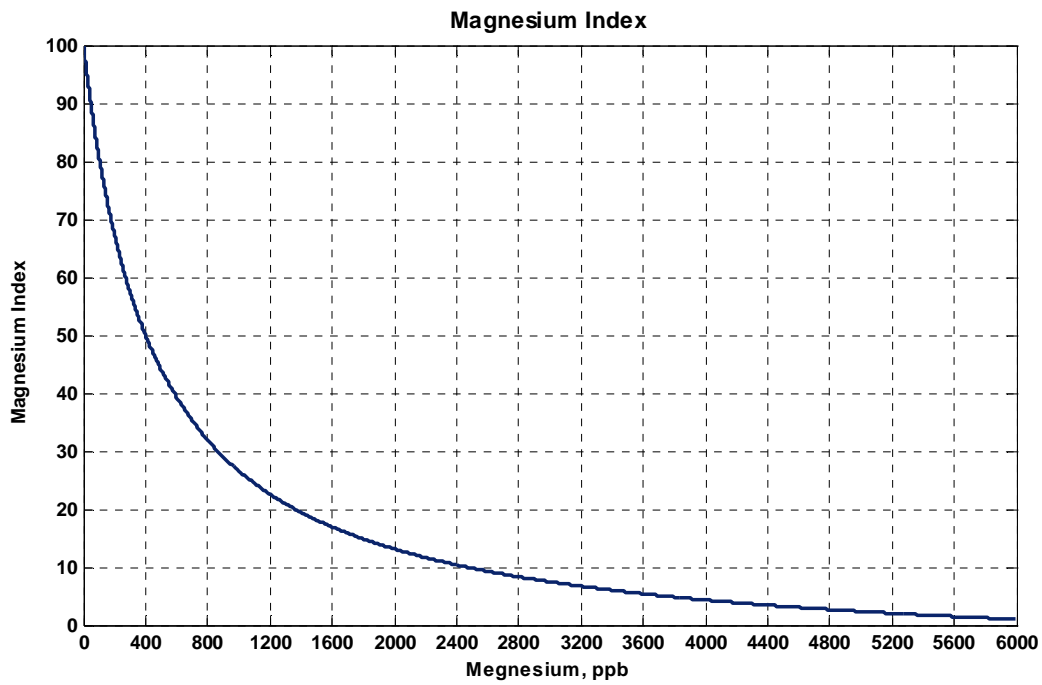
توجه: مقدار شاخص برای جیوه بیش از ۹۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



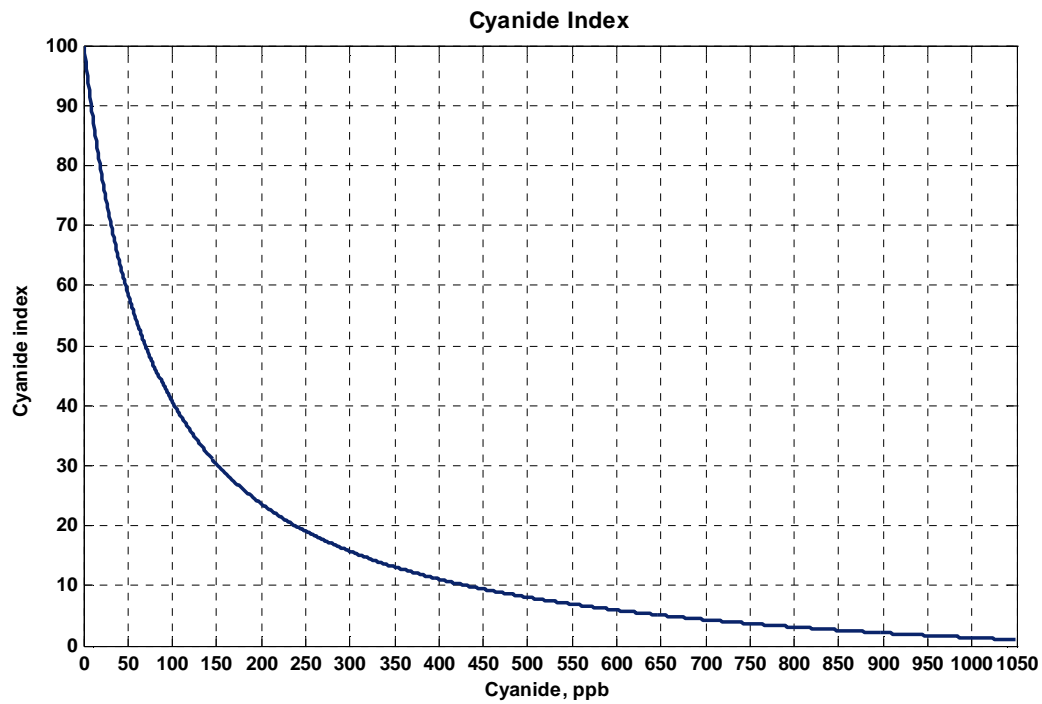
توجه: مقدار شاخص برای کروم بیش از ۷۵۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



