دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی تهران

پژوهشکده محیط زیست
عضو شبکه ارزیابی خطر شیمیایی
سازمان جهانی بهداشت

ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت

مترجمین:

هما کاشانی
فرزانه غریب زاده
پگاه نخجیرگان
مسعود یونسیان
مرتضی زعیم

پروژه هماهنگ‌سازی برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی
سازمان جهانی بهداشت

بسم الله الرحمن الرحيم

راهنمای شماره ۸

پروژه هماهنگ‌سازی برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی

سازمان جهانی بهداشت

ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت

ویرایش دوم (۲۰۲۱)

مترجمین:

دکتر هما کاشانی

(استادیار، گروه روش‌شناسی مطالعات و تحلیل داده‌ها، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران)

فرزانه غریب زاده

(دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران)

پگاه نخجیرگان

(دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران)

دکتر مسعود یونسیان

(استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران)

دکتر مرتضی زعیم

(استاد وابسته، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران)

پژوهشکده محیط زیست

دانشگاه علوم پزشکی تهران

عضو شبکه ارزیابی خطر شیمیایی سازمان جهانی بهداشت

تیمورزاده نوین

www.teimourzadehnovin.com

اولین و تنها ناشر دارنده تندیس دیموند در حوزه توزیع و پخش کتب پزشکی در کشور

www.teimourzadehnovin.com

عنوان و نام پدیدآور	: ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت/ تالیف سازمان جهانی بهداشت؛ مترجمین هما کاشانی ... [و دیگران]؛ تحت نظارت پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
مشخصات ظاهری	: ۱۹۸ ص.: جدول، شکل (رنگی).
مشخصات نشر	: تهران: تیمورزاده نوین، ۱۴۰۱.
فروست	: پروژه هماهنگ سازی برنامه بین المللی ایمنی شیمیایی سازمان جهانی بهداشت؛ راهنمای شماره ۸.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۷۱-۹۱-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: WHO human health risk asesment toolki:chemical hazard ,2nd .ed 2021
یادداشت	: مترجمین هما کاشانی، فرزانه غریب زاده، پگاه نخجیرگان، مسعود یونسیان، مرتضی زعیم
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: بهداشت - خطر سنجی Health risk asesment مواد خطرزا Hazardous substances
شناسه افزوده	: کاشانی، هما، ۱۳۶۳- ، مترجم
شناسه افزوده	: سازمان بهداشت جهانی
شناسه افزوده	: World Health Organization
شناسه افزوده	: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. پژوهشکده محیط زیست
رده بندی کنگره	: RA ۴۲۷/۳
رده بندی دیویی	: ۳۶۲/۱۷۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۹۷۲۴۰۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

نام کتاب : ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت

مولفین : هما کاشانی، فرزانه غریب‌زاده، پگاه نخجیرگان، مسعود یونسیان، مرتضی زعیم

ناشر : تیمور زاده نوین

شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۷۱-۹۱-۱

نوبت چاپ : اول-۱۴۰۱

شمارگان : ۱۰۰۰ عدد

طراح جلد : عاطفه کرمانیان

چاپ و صحافی : بهرنگ

بهاء : رایگان

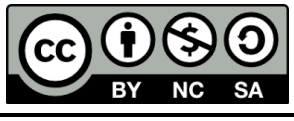
نشانی دفتر مرکزی: تهران، میدان ۷ تیر، ابتدای خیابان قائم مقام فراهانی، پلاک ۳ | تلفن: ۸۸۳۲۱۸۱۸-۸۸۳۲۳۱۳۱-۸۸۳۲۳۴۳۴

دورنگار: ۸۸۳۲۸۲۸۲ | کد پستی: ۱۵۸۹۹ | پست الکترونیکی: te.bookVtir@yahoo.com

این ترجمه توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) صورت نگرفته است و WHO هیچ‌گونه مسئولیتی در قبال محتوا یا صحت این ترجمه ندارد. نسخه انگلیسی اصلی می بایست نسخه لازم‌الاجرا و معتبر باشد.

"[WHO Human Health Risk Assessment Toolkit: CHEMICAL HAZARDS]. Geneva: World Health Organization; [2021] [License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO]"

© پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۴۰۱



فهرست مطالب

پیشگفتار ..... ط

فرآیند توسعه ابزار ..... ک

به‌روز رسانی برای ویرایش دوم ..... ل

سخن مترجمین ..... ل

فهرست اختصارات ..... م

بخش ۱: مقدمه ۱

۱-۱. هدف و مخاطبان مد نظر ۱

۱-۲. گستره ابزار ۳

بخش ۲: توصیف ارزیابی خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان ۷

۲-۱. تعریف ارزیابی خطر ۷

۲-۲. استفاده از ارزیابی‌های خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان ۹

بخش ۳: شرح ابزار ۱۳

۳-۱. ابزار به عنوان یک نقشه راه ۱۴

۳-۲. ارزیابی‌های طبقه‌بندی شده در این ابزار ۱۸

۳-۳. نقشه راه‌های کلی ۲۲

۳-۳-۱. بیان مساله: شناسایی ماده شیمیایی ۲۲

۳-۳-۲. شناسایی مخاطره ۲۳

۳-۳-۳. توصیف مخاطره/ تعیین مقدار رهنمودی یا راهنما ۲۷
۳-۳-۳-۱. مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت سازمان‌های بین‌المللی ۳۱
۳-۳-۳-۲. مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها ("مقادیر راهنمای کیفیت") حاصل از سازمان‌های بین‌المللی ۴۱
۳-۳-۳-۳. سنجش مناسب بودن مقادیر رهنمودی یا راهنمای موجود برای یک مساله خاص ۴۲
۳-۳-۴. ارزیابی مواجهه ۴۳
۳-۳-۴-۱. راه‌ها و مسیرهای مواجهه ۴۴
۳-۳-۴-۲. برآورد مواجهات: رویکردهای اندازه‌گیری یا مدل‌سازی ۴۷
۳-۳-۴-۳. مدت و تناوب مواجهه ۵۰
۳-۳-۴-۴. غلظت و نرخ مواجهه ۵۱
۳-۳-۴-۵. پایش زیستی ۵۲
۳-۳-۵. توصیف خطر ۵۳
۳-۳-۵-۱. مقایسه با مقدار رهنمودی یا راهنما ۵۳
۳-۳-۵-۲. رویکرد حاشیه مواجهه ۵۶
۳-۳-۵-۳. برآورد خطر سرطان با استفاده از رویکرد عامل شیب ۵۷
بخش ۴: منابع بین‌المللی ارزیابی خطر ۵۹
۴-۱. مقدمه ۵۹
۴-۲. چیدمان مطالب ۶۰
۴-۳. فهرست راهنماهای منابع ۶۱
۴-۴. منابع کلی در ارزیابی خطر ۶۲
۴-۴-۱. منابع مربوط به روش‌شناسی ارزیابی خطر ۶۲

۴-۴-۲. منابع در مورد جوامع حساس ۶۵
۴-۴-۳. ارزیابی خطر حوادث شیمیایی ۶۶
۴-۵. منابع خاص شیمیایی ۶۷
۴-۵-۱. مونوگراف‌های JMPR ۶۷
۴-۵-۲. مونوگراف‌های JECFA ۶۸
۴-۵-۳. مونوگراف‌های EHC ۶۸
۴-۵-۴. CICADها ۶۹
۴-۵-۵. مستندات زمینه‌ای کیفیت آب آشامیدنی ۶۹
۴-۵-۶. راهنماهای کیفیت هوا ۶۹
۴-۶. منابع شناسایی مخاطره ۷۰
۴-۶-۱. کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی ۷۲
۴-۶-۲. مجموعه داده‌های اطلاعات غربالگری برای مواد شیمیایی با حجم تولید بالا ۷۲
۴-۶-۳. طبقه‌بندی توصیه شده WHO برای آفت‌کش‌ها برحسب مخاطره ۷۲
۴-۶-۴. توصیه‌های سازمان ملل متحد در مورد حمل و نقل کالاهای خطرناک ۷۳
۴-۶-۵. مونوگراف‌های IARC ۷۳
۴-۶-۶. بانک داده‌های مواد خطرناک ۷۴
۴-۶-۷. سیستم برچسب‌گذاری و طبقه‌بندی اتحادیه اروپا (EU) ۷۴
۴-۶-۸. گزارش‌های ارزیابی مواد ECHA ۷۵
۴-۶-۹. کارت‌های اطلاعاتی ECHA ۷۵
۴-۶-۱۰. گزارش‌های ارزیابی خطر اتحادیه اروپا ۷۵
۴-۶-۱۱. ابزار بین‌المللی کنترل شیمیایی ۷۶
۴-۶-۱۲. پایگاه داده مخاطرات شیمیایی EFSA OpenFoodTox ۷۶

۴-۷. توصیف مخاطره/ منابع مقدار رهنمودی و راهنما ۷۶
۴-۷-۱. مقادیر رهنمودی برای نرخ‌های مواجهه ۷۸
۴-۷-۱-۱. آفت‌کش‌ها ۷۸
۴-۷-۱-۲. آلاینده‌ها و افزودنی‌های مواد غذایی، سموم طبیعی و باقیمانده‌های داروهای دامپزشکی در مواد غذایی ۷۸
۴-۷-۲. مقادیر راهنما برای غلظت‌های مواجهه ۷۹
۴-۷-۲-۱. راهنماهای آب آشامیدنی WHO ۷۹
۴-۷-۲-۲. راهنماهای کیفیت هوا WHO ۷۹
۴-۷-۳. مقادیر رهنمودی و راهنما حاصل از مونوگراف‌های خاص مواد شیمیایی ۸۰
۴-۷-۴. سیستم یکپارچه اطلاعات خطر ۸۰
۴-۷-۵. حدود مواجهه شغلی (OELها) ۸۱
۴-۸. منابع ارزیابی مواجهه ۸۱
۴-۸-۱. رهنمود کلی در ارزیابی مواجهه ۸۲
۴-۸-۲. عوامل مواجهه ۸۵
۴-۸-۳. سناریوها و منابع انتشار ۸۹
۴-۸-۴. نرخ انتشار ۹۰
۴-۸-۵. حمل و نقل و سرنوشت ۹۲
۴-۸-۶. غلظت‌های مواجهه ۹۳
۴-۸-۷. مواجهه ناشی از محصولات ۹۴
۴-۹. منابع توصیف خطر ۹۴
بخش ۵: رویکردها و روش‌شناسی‌های در حال تکامل ۹۵
۵-۱. روش‌شناسی‌های مبتنی بر شواهد ۹۵

۵-۲. گروه‌بندی و خواندن روابط مواد شیمیایی ۹۷
۵-۳. آستانه نگرانی سم‌شناسی ۹۷
۵-۴. مسیرهای پی‌آمد نامطلوب ۹۸
۵-۵. روش‌شناسی‌های رویکرد جدید ۱۰۰
۵-۶. استفاده از داده‌های برون‌تنی برای توصیف دوز-پاسخ ۱۰۰
۵-۷. استراتژی‌ها جهت ارزیابی و آزمودن مواجهه با چند ماده شیمیایی ۱۰۱
فهرست منابع ۱۰۳
پیوست ۱: مطالعه موردی آب آشامیدنی ۱۲۵
پ۱-۱. هدف ۱۲۵
پ۱-۲. بیان مساله ۱۲۶
پ۱-۳. شناسایی مخاطره ۱۲۷
پ۱-۴. توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما ۱۳۰
پ۱-۵. ارزیابی مواجهه ۱۳۴
پ۱-۶. توصیف خطر ۱۳۸
پ۱-۷. خلاصه ۱۳۹
فهرست منابع پیوست ۱ ۱۴۱
پیوست ۲: مطالعه موردی ذرات معلق قابل استنشاق ($PM_{۱۰}$) ۱۴۳
پ۲-۱. هدف ۱۴۳
پ۲-۲. بیان مساله ۱۴۴
پ۲-۳. شناسایی مخاطره ۱۴۵
پ۲-۴. توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما ۱۴۷
پ۲-۵. ارزیابی مواجهه ۱۵۱

پ۲-۶. توصیف خطر ۱۵۳
پ۲-۷. خلاصه ۱۵۳
فهرست منابع پیوست ۲ ..... ۱۵۵
پیوست ۳: مطالعه موردی آفت‌کش ۱۵۷
پ۳-۱. هدف ۱۵۷
پ۳-۲. بیان مساله ۱۵۸
پ۳-۳. شناسایی مخاطره ۱۵۹
پ۳-۴. شناسایی مخاطره/ مشخص نمودن مقدار رهنمودی یا راهنما ۱۶۱
پ۳-۵. ارزیابی مواجهه ۱۶۵
پ۳-۶. توصیف خطر ۱۷۱
پ۳-۷. خلاصه ۱۷۴
فهرست منابع پیوست ۳ ..... ۱۷۵

پیشگفتار

تولید و استفاده از مواد شیمیایی در سراسر جهان رو به افزایش است. بر اساس نشریه[1] UNEP، ظرفیت تولید صنعت جهانی مواد شیمیایی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ میلادی تقریبا دو برابر گردید و از حدود ۱/۲ به ۲/۳ میلیارد تن رسید. همچنین، در این گزارش پیش‌بینی شده است که تولید مواد شیمیایی در اقتصادهای نوظهور به سرعت به افزایش خود ادامه دهد.

سازمان جهانی بهداشت (WHO) برآورد نموده است که ۲۴٪ از مرگ‌ها در جهان ناشی از عوامل محیطی قابل اصلاح از جمله مواجهه با مواد شیمیایی سمی است[2]. بر اساس داده‌های سال ۲۰۱۶، بار بیماری منتسب به مواد شیمیایی (بر اساس انتخاب تعداد محدودی از مواد شیمیایی که داده‌های کافی برای آن‌ها در دسترس است و در نتیجه کم‌برآورد کل موارد) ۱/۶ میلیون زندگی و ۴۵ میلیون سال زندگی تعدیل شده به دلیل ناتوانی[3] برآورد گردید. به عنوان مثال، مواجهه با سرب، عامل ۲/۵ ٪ بیماری‌های قلبی عروقی، ۱/۷٪ بیماری‌های مزمن کلیوی و ۳۰٪ ناتوانی ذهنی ناشناخته است. مسمومیت‌های غیرعمدی به طور تخمینی سالانه باعث مرگ ۷۸۰۰۰ نفر، به ویژه کودکان و نوجوانان می‌شوند. سرطان و بیماری ریوی منتسب به مواجهه با سرطان‌زاهای شغلی مسئول بیش از ۳۰۰۰۰۰ مرگ بوده‌اند[4].

با وجود آن‌چه سال‌هاست در مورد خطرات بالقوه سلامت عمومی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی شناخته شده، به این مسائل به طور کامل پرداخته نشده است. این مشکلات به ویژه در کشورهای در

---

[1] UNEP. Global Chemicals Outlook II. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2019. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/28113

[2] WHO. Preventing disease through healthy environments: updated 2016 data tables. Geneva: World Health Organization; 2019

[3] Disability-adjusted life year (DALY)

[4] WHO. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns: data addendum for 2016. Geneva: World Health Organization; 2018. https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/916484/retrieve

حال توسعه که به طور معمول منابع کمتری برای مدیریت خطر مواد شیمیایی دارند، پابرجاست. چنانچه مدیریت صحیح مواد شیمیایی صورت نگیرد، این امر همراه با رشد پیش‌بینی شده در تولید و استفاده از مواد شیمیایی در جهان در حال توسعه، به احتمال زیاد منجر به افزایش اثرات نامطلوب بر سلامت خواهد شد.

در مقابل، بسیاری از کشورها نیاز به اقدام را تشخیص داده و تعدادی از اسناد بین‌المللی، از جمله توافقات محیط زیستی چند جانبه مانند کنوانسیون روتردام در زمینه آیین رضایت آگاهانه قبلی برای مواد شیمیایی و آفت‌کش‌های خطرناک خاص در تجارت بین‌المللی، کنوانسیون استکهلم در زمینه آلاینده‌های آلی پایدار و کنوانسیون بازل در زمینه کنترل انتقال‌های فرامرزی پسماندهای خطرناک و دفع آن‌ها؛ رویکرد استراتژیک برای مدیریت بین‌المللی مواد شیمیایی؛ کنوانسیون‌های سازمان بین‌المللی کار؛ و قوانین بین‌المللی سلامت ۲۰۰۵ را امضا نموده‌اند. کلیه‌ی این ابزارها الزاماتی را جهت توسعه ظرفیت‌های مدیریت شیمیایی در کشورها ایجاد می‌کنند، که شامل ظرفیت‌هایی می‌گردد که امکان ارزیابی خطرات سلامت و محیط زیستی مرتبط با استفاده از مواد شیمیایی را به منظور اتخاذ تصمیم‌های آگاهانه در مورد این‌که آیا اقدامی برای مدیریت این خطرات صورت پذیرد یا خیر فراهم می‌آورند. با این حال، بسیاری از کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه و کشورهای دارای اقتصادهای در حال گذار، هنوز فاقد صلاحیت برای ارزیابی خطرات سلامت انسان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی هستند.

هدف کتاب "ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت" این است که برای کاربران خود راهنمایی را جهت شناسایی، دست‌یابی و استفاده از اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی مخاطرات شیمیایی، مواجهات و خطرات سلامتی مربوطه در زمینه‌های ارزیابی خطر سلامت خاص خود در سطوح محلی و ملی فراهم نماید. این ابزار، نقشه راه‌هایی را برای انجام ارزیابی خطر سلامت انسان فراهم می‌نماید، اطلاعاتی را شناسایی می‌کند که باید برای تکمیل یک ارزیابی گردآوری شوند، و آدرس‌های الکترونیکی به منابع بین‌المللی را ارائه می‌دهد که کاربر می‌تواند اطلاعات و روش‌های ضروری برای انجام ارزیابی خطر سلامت انسان را از آن طریق به دست آورد.

هدف این ابزار با انجام این کار، افزایش آگاهی و ارتقای استفاده از اطلاعات ارزیابی خطر پذیرفته شده در سطح جهان نیز می‌باشد که این اطلاعات توسط سازمان‌های بین‌المللی مانند WHO، سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد، برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد، کمیسیون Codex غذایی[1] و سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) برای استفاده در کشورها توسعه یافته‌اند.

[1] Codex Alimentarius Commission

این ابزار برای متخصصان سلامت عمومی و محیط زیست، قانون‌گذاران، مدیران صنعتی و دیگر تصمیم‌گیرندگانی توسعه یافته است که با حداقل مقدار از آموزش در زمینه اصول ارزیابی خطر مسئول انجام ارزیابی‌های خطر سلامت انسان و تصمیم‌گیری در مورد این هستند که آیا باید اقدامی در خصوص مدیریت خطرات سلامت انسان در ارتباط با مواجهه با مواد شیمیایی صورت پذیرد یا خیر.

این ابزار از زمان اولین انتشار آن در سال ۲۰۱۰ برای نقشی که در یاری‌رسانی به ارزیابی‌های خطر شیمیایی ایفا کرده، مورد تصدیق قرار گرفته است[1]. از سال ۲۰۱۰ به بعد، پیشرفت‌های جدیدی در روش‌شناسی‌های ارزیابی خطر شیمیایی، ابزارهای جدید و نشریات جدید WHO به وجود آمده‌اند. هدف از این ویرایش اصلاح‌شده‌ی ابزار، گنجاندن اطلاعات مربوط به این پیشرفت‌های جدید در روش‌شناسی، و همچنین به‌روز رسانی منابع و آدرس‌های الکترونیکی منابع اطلاعاتی است.

سازمان جهانی بهداشت همچنان امیدوار است که این ابزار کاربرد گسترده‌ای، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و کشورهای دارای اقتصادهای در حال گذار خواهد داشت. امید است شناسایی خطرات سلامت انسان مربوط به مواد شیمیایی و همچنین تصمیمات مدیریتی و اقدامات کاهشی مربوطه، از جمله اقدامات مربوط به توافقات بین‌المللی، در همه کشورها بر اساس بهترین شواهد و از طریق بکارگیری بهترین روش‌شناسی ارزیابی خطر و استفاده از اطلاعات ارزیابی خطر معتبر موجود که توسط سازمان‌های بین‌المللی در ترکیب با اطلاعات محلی مرتبط توسعه یافته‌اند، صورت پذیرد.

فرآیند توسعه ابزار

کتاب "ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت" با حمایت برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی (IPCS) پروژه هماهنگ‌سازی (https://www.who.int/activities/harmonizing-global-approaches-to-chemical-risk-assessment) توسعه یافت. هدف از پروژه IPCS، هماهنگ‌سازی جهانی رویکردهای ارزیابی خطر به وسیله‌ی بالا بردن ادراک و توسعه اصول اساسی و راهنمایی در مورد مسائل خاص ارزیابی خطر شیمیایی می‌باشد.

[1] UNEP. Global Chemicals Outlook II. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2019. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/28113

به‌روز رسانی برای ویرایش دوم

این ابزار طی سال‌های ۲۰۲۰–۲۰۱۹ به منظور گنجاندن پیشرفت‌های جدید در روش‌شناسی‌ها و ابزارهای ارزیابی خطر شیمیایی از زمان انتشار اولین نسخه در سال ۲۰۱۰ به‌روز رسانی شد که شامل روزآمد سازی منابع و آدرس‌های الکترونیکی در متن اصلی ابزار می‌باشد. مطالعات موردی منتشر شده در ویرایش اول در سال ۲۰۱۰ به‌روز رسانی نشدند، اما به همراه فهرست‌های جداگانه برای منابع به قسمت پیوست‌ها منتقل شدند.

سخن مترجمین

این ابزار یکی از ارزشمندترین مستندات موجود منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت است که همواره در بحث ظرفیت‌سازی، آموزش و پژوهش در حیطه ارزیابی خطر توسط نهادهای بین‌المللی گوناگون به ویژه شبکه ارزیابی خطر شیمیایی سازمان جهانی بهداشت بسیار مورد تاکید قرار می‌گیرد. امید است خوانندگان بتوانند با مطالعه این کتاب مفاهیم اساسی در خصوص ارزیابی خطر سلامت انسان در مواجهه با مواد شیمیایی را بهتر درک نمایند و هم راستا با روش‌شناسی معتبر دنیا به فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه ارزیابی خطر بپردازند.

فهرست اختصارات

ADI	acceptable daily intake	دریافت روزانه قابل قبول
ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmospheres	مکان‌های هوایی جو خطرناک
AOP	Adverse Outcome Pathway	مسیر پی‌آمد نامطلوب
ARfD	acute reference dose	دوز مبنا حاد
BE	biomonitoring equivalent	معادل پایش زیستی
BMD	benchmark dose	دوز محک
BMDL	benchmark dose lower confidence limit	حد اطمینان پایین دوز محک
CAS	Chemical Abstracts Service	خدمات چکیده‌های شیمیایی
CICAD	Concise International Chemical Assessment Document	سند بین‌المللی مختصر ارزیابی ماده شیمیایی
CSAF	Chemical-specific adjustment factor	عامل تعدیل خاص ماده شیمیایی
DDE	p,p-dichlorodiphenyldichloroethene	pوp- دی کلرو دی فنیل دی کلرو اتن
DDT	p,p-dichlorodiphenyltrichloroethane	pوp- دی کلرو دی فنیل تری کلرو اتان
ECHA	European Chemicals Agency	آژانس مواد شیمیایی اروپا
EFSA	European Food Safety Authority	مرجع ایمنی غذایی اروپا
EHC	Environmental Health Criteria	معیارهای بهداشت محیط
EPA	Environmental Protection Agency	آژانس حفاظت از محیط زیست
EU	European Union	اتحادیه اروپا
EuroMix	European Test and Risk Assessment Strategies for Mixtures	استراتژی‌های آزمایش و ارزیابی خطر اروپا برای ترکیبات

فهرست اختصارات

EUSES	European Union System for the Evaluation of Substances	سیستم اتحادیه اروپا برای سنجش مواد
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals	سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی
GRADE	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation	درجه‌بندی ارزیابی توصیه‌ها، توسعه و سنجش
HSDB	Hazardous Substances Data Bank	بانک داده‌های مواد خطرناک
IARC	International Agency for Research on Cancer	آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان
ICSC	International Chemical Safety Card	کارت بین‌المللی ایمنی شیمیایی
ILO	International Labour Organization	سازمان بین‌المللی کار
IPCHEM	Information Platform for Chemical Monitoring	بستر اطلاعاتی برای پایش مواد شیمیایی
IPCS	International Programme on Chemical Safety	برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی
IRIS	Integrated Risk Information System	سیستم یکپارچه اطلاعات خطر
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives	کمیته تخصصی مشترک FAO/WHO در مورد افزودنی‌های غذایی
JMPR	Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues	نشست مشترک FAO/WHO در مورد بقایای آفت‌کش

فهرست اختصارات

LOAEL	lowest observed adverse effect level	کمترین سطحی که در آن اثر نامطلوب مشاهده شده
LOEL	lowest observed effect level	کمترین سطحی که در آن اثر مشاهده شده
MOA	Mode of Action	نحوه عملکرد
NOAEL	no observed adverse effect level	سطح بدون مشاهده اثر نامطلوب
NOEL	no observed effect level	سطح بدون مشاهده اثر
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	سازمان همکاری اقتصادی و توسعه
OEL	occupational exposure limit	حد مواجهه شغلی
PM	particulate matter	ذرات معلق
PoD	Point of Departure	نقطه عزیمت
PPE	personal protective equipment	تجهیزات حفاظت فردی
PTMI	provisional tolerable monthly intake	دریافت ماهانه موقت قابل تحمل
PTWI	provisional tolerable weekly intake	دریافت هفتگی موقت قابل تحمل
QSAR	quantitative structure–activity relationship	رابطه ساختار–فعالیت کمی
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	ثبت، ارزیابی، صدور مجوز و محدود نمودن مواد شیمیایی
RfD	reference dose	دوز مبنا
RIVM	National Institute for Public Health and the Environment (Netherlands)	انستیتوی ملی سلامت عمومی و محیط زیست (هلند)
SF	slope factor	عامل شیب

فهرست اختصارات

SIDS	Screening Information Dataset for High Production Volume Chemicals	مجموعه داده‌های اطلاعات غربالگری برای مواد شیمیایی با حجم تولید بالا
TC	tolerable concentration	غلظت قابل تحمل
TDI	tolerable daily intake	دریافت روزانه قابل تحمل
TRA	Targeted Risk Assessment	ارزیابی خطر هدفمند
TTC	threshold of toxicological concern	آستانه نگرانی سم‌شناسی
UN	United Nations	سازمان ملل متحد
UNEP	United Nations Environment Programme	برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد
WHO	World Health Organization	سازمان جهانی بهداشت

بخش ۱: مقدمه

تحلیل خطر[1] فرآیندی است که شامل سه مولفه‌ی ارزیابی خطر[2]، مدیریت خطر[3] و ارتباط خطر[4] می‌باشد. مولفه اول، یعنی ارزیابی خطر، دربردارنده‌ی تحلیل‌های علمی است که نتایج آن، عبارات کمی یا کیفی از احتمال آسیب ناشی از مواجهه با یک ماده شیمیایی می‌باشند (در این متن، به طور کلی عنوان "شیمیایی" به جای "ماده شیمیایی" بکار می‌رود).

ارزیابی خطر سلامت انسان نیازمند شناسایی، گردآوری و یکپارچه‌سازی اطلاعات در خصوص مخاطرات سلامتی یک ماده شیمیایی، مواجهه انسان با آن ماده شیمیایی، و ارتباطات میان مواجهه، دوز و اثرات نامطلوب است. کسب اطلاعات مناسب برای سناریوی مواجهه مد نظر، یک چالش اساسی در ارزیابی خطر است. می‌توان منابع متعددی از چنین اطلاعاتی را به آسانی از طریق جستجوی متون به وسیله ابزارهای الکترونیکی موجود یافت. همچنین، گردآوری داده‌های مربوطه که توسط سازمان‌های بین‌المللی و دیگر سازمان‌ها تهیه شده‌اند، دسترسی سریع به اطلاعات مربوط به مخاطرات، مواجهات و خطرات شیمیایی را فراهم می‌آورد.

۱-۱. هدف و مخاطبان مد نظر

ابزار ارزیابی خطر سلامت انسان سازمان جهانی بهداشت[5] (WHO)، به منظور کمک به افراد در تصمیم‌گیری‌ها در خصوص مواد شیمیایی، و با ارزیابی و سنجش اندازه خطرات بالقوه سلامت انسان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی، تدوین یافته است. به این ترتیب، این ابزار در (الف) شناسایی و دستیابی به اطلاعات موردنیاز جهت ارزیابی مخاطرات، مواجهات و خطرات شیمیایی؛ و (ب) استفاده از آن

---

[1] Risk analysis
[2] Risk assessment
[3] Risk management
[4] Risk communication
[5] World Health Organization

اطلاعات برای برآورد مواجهه بالقوه با مواد شیمیایی خطرناک و خطرات سلامتی مربوطه به کاربران خود یاری می‌رساند.

تصور می‌گردد که این ابزار برای نشان دادن طیف گسترده‌ای از موقعیت‌هایی که مربوط به مدیریت خطرات جهت سلامت عمومی است، مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به عنوان مثال، اصول، رویکردها و منابع تشریح‌شده در این ابزار می‌تواند به ارزیابی‌های خطر حوادث شیمیایی؛ سنجش‌های گذشته‌نگر صورت‌گرفته در حمایت از اطلاعات مرتبط با بروز بیماری یا نگرانی‌های مربوطه؛ و تحلیل‌های آینده‌نگر از اثرات بالقوه یک سیاست پیشنهادی یا تصمیم‌گیری مدیریتی کمک کند. مثال‌های خاصی از ارزیابی خطر در مطالعات موردی ارائه شده، که در پیوست‌ها شرح داده می‌شوند. همچنین، برای کاربران این ابزار ممکن است مفید باشد که به واژه‌نامه اصطلاحات کلیدی مورد استفاده در ارزیابی خطر شیمیایی منتشره توسط "برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی" (۱) نیز مراجعه نمایند.

اگرچه این ابزار نمی‌تواند به‌تنهایی پاسخگوی تمام سوالات در خصوص خطرات ناشی از مواجهات شیمیایی باشد، اما اطلاعات مهمی را در اختیار متخصصان حیطه سلامت عمومی و محیط زیست، قانونگذاران، مدیران صنعتی و دیگر تصمیم‌گیرندگان مطرح در امر ایمنی و حفاظت شیمیایی قرار خواهد داد. این ابزار، به ویژه برای افرادی تدوین شده است که از حداقل آموزش در اصول ارزیابی خطر برخوردار هستند (به عنوان مثال، متخصصان علمی یا مهندسی سلامت عمومی و محیط زیست) و مسئول انجام ارزیابی‌های خطرات سلامت و تصمیم‌گیری در مورد اقدامات برای مدیریت خطرات محیط زیستی (به عنوان مثال، مقامات در نهادهای نظارتی سلامت یا محیط زیست یا در کسب و کارهای خصوصی) می‌باشند.

این ابزار در شرایطی تدوین شده است که ابتکارهای تکمیلی توسط WHO و دیگر سازمان‌های بین‌المللی در جریان است. به عنوان مثال، یک چارچوب مفهومی برای رویکرد پیشگیرانه و مبتنی بر خطر برای مدیریت کیفیت آب همراه با طیف وسیعی از اطلاعات پشتیبان در رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی WHO (۲) ارائه شده است. علاوه بر این، سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[1] (OECD)، منابع مبتنی بر اینترنت را برای ارزیابی خطر محیط زیستی به موازات این ابزار تدوین نموده است (۳). به طور مشابه، بانک جهانی ماژول‌های آموزشی مبتنی بر اینترنت و ابزارهای تعاملی را با این هدف ایجاد نموده است تا استفاده از رویکردهای مبتنی بر خطر را برای اولویت‌بندی و مدیریت مکان‌های آلوده به آلاینده‌های آلی مقاوم و دیگر مواد شیمیایی خطرناک امکان‌پذیر نماید (۴).

[1] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

۱-۲. گستره ابزار

این ابزار راهنمایی در خصوص چگونگی شناسایی و توصیف مخاطرات شیمیایی، ارزیابی مواجهات با این مواد شیمیایی و تعیین اینکه آیا این مواجهات برای سلامت عمومی خطرناک هستند، می‌باشد. همچنین، این ابزار منـابعی از جمله آدرس‌های الکترونیکی برای اطلاعات ارزیـابی خطـر و داده‌های منتشرشده توسط سازمان‌های بین‌المللی را ارائه می‌نماید. به طور کلی، راهنما یا روش‌های علمی پذیرفته شده از منابع ملی، بر اساس قضاوت کارشناسی، در مواردی که خلاءهایی در اطلاعات موجود سازمان‌های بین‌المللی وجود داشته باشد، برای ارائه در این ابزار انتخاب شدند. در نهایت، این ابزار بر ارزیابی خطر سلامت جوامع انسانی تمرکز دارد و بنابراین شامل ارزیابی خطر محیط زیستی نمی‌شود. همان‌طور که در بالا ذکر شد، این ابزار مکمل ابزار ارزیابی خطر محیط زیستی است که توسط OECD ارائه شده است (۳). توصیف خطرات سلامت، پی‌آمد روش تشریح شده در این ابزار WHO است. بنابراین، دو مولفه تحلیل خطر، یعنی مدیریت خطر و ارتباط خطر، که ارزیابی خطر را دنبال می‌کنند خارج از حوزه این ابزار قرار دارند.

این ابزار جهت کمک به عملکرد ارزیابی خطر:

- نقشه راه‌هایی را برای انجام ارزیابی‌های خطر شیمیایی فراهم می‌آورد؛
- اطلاعاتی را شناسایی می‌کند که می‌بایست برای تکمیل یک ارزیابی گردآوری شوند؛
- منابعی از جمله آدرس‌های اینترنتی را برای منابع بین‌المللی ارائه می‌نماید که فرد ارزیابی‌کننده می‌تواند اطلاعات و روش‌های ضروری برای ارزیابی خطر را از طریق آن‌ها به دست آورد.

ارزیابی خطر شیمیایی شرح داده شده در مفاد این ابزار، به ترسیم نقاط آغاز و پایان یک ارزیابی و مسیرهایی[1] که انواع مختلفی از اطلاعات را به هم متصل می‌کنند، می‌پردازد. به این ترتیب، این ابزار شبیه به یک نقشه راه است که چگونگی انجام یک ارزیابی خطر شیمیایی و تفسیر نتایج آن را با استفاده از منابع سازمان‌های بین‌المللی در دسترس عموم، توصیف می‌کند. مفهوم نقشه راه در مطالعات موردی ارزیابی‌های خطر برای یک ماده شیمیایی در آب آشامیدنی، ذرات معلق قابل تنفس در هوا و یک آفت‌کش نشان داده می‌شوند. شرح کلی این ابزار در بخش ۳ و مطالعات موردی در پیوست‌ها، کاربر را با مولفه‌های ارزیابی خطر شیمیایی آشنا می‌سازد و هر مولفه را به منابع بین‌المللی اطلاعاتی مرتبط متصل می‌نماید. در حالیکه در این ابزار به منابع بین‌المللی اطلاعات ارجاع داده می‌شود، درک وضعیت محلی نیز مورد نیاز است. در این راستا توجه به این موضوع مهم است که ممکن است دانش ارزشمندی

[1] Pathways

از مقامات محلی و ملی، موسسات تحقیقاتی و آموزشی، کارکنان، مدیران کارخانه یا اعضای جامعه نیز به دست آید. این موسسات و افراد ممکن است اطلاعات مفید و حائز اهمیتی در مورد تاریخچه یک مکان، فرآیند یا مساله، استفاده شیمیایی، فعالیت‌های انسانی، و کاربری‌های زمین در گذشته، اکنون، و آینده داشته باشند که می‌توانند به منظور شناسایی مخاطرات شیمیایی یا ارزیابی مواجهات شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند.

این متن همچنین رویکرد طبقه‌ای برای ارزیابی خطر شیمیایی ارائه می‌دهد که در آن روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی خطر منعکس‌کننده‌ی مساله و منابع موجود هستند. به عنوان مثال، یک طبقه نسبتاً سطح پایین از ارزیابی خطر ممکن است شامل مقایسه اطلاعات موجود در مورد مواجهه با یک مقدار رهنمودی[1] یا راهنمای[2] قابل اجرا برای یک واسطه[3] محیطی (مانند هوا) یا غذا باشد که توسط یک سازمان بین‌المللی انتشار یافته است. این ابزار متمرکز بر طبقه‌های پایین‌تر ارزیابی خطر شیمیایی است که در آن‌ها کاربردهای عملی مشابه اطلاعات موجود برای ارزیابی خطرات بالقوه سلامت ناشی از مواجهه شیمیایی مطرح است. بنابراین، این ابزار بر مواد شیمیایی و سناریوهای مواجهه‌ای متمرکز است که به طور منطقی در متون علمی و نشریات سازمان‌های بین‌المللی نظیر WHO به خوبی شرح داده شده باشند.

این ابزار آدرس‌های الکترونیکی و توضیحات مختصری از روش‌شناسی‌ها با منابع قوی‌تر نظیر توصیف مخاطره مواد شیمیایی جدید یا پی‌آمدهای جدید سلامتی مرتبط با یک ماده شیمیایی موجود را نیز فراهم می‌کند تا اطلاعات اضافی یا زمینه‌ای در مورد ابزارها و رویکردها در ارزیابی‌های طبقه بالاتر، مانند استخراج مقادیر راهنما یا رهنمودی موجود را ارائه نماید. در این موارد، ممکن است به سنجش کمی سمیت بر اساس مدل‌های حیوانی آزمایشگاهی یا مطالعات اپیدمیولوژیک نیاز باشد. این نوع از ارزیابی اغلب نیازمند مطالعات آزمایشگاهی یا مشاهده‌ای جدید است تا خصوصیات فیزیکی و سم‌شناسی یک ماده شیمیایی را توصیف کنند که تکمیل همه آن‌ها ممکن است ماه‌ها یا سال‌ها به طول بیانجامد. اطلاعات مخاطره مورد نیاز برای ارزیابی خطر یک ماده شیمیایی از این نوع در متون منتشر شده توسط سازمان‌های بین‌المللی گوناگون، از جمله "راهنماهای OECD برای آزمودن مواد شیمیایی" (۵)، شرح داده شده است.

مشخص گردیده که انسان‌ها معمولاً در یک زمان در مواجهه با چندین ماده شیمیایی مختلف قرار می‌گیرند. در حالیکه روش‌شناسی‌هایی برای ارزیابی مواجهات ترکیبی با چندین ماده شیمیایی تدوین

---

[1] Guidance
[2] Guideline
[3] Medium

یافته و در حال تکامل هستند (بخش ۵–۷ را ملاحظه نمایید)، تمرکز این ابزار بر رویکردهای ارزیابی خطرات مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی به صورت تکی است.

این ابزار در بخش‌هایی سازمان‌دهی شده که موارد زیر را ارائه می‌نمایند:

- مقدمه‌ای بر هدف و گستره ابزار (بخش ۱)؛
- توصیف ارزیابی خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان (بخش ۲)؛
- شرح مفصل ابزار (بخش ۳)؛
- ارجاعات به منابع بین‌المللی (و منابع منطقه‌ای و ملی، در صورتیکه این منابع نیز مفید باشند یا خلاءهایی در منابع بین‌المللی وجود داشته باشد) اطلاعات مفید جهت انجام ارزیابی‌های خطر شیمیایی (بخش ۴)؛
- اطلاعات مربوط به رویکردها و روش‌شناسی‌های در حال تکامل و توسعه‌های مورد انتظار در آینده در خصوص روش‌شناسی ارزیابی خطر شیمیایی (بخش ۵).

پیوست‌ها حاوی مطالعات موردی هستند که نشان می‌دهند چگونه می‌توان از این ابزار برای پرداختن به پرسش ارزیابی خطر سلامت انسان استفاده نمود. همچنین، فهرست منابع، شامل آدرس‌های اینترنتی برای اکثر منابع اطلاعاتی نیز ارائه شده است.

بخش ۲: توصیف ارزیابی خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان

۲-۱. تعریف ارزیابی خطر

ارزیابی خطر سلامت انسان فرآیندی است جهت برآورد خطر برای یک موجود هدف مشخص، سیستم یا (زیر)جامعه که شامل شناسایی عدم‌قطعیت‌های همراه در پی مواجهه با یک عامل خاص می‌باشد و ویژگی‌های ذاتی عامل مد نظر و همچنین ویژگی‌های خاص سیستم هدف را لحاظ می‌کند (۱). ارزیابی خطر اولین مولفه در یک فرآیند تحلیل خطر است. توجه داشته باشید که این فرآیند شامل مدیریت خطر و ارتباط خطر نیز می‌باشد. ارزیابی خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان به روش‌ها و شیوه‌های مورد استفاده جهت سنجش مخاطرات، مواجهه و آسیب مرتبط با مواد شیمیایی اشاره دارد که ممکن است در برخی موارد با رویکردهای مورد استفاده برای ارزیابی خطرات مرتبط با عوامل زیستی و فیزیکی متفاوت باشد.

فرآیند ارزیابی خطر با بیان مساله آغاز می‌گردد و پس از آن شامل چهار مرحله است: (الف) شناسایی مخاطره، (ب) توصیف مخاطره، (پ) ارزیابی مواجهه و (ت) توصیف خطر (۱). الگوی ارزیابی خطر، شامل بیان مساله، در جدول ۱ خلاصه شده است. توضیح کامل مفاهیم ارائه شده در این جدول را می‌توان در فصل سوم معیارهای بهداشت محیط[1] (EHC) سازمان جهانی بهداشت شماره ۲۳۹ یافت

[1] Environmental Health Criteria (EHC)

(۶). شرح مفصل ارزیابی خطر را نیز می‌توان در فصل دوم EHC شماره ۲۴۰ (۷) و در تعدادی از نشریات کلی درباره این موضوع یافت.

ارزیابی‌کنندگان خطر باید آگاه باشند که خروجی‌های آن‌ها اغلب در مدیریت خطر و تصمیمات سیاستی گنجانده خواهد شد. چنین استفاده‌ای از ارزیابی خطر مناسب است که در آن تصمیمات سیاستی بهداشت محیط بر اساس لینک‌های ایجاد شده بین منابع مواجهه، مواجهات انسانی و اثرات نامطلوب سلامتی باشد. نسخه‌ی اصلاح شده از زنجیره بهداشت محیط که اولین بار در EHC شماره ۲۱۴ منتشر گردید (۸)، در شکل ۱ نشان داده شده است. زنجیره وقایع به تصویر کشیده شده در شکل ۱، یک "الگوی بهداشت محیط" است: نمایش ساده‌شده‌ای از مراحل کلیدی بین مواجهه با عوامل سمی و پی‌آمد نهایی به عنوان بیماری بالقوه یا اختلال عملکرد در انسان‌ها. این سری متوالی از رخدادها به عنوان یک چارچوب مفید برای درک و سنجش خطرات سلامت انسان بکار می‌رود، که ارتباط مستقیمی با فرآیند ارزیابی خطر دارد. ارزیابی خطر سلامت انسان برای مخاطرات شیمیایی وسیله‌ای برای ادغام اجزای زنجیره بهداشت محیط است به نحوی که جهت تحلیل و مدیریت خطرات وابسته به مواد شیمیایی مفید باشد. علاوه بر ارزیابی خطر، مدیریت خطر مؤثر مواد شیمیایی شامل جنبه‌های دیگری نظیر ادراک خطر و ملاحظات اقتصادی–اجتماعی نیز می‌گردد که تمام این مولفه‌ها باید در ارتباط خطر موثر منعکس شوند.

جدول ۱: الگوی ارزیابی خطر، شامل بیان مساله

مرحله	شرح	محتوا
بیان مساله	گستره و هدف ارزیابی و درجه عدم‌قطعیت قابل قبول را تعیین می‌کند.	تعریف سوال دانش قبلی زمان و منابع مورد نیاز ماهیت خروجی ارزیابی مد نظر طرح تجزیه و تحلیل
شناسایی مخاطره	نوع و ماهیت اثرات نامطلوب سلامتی را شناسایی می‌کند.	مطالعات انسانی مطالعات سم‌شناسی حیوانی مطالعات سم‌شناسی برون‌تنی مطالعات ساختار– فعالیت دیگر شیوه‌های پیشگویی‌کننده

مرحله	شرح	محتوا
توصیف مخاطره	توصیف کیفی یا کمی ویژگی‌های ذاتی یک عامل دارای خصوصیات بالقوه برای ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی	انتخاب مجموعه داده‌های بحرانی نحوه‌ها/مکانیزم‌های عملکرد تغییرپذیری کینتیکی تغییرپذیری دینامیکی دوز/ مواجهه – پاسخ برای اثرات بحرانی
ارزیابی مواجهه	ارزیابی وضعیت مواجهه (زیر)جامعه‌ی تعیین شده در بیان مساله با یک عامل خاص (مانند غلظت یا مقدار)	خصوصیات جامعه‌ی مواجهه یافته منابع مقدار تناوب مدت راه[الف]
توصیف خطر	مشاوره برای تصمیم‌گیری	اظهارات یا توصیه‌های کیفی یا رهنمودهای کمی یا برآوردهای خطر ماهیت و شدت اثرات احتمال اثرات رهنمود مبتنی بر سلامت جوامع مد نظر عدم‌قطعیت‌ها

[الف] Route

منبع: اقتباس شده از EHC شماره ۲۳۹ (۶).

۲-۲. استفاده از ارزیابی‌های خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان

ارزیابی خطر شیمیایی برای سلامت انسان را می‌توان جهت سنجش مواجهات با هر گونه ماده شیمیایی موجود در هوا، خاک، آب، غذا، محصولات مصرفی یا سایر محصولات (که از این پس در این متن، با عنوان کلی "محصولات" به آن‌ها اشاره می‌گردد)، و یا مواد دیگر انجام داد. این ارزیابی‌ها می‌توانند مربوط به مواجهات گذشته یا کنونی (گذشته‌نگر) یا مواجهات بالقوه آینده (آینده‌نگر) باشند. همچنین، می‌توانند ماهیت کمی یا کیفی داشته باشند. ارزیابی خطر اغلب به کمبود اطلاعات کامل

محدود می‌شود. به طور معمول، برای حفاظت از سلامت عموم، ارزیابی خطر به روشی انجام می‌گردد که بعید است خطر واقعی را کم‌برآورد[1] کند. ارزیابی‌های خطر شیمیایی بر درک علمی رفتار ماده شیمیایی، مواجهه، دوز و سمیت متکی هستند. به طور کلی، خطر به عوامل زیر بستگی دارد:

- مقدار ماده شیمیایی موجود در یک واسطه محیطی (مانند خاک، آب یا هوا)، غذا و/یا یک محصول؛
- مقدار تماس (مواجهه) یک فرد با ماده شیمیایی در واسطه محیطی؛
- چگونگی پردازش ماده شیمیایی توسط بدن (تاکسیکوکینتیک)؛
- سمیت ماده شیمیایی.

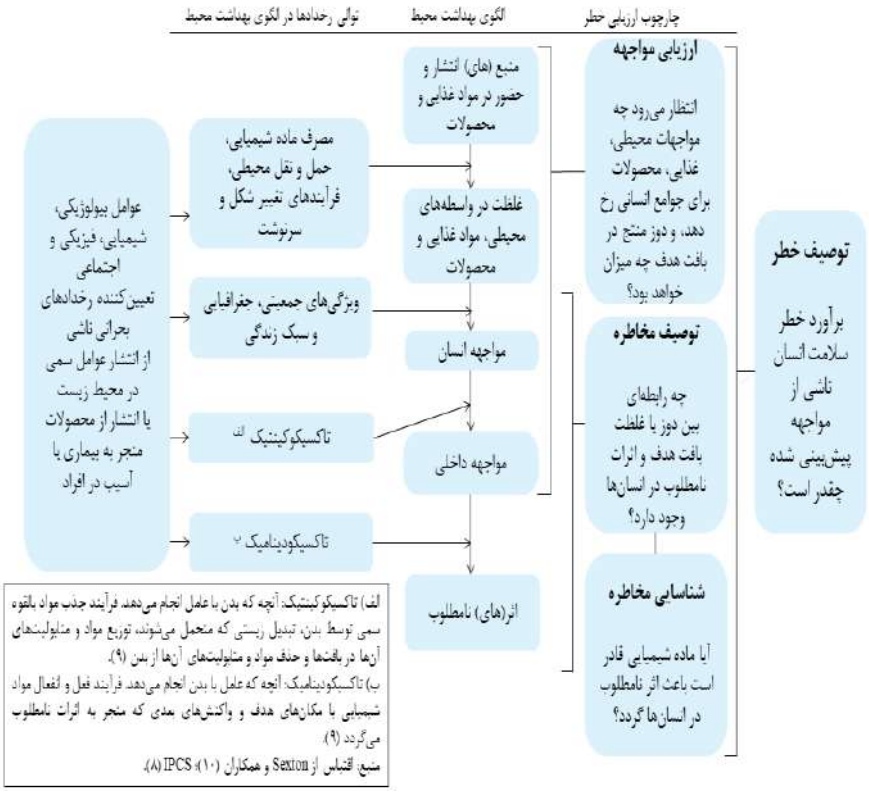
کسب اطلاعات در خصوص این عوامل، پایه یا اساس اکثر ارزیابی‌های خطر شیمیایی است. از آن‌جا که این داده‌ها همیشه در دسترس نیستند، ممکن است برآوردها یا قضاوت‌هایی برای برخی از داده‌های ورودی‌ها یا ویژگی‌ها لازم باشد. درنتیجه، یافته‌های ارزیابی خطر دارای عدم‌قطعیت‌های مربوطه هستند که می‌بایست تا حد امکان توصیف شوند.