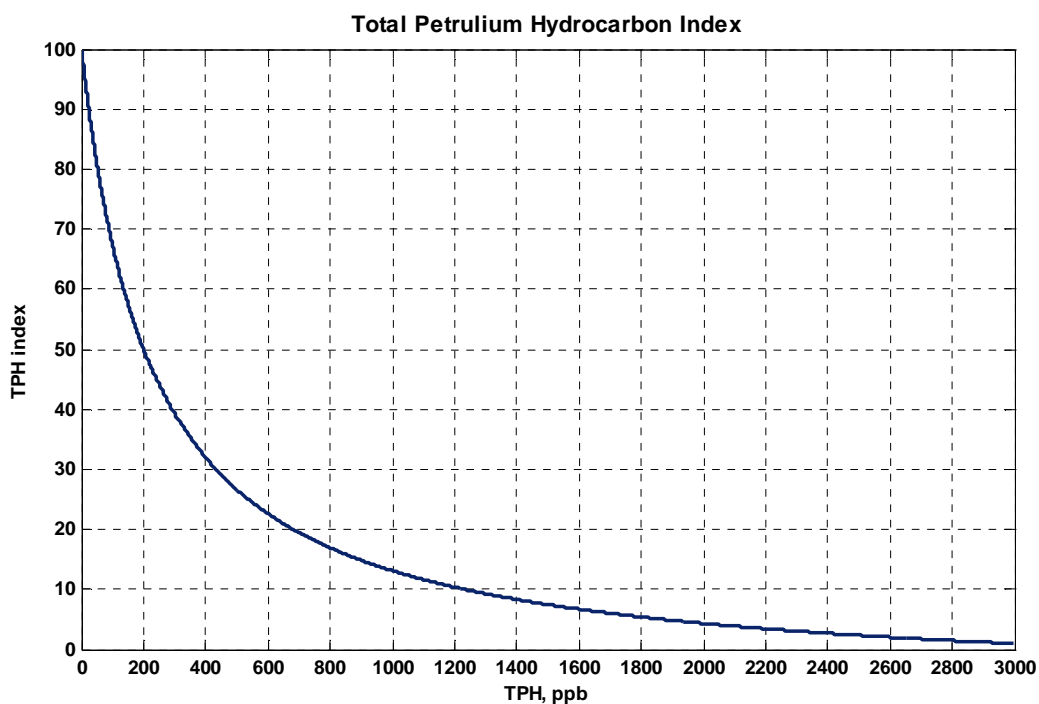
توجه: مقدار شاخص برای آهن بیش از ۷۵۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