با وجود این عدم‌قطعیت‌ها، ارزیابی خطر مواد شیمیایی برای سلامت انسان می‌تواند در پاسخ به پرسش‌های اساسی در مورد خطرات بالقوه ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی از قبیل موارد زیر یاری رساند:

- چه مواجهات شیمیایی بیشترین خطرات را ایجاد می‌کنند؟ آیا می‌توان خطرات را رتبه‌بندی کرد تا یک کشور قادر به صرف منابع خود به کارآمدترین شیوه باشد؟
- نوشیدن این آب چه خطراتی دارد؟ آیا باید آب آشامیدنی از یک منبع متفاوت و امن‌تر تامین شود؟
- آیا نشت این ماده شیمیایی خطرناک است؟ پاسخ اضطراری مناسب چیست؟
- آیا ساخت مسکن در این محل خطرناک قدیمی پسماند، "ایمن" است؟ آیا باید این خاک آلوده را پاکسازی کنیم؟
- آیا این ماده شیمیایی باید برای استفاده (های) پیشنهادی مجاز باشد؟
- در صورت وجود، چه محدودیت‌هایی لازم است در محیط‌های شغلی، محصولات، واسطه‌های محیطی و مواد غذایی در مواجهه با ماده شیمیایی ایجاد گردد؟

[1] Underestimate

- آیا لازم است محدودیت‌هایی برای انتشارات شیمیایی حاصل از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی یا دیگر فعالیت‌های انسانی تعیین شود؟



شکل ۱: الگوی بهداشت محیط و ارتباط آن با چارچوب ارزیابی خطر سلامت انسان

بخش ۳: شرح ابزار

کتاب "ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی: ابزار سازمان جهانی بهداشت" از الگوی سنتی ارزیابی خطر پیروی می‌کند و با بهره‌گیری از مولفه‌های مختلف الگو، خواننده را به شیوه‌ای کاربردی هدایت می‌نماید. این ابزار شامل بحث مفصلی از ورودی‌های ارزیابی خطر سلامت انسان نمی‌شود، بلکه در عوض بر تفسیر و گردآوری آن ورودی‌ها برای توصیف خطر متمرکز است. سه جنبه کاربردی این ابزار با هدف تسهیل در استفاده از آن – (الف) ارائه الگوی خطر به عنوان یک نقشه راه، (ب) معرفی رویکرد طبقه‌ای مبتنی بر ویژگی‌های سوال ارزیابی و داده‌های موجود، و (پ) تهیه منابع اطلاعاتی در مورد جنبه‌های ارزیابی خطر– در زیر شرح داده می‌شوند. پس از این توضیحات مختصر، نقشه راه‌های کلی برای مولفه‌های ارزیابی خطر دنبال می‌شوند: شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره (شامل شناسایی مقدار رهنمودی و مقدار راهنما)، ارزیابی مواجهه، و توصیف خطر.

اصطلاحات مورد استفاده در این ابزار عموما هم راستا با تعاریف و فعالیت انجام شده از طریق WHO/ برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی[1] (IPCS) در نشریات متعدد است. در سراسر این متن، مکررا به مقادیر رهنمودی و مقادیر راهنما اشاره می‌گردد. خواننده باید توجه داشته باشد که WHO در استفاده از این اصطلاحات ثابت قدم نیست و در اینجا با توجه به هدف این ابزار، مقادیر رهنمودی به مقادیری اشاره دارد که به طور کلی مانند دریافت روزانه قابل‌قبول[2] (ADI) و دریافت روزانه قابل‌تحمل[3] (TDI) (یا دوز مبنا[4] (RfD)، اصطلاح مورد استفاده توسط برخی از موسسات) بر اساس اطلاعات سم‌شناسی و اپیدمیولوژی مبتنی بر سلامت تدوین شده‌اند، در حالیکه مقادیر راهنما، پس از تخصیص مقدار رهنمودی یا دوز مبنا بین واسطه‌ها (راه‌ها)ی مواجهه محیطی مختلف ممکن، نظیر مقادیر متناظر آن‌ها برای غلظت در هوا یا آب، به دست می‌آیند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مقادیر رهنمودی و راهنما زیربخش ۳–۳–۳ را ملاحظه نمایید.

---

[1] International Programme on Chemical Safety (IPCS)

[2] Acceptable Daily Intake (ADI)

[3] Tolerable Daily Intake (TDI)

[4] Reference dose (RfD)

۱-۳. ابزار به عنوان یک نقشه راه

همان‌طور که در زیر به طور کامل‌تر شرح داده می‌شود، خطر ناشی از مواد شیمیایی را می‌توان بر اساس سمیت مواد شیمیایی، اینکه چه کسی در معرض مواد شیمیایی قرار می‌گیرد، و میزان و راه مواجهه تعیین نمود. در نهایت، هر یک از این ملاحظات برای تعیین خطر سلامت یا یک تصمیم مدیریت خطر حیاتی خواهند بود. مسئولین مدیریت خطر و دیگر کاربران این ابزار این اطلاعات را دریافت خواهند نمود تا به تصمیم‌گیری در مورد چگونگی حفاظت از مردم در برابر این مواد شیمیایی یاری رسانند.

در راستای اهداف این ابزار، الگوی ارزیابی خطر به عنوان یک نقشه راه ارائه می‌گردد که از بیان مساله تا توصیف خطر ادامه دارد (شکل ۲). هر مرحله در این نقشه راه توسط مجموعه‌ای از سوالاتی ارائه می‌گردد که فرد ارزیابی‌کننده می‌تواند آن‌ها را جهت شناسایی اطلاعات و منابع مناسب برای برآورد خطر دنبال کند. نقشه راه کلی که فرد ارزیابی‌کننده می‌تواند برای پاسخ به این پرسش‌ها در هر مرحله دنبال نماید، در بخش ۳-۳ آورده شده است. همان‌طور که در بالا اشاره شد، گردآوری و تحلیل داده‌های مرتبط با این مراحل در راستای اهداف این ابزار ممکن است تا حدودی با یک ارزیابی خطر از نو[1] طبقه بالاتر که برای یک ماده شیمیایی جدید صورت گرفته، استفاده پیشنهادی یا پی‌آمد سلامت، یا برای ارزیابی کامل یک ماده شیمیایی که قبلا ارزیابی شده است، متفاوت باشد. با این حال، برای اطلاعات اضافی، اطلاعات مربوط به برخی از ابزارها و رویکردهای بکار برده شده در ارزیابی‌های طبقه بالاتر در این جا آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ارزیابی خطر شیمیایی با بیان مساله آغاز می‌گردد. بیان مساله فرآیندی است که هدف و لزوم ارزیابی، گستره و عمق ارزیابی مورد نیاز، زمان و منابع موجود و هدف کلی مدیریت خطر را در نظر می‌گیرد (۷، ۱۱). بیان مساله، تمرکز ارزیابی (به عنوان مثال، یک ماده شیمیایی یا گروهی از مواد شیمیایی[2] و ماهیت ماده(های) شیمیایی) و اینکه چه درجه‌ای از عدم‌قطعیت قابل قبول است (یعنی، چه درجه‌ای از قطعیت برای برآورده نمودن هدف کلی مورد نیاز است) را شناسایی، و اتخاذ رویکرد مناسب موقعیت را هدایت می‌کند (به عنوان مثال، آیا نیاز به ارائه راهنمایی به مسئولین مدیریت خطر در وضعیت اضطراری مانند نشت وجود دارد، یا اینکه ارزیابی جامع‌تری مطلوب است). بیان مساله یک فرآیند تکرارشونده است و باید با دست‌یابی به دانش بیشتر

---

[1] De novo

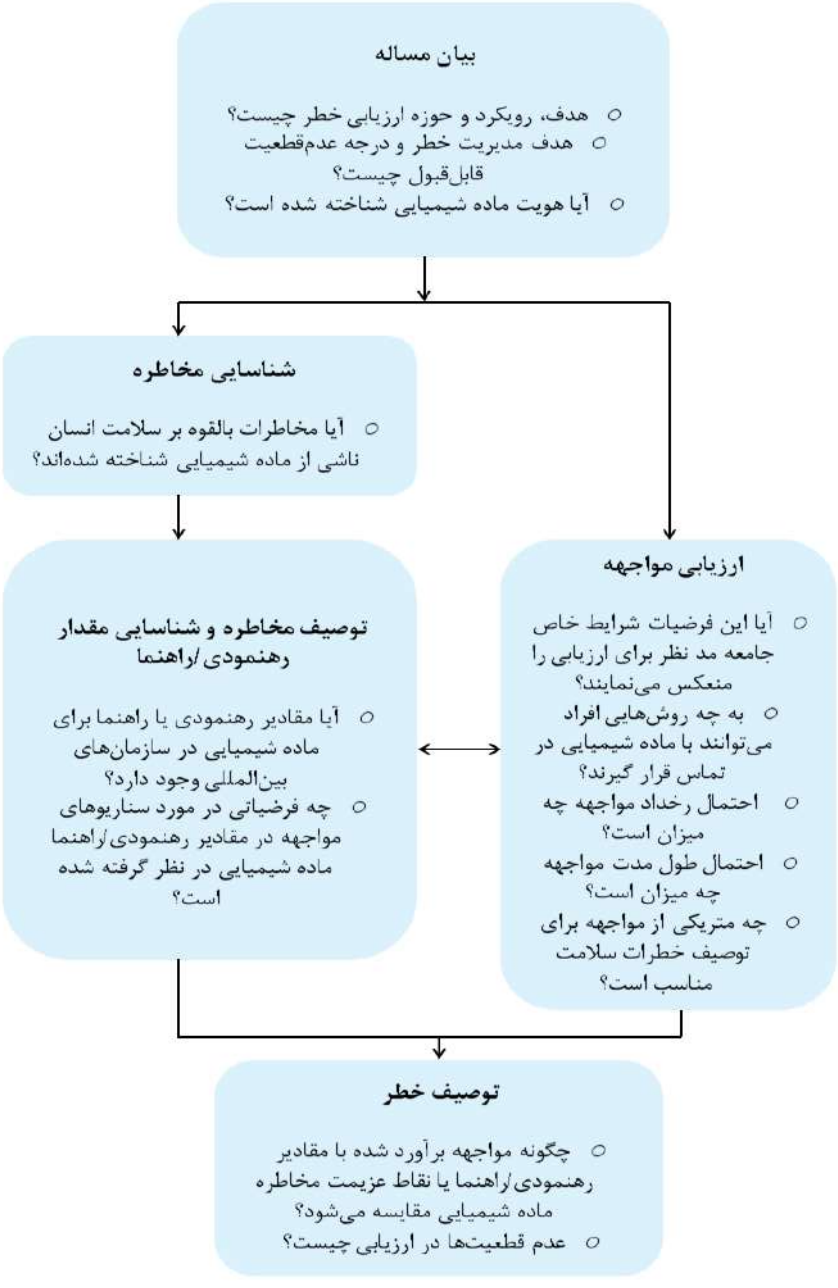
[2] اگرچه توصیف مراحل مختلف فرآیند ارزیابی خطر موجود در این ابزار به طور کلی به ارزیابی یک ماده شیمیایی اشاره دارد، اما ارزیابی گروهی و یا طبقه‌ای از مواد نیز از همان فرآیند پایه‌ای تبعیت می‌کند.

مورد بازبینی قرار گیرد و در صورت نیاز تمرکز آن تصحیح شود. ارتباط بین ارزیابی‌کنندگان خطر و مسئولین مدیریت خطر، همراه با دیگر احزاب علاقه‌مند، یک جنبه مهم در بیان مساله است، تا اطمینان حاصل گردد که ارزیابی خطر، نیازها و انتظارات مسئولین مدیریت خطر و ذینفعان را برآورده می‌سازد.

هدف از مرحله شناسایی مخاطره[1] (زیربخش ۳-۳-۲) تعیین ویژگی‌های خطرناک ماده شیمیایی است. در مفاد این ابزار، توصیف مخاطره/تعیین مقدار راهنما یا رهنمودی و مراحل ارزیابی مواجهه، که تلاش‌های مکمل و پیوسته هستند، پس از شناسایی مخاطره قرار می‌گیرند، با وجود اینکه مشخص شده است که ارزیابی مواجهه ممکن است قبل از یا همزمان با شناسایی مخاطره رخ دهد. توصیف مخاطره/تعیین مقدار راهنما یا رهنمودی (زیربخش ۳-۳-۳) به منظور دست‌یابی به یک مقدار راهنما یا رهنمودی برای ماده شیمیایی مطابق با راه و مدت مواجهه پیش‌بینی شده (به عنوان مثال، مواجهه استنشاقی و بلند مدت)، مورد استفاده قرار می گیرد. به طور معمول، مقادیر راهنما و رهنمودی نتیجه یا خروجی توصیف مخاطره و در ارزیابی دوز–پاسخ مطرح هستند. ارزیابی مواجهه (زیربخش ۳-۳-۴) جهت تعیین محتمل‌ترین راه‌ها، مسیرها، مدت زمان، تناوب و شدت مواجهه با ماده شیمیایی شناسایی شده استفاده می‌گردد. اطلاعات حاصل از این دو مرحله باید در طول فرآیند ارزیابی خطر با یکدیگر مقایسه شوند تا اطمینان حاصل گردد که متریک‌های مواجهه و توصیف مخاطره به طور مناسب با همدیگر تراز شده‌اند. در مرحله نهایی- یعنی، توصیف خطر- شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره و اطلاعات مواجهه ترکیب می‌شوند تا بیانیه‌ای برای خطر حاصل گردد. همان‌طور که در زیربخش ۳-۳-۵ شرح داده می‌شود، شکل کمی توصیف خطر بسته به نوع اطلاعات موجود در مورد توصیف مخاطره و مواجهه متغیر خواهد بود. در برخی موارد، اطلاعات موجود تنها برای پشتیبانی از توصیف کیفی خطر کافی است، با این وجود، نتایج آن می‌تواند سهم مهمی در تصمیمات مدیریت خطر داشته باشد (به عنوان مثال، مطالعه موردی آفت‌کش‌ها را در پیوست ۳ ملاحظه نمایید).

سوالات مطرح شده در شکل ۲ ساختاری را برای ارزیابی خطر شیمیایی در مفاد این ابزار فراهم می‌آورند. با پاسخ به این سوالات، فرد ارزیابی‌کننده اطلاعات مورد نیاز را برای بیان مساله ارزیابی خطر، شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره، ارزیابی مواجهه و توصیف خطر کسب می‌نماید. خروجی مورد انتظار از پاسخ به این سوالات در جدول ۲ نشان داده شده است.

[1] Hazard identification



شکل ۲: نقشه راه کلی برای ارزیابی خطر شیمیایی در مفاد این ابزار به دنبال الگوی مرسوم ارزیابی خطر

جدول ۲: خروجی چارچوب ارزیابی خطر شیمیایی در مفاد این ابزار

سوال	خروجی
بیان مساله	
هدف، رویکرد و گستره ارزیابی خطر چیست؟	ایده واضح از هدف و گستره ارزیابی، منابع موجود و رویکردی که باید دنبال شود
هدف مدیریت خطر و درجه عدم‌قطعیت قابل قبول چیست؟	بینش واضح از آن چه که برای رسیدن به هدف مدیریت خطر مورد نیاز است
آیا ماهیت ماده شیمیایی شناخته شده است؟	شناسایی واضح ماده شیمیایی مورد سوال از طریق شماره ثبت خدمات چکیده‌های شیمیایی[الف] (CAS)
شناسایی مخاطره	
آیا مخاطرات بالقوه برای سلامت انسان ناشی از ماده شیمیایی شناخته شده است؟	شرح مخاطرات سلامتی حاصل از اطلاعات بین‌المللی موجود
توصیف مخاطره/تعیین مقدار راهنما یا رهنمودی	
آیا بر اساس سازمان‌های بین‌المللی، مقادیر راهنما یا رهنمودی برای ماده شیمیایی وجود دارد؟	فهرستی از مقادیر راهنما یا رهنمودی (غلظت یا نرخ) برای ماده شیمیایی برگرفته از منابع بین‌المللی موجود
چه فرضیاتی در مورد سناریوهای مواجهه در مقادیر راهنما/رهنمودی برای ماده شیمیایی دخیل شده‌اند؟	فهرستی از فرضیات در مورد نرخ‌های تماس، جذب و سایر عوامل دخیل در مقادیر راهنما یا رهنمودی
آیا این فرضیات منعکس‌کننده‌ی شرایط خاص جامعه مد نظر در این ارزیابی است؟	یک مقدار مبنا که پارامترهای مواجهه و دوز خاص فرهنگ محلی و ویژگی‌های جمعیت‌شناسی را منعکس می‌کند
ارزیابی مواجهه	
انسان‌ها از چه طریقی می‌توانند با ماده شیمیایی تماس پیدا کنند؟	توصیف کیفی و کمی واسطه‌های مربوطه، شرایط مواجهه و راه‌های مواجهه
چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟	تعیین اینکه آیا بر اساس مقدار راهنما یا رهنمودی، غلظت مواجهه یا نرخ مواجهه برای توصیف خطر مورد نیاز است؟

سوال	خروجی
توصیف خطر	
چگونه مواجهه برآورد شده با مقادیر راهنما/رهنمودی یا نقاط عزیمت[ب] (PoDs) مخاطره برای ماده شیمیایی مقایسه می‌شود؟ عدم‌قطعیت‌های موجود در ارزیابی کدام‌اند؟	بیان کمی یا کیفی خطر سرطان‌زایی یا غیر سرطان‌زایی و توصیف عدم‌قطعیت‌ها

[الف] Chemical Abstracts Service (CAS)

[ب] Points of Departures (PoDs)

۲-۳. ارزیابی‌های طبقه‌بندی شده در این ابزار

از نظر عملی، کاربر ابزار ارزیابی خطر می‌بایست اهمیت آشکار مساله موجود، منابع قابل اختصاص، و مقبولیت اجتماعی خطر را در نظر داشته باشد. بسته به ماهیت مساله، همچنین زمان، هزینه و ملاحظات منابع انسانی و فنی، میزان اطلاعات مورد استفاده در هر مرحله ممکن است متفاوت باشد، به طوری‌که در برخی مراحل نیاز به جزئیات بیشتر و در برخی دیگر نیاز به گردآوری اطلاعات با جزئیات کم‌تر می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، این ابزار شامل چهار طبقه از تحلیل و گردآوری اطلاعات است. این طبقه‌ها با میزان داده‌های کمی یا کیفی مورد نیاز یا به دست آمده برای پاسخ به یک سوال مطرح شده در هر مرحله معین از الگوی خطر مشخص می‌شوند.

طبقه ۱ (سطح غربالگری) به ارزیابی‌های خطر در سطح غربالگری اشاره می‌کند که تنها بر مقادیر راهنما و رهنمودی و سایر اطلاعات موجود متکی هستند و هیچ تعدیلی در توصیف مخاطره برای موقعیت‌های محلی یا ملاحظات دیگر اعمال نمی‌کنند. مثالی را در نظر بگیرید که در آن اطلاعات حکایت شده‌ی قوی مبنی بر ارتباط میان استفاده از یک ماده شیمیایی مشخص، با یک پی‌آمد سلامتی قابل ملاحظه یا مشخص در میان کارگران یک صنعت خاص وجود دارد. بعلاوه، اطلاعات شناسایی مخاطره در مورد خصوصیات سم‌شناسی ماده شیمیایی و تجربیات در سایر کشورها با گزارشات حکایت شده همخوانی دارد. یک مقام سلامت عمومی ممکن است در مواجهه با چنین موقعیتی اینگونه نتیجه‌گیری کند که خطرات سلامت حرفه‌ای ناشی از استفاده از این ماده شیمیایی در شرایط فعلی قابل پذیرش نیست. این مقام ممکن است در اقدامی با هدف حفاظت از سلامت، به دنبال ممنوع کردن آن ماده شیمیایی برای آن استفاده خاص یا به طور وسیع‌تر در سطح کشور بر اساس تعمیم اطلاعات خطر

حاصل از منابع بین‌المللی به کاربردها و شرایط محلی باشد. مطالعه موردی آفت‌کش که در پیوست ۳ شرح داده شده، نمونه‌ای از یک ارزیابی خطر طبقه ۱ است.

طبقه ۲ (سطح انطباقی) به ارزیابی‌های خطری اشاره دارد که شرایط مواجهه محلی را منعکس می‌نمایند، که می‌توانند از طریق مراحل ارزیابی مواجهه یا توصیف مخاطره گنجانده شود (همان‌طور که در این ابزار بکار می‌رود). در یک ارزیابی طبقه ۲، شرایط مواجهه محلی از اطلاعات موجود به‌دست می‌آیند. چنین اطلاعاتی ممکن است نتیجه پایش معمول انجام شده برای اهداف نظارتی یا اهداف دیگر، استفاده از یک مدل برای یک منبع شناخته شده یا مورد تردید انتشار آلاینده یا برخی متریک‌های دیگر باشد که برای هدفی به غیر از ارزیابی فعلی ایجاد شده‌اند. مطالعه موردی ذرات معلق قابل استنشاق ارائه شده در پیوست ۲، نمونه‌ای از یک ارزیابی خطر طبقه ۲ است که نتیجه کیفی را حاصل می‌سازد. در این مطالعه موردی، فرد ارزیابی‌کننده خطر، رابطه بین غلظت ذرات قابل استنشاق در هوای آزاد (ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر (µm)، یا PM_{10}[1]) و مواجهه فردی با PM_{10} را در کشور خود مورد سنجش قرار می‌دهد و آن را با همان رابطه در مطالعاتی مقایسه می‌کند که راهنمای کیفیت هوا WHO برای PM_{10} از آن‌ها به دست آمده است (۱۲). در این مثال، سنجش کیفی است، اما شامل تحلیل دقیق‌تری نسبت به ارزیابی خطر طبقه ۱ است.

ارزیابی‌های خطر طبقه ۳ (سطح مدل‌سازی یا مبتنی بر داده‌های میدانی)، شامل توصیف کمی شرایط مواجهه از طریق اندازه‌گیری یا عملیات مدل‌سازی است، در غیر این صورت، مشابه ارزیابی طبقه ۲ هستند. ارزیابی‌های طبقه ۳، به طراحی و انجام ارزیابی مواجهه کمی نیازمندند. در بسیاری از مواقع، ارزیابی مواجهه شامل یک پیمایش[2] خواهد بود؛ در سایر مواقع، ارزیابی ممکن است فرضیه محور باشد. یک عملیات میدانی به طرحی جهت جمع‌آوری و تحلیل نمونه‌ها و همچنین مدیریت و تفسیر داده‌ها نیاز خواهد داشت. به طور مشابه، عملیات مدل‌سازی به انتخاب یک ابزار مناسب مدل‌سازی، شناسایی مقادیر لازم برای پارامترسازی مدل، منابع برای اجرای مدل، و مدیریت داده‌ها و مهارت‌های تحلیل به منظور مدیریت و تفسیر نتایج مدل نیاز دارند. ارزیابی‌های خطر طبقه ۳ با ارزیابی‌های خطر طبقه ۲ متمایز هستند، به طوری‌که در ارزیابی طبقه ۳ لازم است اطلاعات جدید مواجهه تولید یا جمع‌آوری شوند، در حالیکه این‌ها در طبقه ۲ مورد نیاز نیستند. مطالعه موردی آب آشامیدنی که در پیوست ۱ ارائه شده، نمونه‌ای از ارزیابی خطر طبقه ۳ است.

---

[1] در حالیکه WHO، PM_{10} را به صورت ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ µm تعریف می‌کند، بیشتر کشورها (حوزه‌های قضایی) PM_{10} را به صورت ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از یا برابر با ۱۰ µm تعریف می‌کنند.

[2] Survey

جدول ۳: طبقه‌های ارزیابی خطر موجود در ابزار

طبقه[الف]	شرح	شناسایی مخاطره	توصیف مخاطره/ تعیین مقدار راهنما یا رهنمودی	ارزیابی مواجهه	توصیف خطر
۱. غربالگری	داده‌های مخاطره و مواجهه موجود از منابع بین‌المللی	ماده شیمیایی را شناسایی کنید؛ اطلاعات مخاطره را از منابع بین‌المللی کسب کنید	مقادیر مناسب راهنما یا رهنمودی موجود را از سازمان‌های بین‌المللی بکار ببرید	برآوردهای کیفی یا کمی موجود؛ شرایط مواجهه محلی	کیفی یا کمی
۲. انطباقی	داده‌های مخاطره موجود از منابع بین‌المللی که نشان‌دهنده‌ی شرایط محلی باشند؛ داده-های مواجهه محلی موجود	ماده شیمیایی را شناسایی کنید؛ اطلاعات مخاطره را از منابع بین‌المللی کسب کنید	مقادیر راهنما یا رهنمودی را از سازمان‌های بین‌المللی برای شرایط محلی تعدیل کنید	برآوردهای کمی موجود؛ شرایط مواجهه محلی	کیفی یا کمی
۳. مدل‌سازی یا مبتنی بر داده‌های میدانی	داده‌های مخاطره موجود از منابع بین‌المللی؛ داده‌های مواجهه محلی جدید	ماده شیمیایی را شناسایی کنید؛ اطلاعات مخاطره را از منابع بین‌المللی کسب کنید	مقادیر راهنما یا رهنمودی را از سازمان‌های بین‌المللی برای شرایط محلی تعدیل کنید	انجام پویش اندازه‌گیری یا مدل‌سازی	کیفی یا کمی

طبقه[الف]	شرح	شناسایی مخاطره	توصیف مخاطره/ تعیین مقدار راهنما یا رهنمودی	ارزیابی مواجهه	توصیف خطر
۴. از نو	ارزیابی‌های مخاطره و مواجهه انجام شده به صورت محلی	مرور مستقل داده‌های اصلی مخاطره اصلی یا کارآزمایی‌ها تجربی کنترل‌شده، جمع‌آوری مشاهدات محلی	مقدار راهنما یا رهنمودی جدیدی ایجاد کنید	از اندازه-گیری‌ها یا مدل‌ها برآورد نمایید	کیفی یا کمی

[الف] برخی سازمان‌ها، طبقه‌ها را با استفاده از اصطلاحات متفاوت به شیوه مختلفی تعریف کرده‌اند. به عنوان مثال، OECD سه طبقه را در نظر می‌گیرد و آن‌ها را ارزیابی اولیه، ارزیابی تصحیح شده و ارزیابی جامع می‌نامد. همچنین باید توجه داشت که برای طبقه‌های ۱ تا ۳، می‌توان سنجش داده‌های مخاطره موجود که توسط منابع بین‌المللی تدوین شده‌اند را به‌روز رسانی نمود تا اطلاعات موجود جدیدتر را شامل شوند.

ارزیابی‌های خطر طبقه ۴ (از نو) برای مواد شیمیایی یا اشکال شیمیایی بکار می‌روند که خصوصیات سم‌شناسی آن‌ها قبلاً ارزیابی نشده باشد، و همچنین برای در نظر گرفتن راه‌های جدید مواجهه با مواد شیمیایی موجود به کار می‌روند. این ارزیابی‌ها از این جهت منحصر به فرد هستند که ممکن است شامل مروری بر داده‌های اصلی یا تولید اطلاعات جدید با توجه به ویژگی‌های خطرناک یک ماده شیمیایی، و همچنین رویکردهای اندازه‌گیری یا مدل‌سازی برای ارزیابی کمی مواجهه که مختص شرایط بومی است، باشند. ارزیابی‌های طبقه ۴ به طور کلی فراتر از حوزه این ابزار است. با این وجود، راهنمایی سازمان‌های بین‌المللی در مورد رویکردها و ملاحظات جهت پر کردن خلاءهای اطلاعاتی که برای چنین شرایطی ارائه شده، در بخش ۴ مشخص شده است. خوانندگان برای ارزیابی-هایی که نیاز به روش‌های پیشرفته‌تری نسبت به آنچه در این ابزار گفته می‌شود دارند، به این مستندات ارجاع داده می‌شوند.

۳-۳. نقشه راه‌های کلی

۳-۳-۱. بیان مساله: شناسایی ماده شیمیایی

با داشتن زمان و منابع کافی، مطمئن‌ترین روش برای شناسایی مواد شیمیایی که تمرکز ارزیابی خطر هستند، جمع‌آوری نمونه و تجزیه و تحلیل شیمیایی است. با این حال، این امر به طور کلی نیاز به شناسایی اولیه ماده شیمیایی مد نظر دارد، چرا که روش‌های جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی مناسب به نوع ماده شیمیایی بستگی خواهند داشت. بدین ترتیب، حتی هنگامیکه برای تجزیه و تحلیل-های شیمیایی برنامه‌ریزی می‌شود، شناسایی اولیه ماده شیمیایی تا حدی مورد نیاز است. در مواردی که تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی امکان‌پذیر نباشد، این شناسایی اولیه ممکن است کل مرحله شناسایی ماده شیمیایی را به خطر بیندازد.

در برخی موارد شناسایی شکل یا ماهیت خاص ماده شیمیایی مد نظر ممکن است مهم باشد، چرا که خطرات سلامتی اشکال مختلف می‌تواند متغیر باشد. نمونه‌هایی از آن شامل ایزومرهای منفرد ماده شیمیایی، حالت فیزیکی آن (که می‌تواند راه‌های مواجهه را تحت تأثیر قرار دهد)، یا اینکه آیا تمرکز ارزیابی ممکن است بر روی یک فرمولاسیون تجاری یا ماده فعال آن باشد، می‌گردند.

مواد شیمیایی را می‌توان از طریق تعدادی از منابع اطلاعاتی داخلی و خارجی شناسایی کرد (شکل ۳ را ملاحظه نمایید). برای محیط‌های شغلی، منابع داخلی شامل مستندات شرکت و افرادی می‌گردند که با این مواد شیمیایی کار می‌کنند، مانند یک مدیر یا متصدی کارخانه. به طور کلی، در مواردی که منبع ماده شیمیایی به راحتی شناسایی می‌شود، ماده شیمیایی به عنوان یک ترکیب بر ماده شیمیایی یا بسته‌بندی محصول، بر روی کارت ایمنی شیمیایی مربوطه یا برگه اطلاعات ایمنی مواد یا در فهرستی از مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند صنعتی فهرست می‌شود. همچنین، برای مواجهات کلی جامعه، ممکن است ماده شیمیایی به عنوان یک ترکیب در بسته‌بندی محصولات نیز ذکر شود یا در برنامه‌های اندازه‌گیری محلی کیفیت هوا یا آب گنجانده شود. برای مواردی که در آن مواد شیمیایی مد نظر از منابع متعددی نشات می‌گیرند، می‌توان به منابع اطلاعاتی مشابه اتکا نمود؛ با این حال، ممکن است در این شناسایی تصمیمات اضافی مطرح شود که آیا هر ماده شیمیایی شناسایی شده در ترکیب با مواد دیگر، رفتاری متفاوت دارد و یا مواد شیمیایی مختلفی تشکیل خواهد داد.

اگر هویت ماده شیمیایی معلوم نباشد، فرد ارزیابی‌کننده می‌بایست برای پی بردن به انواع مواد شیمیایی مد نظر، اطلاعاتی را از منابع مختلف جمع‌آوری نماید. در مواقعی که یک فرآیند یا عملیات صنعتی مد نظر است، فرد ارزیابی‌کننده باید برای اطلاعات مرتبط با موقعیت حاضر، مستندات سناریوی انتشار را جستجو نماید که در زیربخش ۳-۸-۴ به آن اشاره شده است. مستندات سناریوی انتشار که توسط OECD (۱۳) منتشر شده، حاوی شرح منابع، فرآیندهای تولید، مسیرها و الگوهای استفاده از

عملیات تجاری صنعتی متعدد، با هدف تعیین کمی انتشار مواد شیمیایی در آب، هوا، خاک یا پسماند جامد است. مستندات سناریوی انتشار را می‌توان برای ایجاد فرضیه‌هایی در خصوص مواد شیمیایی مد نظر که ممکن است با یک منبع خاص، مانند یک عملیات تولیدی، آزمایشگاهی، منطقه دفع یا محل پسماند در ارتباط باشند، استفاده نمود. علاوه بر کار OECD در این زمینه، آژانس مواد شیمیایی اروپا، مستندات سناریوی انتشار را در حمایت از ارزیابی‌های خطر، برای مواد جدید و مواد موجود منتشر می‌کند (۱۴). مستندات سناریوی انتشار، انتشارات محیط زیستی را برای طبقه‌های صنعتی و محصولات زیست‌کش[1] مختلف تشریح می‌کنند.

در صورتیکه در رابطه با شناسایی مواد شیمیایی در محصولات، فهرست ترکیب محصول موجود نباشد، یک منبع اطلاعاتی بالقوه می‌تواند EHC شماره ۲۴۲ درباره مواجهه پوستی باشد (۱۵)، که مثال‌هایی را از برخی مواد شیمیایی که ممکن است در طیفی از سناریوهای شغلی و یا محصولات وجود داشته باشند، ارائه می‌دهد. یک منبع جامع اطلاعاتی در مورد مواد شیمیایی موجود در طیف گسترده‌ای از محصولات، پایگاه داده محصولات و مواد شیمیایی آژانس حفاظت محیط زیست[2] (EPA) ایالات متحده است، که به صورت آنلاین با استفاده از داشبورد مواد شیمیایی CompTox قابل جستجو است (۱۶).

ویژگی جستجوی متن کامل در پایگاه داده INCHEM (۱۷) نیز می‌تواند به شناسایی یک ماده شیمیایی کمک کند (جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد INCHEM بخش ۴-۳ را ملاحظه نمایید). علاوه بر منابع بین‌المللی مذکور، مجوزها یا طرح‌های ساختمانی که ممکن است توسط مقامات محلی یا استانی بایگانی شده باشند نیز می‌توانند حاوی اطلاعات مفیدی در مورد عملیات و انتشارات از نوع خاصی از عملیات باشند. در نهایت، آغاز گفتگو با نمایندگان این تسهیلات و سایر اعضای جامعه نیز ممکن است برای شناسایی مواد شیمیایی نگران‌کننده مفید واقع گردد.

۲-۳-۳. شناسایی مخاطره

به طور کلی، اولین گام در ارزیابی خطر پس از بیان مساله (احتمالاً هم‌زمان با ارزیابی مواجهه)، شناسایی مخاطره است. شناسایی مخاطره عبارتست از فرآیندی که به منظور تعیین اینکه آیا مواجهه با یک ماده شیمیایی می‌تواند به طور بالقوه به سلامت انسان آسیب برساند، به کار می‌رود. در راستای اهداف این ابزار، شناسایی مخاطره شامل تعیین این است که آیا ماده شیمیایی توسط سازمان‌های بین‌المللی به عنوان ماده‌ای خطرناک در نظر گرفته شده است و اگر چنین است، تا چه

---

[1] Biocidal product

[2] Environmental Protection Agency (EPA)

درجه‌ای خطرناک است. فرآیند جمع‌آوری اطلاعات در جهت کمک به شناسایی مخاطره در شکل ۳ نشان داده شده است.

هنگامی که یک ماده شیمیایی شناسایی شد، برای ارزیابی‌های طبقه ۱ تا ۳، مخاطرات بالقوه ماده شیمیایی را می‌توان بر اساس مرورهای بین‌المللی از داده‌های علمی موجود درباره ماده شیمیایی، عموما داده‌های حاصل از مطالعات سم‌شناسی یا اپیدمیولوژی، تعیین نمود. یک ماده شیمیایی ممکن است با یک یا چند مخاطره برای سلامت انسان در ارتباط باشد. طرح‌های متعددی برای طبقه‌بندی اطلاعات مخاطره تدوین شده‌اند. به طور کلی، مواد شیمیایی بر اساس مخاطراتی که برای سلامت انسان ایجاد می‌کنند، مانند تحریک و حساسیت، یا اثرات عصبی، رشد و تکاملی، تولیدمثلی، قلبی-عروقی و سرطان‌زایی طبقه‌بندی می‌شوند. همان‌طور که در بخش‌های ۴-۵، ۴-۶ و ۴-۷ اشاره می‌گردد، منابع بین‌المللی بسیاری از این اطلاعات وجود دارند.

در ارزیابی‌های خطر طبقه ۴ (بخش ۳-۲ را ملاحظه نمایید)، که در آن مخاطرات سلامت یک ماده شیمیایی هنوز شناسایی نشده‌اند، خواننده به سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی[1] (GHS) (۱۸) ارجاع داده می‌شود. GHS توسط سازمان‌های بین‌المللی به منظور شناسایی معیارهای مختلف تعیین مواد شیمیایی خطرناک در میان کشورها و تجارت جهانی گسترده مواد شیمیایی آغاز گردید. GHS شامل (الف) معیارهای هماهنگ برای طبقه‌بندی مواد شیمیایی و ترکیبات[2] بر اساس مخاطرات سلامتی، محیط زیستی و فیزیکی آن‌ها؛ و (ب) عناصر هماهنگ ارتباط مخاطره، از جمله الزامات برچسب‌گذاری و برگه‌های اطلاعات ایمنی تولیدکنندگان می‌باشد. طرح طبقه-بندی مخاطره سلامت انسان به تفصیل بیان می‌گردد و شامل طیف وسیعی از اثرات بالقوه سلامتی می‌باشد (جدول ۴). بعلاوه برای برخی از این اثرات، مخاطرات مواد شیمیایی منفرد یا ترکیبی از مواد شیمیایی، به وسیله‌ی قدرت سمیت آن‌ها، میزان شواهد برای اثرات در انسان‌ها و ملاحظات مربوطه، طبقه‌بندی می‌شوند.

---

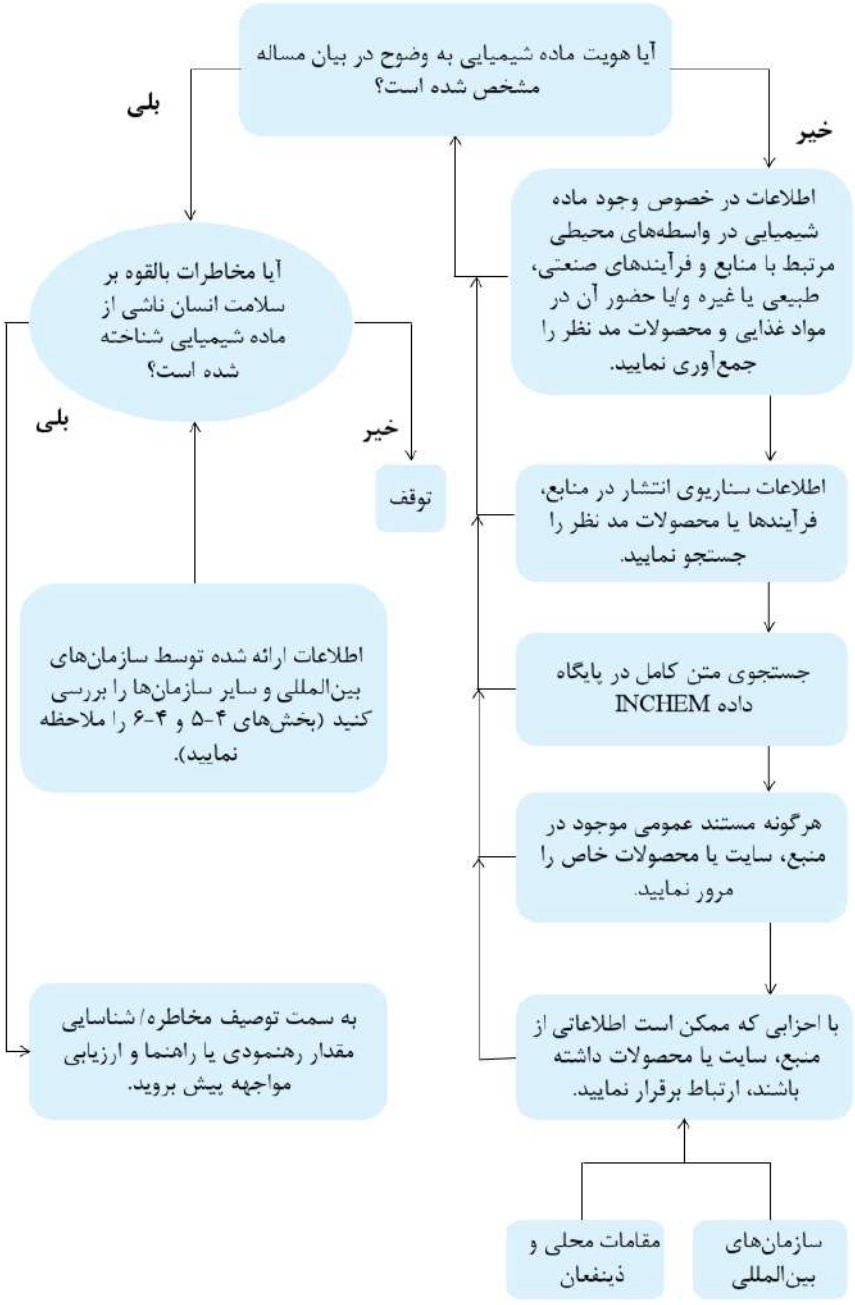
[1] Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)

[2] اصطلاح "ترکیبات" در زمینه GHS ابتدا به مواد شیمیایی موجود در محصولات مربوط می‌شود، در حالیکه در سم‌شناسی "ترکیبات" بیشتر به مواجهه همزمان با چندین ماده شیمیایی مربوط است.

جدول ۴: اثرات سلامت انسان در سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب-گذاری مواد شیمیایی (GHS)

اثر سلامت	طبقه‌ها یا زیرطبقه‌ها GHS[الف]
سمیت حاد	۱ تا ۵
خورندگی یا تحریک پوست	۱ تا ۳
آسیب یا تحریک جدی چشم	۱، ۲A، ۲B
حساس‌کننده تنفسی	۱A، ۱B
حساس‌کننده پوستی	۱A، ۱B
جهش‌زای سلول جنسی	۱A، ۱B، ۲
سرطان‌زایی	۱A، ۱B، ۲
سمی برای تولیدمثل	۱A، ۱B، ۲
اثرات بر روی یا از طریق شیر	۱
سمیت اندام خاص (مواجهه حاد)	۱ تا ۳
سمیت اندام خاص (مواجهه مکرر)	۱، ۲
مخاطره تنفسی	۱، ۲

[الف] توجه داشته باشید که استفاده از زیرطبقه‌ها در استفاده از سیستم GHS الزامی نیست.



شکل ۳: نقشه راه کلی برای شناسایی ماده شیمیایی و مخاطره در مفاد این ابزار

وزن شواهد برای اثرات سرطان‌زایی یک ماده شیمیایی در انسان، دیگر ویژگی مهم شناسایی مخاطره است. علاوه بر سیستم طبقه‌بندی GHS برای سرطان‌زایی، آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان[1] (IARC) (۱۹) مواد شیمیایی و عوامل دیگر را بر اساس قدرت شواهد سرطان‌زایی در پنج دسته طبقه‌بندی می‌کند:

- گروه ۱: عامل برای انسان‌ها سرطان‌زا است.
- گروه ۲A: عامل احتمالاً برای انسان‌ها سرطان‌زا است.
- گروه ۲B: عامل ممکن است برای انسان‌ها سرطان‌زا باشد.
- گروه ۳: عامل به عنوان یک ماده سرطان‌زا برای انسان‌ها قابل طبقه‌بندی نیست.
- گروه ۴: عامل احتمالاً برای انسان‌ها سرطان‌زا نیست.

مخاطره سرطان در مفاد سیستم طبقه‌بندی IARC عاملی است که در برخی شرایط توانایی ایجاد سرطان را دارد. شرح کاملی از طبقه‌بندی مخاطره سرطان و دیگر جنبه‌های اساسی اهداف و روش‌های ارزیابی IARC را می‌توان در سرآغازی[2] که در هر مونوگراف توسط این آژانس منتشر می‌گردد، یافت. سرآغاز به صورت دوره‌ای به‌روز رسانی می‌شود (۲۰).

۳-۳-۳. توصیف مخاطره/ تعیین مقدار رهنمودی یا راهنما

هدف از توصیف مخاطره/تعیین مقدار رهنمودی یا راهنما، دستیابی به یک توصیف کیفی یا کمی از استعداد بالقوه یک ماده شیمیایی در ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از مواجهه است. اثر نامطلوب عبارت است از تغییر در مورفولوژی، فیزیولوژی، رشد، تکامل، تولیدمثل یا طول عمر یک موجود زنده، سیستم یا (زیر)جامعه (یا اولاد آن‌ها) که منجر به اختلال در ظرفیت عملکردی، اختلال در ظرفیت جبران استرس اضافی یا افزایش حساسیت به تاثیرات دیگر می‌شود (این تعریف از منبع (۱) اقتباس شده است). جهت تمایز بین اثرات نامطلوب و غیر نامطلوب، باید توجه گردد که آیا اثر مشاهده شده یک پی‌آمد انطباقی یا بدیهی، زود گذر یا برگشت‌پذیر، دارای مقدار یا تناوب کم، پاسخ خاص یک اندام یا سیستم، یا اثر ثانویه به سمیت کلی می‌باشد (۲۱).

با این حال، توجه داشته باشید که برای مواد شیمیایی که برای بدن انسان ضروری هستند، اثرات نامطلوب سلامتی را در صورتی می‌توان مشاهده نمود که مواجهه با این مواد کمتر از سطح مورد نیاز و همچنین بیشتر از سطح قابل تحمل بالا باشد (به عنوان مثال، ویتامین A).

---

[1] International Agency for Research on Cancer (IARC)

[2] Preamble

توصیف مخاطره به صورت کمی اغلب شامل ارزیابی دوز–پاسخ، از جمله شناسایی یک نقطه عزیمت برای اثرات سلامت در مطالعات انتقادی از قبیل موارد زیر است:

- سطح بدون مشاهده اثر نامطلوب[۱] (NOAEL)؛
- سطح بدون مشاهده اثر[۲] (NOEL)؛
- کمترین سطحی که در آن اثر نامطلوب مشاهده شده[۳] (LOAEL)؛
- کمترین سطحی که در آن اثر مشاهده شده[۴] (LOEL)؛
- حد اطمینان پایین دوز محک[۵] (BMDL)، که عبارتست از دوز مرتبط با درجه از پیش تعریف شده پاسخ نامطلوب؛
- عامل قدرت سرطان‌زایی[۶] (عامل شیب[۷] در منحنی دوز–پاسخ).

این اطلاعات با بکارگیری عوامل عدم‌قطعیت برای لحاظ کردن تغییرپذیری بین‌گونه‌ای و درون-گونه‌ای (بین‌فردی)، کیفیت داده‌ها و عدم‌قطعیت‌های دیگر (زیربخش ۳–۳–۳–۱ را ملاحظه نمایید)، برای توسعه مقادیر رهنمودی، نظیر TDI، ADI و دوز مبنا حاد[۸] (ARfD) مورد استفاده قرار می‌گیرند (زیربخش ۳–۳–۳–۱ و جداول ۵ و ۶ را ملاحظه نمایید). سپس عوامل مواجهه انسان، مانند نرخ دریافت (زیربخش ۴–۸–۲ و جدول ۱۷ را ملاحظه نمایید) برای توسعه مقادیر راهنما برای مواد شیمیایی در واسطه‌های مشخص مانند هوا، آب و غذا در نظر گرفته می‌شوند (زیربخش ۳–۳–۳–۲ و جدول ۷ را ملاحظه نمایید).

در این ابزار، کاربر مقادیر رهنمودی و راهنما موجود را شناسایی می‌کند (خروجی توصیف مخاطره سنتی) و در خصوص قابلیت اجرای فرضیات تعبیه شده در آن‌ها برای موقعیت مد نظر (مانند مدت مواجهه و تخصیص کل مواجهه از میان راه‌های مواجهه) بحث می‌نماید. بنابراین، کاربران این ابزار می‌بایست یک مقدار رهنمودی یا راهنما را برای ماده شیمیایی تحت بررسی که با راه و مدت مواجهه مورد انتظار (مانند مواجهه استنشاقی و بلند مدت) مطابقت دارد، شناسایی کنند. شکل ۴ ملاحظاتی را به تصویر می‌کشد که برای تعیین مناسب بودن یک مقدار رهنمودی یا راهنمای بین‌المللی در یک موقعیت خاص کلیدی هستند (مفاهیم موجود در شکل ۴ (مانند نرخ تماس) در زیربخش ۳–۳–۳–۳ به تفصیل شرح داده می‌شوند).

---

[1] No observed adverse effect level (NOAEL)
[2] No observed effect level (NOEL)
[3] Lowest observed adverse effect level (LOAEL)
[4] Lowest observed effect level (LOEL)
[5] Benchmark dose lower confidence limit (BMDL)
[6] Cancer potency factor
[7] Slope factor
[8] Acute reference dose **(**ARfD**)**

توصیف مخاطره در مفاد این ابزار نیازمند درک چگونگی استخراج مقادیر رهنمودی یا راهنما توسط سازمان‌های بین‌المللی است، به ویژه:

- مقادیر رهنمودی که به طور کامل از اطلاعات سم‌شناسی و اپیدمیولوژیک تدوین شده‌اند ("مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت")، به عنوان مثال ADI و TDI، که ارائه دهنده برآوردی از مقدار ماده شیمیایی هستند که می‌تواند به صورت خوراکی (عمدتا توسط غذا و آب آشامیدنی) یا از طریق استنشاق یا تماس پوستی بدون خطر سلامتی محسوس توسط یک فرد دریافت شود، یا غلظت قابل تحمل[1] (TC)، که به غلظت ماده‌ای در هوا مربوط است، و به طور مشابه بدون خطر سلامتی محسوس در نظر گرفته می‌شود (جداول ۵ و ۶ در زیربخش ۳-۳-۳-۱ را ملاحظه نمایید)؛
- مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها[2] ("مقادیر راهنمای کیفیت") برای غلظت مواد شیمیایی در آب آشامیدنی، هوا و غذا (واسطه مواجهه). این مقادیر معمولاً بر اساس ADIها و TDIها، سناریوهای مواجهه چند واسطه‌ای[3] را در نظر می‌گیرند (به عنوان مثال "راهنماهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت"). متناوبا، این مقادیر ممکن است همانند مورد حداکثر حدود باقیمانده[4] (MRLs) بقایای آفت‌کش در مواد غذایی، بر اساس روش‌های کشاورزی و سناریوهای اقلیم باشند.

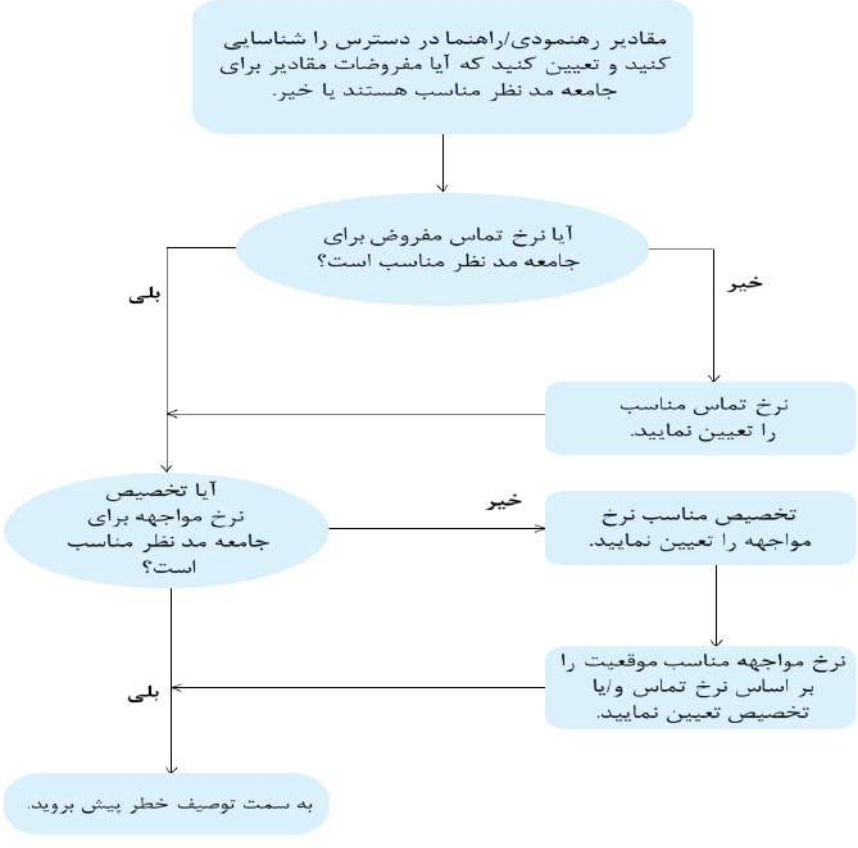
تدوین این مقادیر رهنمودی یا راهنما توسط سازمان‌های بین‌المللی در زیربخش‌های بعدی شرح داده می‌شوند. این اطلاعات، با بحث در خصوص عواملی دنبال می‌شود که یک فرد ارزیابی‌کننده خطر باید برای سنجش وسعت بکارگیری یک مقدار رهنمودی یا راهنما در موقعیت یا سوال ارزیابی خاص مد نظر قرار دهد. اطلاعات بیشتر به همراه مطالعات موردی در بخش ۴-۷ ارائه می‌گردند (پیوست‌ها را ملاحظه نمایید).