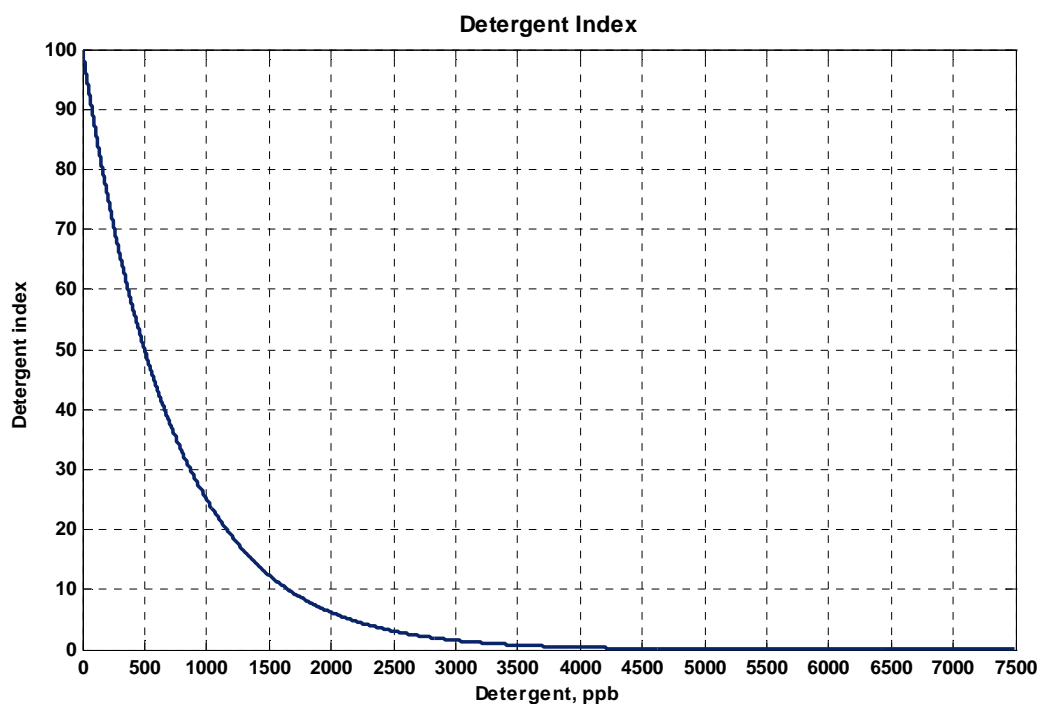
توجه: مقدار شاخص برای منگنز بیش از ۶۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



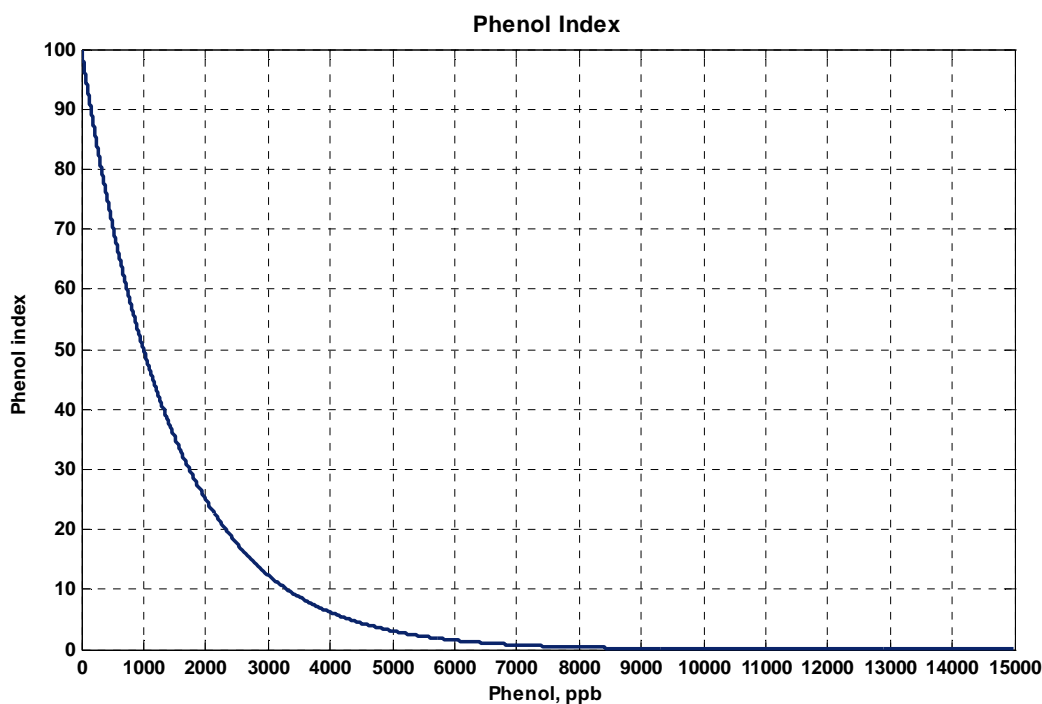
توجه: مقدار شاخص برای سیانید بیش از ۱۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای TPH بیش از ۳۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای دترجت بیش از ۴۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