بسیاری از کشورها، علاوه بر مقادیر رهنمودی یا راهنمای تدوین یافته توسط سازمان‌های بین-المللی، استانداردهای ملی کیفیت را برای مواد شیمیایی موجود در واسطه‌ها (مانند غذا، آب، هوا و خاک) ارائه داده‌اند. به طور معمول، تدوین استانداردهای ملی شامل دو مرحله است. مرحله اول یک فرآیند علمی است که سطوح مواجهه برای یک ماده شیمیایی که بعید است اثرات نامطلوبی ایجاد کنند را تعیین می‌کند یا قدرت سرطان‌زایی را (به عنوان مثال، با فراهم کردن BMDLها یا عوامل شیب سرطان‌زایی) توصیف می‌کند. این مرحله مشابه استخراج مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت یا مقادیر

---

[1] Tolerable concentration (TC)
[2] Media-specific
[3] Multimedia
[4] Maximum Residue Limits (MRLs)

راهنمای کیفیت توسط سازمان‌های بین‌المللی است. مرحله دوم یک فرآیند اجرایی به منظور تعیین خطر قابل قبول با لحاظ کردن عدم‌قطعیت علمی، گزینه‌های مدیریت خطر، فواید و هزینه‌های اقتصادی، قوانین مربوطه و هنجارهای اجتماعی است. شناسایی و استفاده از استانداردهای ملی فراتر از گستره این ابزار است. با این حال، هنگامیکه یک فرد ارزیابی‌کننده خطر تصمیم بگیرد از استاندارد ملی کشور دیگری (مانند استاندارد ملی کیفیت هوا) استفاده نماید، باید ملاحظات مربوط به عوامل اقتصادی–اجتماعی ارائه شود. به عنوان مثال، ممکن است یک استاندارد ملی کیفیت هوا از نظر عددی بالاتر از مقادیر راهنمای کیفیت هوا مربوط به سازمان جهانی بهداشت باشد، زیرا آن استاندارد امکان پذیری اقدامات کنترل آلودگی هوا در یک کشور خاص را لحاظ می‌کند.



شکل ۴: نقشه راه کلی برای توصیف مخاطره/تعیین مقدار رهنمودی یا راهنما در مفاد این ابزار

۱-۳-۳-۳. مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت سازمان‌های بین‌المللی

توسعه مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت (جدول ۵) به ارزیابی اثر سم‌شناسی یک ماده شیمیایی در رابطه با مواجهه نیازمند است. ارتباط میان مواجهه و اثر غالبا از انجام آزمون‌های استاندارد حیوانات آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، به دست می‌آید. بر اساس نتایج این مطالعات، طیف فزاینده‌ای از ابزارها و رویکردهای پیچیده و ارزیابی‌های طبقه بالاتر ممکن است توسط سازمان‌های بین‌المللی مورد استفاده قرار گیرد تا مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت حاصل گردند. راهنمای شماره ۲ پروژه هماهنگ‌سازی WHO در خصوص عامل تعدیل خاص ماده شیمیایی[1] (CSAF)، به ارائه شرح دقیقی از برون‌یابی نتایج حاصل از مطالعات سم‌شناسی آزمایشگاهی، از حیوانات آزمایشی به انسان‌ها می‌پردازد (۲۲). استفاده از CSAF پس از ده سال توسط WHO مورد بازنگری قرار گرفت (۲۳). همچنین، بکارگیری مدل‌سازی فارماکوکینتیک مبتنی بر فیزیولوژی[2] (PBPK) نیز ممکن است به برون‌یابی در میان مطالعات، گونه‌ها، راه‌ها و سطوح دوز یاری رساند (۲۴).

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، ارتباط اثرات مشاهده شده در گونه‌های آزمایشی با انسان‌ها را می‌توان با استفاده از چارچوب WHO/IPCS در مورد نحوه عملکرد[3]/تحلیل هماهنگی گونه‌ها[4] ارزیابی نمود که مجموعه‌ای از رخدادهای کلیدی قابل قبولی را ارائه می‌دهند که از نظر زیست‌شناسی به یک اثر نامطلوب منجر می‌شود (تحلیل‌های نحوه عملکرد می‌توانند به نوبه خود توسط مسیرهای پی‌آمد نامطلوب موجود اطلاع داده شوند- بخش ۵-۴ را ملاحظه نمایید) (۱۱). در سایر موارد، مشاهدات توصیف شده از اثرات در جوامع انسانی با روش‌های اپیدمیولوژیک مبنای تدوین مقدار رهنمودی هستند. حتی در صورتیکه داده‌های انسانی برای ارزیابی کمی خطر ناکافی باشند، این داده‌ها ممکن است سنجش ارتباط مشاهدات در مطالعات حیوانی را پشتیبانی یا خلاءهای مهم داده‌ها را که در داده‌های حیوانی به آن‌ها پرداخته نمی‌شود، شناسایی نمایند.

---

[1] Chemical-specific adjustment factor (CSAF)

[2] Physiologically based pharmacokinetic (PBPK)

[3] Mode of action

[4] Species concordance analysis

[1] Bradford Hill

توجه: میزان تحلیل متناسب با موضوع تحت بررسی از طریق تجزیه و تحلیل به روش تکرارشونده و مشورت با جوامع ارزیابی، مدیریت و تحقیق است.

منبع: Meek و همکاران (۱۱)

شکل ۵: نقشه راه نحوه عملکرد، نشان‌دهنده‌ی استفاده از دانش نحوه عملکرد در ارزیابی خطر سلامت انسان

جدول ۵: مقادیر رهنمودی و سایر مقادیر رایج مورد استفاده در سنجش‌های شیمیایی

نوع پی‌آمد	اصطلاح (واحد)[الف]	مخفف	تعریف
غیر سرطان‌زا، شامل سرطان‌زاها برای حیوان آزمایشگاهی که در ارتباط با انسان‌ها به صورت سرطان‌زا تعیین نشده‌اند	غلظت قابل تحمل (mg/m^3)	TC	برآوردی از میزان یک ماده شیمیایی در هوا، غذا، خاک یا آب آشامیدنی که می‌تواند به طور روزانه، هفتگی یا ماهانه در واحد وزن بدن در طول عمر بدون خطر سلامتی محسوس دریافت گردد. این مقادیر برای محصولات، برآوردهایی از مواجهه پوستی، خوراکی یا استنشاقی با ماده شیمیایی موجود در محصولات در طول مدت زمان مشخص بدون خطر سلامتی محسوس خواهند بود.
	دریافت روزانه قابل تحمل (mg/kg وزن بدن در روز)	TDI	
	دریافت هفتگی موقت[ب] قابل تحمل (mg/kg وزن بدن در هفته)	PTWI	
	دریافت ماهانه موقت[ب] قابل تحمل (mg/kg وزن بدن در ماه)	PTMI	
	دریافت روزانه قابل قبول (mg/kg وزن بدن در روز)	ADI	
	دوز مبنا حاد (mg/kg وزن بدن در روز)	ARfD	مقدار یک ماده شیمیایی، به طور معمول در غذا یا آب آشامیدنی، که می‌تواند در یک دوره ۲۴ ساعته یا کمتر در واحد وزن بدن بدون خطر سلامتی محسوس برای فرد مصرف کننده بلعیده شود.

نوع پی‌آمد	اصطلاح (واحد)[الف]	مخفف	تعریف
بالقوه سرطان‌زا در ارتباط با انسان‌ها	عامل شیب خوراکی ($[mg/kg]^{-1}$ وزن بدن در روز])	SF	برآورد خطر سرطان‌زایی مرتبط با دوز واحد یک ماده شیمیایی از طریق بلع یا استنشاق در واحد وزن بدن در طول عمر
	عامل شیب در ارتباط با غلظت یک ماده شیمیایی در هوا ($[\mu g/m^3]^{-1}$)		برآورد خطر سرطان‌زایی مرتبط با غلظت واحد یک ماده شیمیایی در هوا یا آب
	عامل شیب در ارتباط با غلظت یک ماده شیمیایی در آب ($[\mu g/L]^{-1}$)		
اثرات سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا	دوز محک (mg/kg وزن بدن در روز)	BMD	مقدار آلاینده‌ای که از مطالعات اپیدمیولوژیک یا مطالعات بر روی حیوانات آزمایشی در رابطه با بروز از پیش تعیین شده اثر نامطلوب (مانند ۵٪ یا ۱۰٪) به دست می‌آید. این مقدار معمولاً به صورت حد اطمینان پایین BMD، یعنی BMDL، بیان می‌گردد.

TC: Tolerable concentration; TDI: Tolerable daily intake; PTWI: Provisional tolerable weekly intake; PTMI: Provisional tolerable monthly intake; ADI: Acceptable daily intake; ARfD: Acute reference dose; SF: Slope factor; BMD: Benchmark dose

[الف] اصطلاحات ADI و TDI که توسط سازمان‌های بین‌المللی استفاده می‌شوند معادل اصطلاح دوز مبنا (اما نه دوز مبنا حاد) هستند که توسط برخی از آژانس‌های ملی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[ب] توجه داشته باشید که حذف تدریجی اصطلاح "موقت" در حال ملاحظه است (۲۵).

مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت مطابق با تعدادی از اصول و کنوانسیون‌هایی که به طور گسترده پذیرفته شده‌اند، حاصل و مورد استفاده قرار می‌گیرند. چهار کنوانسیون مهم در این جا فهرست می‌شوند و در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱. فرض می‌گردد که دوز برخی از مواد شیمیایی شناخته شده یا مظنون به سرطان‌زایی ژنوتوکسیک برای انسان با خطر ابتلا به سرطان در ارتباط باشد، و فرض بر آن است که

برخی از سطوح خطر در هر سطحی از مواجهه رخ دهند (به اصطلاح، سرطان‌زاهای غیر آستانه‌ای نامیده می‌شوند). با این حال، ممکن است برای برخی دیگر از سرطان‌زاها اطلاعات کافی موجود باشد تا با اطمینان تعیین کرد که نحوه عملکرد شامل یک رخداد کلیدی غیر ژنوتوکسیک است که برای آن می‌توان آستانه مواجهه را مشخص نمود (به اصطلاح، سرطان‌زاهای آستانه‌ای نامیده می‌شوند).

۲. برای اثرات نامطلوب به جز سرطان‌زای غیر آستانه‌ای، یک سطح آستانه برای مواجهه وجود دارد که رخداد اثرات نامطلوب در پایین آن سطح بعید است (یعنی، احتمال رخداد آن بسیار کم یا قابل چشم پوشی در نظر گرفته می‌شود).

۳. خطر اثرات نامطلوب ناشی از مواجهه با یک ماده شیمیایی مشخص ممکن است بسته به راه مواجهه در نتیجه جذب، سوخت و ساز یا دفع به دنبال دریافت از طریق استنشاق، بلع یا جذب پوستی متفاوت باشد.

۴. جوامع حساس به اثرات سلامت مواجهه با مواد شیمیایی یا سناریوهای مواجهه که در مطالعات سم‌شناسی حیوان آزمایشی یا مطالعات اپیدمیولوژیک انسانی منعکس نمی‌گردند، از طریق استفاده از عوامل یا فرآیندهایی با هدف کاهش احتمال کم‌برآورد خطرات واقعی برای انسان‌ها در نظر گرفته می‌شوند.

همان‌طور که در بالا ذکر شد، برای مواد شیمیایی که مطالعات سرطان‌زایی در حیوان آزمایشی در آن‌ها مثبت باشد، اطلاعات موجود در مورد نحوه عملکرد به منظور لحاظ کردن ارتباط با انسان بررسی می‌شوند (۱۱). برای مواد شیمیایی که به عنوان سرطان‌زاهای بالقوه غیر آستانه‌ای برای انسان در نظر گرفته می‌شوند، خطر سرطان‌زایی به صورت پاسخ (به عنوان مثال، بروز تومورها) در رابطه با دوز مشخص می‌گردد. در صورتیکه مواجهه به اندازه کافی توصیف گردد، ممکن است از داده‌های دوز–پاسخ حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک برای توصیف مخاطره نیز استفاده نمود؛ این امر نیاز به مقایسه‌های بین‌گونه‌ای و برون‌یابی از دوزهای بالا (ده‌ها تا هزاران برابر کمتر) را که معمولا در مطالعات حیوانی برای مواجهات معمول انسانی به کار می‌رود، برطرف می‌سازد.

دو روش برای مشخص کردن قدرت سرطان‌زایی یک ماده شیمیایی وجود دارد:

(الف) محاسبه شیب خط برازش داده شده بر داده‌های دوز–پاسخ به منظور به دست آوردن افزایش خطر ابتلا به سرطان به ازای هر واحد دوز (رویکرد عامل شیب)؛ و (ب) مدل‌سازی رابطه دوز–پاسخ به منظور شناسایی سطح از پیش تعیین شده پاسخ سرطان‌زا (رویکرد BMD).

در رویکرد عامل شیب، قدرت سرطان‌زایی یک ماده شیمیایی با شیب خط برازش داده شده برای رابطه بین مواجهه با ماده شیمیایی و شیوع سرطان در جوامع مشخص می‌گردد. همان‌طور که در EHC

شماره ۲۳۹ شرح داده شده است، اغلب یک معادله چندجمله‌ای[1] شامل یک عبارت خطی بر داده‌های دوز–پاسخ حاصل از مطالعات سنجش زیستی سرطان در حیوانات آزمایشی برازش داده می‌شود (۶). رویکردهای مشابهی جهت تحلیل داده‌های اپیدمیولوژیک که خطرات سرطان در جوامع انسانی را به واسطه ماده شیمیایی اطلاع می‌دهند، اعمال می‌گردد. در هر دو مورد، ضریب برآورد شده برای عبارت خطی معادله برازش داده شده بر داده‌های دوز–پاسخ به عنوان برآوردی از قدرت سرطان‌زایی ماده شیمیایی لحاظ می‌شود. در عمل، به منظور به حساب آوردن عدم‌قطعیت در برازش مدل و ارائه برآورد محافظه‌کارانه برای قدرت سرطان‌زایی، یک برآورد کران بالای ضریب، مانند صدک ۹۵ام، برگزیده می‌شود.

قدرت‌های سرطان‌زایی تعیین شده از مطالعات آزمایشگاهی یا اپیدمیولوژیک اغلب عوامل شیب سرطان‌زا نامیده می‌شوند، که واحد آن‌ها عکس دوز یا مواجهه است. بنابراین، واحد یک عامل شیب به راه مواجهه و میزان اطلاعات در دسترس سم‌شناس یا اپیدمیولوژیست در خصوص دوز بستگی دارد. در مطالعات آزمایشگاهی، ممکن است حیوانات دوز مشخصی از یک ماده شیمیایی را برای مدت زمانی معین دریافت کنند، که به صورت میلی‌گرم بر کیلوگرم[2] (mg/kg) وزن بدن در روز بیان می‌شود. بنابراین، واحد عامل شیب حاصل از چنین مطالعه‌ای $(mg/kg)^{-1}$ وزن بدن در روز) خواهد بود. در یک مطالعه اپیدمیولوژیک، ممکن است خطر ابتلا به سرطان در رابطه با غلظت یک ماده شیمیایی در هوا یا آب به طور کمی تعیین شود. در این موارد، عوامل شیب ممکن است به ترتیب به صورت $(\mu g/m^3)^{-1}$ یا $(\mu g/L)^{-1}$ بیان شوند. این عوامل شیب را می‌توان برای به دست آوردن مقادیر رهنمودی و راهنما مبتنی بر سلامت، برای سطح مشخصی از خطر بکار برد (زیربخش ۳–۳–۵ را ملاحظه نمایید).

در رویکرد BMD، به منظور محاسبه دوز برای سطح پاسخ از پیش تعیین شده بیولوژیکی مرتبط، که پاسخ محک[3] (BMR) نامیده می‌شود، مانند بروز ۵٪ یا ۱۰٪ سرطان در مطالعات حیوانی، از سلسله مدل‌های دوز–پاسخ استفاده می‌گردد. اطلاعات در مورد چگونگی دست‌یابی به مدل‌های BMD (بسته‌های نرم‌افزاری) و دستورالعمل‌های استفاده از آن‌ها در فصل ۵ از EHC شماره ۲۴۰ ارائه شده است (۲۵). از BMDها یا به طور معمول‌تر، از حدود اطمینان پایین آن‌ها (BMDLs) برای تعیین حاشیه مواجهه[4] (MOE) در مرحله توصیف خطر در فرآیند ارزیابی خطر استفاده می‌شود (زیربخش ۳–۳–۵–۲ را نیز ملاحظه نمایید). این رویکرد در حال حاضر، در جایی که امکان‌پذیر و مناسب باشد، توسط کمیته کارشناسی مشترک FAO/WHO در مورد افزودنی‌های مواد غذایی[5]

---

[1] Polynomial

[2] Milligrams per kilogram (mg/kg)

[3] Benchmark response (BMR)

[4] Margins of exposure (MOE)

[5] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)

(JECFA) و نشست مشترک FAO/WHO در مورد بقایای آفت‌کش‌ها[1] (JMPR) ترجیح داده می‌شود، چرا که تمام داده‌های دوز–پاسخ به حساب می‌آیند (۲۵).

برای اثراتی غیر از سرطان، مواردی که یک اثر سرطان‌زا در حیوانات آزمایشگاهی غیر مرتبط با انسان‌ها در نظر گرفته می‌شود یا در مواردی که یک مکانیسم غیر ژنوتوکسیک پیشنهاد می‌گردد (یعنی، پشتیبانی کافی برای آستانه مواجهه برای سرطان‌زایی وجود دارد)، مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت به عنوان آستانه‌های مواجهه توصیف می‌گردند که رخداد اثرات نامطلوب پایین‌تر از آن‌ها بعید به نظر می‌رسد. دوزهای مبنا برای اثرات غیر سرطانی اغلب به صورت نرخ مواجهه، با واحد $mg/kg)^{-1}$ وزن بدن در روز) بیان می‌شوند. همان‌طور که در جدول ۵ خلاصه گردیده است، اصطلاحات رایج برای این مقادیر عبارتند از ADI (به عنوان مثال، ADIها برای آفت‌کش‌ها و افزودنی‌های مواد غذایی به ترتیب توسط JMPR و JECFA تدوین شده‌اند)، TDI، PTWI[2]، PTMI[3] (که برای آلاینده‌های مواد غذایی توسط JECFA تدوین شده‌اند) و ARfD (به عنوان مثال، برای آفت‌کش‌ها توسط JMPR تدوین شده است) (زیربخش‌های ۴–۵–۱ و ۴–۵–۲ را ملاحظه نمایید). این مقادیر مبنا برآوردهایی از میزان یک ماده شیمیایی در هوا، غذا، خاک یا آب آشامیدنی هستند که می‌توان به صورت روزانه، هفتگی یا ماهانه در طول عمر یا دوره مشخص بدون خطر سلامتی محسوس دریافت نمود (جدول ۶). برای مواد شیمیایی هوابرد، مقدار رهنمودی اغلب به صورت TC، با واحدهای میلی‌گرم یا میکروگرم در هر متر مکعب هوا بیان می‌شود.

جدول ۶: منابع مقادیر رهنمودی تدوین شده برای مواد شیمیایی توسط سازمان‌های بین‌المللی

مقادیر رهنمودی	منبع
دریافت روزانه قابل قبول (ADI)	(۱۷) INCHEM پایگاه‌های داده‌های ایمنی مواد غذایی (۲۶) (۲۷) OECD eChemPortal
دوز مبنا حاد (ARfD)	
دریافت روزانه قابل تحمل (TDI)	
دریافت هفتگی موقت قابل تحمل (PTWI)	
دریافت ماهانه موقت قابل تحمل (PTMI)	

[1] Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR)
[2] Provisional tolerable weekly intake (PTWI)
[3] Provisional tolerable monthly intake (PTMI)

به منظور در نظر گرفتن این واقعیت که انسان‌ها ممکن است از طریق راه‌های تماس متعدد، که عواقب سلامتی متفاوتی دارند، با مواد شیمیایی خطرناک مواجهه یابند، مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت بسته به راه مواجهه که به جامعه و ماده شیمیایی مد نظر مربوط است، اغلب به طور جداگانه برای مواجهه استنشاقی و بلع، و برخی مواقع جذب پوستی، تعیین می‌گردند.

برای هر دو مورد اثرات سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا، نتایج حاصل از حیوانات آزمایشگاهی یا انسان‌ها با استفاده از یک یا چند عامل عدم‌قطعیت یا فرآیندهایی با هدف کاهش احتمال کم‌برآورد خطرات واقعی برای انسان‌ها به کل جامعه انسانی برون‌یابی می‌شوند (عامل عدم قطعیت اصطلاحی است که در این ابزار به طور کلی به کار می‌رود، هر چند این عوامل گاهی اوقات با عناوین عوامل ایمنی، عوامل ارزیابی یا عوامل تعدیل نیز شناخته می‌شوند). ممکن است عوامل عدم‌قطعیت جداگانه برای در نظر گرفتن موارد زیر به کار روند:

- اختلاف بین حیوانات آزمایشی و انسان‌ها (تفاوت‌های بین‌گونه‌ای[1]) و استفاده از نتایج آزمودن حیوانات آزمایشی برای انسان‌ها؛[2]
- اعضای حساس جوامع انسانی (تغییرپذیری درون‌گونه‌ای یا بین فردی[3])؛
- برون‌یابی آزمون‌های سنجش زیستی حیوانات آزمایشی که در طول دوره‌های زمانی کوتاه (به عنوان مثال، هفته یا ماه) انجام شده‌اند، به مواجهات مد نظر در طول دوره‌های زمانی طولانی‌تر (به عنوان مثال، سال)، یا جهت تعدیل تناوب تجربی به تناوب مرتبط با انسان (به عنوان مثال، مواجهه متناوب به مواجهه مداوم)؛ این مفاهیم از دوره زمانی اثرات نامطلوب که ممکن است بلافاصله پس از مواجهه ایجاد شوند یا از مواجهه تجمعی یا مداوم ناشی شوند، متمایز هستند؛
- سایر جنبه‌ها، مانند ناکافی بودن پایگاه داده‌ها یا شیب تند منحنی دوز–پاسخ.

توصیف مخاطره شامل عدم‌قطعیت‌های مربوط به برون‌یابی نتایج حاصل از مطالعات به جامعه مد نظر خواهد بود. اگر چه اضافه شدن این عنصر باعث پیچیدگی است، اما در صورت امکان، پرداختن

---

[1] Interspecies differences

[2] توجه داشته باشید که برخی موسسات عوامل عدم‌قطعیت برای تفاوت‌های بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای را برای مواد سرطان‌زای ژنوتوکسیک اعمال نمی‌کنند، با این فرض است که برون‌یابی خطی از قبل یک رویکرد محافظه‌کارانه است.

[3] Intraspecies or interindividual variability

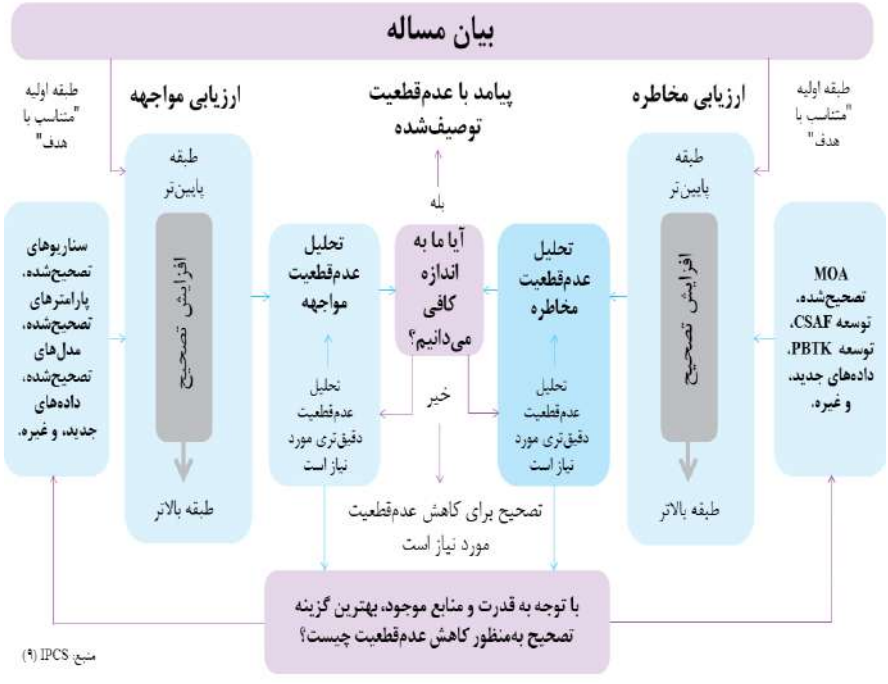
کمی به عدم‌قطعیت‌ها می‌تواند به ارزیابی خطر کامل‌تر، ارتباط خطر بهبود یافته و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر منجر گردد.

نحوه پرداختن به عدم‌قطعیت‌ها به طور کمی در توصیف مخاطره در راهنمای شماره ۱۱ پروژه هماهنگ‌سازی WHO[۱] (۹) و مستندات پشتیبان (۲۸) موجود است. چارچوب مطرح شده در این راهنما شامل توصیف منابع انفرادی عدم‌قطعیت (در ارتباط با نقطه عزیمت، جامعه مورد مطالعه یا طراحی مطالعه در مقابل جامعه هدف، و تغییرپذیری انسانی) و ترکیب کردن این عدم‌قطعیت‌ها با استفاده از رویکردهای پیچیده روز افزون است (شکل ۶):

- رویکرد غیر احتمالاتی (که در آن کران‌های پایین و بالا برای هر جنبه از توصیف مخاطره با ضرب کردن با یکدیگر ترکیب می‌شوند)؛
- رویکرد احتمالاتی تقریبی (که در آن توزیع‌های عدم‌قطعیت به صورت احتمالاتی با یکدیگر ترکیب می‌شوند، با این فرض که همه عدم‌قطعیت‌ها را می‌توان به صورت توزیع‌های احتمال لگ نرمال مستقل در نظر گرفت)؛
- رویکرد احتمالاتی کامل (که در آن توزیع‌های عدم‌قطعیت به صورت احتمالاتی، به طور کلی از طریق شبیه‌سازی‌های مونت کارلو، با یکدیگر ترکیب می‌شوند و به توزیع‌های احتمال لگ نرمال مستقل محدود نمی‌گردند).

---

[۱] نسخه فارسی این راهنما با مشخصات زیر موجود است: "راهنمای سنجش و بیان عدم قطعیت در توصیف مخاطره". مترجمین: هما کاشانی، فرزانه غریب‌زاده، پگاه نخجیرگان، [دیگران]. انتشارات تیمورزاده نوین، ۱۴۰۰. این کتاب به صورت رایگان در آدرس‌های الکترونیکی زیر در دسترس می‌باشد:
http://ier.tums.ac.ir/Zx8bo
https://www.teimourzadehnovin.com/store/more/?intShop=3191



شکل ۶: رویکرد طبقه‌ای در ارزیابی خطر شامل تحلیل عدم‌قطعیت با ارجاع به راهنمای مربوطه WHO/IPCS

یک ابزار صفحه گسترده ساده با کاربری آسان، با نام APROBA، به منظور استفاده از رویکرد احتمالاتی تقریبی همراه با راهنمای شماره ۱۱ پروژه هماهنگ‌سازی WHO ارائه شده است (۹). در این رویکرد نتیجه به جای مقادیر واحد که با استفاده از رویکرد قطعی حاصل می‌شوند (و اغلب محافظه‌کارانه در نظر گرفته می‌شوند)، بر حسب دامنه‌ها یا توزیع‌های احتمال بیان می‌گردند. برآوردها از سهم نسبی جنبه‌های گوناگون در عدم‌قطعیت‌های کلی جهت شناسایی بزرگترین منابع عدم‌قطعیت و نشان دادن اینکه اطلاعات اضافی برای کدام جنبه‌ها در کاهش عدم‌قطعیت کلی موثرتر خواهند بود، مفید است. همچنین، ابزار APROBA می‌تواند در بکارگیری یک رویکرد غیر احتمالاتی نیز یاری رساند.

برخی از نویسندگان ابزار APROBA، به بسط این ابزار به منظور ترکیب کردن خروجی حاصل از توصیف مخاطره احتمالاتی با برآوردهای مواجهه احتمالاتی پرداخته‌اند (APROBA-Plus)، تا خطر و عدم‌قطعیت آن را به سرعت توصیف نمایند، که این امر شفافیت متعادل را از لحاظ عدم‌قطعیت‌ها افزایش می‌دهد. APROBA-Plus می‌تواند آگاهی‌بخش اقدامات مدیریت خطر یا یاری‌رسان

اولویت‌بندی اصلاحات در ارزیابی طبقه بالاتر باشد (۲۹). چندین مطالعه موردی در ضمائم این کتاب ارائه شده است.

۲-۳-۳-۳. مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها ("مقادیر راهنمای کیفیت") حاصل از سازمان‌های بین‌المللی

ADI و TDI برآوردهایی از نرخ مواجهه هستند (که گاهی دوز تجویز شده نامیده می‌شوند) و همان‌طور که در بالا شرح داده شد، از اطلاعات سم‌شناسی و اپیدمیولوژیک به دست می‌آیند. به همین دلیل، آن‌ها مواجهه با یک ماده شیمیایی را به طور کلی (یا تجمیعی) از تمام راه‌ها و مسیرها لحاظ می‌کنند (زیربخش ۳-۳-۴ را ملاحظه نمایید). در مقابل، مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها، شرایط ویژه واسطه مد نظر را لحاظ می‌کنند و همچنین بسته به میزان مواجهه تجمیعی در نظر گرفته شده، متغیر هستند. به عنوان مثال، راهنماهای آب آشامیدنی WHO در وهله اول مبتنی بر سلامت هستند و تلاش می‌کنند مواجهه از طریق سایر واسطه‌ها را در نظر بگیرند. با این حال، حداکثر حدود باقیمانده (MRLs) و حداکثر حدود[1] (MLs) مربوط به FAO/WHO، حدود مستقیم سلامت عمومی نیستند، بلکه، در عوض، منعکس‌کننده‌ی اقدامات کشاورزی یا دامپزشکی، سناریوهای اقلیم، و امکان‌پذیری فنی و اقتصادی هستند که به طور معمول در سطوح به اندازه کافی پایین‌تر از مقادیری که امکان دارد منجر به اثر نامطلوب سلامتی شوند، تعیین می‌گردند.

مقادیر راهنمای تدوین شده توسط سازمان‌های بین‌المللی و آدرس‌های الکترونیک برای اطلاعات بیشتر در جدول ۷ فهرست شده‌اند. استفاده از این مقادیر راهنما در زیربخش ۳-۳-۵ توضیح و در مطالعات موردی ارائه شده در پیوست‌ها به تصویر کشیده شده است.

مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها (مانند مقادیر راهنمای کیفیت آب آشامیدنی، مقادیر راهنمای کیفیت هوا، حداکثر حدود در مواد غذایی) برای بسیاری از مواد شیمیایی در دسترس هستند. اینکه آیا این مقادیر راهنما برای یک مورد خاص قابل بکارگیری هستند یا خیر به اطلاعات مورد استفاده برای ایجاد این سطوح، قیاس‌پذیری جوامع انسانی با توجه به الگوهای فعالیت و رژیم غذایی و جمعیت شناختی آن‌ها، و متوسط زمان مواجهه، در میان سایر ملاحظات بستگی دارد.

---

[1] Maximum limits (MLs)

جدول ۷: منابع مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها توسعه یافته توسط سازمان‌های بین‌المللی برای مواد شیمیایی

مقادیر راهنما	سازمان و منبع
مقادیر راهنمای کیفیت آب آشامیدنی	WHO (۲)
مقادیر راهنمای کیفیت هوا	دفتر منطقه‌ای اروپا WHO (۱۲، ۳۲–۳۰)
مقادیر راهنمای کیفیت هوای داخل	WHO (۳۳) دفتر منطقه‌ای اروپا WHO (۱۲، ۳۴)
حداکثر حدود باقیمانده (MRLs) آفت‌کش‌ها در مواد غذایی	FAO/WHO (۳۵)
حداکثر حدود (MLs) آلاینده‌ها در مواد غذایی	FAO/WHO (۲۶)

به طور خاص‌تر، مقادیر راهنمای خاص واسطه‌ها معمولا تعدادی از فرضیات در خصوص مواجهه شامل نرخ تماس، وزن بدن، کسر جذب و تخصیص دریافت کل را ترکیب می‌کنند (زیربخش ۴–۸–۲ و جدول ۱۷ را نیز ملاحظه نمایید).

۳–۳–۳–۳. سنجش مناسب بودن مقادیر رهنمودی یا راهنمای موجود برای یک مساله خاص

فلوچارت نمایش داده شده در شکل ۴، ملاحظات کلیدی برای مناسب بودن یک مقدار رهنمودی یا راهنمای بین‌المللی برای یک وضعیت را به تصویر می‌کشد. در این‌جا به طور مختصر به این عوامل می‌پردازیم؛ اطلاعات اضافی در زیربخش ۳–۳–۵ و در مطالعات موردی در پیوست‌ها ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۸ در زیربخش ۳–۳–۴–۱ نشان داده شده است، نرخ‌های تماس مربوط به شیوه‌های مختلف تماس، به فرضیات در مورد نرخ مصرف آب، نرخ استنشاق، نرخ مصرف مواد غذایی و دیگر اشکال تماس با واسطه‌های محیطی، غذا و محصولات اشاره دارند. معمولا از مقادیر پیش‌فرض برای این نرخ‌های تماس استفاده می‌گردد (جدول ۱۷ در زیربخش ۴–۸–۲ را ملاحظه نمایید). به عنوان مثال، مقادیر راهنمای مبتنی بر سلامت برای آلاینده‌های موجود در آب ممکن است بر این فرض استوار باشند که یک فرد بالغ به طور متوسط ۲ لیتر آب در روز مصرف می‌کند. با این حال، مشخص شده است که در نقاط مختلف جهان، به ویژه در مکان‌هایی که افراد در اقلیم‌های بسیار گرم به فعالیت فیزیکی مشغول هستند، متوسط نرخ مصرف آب در جامعه می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای، شاید با یک عامل ۴–۲، متغیر باشد. این مثال نشان می‌دهد که یک فرد ارزیابی‌کننده باید در نظر بگیرد که

آیا مقادیر پیش‌فرض قرار داده شده در یک مقدار راهنمای مبتنی بر سلامت برای جامعه‌ای خاص و دوره زمانی مطلوب مناسب هستند یا خیر.

همچنین ممکن است مقادیر رهنمودی یا راهنما برای یک واسطه مشخص (مانند آب آشامیدنی، هوا یا غذا)، مواجهه کلی با یک ماده شیمیایی را در نظر بگیرند که از راه‌ها یا واسطه‌های متعدد رخ می‌دهد. به عنوان مثال، مقادیر راهنما برای یک ماده شیمیایی موجود در آب ممکن است فرض کنند که مقدار مشخصی از مواجهه با آن ماده شیمیایی از طریق بلع مواد غذایی نیز رخ می‌دهد. تغییرات در منابع طبیعی، فرهنگ و سبک زندگی در میان جوامع ممکن است برخی فرضیات در مورد تخصیص کل دریافت را بی اعتبار سازد. به عنوان مثال، در مناطقی که دریافت یک آلاینده خاص از طریق آب آشامیدنی بسیار بیشتر از سایر منابع (مانند غذا و هوا) شناخته می‌شود، ممکن است به منظور به دست آوردن یک مقدار راهنمای مناسب‌تر برای شرایط محلی، تخصیص نسبت بیشتری از ADI یا TDI به مثلا آب آشامیدنی مناسب باشد. در مواردی که داده‌های مواجهه مربوطه در دسترس باشد، مقامات به توسعه مقادیر راهنمای مختص زمینه مورد بررسی که مناسب موقعیت‌ها و شرایط محلی است، تشویق می‌گردند.

به طور کلی، مواردی که مقدار راهنما برای یک ماده شیمیایی هنوز توسط یک سازمان بین‌المللی یا دیگر سازمان‌ها ایجاد نشده است (ارزیابی خطر طبقه ۴)، خارج از گستره این ابزار هستند. جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد برخی از روش‌های مورد استفاده این سازمان‌ها برای ایجاد راهنماها، خوانندگان به منابع زیر ارجاع داده می‌شوند:

- ارزیابی خطرات سلامت انسان ناشی از مواد شیمیایی: استخراج مقادیر رهنمودی برای حدود مواجهه مبتنی بر سلامت (EHC شماره ۱۷۰) (۳۶)؛
- اصول مدل‌سازی دوز- پاسخ برای ارزیابی خطر مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۳۹) (۶)؛
- اصول و روش‌های ارزیابی خطر مواد شیمیایی در مواد غذایی (EHC شماره ۲۴۰) (۷).

در بخش ۴ سایر منابع حاوی اطلاعات مفید شرح داده می‌شوند.

٤-۳-۳. ارزیابی مواجهه

ارزیابی مواجهه به منظور تعیین اینکه آیا افراد در تماس با یک ماده شیمیایی بالقوه خطرناک هستند یا خیر، و اگر چنین است، به چه میزان، از چه راهی، از طریق چه واسطه‌ای و برای چه مدتی، بکار می‌رود. به دلیل اینکه توصیف مخاطره و توصیف خطر به راه (خوراکی، استنشاقی یا پوستی) و مدت (کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلند مدت) مواجهه بستگی دارند، دانش در خصوص چگونگی و زمانی که افراد ممکن است مواجهه یابند به تعیین یک مقدار رهنمودی یا راهنمای مناسب مربوط می‌شود.

جهت توصیف خطرات سلامتی، از اطلاعات مواجهه در ترکیب با اطلاعات توصیف مخاطره یا مقدار رهنمودی یا راهنما، استفاده می‌گردد.

غلظت مواجهه عبارتست از غلظت یک ماده شیمیایی در واسطه که فرد با آن در تماس است. این واسطه‌ها شامل هوا، آب و خاک در مکان‌های داخلی و بیرونی هستند که یک جامعه در آن‌ها تردد می‌کند. سایر واسطه‌ها که افراد با آن‌ها در تماس هستند شامل غذا و محصولات می‌باشند. در حالت ایده‌آل، غلظت‌های مواجهه برای واسطه‌ها، مکان‌ها و زمان‌هایی به دست خواهند آمد که نمایانگر تماس بالقوه انسان با ماده شیمیایی مد نظر هستند.

همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، به منظور آغاز بخش ارزیابی مواجهه در ارزیابی خطر لازم است که فرد ارزیابی‌کننده پارامترهای زیر را تعیین نماید:

- راه‌ها و مسیرهای مربوط به مواجهه
- واسطه‌هایی که انتظار می‌رود دارای ماده شیمیایی باشند
- مدت و تناوب مناسب مواجهه

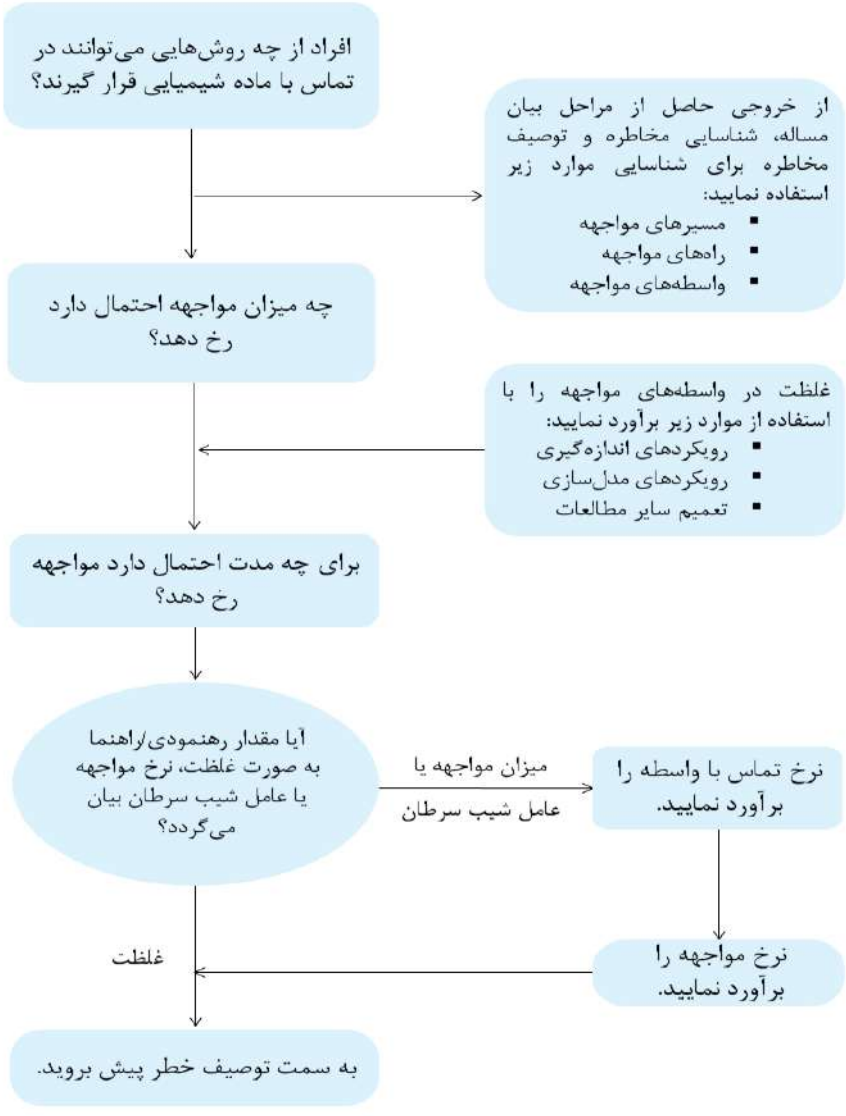
۱-٤-۳-۳. راه‌ها و مسیرهای مواجهه

واسطه مواجهه به هوا، آب، خاک، غذا یا محصولاتی (مصرفی، تجاری یا صنعتی) اطلاق می‌گردد که گمان می‌شود دارای ماده شیمیایی مد نظر هستند (شکل ۸). این مواجهات ممکن است در محیط‌های شغلی یا جامعه (یعنی، غیر شغلی) یا در حین استفاده از محصولات رخ دهد. مواجهه از طریق بلع، با مواد شیمیایی موجود در غذا، آب و خاک، چه در محیط داخل و چه در محیط بیرون، در ارتباط است. در مواجهه استنشاقی لازم است که مواد شیمیایی در هوا حضور داشته باشند، اما این نکته حائز اهمیت است که تشخیص دهید مواد شیمیایی با فشار بخار متوسط تا بالا و حلالیت پایین می‌توانند از آب، خاک یا محصولات، تبخیر شده و سپس استنشاق گردند. تری کلرواتن[1] که یک حلال آلی است، نمونه‌ای از یک ماده شیمیایی است که به راحتی از آب آشامیدنی تبخیر می‌شود. همچنین، هنگامیکه مواد شیمیایی با فراریت کمتر، نظیر بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه[2]، با غلظت‌های بالا در خاک، گرد و غبار، ذرات معلق یا الیاف وجود داشته باشند، استنشاق می‌تواند یک راه مهم مواجهه با این مواد باشد. در نهایت، جذب پوستی نیازمند تماس بین یک ماده شیمیایی و پوست است که می‌تواند در آب، در حین

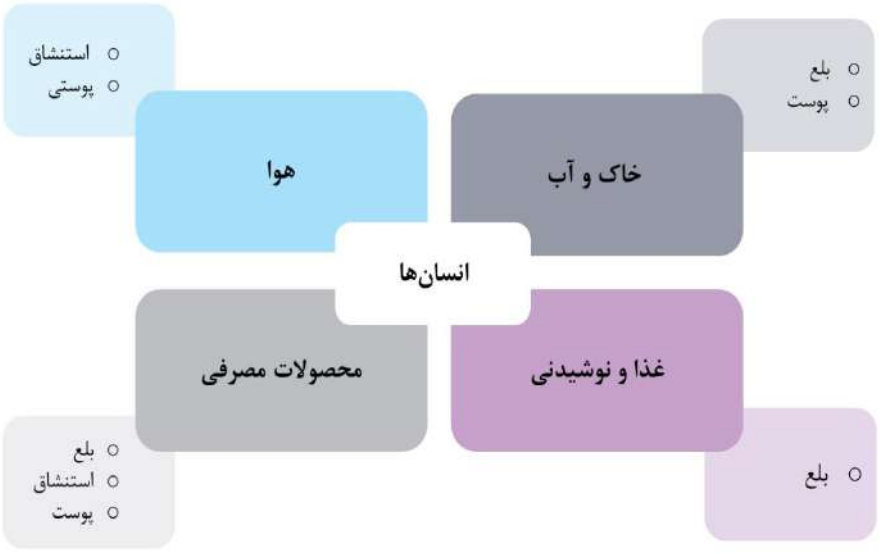
[1] Trichloroethene

[2] Polychlorinated biphenyls

تماس با خاک، در حضور غلظت‌های بالا در هوا و در هنگام استفاده شغلی یا مصرف ماده شیمیایی یا محصولات حاوی آن ماده رخ دهد.



شکل ۷: نقشه راه کلی برای ارزیابی مواجهه در مفاد این ابزار



شکل ۸: واسطه‌های ممکن مواجهه و شیوه‌های تماس مربوطه

گستره ارزیابی مواجهه را می‌توان با اطلاعاتی در خصوص ماده شیمیایی و ویژگی‌های آن محدود کرد که مطابق با آن واسطه‌ها و راه‌های مهم مواجهه می‌توانند استنباط شوند. به عنوان مثال، مواجهات مرتبط با سلامت برای برخی از مواد شیمیایی، مانند ازن، تنها از طریق یک واسطه، در این مورد از طریق هوا، رخ می‌دهند. برای مواد شیمیایی مانند سرب، آفت‌کش‌ها یا کلروفرم[1]، که در واسطه‌های متعددی یافت می‌شوند، اطلاعات مربوط به خصوصیات و رفتار شیمیایی می‌توانند به واسطه‌های محیطی، مکان‌ها، مواد غذایی یا محصولاتی اشاره نمایند که بالاترین سطوح مواد شیمیایی در آن‌ها محتمل است. بعلاوه، این اطلاعات می‌توانند راه‌ها و مسیرهای مواجهه مربوطه را نیز پیشنهاد کنند. مسیر مواجهه، به خط سیر طبیعی و فیزیکی اطلاق می‌گردد که یک ماده شیمیایی از منبع به نقطه تماس با یک فرد می‌پیماید (به عنوان مثال، از طریق غذا از محیط زیست به انسان‌ها). راه مواجهه، به دریافت از طریق بلع، استنشاق یا جذب پوستی اشاره دارد. از آنجا که خطر ناشی از یک ماده شیمیایی ممکن است بسته به راه آن متفاوت باشد، راه‌های مواجهه دارای مفاهیم حائز اهمیتی در مرحله توصیف مخاطره هستند.

[1] Chloroform

۲-٤-۳-۳. برآورد مواجهات: رویکردهای اندازه‌گیری یا مدل‌سازی

در حالیکه داده‌ها در مورد غلظت‌های مواجهه در هوای فردی[1]، واسطه‌های بلعیدنی مانند آب آشامیدنی و غذا، و واسطه‌های تماس با پوست (شامل محصولات) باید از دقیق‌ترین برآوردها برای مواجهه واقعی با یک ماده شیمیایی باشند، اما در عمل، تعیین آن‌ها می‌تواند دشوار، پر هزینه یا غیر ممکن باشد. با توجه به این محدودیت، ارزیابی‌های خطر، به ویژه ارزیابی‌های خطر در سطح غربالگری، اغلب بر اساس داده‌های ناکامل در مورد غلظت مواد شیمیایی در واسطه‌هایی هستند که دسترسی به آن‌ها مانند هوای آزاد، هوای داخل، آب سطحی، خاک در فضای آزاد و محصولات رایج مورد استفاده نسبتاً آسان است. داده‌های غلظت مواد شیمیایی را می‌توان با پویش‌های اندازه‌گیری یا تلاش‌های مدل‌سازی تعیین نمود.

مواجهات می‌توانند به طور مستقیم اندازه‌گیری شوند، با استفاده از مدل‌ها برآورد گردند یا از داده‌های موجود تعمیم داده شوند. در هر یک از این موارد لازم است که مواجهات برای دوره‌های زمانی مربوط به پی‌آمدهای نامطلوب سلامتی ممکن تعیین گردند. به عنوان مثال، چنانچه ماهیت مخاطره سلامتی مربوطه مزمن باشد، مواجهه نیز باید بلند مدت باشد. از سه رویکرد مذکور، برآورد مواجهات از داده‌های موجود را می‌توان اغلب به عنوان ساده‌ترین رویکرد در نظر گرفت؛ با این حال، چنین داده‌هایی اغلب در دسترس نیستند یا به طور کامل نمایانگر سناریوی مواجهه مطلوب نمی‌باشند. از سوی دیگر، به طور کلی اندازه‌گیری‌ها دقیق‌ترین و مرتبط‌ترین داده‌ها را فراهم می‌آورند، اما نیازمند بیشترین زمان و منابع هستند که مانع استفاده از آن‌ها در بسیاری از ارزیابی‌های خطر می‌گردد. می‌توان از مدل‌های مواجهه برای ارائه برآوردهای مواجهه ناشی از طیف وسیعی از منابع استفاده نمود. خلاصه‌ای از روش-های اندازه‌گیری و تعمیم مواجهه در EHC شماره ۲۱۴ (۸) آورده شده است. سایر منابع حاوی اطلاعات مفید در بخش ۴ شرح داده می‌شوند.