توجه: مقدار شاخص برای فنل بیش از ۷۰۰۰ میکروگرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.

(۴) محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه زیر:

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

که در آن:

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

W_i = وزن پارامتر i ام،

n = تعداد پارامترها،

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

می باشد.

(۵) برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از راهنمای زیر استفاده کنید:

۱۱- در صورتی که تعداد پارامترهای اندازه گیری شده کمتر از یازده پارامتر مندرج در جدول ۴ باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی باشد.

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

مثال: در یک ایستگاه پایش آب زیر زمینی واقع در دشت آمل- بابل پارامترهای زیر برای کیفیت آب اندازه گیری شده اند:

Detergent = 0.051 ppb

Pb = 0.7 ppb

Cd = 0.05 ppb

Cr = 8.3 ppb

As = 0.5 ppb

Mn = 200.9 ppb

Hg = 0.2 ppb

Phenol = 2 ppb

CN = 0.003 ppb

TPH = 38.68 ppb

Fe = 27 ppb

مقدار شاخص IRWQI_{GT} و معادل توصیفی آن را تعیین کنید.

حل: ابتدا شاخص معادل هر پارامتر را با استفاده از منحنی های رتبه بندی و وزن هر پارامتر را با استفاده از جدول ۴ تعیین می کنید.

پارامتر	وزن	مقدار شاخص پارامتر
آرسنیک	۰.۱۲۸	۹۹
فنول	۰.۱۱۹	۱۰۰
جیوه	۰.۱۱۳	۹۹
دترجنت	۰.۱۰۷	۱۰۰
TPH	۰.۰۹۷	۸۳
کادمیم	۰.۰۸۶	۱۰۰
سرب	۰.۰۷۹	۹۹
کرم	۰.۰۷۹	۹۱
سیانید	۰.۰۷۲	۱۰۰
آهن	۰.۰۶۶	۱۰۰
منگنز	۰.۰۵۳	۶۸

سپس با استفاده از رابطه ارائه شده در گام چهارم (میانگین وزنی هندسی) مقدار شاخص را به ترتیب زیر محاسبه کنید:

- جمع وزن پارامترها:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$$
$$= 0.128 + 0.119 + 0.113 + 0.107 + 0.097 + 0.086 + 0.079 + 0.079$$
$$+ 0.072 + 0.066 + 0.053 = 1.0$$

$$RWQI_{GT} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$
$$= [99^{0.128} \times 100^{0.119} \times 99^{0.113} \times 100^{0.107} \times 83^{0.097} \times 100^{0.086} \times 99^{0.079}$$
$$\times 91^{0.071} \times 100^{0.072} \times 100^{0.066} \times 68^{0.053}]^{\frac{1}{1.0}} = \mathbf{94.8}$$

برای تعیین معادل توصیفی شاخص از جدول راهنمای گام پنجم استفاده می شود. با توجه به مقدار عددی شاخص که معادل ۹۴.۸ به دست آمده است، کیفیت آب معادل بسیار خوب با رنگ آبی پر رنگ می باشد.

بسیار خوب	بیشتر از ۸۵
-----------	-------------

تنها پارامتری که موجب شده است کیفیت آب کاهش یابد منگنز می باشد که شاخص آن در رده نسبتاً خوب قرار دارد.