(الف) مدل‌های مواجهه

به طور کلی، مدل‌های مواجهه به اطلاعاتی در خصوص غلظت یک ماده شیمیایی در یک واسطه یا محصول، مدتی که طی آن افراد با ماده شیمیایی در تماس هستند و مسیر تماس (پوستی، استنشاق و/یا بلع) نیازمند هستند. غلظت مواد شیمیایی را می‌توان از روی استفاده از مواد شیمیایی، داده‌های بررسی‌های قبلی یا اطلاعات ترکیب محصول اندازه‌گیری یا برآورد نمود. همان‌طور که در بخش ۴–۸ شرح داده می‌شود، غلظت در واسطه‌های محیطی خاص را می‌توان با استفاده از چند مدل در دسترس عموم که توسط سازمان‌های بین‌المللی توصیه شده‌اند یا در متون علمی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و به طور گسترده‌ای در رشته بهداشت محیط پذیرفته شده‌اند، برآورد نمود. ممکن است از این

[1] Personal air

مدل‌ها برای برآورد به عنوان مثال، انتشار مواد شیمیایی در جو، سرنوشت و انتقال مواد شیمیایی در آبخوان‌ها یا آب‌های زیرزمینی، یا توزیع مواد شیمیایی در واسطه‌های محیطی متعدد استفاده گردد. به طور مشابه، مدل‌هایی به منظور برآورد مواجهه با مواد شیمیایی از طریق محصولات تدوین شده‌اند. با توجه به پیچیدگی بسیاری از این مدل‌ها، ممکن است برخی به آموزش تخصصی برای پیاده‌سازی مدل‌ها نیاز داشته باشند، در حالیکه برای بسیاری از مدل‌ها، اطلاعات گسترده‌ای در خصوص چگونگی استفاده از آن‌ها به صورت آن‌لاین در دسترس است؛ به عنوان مثال، ExpoBox متعلق به EPA ایالات متحده (۳۷) و ConsExpo Web انستیتوی ملی سلامت عمومی و محیط زیست هلند[1] (RIVM) (۳۸، ۳۹) را ملاحظه نمایید. به منظور انتخاب مدل مناسب، اطلاعات مربوط به وسعت جغرافیایی و زمانی مواجهات شیمیایی مد نظر یا ماهیت و استفاده هدفمند از محصولاتی که در آن‌ها مواد شیمیایی وجود دارند، و جوامع مواجهه یافته مطلوب، باید فراهم آیند یا در غیر این صورت تعیین شوند.

جهت برآورد مواجهات می‌توان از برآوردهای غلظت در واسطه‌ها که توسط مدل‌ها ارائه شده، همراه با اطلاعاتی در مورد تماس شیمیایی، از جمله اینکه چه کسانی مواجهه دارند و تناوب و مدت مواجهه آن‌ها استفاده کرد. بسته به راه تماس، اطلاعات مربوط به پارامترهای فیزیولوژیکی مانند مساحت بدن، مساحت پوست مواجهه یافته، درجه جذب پوستی یا گوارشی، نرخ و حجم استنشاق برای جوامع و شرایط محیط گوناگون (استراحت یا فعالیت) نیز ممکن است مورد نیاز باشند. مدل‌هایی که مواجهه مستقیم با مواد شیمیایی موجود در محصولات را برآورد می‌کنند، اطلاعات مربوط به الگوهای مصرف محصول و ترکیب محصول را شامل می‌شوند. اطلاعات مربوط به تماس شیمیایی را می‌توان با استفاده از شیوه‌های متنوعی از جمله پرسشنامه‌ها یا پرس و جو از افراد مبتلا، داده‌های جمعیتی، پیمایش آماری، مشاهده رفتار، یادداشت‌های فعالیت، مدل‌های فعالیت، یا در غیاب اطلاعات واقعی‌تر، از فرضیاتی درباره رفتار به دست آورد. با استفاده از این اطلاعات، مواجهه برای هوا، آب، غذا، خاک یا محصولات را می‌توان با استفاده از معادلات ریاضی برآورد نمود. خلاصه‌ای از اصول توصیف و بکارگیری مدل‌های مواجهه انسانی در مستند شماره ۳ پروژه هماهنگ‌سازی IPCS (۴۰) ارائه شده است. سایر اطلاعات مفید در مورد انجام ارزیابی‌های مواجهه در بخش ۴–۸ نشان داده می‌شود. همچنین، راهنمایی در مورد چگونگی پرداختن به عدم‌قطعیت و کیفیت داده‌ها در ارزیابی‌های مواجهه در مستند شماره ۶ پروژه هماهنگ‌سازی WHO (۴۱) در دسترس است. طیفی از نشریات در خصوص ارزیابی مواجهه از طریق OECD (۴۲) نیز موجود است.

[1] Institute for Public Health and the Environment (RIVM) of the Netherlands

(ب) اندازه‌گیری مواجهه

غلظت‌های مواجهه در واسطه‌ها را، چه تاریخی، چه کنونی یا برنامه‌ریزی شده برای آینده باشند، می‌توان از طریق اندازه‌گیری نیز به دست آورد. برای اینکه این غلظت‌ها به درستی نمایانگر مواجهات باشند، باید غلظت مواد شیمیایی مد نظر را در واسطه‌های محیطی مربوطه (مانند هوا، آب یا خاک)، مواد غذایی یا محصولات اندازه‌گیری کرد. هدف از اندازه‌گیری مواجهه مطابقت دادن با واسطه های واقعی، مکان، مدت زمان و استفاده از آن نشان‌دهنده مواجهه انسان با مواد شیمیایی مد نظر است، اگر چه دستیابی به این امر اغلب ممکن نیست.

به منظور ارزیابی بیانگر بودن اندازه‌گیری‌های قبلی مواجهه یا جهت برنامه‌ریزی اندازه‌گیری‌های آینده، بسیاری از عوامل که خاص ماده شیمیایی مد نظر هستند، باید در نظر گرفته شوند. این عوامل عبارتند از: در دسترس بودن، عملکرد و حساسیت دستگاه‌های مناسب اندازه‌گیری مواجهه، اندازه و الگوهای فعالیت جامعه مواجهه یافته بالقوه، نرخ تماس و مدت مواجهات، و واسطه‌هایی که به طور کلی مواجهه از طریق آن‌ها رخ می‌دهد. اطلاعات مربوط به دستگاه‌های اندازه‌گیری مواجهه را می‌توان از طریق مرور متون علمی، با توجه ویژه به عملکرد آن‌ها، که بر اساس حساسیت، صحت و دقت آن‌ها سنجیده می‌شود، به دست آورد. شرح مفصل این مفاهیم در EHC شماره ۲۱۴ در مورد ارزیابی مواجهه انسان آورده شده است (۸). اغلب، هزینه روش اندازه‌گیری متناسب با عملکرد آن است که ممکن است منجر به مصالحه میان هزینه و حجم نمونه در هر طرح اندازه‌گیری شود. اطلاعات مربوط به الگوهای فعالیت، نرخ‌های تماس و مدت مواجهه را می‌توان همراه با سایر اطلاعات در مورد جامعه مواجهه یافته بالقوه از طریق پیمایش‌ها و پرسشنامه‌ها به دست آورد. این اطلاعات به طور توام می‌توانند جهت تعیین قابلیت بکارگیری اندازه‌گیری‌های قبلی مواجهه برای وضعیت فعلی مورد استفاده قرار گیرند، یا در طراحی یک عملیات اندازه‌گیری که هنگام تهیه داده‌های مربوط به ارزیابی خطر کارآمد باشد، یاری رسانند.

علاوه بر این، باید برخی ملاحظات را در خصوص ناهمگنی مواجهات در جامعه مربوطه لحاظ نمود. به عنوان مثال، چنانچه مواجهات برای همه افراد یکسان باشد، آن‌گاه اندازه‌گیری‌های انجام شده برای زیرمجموعه نسبتاً کوچکی از افراد را می‌توان به جامعه بزرگتری تعمیم داد. در مقابل، اگر مواجهات در یک جامعه بر اساس سن، جنس یا محل سکونت متغیر باشند، ممکن است نیاز باشد که اندازه‌گیری مواجهه برای زیر مجموعه‌های درون هر یک از این گروه‌ها صورت گیرد و به گروه بزرگتر تعمیم داده شود. مرحله بیان مساله در فرآیند ارزیابی خطر می‌تواند به شناسایی اینکه کدام زیر جامعه خاص در مرکز ارزیابی مواجهه است، کمک کند. نمونه‌ای از یک رویکرد مبتنی بر اندازه‌گیری برای تعیین غلظت مواجهه در مطالعه موردی آب آشامیدنی در پیوست ۱ آورده شده است. با توجه به مواجهات با مواد شیمیایی موجود در محصولات، اندازه‌گیری مواجهه به طور خاص برای زیر گروهی از جامعه که از محصولات استفاده می‌کنند، انجام می‌گردد.

۳-٤-۳-۳. مدت و تناوب مواجهه

مدت مواجهه یک عنصر بحرانی در ارزیابی و برآورد خطرات سلامت است، چرا که دوره مواجهه مربوطه از طریق دانش یا نظریه مکانیسم‌های آسیب یا بیماری تعریف می‌گردد. در نتیجه، مدت مواجهه مولفه صریحی در طراحی ارزیابی‌های مواجهه و همچنین مطالعات سم‌شناسی صورت گرفته به منظور شناسایی مخاطره و توصیف مخاطره است.

مواجهات تکی و کوتاه‌مدت در طول دقیقه‌ها، ساعت‌ها یا یک روز به مواد شیمیایی مربوط هستند که در غلظت‌های خاص اثر نامطلوب فوری یا سریعی بر بدن دارند. نمونه‌هایی از مواد شیمیایی که برای آن‌ها ارزیابی مواجهه تکی و کوتاه مدت حائز اهمیت است، شامل گازهای محلول در آب مانند دی اکسید گوگرد و خفه‌کننده‌هایی[1] نظیر مونوکسیدکربن می‌باشد.

مواجهه میان‌مدت یا متوسط برای آن دسته مواد شیمیایی اهمیت دارد که تصور می‌شود در طول یک دوره تماس که از هفته‌ها تا ماه‌ها به طول می‌انجامد اثرات نامطلوبی ایجاد می‌کند. تحریک‌کننده-های تنفسی مانند سولفید هیدروژن طبقه‌ای از مواد شیمیایی هستند که برخی از آژانس‌های سلامت عمومی راهنماهایی را برای مواجهه متوسط با آن‌ها تدوین نموده‌اند.

متوسط مواجهه بلند مدت، مرتبط‌ترین جهت توصیف اثرات نامطلوب برای مواد شیمیایی است که در نتیجه مواجهه تجمعی یا بلند مدت با دوز کم، مخاطره‌ای را ایجاد می‌کند. مواد شیمیایی مانند بی‌فنیل‌های پلی کلرینه، که با نقص یادگیری و دیابت (و همچنین سرطان) در ارتباط بوده‌اند، در این طبقه قرار می‌گیرند. ارزیابی خطر سرطان یک مورد خاص از مواجهه بلند مدت است که به طور کلی برای آن متوسط مواجهه در طول عمر مطلوب است.

ممکن است مواجهه با مواد شیمیایی مدت زمان کوتاه‌تر ادواری داشته باشد، مانند هنگام استفاده از محصولات یا بکارگیری آفت‌کش‌ها. در این مواقع مهم است که علاوه بر مدت، تناوب مواجهه را نیز در نظر گرفت. مدل‌های ConsExpo که توسط RIVM تدوین شده‌اند، تناوب رخداد را در برآورد مواجهه وارد می‌کنند و مقادیر پیش‌فرضی برای طیفی از کاربردهای محصول ارائه می‌دهند (۳۹). به همین ترتیب، اطلاعات مربوط به گنجاندن تناوب در سناریوهای کلی برای برآورد مواجهه با عوامل کنترل ناقل ارائه شده است (۴۳).

---

[1] Asphyxiates

٤-٤-٣-٣. غلظت و نرخ مواجهه

در عمل، مواجهات به طور کلی به صورت غلظتی از ماده شیمیایی در واسطه مواجهه یا نرخ تماس با یک ماده شیمیایی در طول مدت مشخص بیان می‌گردند. بنابراین، این مرحله از ابزار باید برآوردی از مواجهه که شکل مشابهی با مقدار رهنمودی یا راهنما (که به ترتیب، عبارتست از نرخ یا غلظت) دارد، ارائه دهد (زیربخش ۳-۳-۳ را ملاحظه نمایید).

به عنوان مثال، معمولاً غلظت در واسطه‌های تماس با واحدهای میکروگرم در متر مکعب[1] ($\mu g/m^3$) برای هوا، میکروگرم در لیتر[2] ($\mu g/L$) برای آب، و mg/kg برای جامدات مانند خاک، گرد و غبار، مواد غذایی و محصولات بیان می‌شود. به طور متداول، نرخ مواجهه برای یک ماده شیمیایی به صورت متوسط دوز روزانه، با واحدهای میلی‌گرم ماده شیمیایی در کیلوگرم وزن بدن در روز (mg/kg وزن بدن در روز) بیان می‌شود؛ برای موقعیت‌هایی که ممکن است مواجهه متناوب نباشد یا تنها در طول یک مدت محدود رخ دهد (به عنوان مثال، مواجهه مختصر با یک ماده شیمیایی در یک محصول تمیزکننده خانگی)، دوره زمانی کوتاه‌تری می‌توان در نظر گرفت. رویکردهای ارزیابی برای مواجهات کوتاه‌مدت با مواد شیمیایی در مدل‌های ارزیابی خطر کلی که توسط WHO برای حشره‌کش‌ها توسعه یافته (۴۳)، نشان داده شده است. به طور کلی، نرخ مواجهه به صورت ضرب غلظت یک ماده شیمیایی در یک واسطه مواجهه در نرخ استنشاق، بلع یا تماس پوستی یک فرد با آن واسطه، تقسیم بر نمایانگر وزن بدن محاسبه می‌شود. برای مواجهات پوستی، مساحت تماس پوست نیز در نظر گرفته می‌شود.

همچنین، همان‌طور که در معادله ۱ نشان داده شده است، دوره مواجهه و متوسط زمان مواجهه نیز به طور مشخص در نظر گرفته می‌شوند:

$$\text{میزان مواجهه} = \frac{\text{غلظت} \times \text{نرخ تماس} \times \text{مدت مواجهه}}{\text{وزن بدن} \times \text{زمان متوسط}} \qquad [۱]$$

که در آن:

- غلظت، مقدار ماده شیمیایی در جرم یا حجم یک واسطه است؛
- نرخ تماس، جرم یا حجم یک واسطه در تماس با بدن است؛
- مدت مواجهه، دوره زمانی است که طی آن فرد در تماس با ماده شیمیایی قرار می‌گیرد؛
- وزن بدن، وزن بدن در متوسط زمان است؛

---

[1] Micrograms per cubic metre ($\mu g/m^3$)

[2] Micrograms per litre ($\mu g/L$)

- متوسط زمان، دوره زمانی است که در طی آن مواجهه مربوط به توصیف خطر سلامتی است و به موقعیتی که در بیان مساله مشخص شده است مربوط می‌شود.

با این حال، برای برخی مواد شیمیایی در محصولات، مانند مواد فرار که از اسباب بازی‌ها خارج می‌شوند، غلظت هوا در اتاقی که محصول در آن استفاده می‌شود، توسط غلظت در محصول، نرخ خروج و فضای تنفس یا حجم اتاق تعیین می‌گردد.

متوسط زمان مورد استفاده در محاسبه متوسط دوز روزانه به طور معمول برای برآورد خطرات غیر سرطانی و سرطانی متفاوت است. برای مواد شیمیایی که مخاطره غیر سرطانی ایجاد می‌کنند، مواجهه متوسط در طول دوره تماس با یک ماده شیمیایی به طور کلی مدت مواجهه مربوطه برای ارزیابی خطر است. اما، برای ارزیابی خطر سرطان، متوسط زمان به اندازه طول عمر ثابت است که معمولاً در ارزیابی‌های خطر ۷۰ سال فرض می‌شود.

۵-٤-۳-۳. پایش زیستی

در کنار ارزیابی مواجهه سنتی که در بالا توصیف شد، استفاده از پایش بیولوژیکی (که عموماً به آن پایش زیستی گفته می‌شود) روش دیگری است که توسط آن، مواجهه انسان با یک ماده شیمیایی را ارزیابی می‌کنند. پایش بیولوژیکی مواجهه، اندازه‌ای از دوز داخلی در نظر گرفته می‌شود، در حالیکه مواجهه، تماس با یک ماده شیمیایی در مرز بین یک فرد (به عنوان مثال، پوست، دهان یا بینی) و محیط، غذا یا محصول را توصیف می‌کند.

واسطه‌های بیولوژیکی متعددی برای استفاده در ارزیابی مواجهه موجود هستند. انتخاب واسطه‌های نمونه برداری به آلاینده مد نظر، الگوی مواجهه، زمان مواجهه، جامعه مورد مطالعه، سهولت جمع‌آوری و ذخیره‌سازی و بار[1] شرکت‌کنندگان بستگی دارد.

پایش بیولوژیکی غالبا تهاجمی در نظر گرفته می‌شود؛ با این حال، چندین واسطه که می‌توانند برای ارزیابی مواجهه به صورت غیر تهاجمی جمع‌آوری شوند، در دسترس هستند. خون و ادرار، و همچنین تنفس بازدم و بزاق، را می‌توان برای مستندسازی مواجهات اخیر بکار برد؛ مواجهه گذشته را می‌توان با استفاده از خون و ادرار، و همچنین بافت‌های کراتینیزه (مو و ناخن‌ها)، بافت استخوانی (دندان‌ها و استخوان)، بافت چربی و شیر مادر مورد سنجش قرار داد. بافت چربی و استخوان می‌توانند منابع آتی مواجهه داخلی را نیز نشان دهند. سایر واسطه‌های موجود برای مطالعات پایش زیستی شامل مدفوع، لاواژ بینی، اشک، بزاق، منی، خون بند ناف و سلول‌های دهانی می‌باشند که می‌توانند ابزار

[1] Burden

ممکن برای توصیف مواجهه جامعه باشند. برای برخی از مواد شیمیایی، پایش زیستی در طول دوره های چند ساله انجام شده است، که درک بهتری از روند جغرافیایی و زمانی را فراهم می‌نماید، مانند پایش‌هایی که برای جیوه انجام شده است (۴۴). اطلاعات بیشتر در مورد پایش زیستی در نشریات مختلف IPCS و WHO (۸، ۴۷– ۴۵) در دسترس هستند (جدول ۱۶ در بخش ۴–۸ را نیز ملاحظه نمایید).

به منظور کمک به تفسیر نتایج پایش زیستی در زمینه سلامت عمومی، معادل‌های پایش زیستی[1] (BEs) برای چندین ماده شیمیایی توسعه یافته‌اند. BEها برآوردهایی از غلظت یک ماده شیمیایی یا متابولیت آن در یک واسطه بیولوژیکی هستند که با مقدار رهنمودی مواجهه موجود مانند دریافت روزانه قابل تحمل یا دوز مبنا سازگار می‌باشند. BEها برای مواد شیمیایی مختلف در "پایش زیستی انسان: حقایق و ارقام" (۴۷)، و همچنین در متون علمی با دسترسی آزاد، موجود هستند.

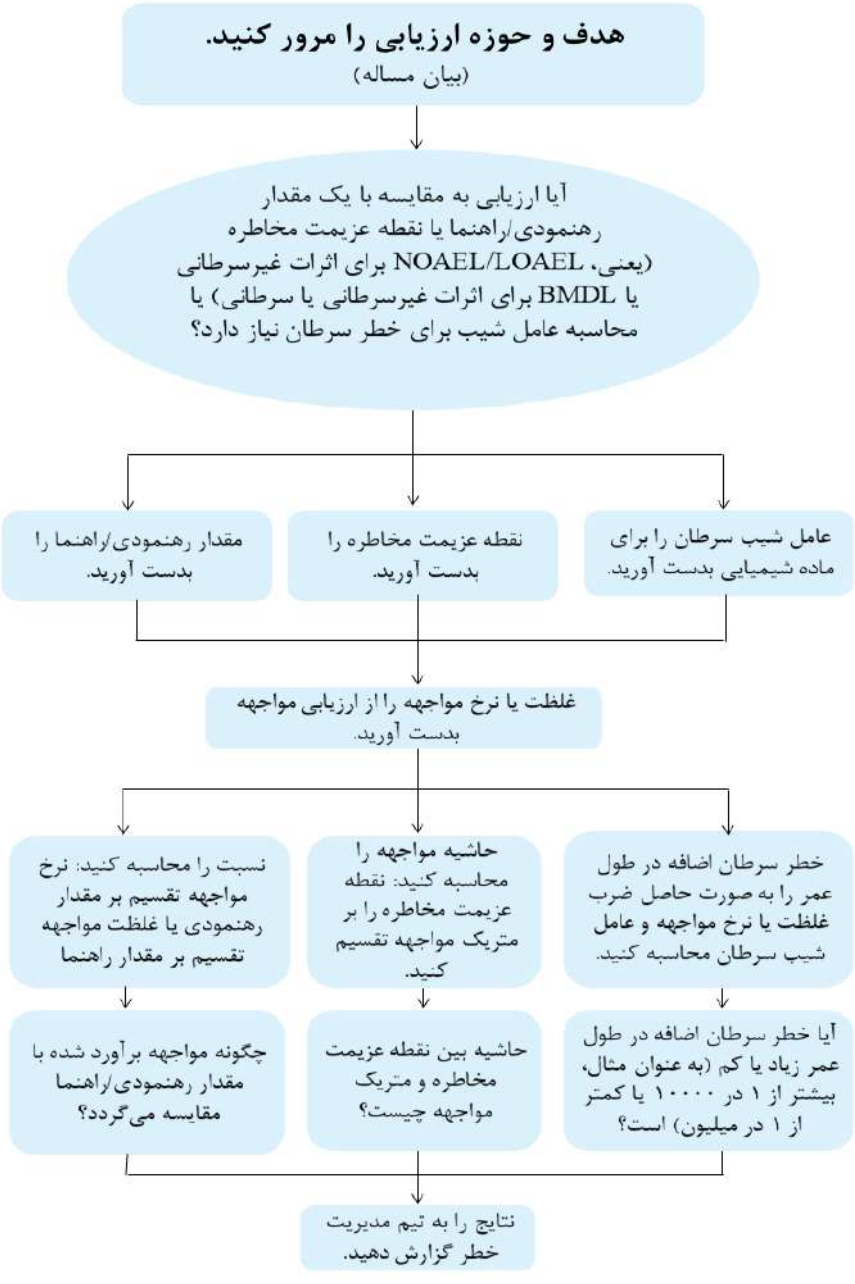
۵-۳-۳. توصیف خطر

آخرین مرحله از ارزیابی خطر شیمیایی – توصیف خطر – به طور معمول یک بیانیه کمی در مورد مقایسه مواجهه برآورد شده با مناسب‌ترین مقدار رهنمودی مبتنی بر سلامت، مقدار راهنمای کیفیت خاص واسطه‌ها یا مقدار دیگر توصیف مخاطره، مانند عامل شیب سرطان‌زایی و یا نقطه عزیمت (به عنوان مثال، یک NOAEL/LOAEL یا BMDL) می‌باشد (شکل ۹).

۱-۵-۳-۳. مقایسه با مقدار رهنمودی یا راهنما

مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت یا مقادیر راهنما توسط سازمان‌های بین‌المللی برای تعدادی از مواد شیمیایی تعیین شده‌اند. برای مواد شیمیایی که به عنوان "مواد شیمیایی آستانه‌ای" (یعنی، مواد شیمیایی که در مورد آن‌ها اعتقاد بر این است که آستانه مواجهه یا دوز برای القای اثرات وجود دارد؛ زیربخش‌های ۳-۳-۳-۱ و ۳-۳-۳-۲ را ملاحظه نمایید) در نظر گرفته می‌شوند، مقدار رهنمودی یا راهنما ممکن است بر اساس غلظت یا نرخ مواجهه‌ای باشد که پایین‌تر از آن رخداد اثرات نامطلوب بعید به نظر می‌رسد.

[1] Biomonitoring equivalents (BEs)



شکل ۹: نقشه راه کلی برای توصیف خطر در مفاد این ابزار

برای مواد شیمیایی که به طور بالقوه منجر به اثرات غیر سرطانی می‌گردند، خطر اغلب به صورت نسبت نرخ مواجهه مناسب (به عنوان مثال، متوسط دریافت روزانه، هفتگی یا ماهانه) به مقدار رهنمودی مبتنی بر سلامت: ADI، TDI، PTWI، PTMI یا ARfD (که اغلب برای باقیمانده آفت‌کش‌ها و آلاینده‌ها در مواد غذایی استفاده می‌شود) توصیف می‌گردد. برای مواجهه با مخاطرات شیمیایی غیر سرطانی در واسطه‌هایی مانند هوا و آب آشامیدنی، نسبت غلظت ماده شیمیایی در آن واسطه به غلظت مبنا (مانند مقدار راهنمای کیفیت هوا یا آب آشامیدنی WHO) نیز ممکن است برای ارزیابی خطر مورد استفاده قرار گیرد. این نسبت با تقسیم نرخ مواجهه یا غلظت بر مقدار رهنمودی یا غلظت مبنا به دست می‌آید. نسبت کمتر از ۱ نشان دهنده‌ی این است که مواجهه با ماده شیمیایی کمتر از غلظت مبنا است و بعید است که این مواجهه منجر به اثر نامطلوب گردد. به عنوان مثال، سنجش غلظت مواد شیمیایی در واسطه‌های مواجهه و نرخ تماس با آن واسطه‌ها ممکن است به این نتیجه بیانجامد که مواجهه با یک ماده شیمیایی ۱۵ برابر کمتر از ADI ارائه شده توسط یک سازمان ذی‌صلاح به عنوان غلظت مبنا برای خطر یک اثر نامطلوب است. برعکس، نسبت بزرگتر از ۱ نشان می‌دهد که مواجهه بیشتر از غلظت مبنا است و منابع، مسیرها و راه‌های مواجهه شیمیایی باید بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرند.

در برخی موارد، سازمان‌های سلامت عمومی هنگام تنظیم راهنماها یا استانداردهای کیفیت برای یک واسطه خاص، مواجهه با یک ماده شیمیایی را از طریق چندین واسطه دیگر نیز در نظر می‌گیرند. به عنوان مثال، مقادیر راهنمای کیفیت آب آشامیدنی که توسط WHO ارائه شده است، تنها بخشی از ADI یا TDI را برای دریافت برخی مواد شیمیایی از طریق آب اختصاص می‌دهند. به منظور لحاظ کردن تغییرات مواجهه از منابع گوناگون در نقاط مختلف جهان، نسبت خاصی، عموما بین ۱٪ و ۸۰٪ از ADI یا TDI در تنظیم مقادیر راهنما برای بسیاری از مواد شیمیایی به آب آشامیدنی اختصاص داده می‌شود. در صورتیکه داده‌های مواجهه مربوطه در دسترس باشند، مقامات به توسعه مقادیر راهنما در زمینه خاص، که با شرایط و وضعیت محلی متناسب باشد، تشویق می‌گردند. به عنوان مثال، در نواحی که می‌دانیم دریافت یک آلاینده خاص در آب آشامیدنی بسیار بیشتر از سایر منابع (مانند هوا و غذا) است، ممکن است مناسب باشد که نسبت بیشتری از ADI یا TDI را برای به دست آوردن مقدار راهنما متناسب‌تر با شرایط محلی به آب آشامیدنی اختصاص داد.

همچنین، مقادیر رهنمودی یا راهنما گاهی اوقات برای مواجهات شیمیایی ارائه می‌گردند که تصور می‌شود ارتباط توصیف مخاطره پیوسته دارند، و در هر سطح از مواجهه، خطر نظری برای اثر (مواد شیمیایی غیر آستانه‌ای) وجود دارد. سرطان‌زاها و برخی آلاینده‌های هوا، مانند ذرات معلق ریز، نمونه‌هایی از عوامل استرس‌زا هستند که در تمام سطوح مواجهه، خطر پی‌آمد نامطلوب سلامتی را به همراه دارند. برای این مواد شیمیایی، مقادیر رهنمودی یا راهنما اغلب غلظت یا نرخ مواجهه هستند که مربوط به سطوح خطری می‌باشند که بسیار پایین تعیین شده‌اند و ممکن است قابل تحمل باشند. به عنوان نمونه، راهنمای آب آشامیدنی WHO برای بنزن بر اساس برون‌یابی خطر اضافی در طول عمر

مدل‌سازی شده برای سرطان خون ۱ در ۱۰۰۰۰۰ است که از مطالعات اپیدمیولوژیک شامل مواجهه استنشاقی برآورد شده است (۴۸، ۴۹) (برای اطلاعات بیشتر در مورد برآورد خطر سرطان زیربخش ۳-۳-۵-۲ را ملاحظه نمایید). علاوه بر این، در برخی موارد، ممکن است سطحی از مواجهه مربوط به سطوح پایین خطر با استفاده از اقدامات کنترلی موجود در آن زمان قابل دستیابی نباشد. به عنوان مثال، راهنمای آب آشامیدنی WHO برای آرسنیک در پرتو مشکلات عملی برای حذف آن از آب آشامیدنی، موقت در نظر گرفته می‌شود (۵۰).

۲-۵-۳-۳. رویکرد حاشیه مواجهه

رویکرد حاشیه مواجهه شامل مقایسه متریک مواجهه با نقطه عزیمت برای اثرات نامطلوب (مانند NOAEL یا BMDL) است. این رویکرد می‌تواند برای هر دو اثرات سرطانی و غیر سرطانی بکار رود. حاشیه مواجهه (که اغلب به صورت MOE مخفف می‌شود) بدون واحد است و یک مقدار مطلق نیست اما رهنمودی را برای مسئولین مدیریت خطر فراهم می‌آورد که تا چه حد مواجهات انسانی به مواجهاتی که پیش‌بینی می‌گردد اثر قابل اندازه‌گیری در حیوانات آزمایشی و یا انسان‌ها ایجاد کنند، نزدیک هستند. به عنوان مثال، NOAEL برای یک اثر غیر سرطانی مانند سمیت تولیدمثل را می‌توان با برآوردی از مواجهه با یک ماده شیمیایی در یک واسطه یا در مدت استفاده از یک محصول مقایسه نمود؛ به طور مشابه، BMDL برای بروز تعریف شده‌ی تومورها در یک سنجش زیستی سرطان را می‌توان با متریک مواجهه مقایسه نمود. JMPR و JECFA از رویکرد حاشیه مواجهه هنگام ارزیابی سرطان‌زاهای ژنوتوکسیک فرض شده و گاهی اوقات در مواردی که داده‌ها برای ارائه مقادیر رهنمودی یا راهنما ناکافی هستند، استفاده می‌کنند. JECFA رویکرد حاشیه مواجهه را در ارزیابی افزودنی‌های مورد استفاده در شیر خشک نوزادان نیز بکار می‌برد. چنانچه یک رویکرد سازگار اتخاذ شده باشد، می‌توان رویکرد حاشیه مواجهه را جهت اولویت‌بندی آلاینده‌های مختلف استفاده نمود (۵۱).

ملاحظاتی که باید در تفسیر حاشیه مواجهه (از جمله تعیین اینکه آیا حاشیه به اندازه کافی از جامعه حفاظت می‌کند یا خیر) در نظر گرفت، مشابه مواردی هستند که در انتخاب عوامل عدم‌قطعیت مناسب در ارائه یک مقدار رهنمودی یا راهنما از جمله تغییرپذیری انسان، تفاوت‌های بین‌گونه‌ای، ماهیت و شدت اثری که اساس نقطه عزیمت و شیب منحنی دوز-پاسخ است، و عدم‌قطعیت‌های پایگاه داده‌ها (به عنوان مثال، همه پی‌آمدهای بالقوه مربوطه ارزیابی شده‌اند) بکار می‌روند. به طور کلی، حاشیه مواجهه بالاتر برای اثرات جدی‌تر مانند سرطان، یا برای زمانی که عدم‌قطعیت‌های بیشتری در ارزیابی خطر وجود دارد، مطلوب است.

۳-۵-۳-۳. برآورد خطر سرطان با استفاده از رویکرد عامل شیب

گاهی اوقات توصیف خطر برای مواد شیمیایی که ممکن است یک اثر سرطان‌زا ایجاد کنند، به صورت خطر سرطان اضافه در طول عمر بیان می‌گردد. توصیف خطر سرطان در طول عمر در درجه اول به یک عرف تبدیل شده است زیرا گمان می‌شود سرطان تابعی از مواجهه بلند مدت به جای مواجهه کوتاه‌مدت باشد. خطر سرطان اضافه در طول عمر برآوردی از احتمال سرطان اضافه مرتبط با متوسط سطح مشخصی از مواجهه در طول عمر است. به منظور برآورد خطر سرطان در واسطه‌های محیطی، عامل شیب تعیین شده از مدل‌سازی دوز-پاسخ، که با واحدهای مناسب برای واسطه‌های مربوطه بیان شده ("خطر واحد[1]" و یا تعداد موارد سرطان برآورد شده مرتبط با یک واحد مواجهه)، با غلظت‌های اندازه‌گیری یا برآورد شده در آن واسطه‌ها، همراه با افزایش خطر متناسب با مواجهه (به عنوان مثال، برآورد می‌شود که افزایش دو برابری مواجهه با دو برابر شدن تعداد موارد پیش بینی شده در یک جامعه در ارتباط خواهد بود) مقایسه می‌گردد. از عوامل شیب می‌توان به منظور فراهم نمودن رهنمودها برای مدیریت خطر استفاده کرد. به عنوان مثال، غلظت هدف یک ماده شیمیایی در آب آشامیدنی که با خطر اضافه ۱ در ۱۰۰۰۰۰ (۱×۱۰^{-۵}) با خطر واحد $(\mu g/L)^{-1}$ ۵×۱۰^{-۵} همراه است، ۰/۲µg/L خواهد بود، در حالیکه هدف برای یک خطر اضافه ۱ در ۱۰۰۰۰۰۰ (۱×۱۰^{-۶})، ۰/۰۲ µg/L خواهد بود.

[1] Unit risk

بخش ۴: منابع بین‌المللی ارزیابی خطر

٤-١. مقدمه

این بخش به ارائه راهنمایی برای اطلاعات، داده‌ها و ابزارهایی می‌پردازد که در انجام ارزیابی‌های خطر سلامت انسان مفید هستند. در حالیکه بخش‌های قبلی و مطالعات موردی شرح داده شده در پیوست‌های این ابزار به منظور بالا بردن سطح دانش خوانندگان در مورد ارزیابی‌های خطر سلامت انسان است، این بخش خواننده را به منابع اطلاعاتی هدایت می‌کند که می‌توانند در ارزیابی خطر آگاهی‌بخش باشند.

منابع مطرح شده در این بخش، تأکیدی بر اطلاعات توسعه‌یافته توسط سازمان‌های بین‌المللی از جمله WHO (شامل IARC)، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[1] (FAO) و OECD است. خلاءهای موجود در اطلاعات کلیدی ارزیابی خطر ارائه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی، با رویکردهای به طور گسترده پذیرفته شده مشروح در متون علمی کارشناسی شده یا مدون در منابع خاص منطقه و کشور پر شده‌اند.

علاوه بر منابعی که در اینجا به آن‌ها اشاره می‌گردد، خوانندگان را به جستجوی منابع اطلاعاتی توسعه یافته در کشورها یا مناطق خود تشویق می‌کنیم چراکه ممکن است حاوی راهنما یا داده‌های ارزیابی خطر خاص جوامع و نواحی جغرافیایی مد نظر باشند. سازمان‌هایی که می‌توانند منابع این اطلاعات در کشورها باشند، شامل دانشگاه‌ها، مقامات مدیریت منابع آب، مقامات مدیریت کاربری زمین، مقامات گمرکی و امنیتی، مراکز کنترل سم و موسسات مراقبت‌های بهداشتی هستند.

---

[1] Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations

٤-۲. چیدمان مطالب

با توجه به محتوا، منابع شرح داده شده در ادامه این بخش به شیوه زیر سازماندهی می‌شوند:

- فهرست راهنماهای منابع
- منابع کلی ارزیابی خطر
- منابع خاص ماده شیمیایی
- منابع شناسایی مخاطره
- منابع توصیف مخاطره و مقدار رهنمودی یا راهنما
- منابع ارزیابی مواجهه
- منابع توصیف خطر

فهرست راهنماهای منابع ارائه شده در بخش ۴-۳، درگاه‌های خلاصه‌های فنی و داده‌های علمی مربوط به ارزیابی خطر می‌باشد. راهنماهای موجود در این‌جا توسط سازمان‌های بین‌المللی نگهداری می‌شوند و از طریق اینترنت و بدون هیچ هزینه‌ای برای کاربر قابل دسترسی هستند. این درگاه‌ها دسترسی به اطلاعات را در تمام جنبه‌های فرآیند ارزیابی خطر که در بخش ۳ شرح داده شد، فراهم می‌آورند.

بخش ۴-۴ شامل فهرستی از متون ارزیابی خطر است که به طور کلی توسط WHO و دیگر موسسات بین‌المللی و ملی تهیه شده‌اند. این منابع در این ابزار گنجانده شده‌اند تا اطلاعاتی را در اختیار خوانندگان علاقمند به کسب درک عمیق‌تر اصول و روش‌ها قرار دهند چراکه این روش‌ها در مبنای نظری و علمی ارزیابی خطر سلامت انسان برای عوامل شیمیایی نقش دارند.

منابع خاص شیمیایی شناسایی شده در بخش ۴-۵ حاوی خلاصه‌های مفصلی در مورد جنبه‌های متعدد از صدها ماده شیمیایی هستند که رواج گسترده‌ای در تجارت دارند و دارای خواص خطرناکی هستند. این منابع علاوه بر اطلاعات در خصوص توصیف مخاطره، ارزیابی مواجهه و توصیف خطر، اطلاعاتی را در مورد مشارکت هر دو منابع زمینه‌ای طبیعی و با منشا انسانی در سطوح محیط زیست و همچنین بار بدن[1] در جوامع انسانی ارائه می‌دهند.

[1] Body burden

منابع اطلاعاتی مختص مراحل اساسی ارزیابی خطر، شامل شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره، ارزیابی مواجهه و توصیف خطر، در بخش‌های ۴-۶، ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ معرفی می‌گردند.

جدول ۸: دو مجموعه اطلاعاتی شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره، ارزیابی مواجهه و توصیف خطر برای مواد شیمیایی

	INCHEM	eChemPortal
مسئول	(۱۷) WHO/IPCS	(۲۷) OECD
شرح	مجموعه‌ای از اطلاعات بین‌المللی کارشناسی شده از تعدادی از سازمان‌های بین‌المللی که هدف آن یاری‌رسانی به مدیریت صحیح مواد شیمیایی است	OECD، برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد[الف] (UNEP)، WHO، آژانس مواد شیمیایی اروپا[ب] (ECHA) و پایگاه‌های داده ملی خواص فیزیکی-شیمیایی، سمیت محیط زیست، سرنوشت و رفتار و سمیت محیطی؛ همچنین طبقه‌بندی GHS
آدرس الکترونیکی	http://www.inchem.org/	https://www.oecd.org/env/ehs/risk-assessment/echemportalglobalportaltoinformationonchemicalsubstances.htm
صفحه درگاه		

[الف] United Nations Environment Programme (UNEP)

[ب] European Chemicals Agency (ECHA)

٤-٣. فهرست راهنماهای منابع

خلاصه‌های جامع و مفصلی از اطلاعات ضروری برای ارزیابی خطر انواع گسترده‌ای از مواد شیمیایی توسط سازمان‌های متعدد گردآوری شده‌اند. در میان آن‌ها، منابع آن‌لاین INCHEM و

eChemPortal قابل توجه هستند، که مدخل‌هایی برای برخی از منابع اطلاعاتی بین‌المللی کارشناسی شده ارزیابی خطر شیمیایی می‌باشند (جدول ۸). در ادامه بخش ۴، به پایگاه‌های داده موجود در INCHEM و eChemPortal که حاوی اطلاعات مختص مولفه‌های اصلی ارزیابی خطر سلامت انسان هستند، می‌پردازیم (بخش ۲ را ملاحظه نمایید).

٤-٤. منابع کلی در ارزیابی خطر

منابع فهرست شده در پایین، اطلاعاتی را در مورد اصول ارزیابی خطر فراهم می‌آورند. بعلاوه، این منابع به جوامعی می‌پردازند که مستعد اثرات مواجهه با مواد شیمیایی، و همچنین حوادث شیمیایی هستند.

٤-٤-١. منابع مربوط به روش‌شناسی ارزیابی خطر

همان‌طور که در جدول ۹ نشان داده شده، اصول و مبانی رویکردهای ارزیابی خطر شیمیایی در چندین گزارش WHO شرح داده شده است. این متون به دقت مولفه‌های اصلی ارزیابی خطر را شرح می‌دهند، که در بالا در بخش ۳ به طور خلاصه آورده شده‌اند. همچنین، این متون حاوی اطلاعاتی خاص عناصر کمیاب و ملاحظات مربوط به خطر گونه‌زایی عنصری هستند.

مرجع ایمنی مواد غذایی اروپا[1] (EFSA) نیز چندین رهنمود و متون روش‌شناسی ارزیابی منتشر نموده که منطق علمی برای سنجش‌ها و ملاحظات علمی مهم مانند نیازها و قالب داده‌ها، الزامات طراحی مطالعه و استانداردهای گزارش‌دهی را تعریف می‌کنند. این متون می‌توانند به عنوان راهنمای جامع برای اصول ارزیابی گسترده‌تر و روش‌شناسی‌های دیگر، از جمله رویکردها و فرآیندها، بررسی "به‌روزترین علم" در مورد بهترین شیوه‌های ارزیابی بین‌المللی، و بررسی ابزارهای ارزیابی جدید و در حال توسعه در نظر گرفته شوند (۵۵). به طور مشابه، ECHA راهنمایی را در مورد انجام ارزیابی‌های خطر سلامت انسان برای متقاضیان منتشر نموده است (۵۶).

[1] European Food Safety Authority (EFSA)

جدول ۹: متون WHO در مورد اصول ارزیابی خطر سلامت انسان برای مواد شیمیایی

عنوان مستند	منبع
اصول ارزیابی خطرات سلامت انسان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۱۰)	IPCS (۵۲)
ارزیابی مواجهه انسانی (EHC شماره ۲۱۴)	IPCS (۸)
اصول و روش‌های ارزیابی خطر مواد شیمیایی در مواد غذایی (EHC شماره ۲۴۰)	IPCS (۷)
اصول و روش‌های ارزیابی خطر عناصر کمیاب اصلی (EHC شماره ۲۲۸)	IPCS (۵۳)
گونه‌زایی عنصری در ارزیابی خطر سلامت انسان (EHC شماره ۲۳۴)	IPCS (۵۴)

همچنین، EPA ایالات متحده نیز چندین مطلب راهنما در مورد طیف وسیعی از موضوعات ارزیابی خطر، از جمله ارزیابی پی‌آمدهای سرطان و چندین پی‌آمد غیر سرطانی (مانند سمیت رشد و تکاملی، سمیت عصبی و جهش‌زایی) را برای مواد شیمیایی تکی و گروه‌هایی از مواد شیمیایی که از طریق سیستم یکپارچه اطلاعات خطر[1] (IRIS) در دسترس قرار می‌گیرند، تدوین کرده است (EPA ایالات متحده را برای اطلاعات پایه‌ای در مورد IRIS و آدرس‌های الکترونیکی طیفی از رهنمودها و ابزارهای موجود در آن ملاحظه نمایید (۵۷)). سایر متون رهنمودی مفید در IRIS، به توصیف کمی مخاطره و برون‌یابی بین‌گونه‌ای مربوط می‌باشد.

ارزیابی‌های IRIS به طور فزاینده‌ای مفهوم مرور نظام‌مند را در لحاظ کردن اطلاعات علمی، با استفاده از یک رویکرد هدفمند و شفاف برای تحلیل و سنتز داده‌ها، با هدف به حداقل رساندن سوگیری به کار برده‌اند. WHO در حال توسعه چارچوبی برای کاربرد روش‌های مرور نظام‌مند در ارزیابی خطر شیمیایی است (بخش ۵-۱ را ملاحظه نمایید). همچنین، WHO، کتاب "سازمان جهانی بهداشت برای توسعه راهنما[2]" را منتشر نموده است که رهنمودی را در مورد فرآیند پشت تدوین راهنماهای WHO ارائه می‌دهد (بخش ۴-۷ را ملاحظه نمایید) (۵۸). پیش‌بینی می‌گردد که چنین روش‌شناسی‌هایی در تلاش‌های آینده برای ارزیابی خطرات شیمیایی سلامت به شیوه‌ای شفاف و سازگار، توسعه یافته‌تر و دقیق‌تر شرح داده شوند.

[1] Integrated Risk Information System (IRIS)
[2] WHO Handbook for guideline development

این ابزار، مشارکتی در پروژه WHO برای هماهنگ‌سازی رویکردهای ارزیابی خطر ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی است. هدف این پروژه، هماهنگ‌سازی جهانی رویکردهای ارزیابی خطر با افزایش درک و توسعه اصول اولیه و راهنمایی در مورد مسائل خاص ارزیابی خطر شیمیایی است. هماهنگ‌سازی، استفاده کارآمد از منابع و سازگاری میان ارزیابی‌ها را میسر می‌سازد. متون فنی مربوطه توسعه یافته توسط این پروژه، همراه با نشریات کلیدی که در آن‌ها نویسندگان اصلی، این موارد را بیشتر گسترش داده‌اند، در جدول ۱۰ آورده شده است (این ابزار در اصل به عنوان شماره ۸ در این سری منتشر گردیده است).

جدول ۱۰: منابع بین‌المللی اطلاعات در مورد هماهنگ‌سازی روش‌شناسی ارزیابی خطر

عنوان مستند	منبع
اصطلاحات ارزیابی خطر IPCS. بخش ۱: اصطلاحات کلیدی کلی مورد استفاده IPCS/OECD در ارزیابی خطر/مخاطره شیمیایی. بخش ۲: واژه‌نامه IPCS برای اصطلاحات کلیدی ارزیابی مواجهه (راهنمای شماره ۱ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۱)
عوامل تعدیل خاص شیمیایی برای تفاوت‌های بین‌گونه‌ای و تغییر–پذیری انسان: راهنمای استفاده از داده‌ها در ارزیابی دوز/غلظت–پاسخ (راهنمای شماره ۲ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۲۲)
تکامل عامل تعدیل خاص شیمیایی (CSAF) بر اساس تجربه بین–المللی اخیر؛ افزایش سودمندی و تسهیل پذیرش نظارتی	Bhat و همکاران (۲۳)
اصول توصیف و به کارگیری مدل‌های مواجهه انسان (راهنمای شماره ۳ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۴۰)
توسعه‌های جدید در تکامل و استفاده از چارچوب WHO/IPCS در تحلیل نحوه عملکرد/هماهنگی[1] گونه‌ها (به‌روز رسانی بخش‌های ۱ و ۲ راهنمای شماره ۴ پروژه هماهنگ‌سازی) (۵۹)	Meek و همکاران (۱۱)
حساسیت پوستی در ارزیابی خطر شیمیایی (راهنمای شماره ۵ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۶۰)

[1] Concordance

عنوان مستند	منبع
عدم‌قطعیت و کیفیت داده‌ها در ارزیابی مواجهه. بخش ۱: راهنمای توصیف و ارتباط عدم‌قطعیت در ارزیابی مواجهه. بخش ۲: مشخصه‌های کیفیت داده‌ها در ارزیابی مواجهه شیمیایی (راهنمای شماره ۶ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۴۱)
ارزیابی مواجهات ترکیبی با چند ماده شیمیایی: گزارشی از کارگاه بین‌المللی WHO/IPCS در مورد ارزیابی خطر تراکمی/تجمعی (راهنمای شماره ۷ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۶۱)
ارزیابی خطر مواجهات ترکیبی با چند ماده شیمیایی: چارچوب WHO/IPCS	Meek و همکاران (۶۲)
ترکیبات شیمیایی در منابع آب و آب آشامیدنی	WHO (۶۳)
توصیف و کاربرد مدل‌های فارماکوکینتیک مبتنی بر فیزیولوژی در ارزیابی خطر (راهنمای شماره ۹ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۲۴)
مطالعه موردی نشان‌دهنده راهنمای WHO/IPCS در مورد توصیف و کاربرد مدل‌های فارماکوکینتیک مبتنی بر فیزیولوژی در ارزیابی خطر	Meek و همکاران (۶۴)
راهنمای ارزیابی خطر سمیت ایمونولوژی برای مواد شیمیایی (راهنمای شماره ۱۰ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۶۵)
راهنمای سنجش و بیان عدم‌قطعیت در توصیف مخاطره، ویرایش دوم (راهنمای شماره ۱۱ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۹)
چارچوب احتمالاتی واحد برای ارزیابی دوز–پاسخ اثرات سلامت انسان	Chiu و Slob (۲۸)
APROBA-Plus: یک ابزار احتمالاتی برای سنجش و بیان عدم‌قطعیت در توصیف مخاطره و ارزیابی مواجهه مواد	Bokkers و همکاران (۲۹)

٤-٤-٢. منابع در مورد جوامع حساس

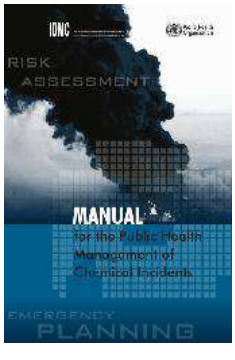
به طور کلی، خردسالان و سالمندان به دلایلی که هم به مواجهه و هم به اثر مربوط می‌شوند، نسبت به بالغین غیر سالمند در مواجهه با مواد شیمیایی حساس‌تر هستند. به عنوان مثال، کودکان در هر واحد وزن بدن بیشتر از بزرگسالان آب، غذا و هوا دریافت می‌کنند. علاوه بر این، برخی از سیستم‌های اندامی (مانند سیستم عصبی) در چند سال اول زندگی به توسعه خود ادامه می‌دهند که بعد دیگری را به آسیب‌پذیری‌هایی که کودکان تجربه می‌کنند، اضافه می‌کند. جوامع سالخورده نیز ممکن است نسبت به بالغین جوان‌تر و کودکان، تحرک کمتری داشته باشند و بنابراین می‌توانند متوسط مواجهه

موزون زمانی[1] بیشتری با آلاینده‌ها داخل و اطراف محل اقامت خود داشته باشند. مهم‌تر از همه اینکه ممکن است افراد مسن از قبل مبتلا به بیماری‌هایی نظیر شرایط تنفسی یا قلبی عروقی باشند که این امر می‌تواند سبب شود که آن‌ها اثرات نامطلوب مواجهه با آلاینده‌ها را بیشتر تجربه نمایند. اطلاعات بیشتر از طریق منابع فهرست شده در جدول ۱۱ در دسترس است.

جدول ۱۱: منابع بین‌المللی اطلاعات در مورد جوامع حساس

عنوان مستند	منبع
اصول ارزیابی خطرات سلامت اولاد ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی در دوران بارداری (EHC شماره ۳۰)	IPCS (۶۶)
اصول ارزیابی خطرات سلامت ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی در دوران نوزادی و خردسالی: نیاز به یک رویکرد خاص (EHC شماره ۵۹)	IPCS (۶۷)
اصول ارزیابی اثرات مواد شیمیایی بر سالمندان (EHC شماره ۱۴۴)	IPCS (۶۸)
اصول ارزیابی خطرات سلامت در کودکان ناشی مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۳۷)	IPCS (۶۹)
خلاصه اصول ارزیابی خطرات سلامت در کودکان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی	WHO (۷۰)
شناسایی مراحل مهم زندگی جهت پایش و ارزیابی خطرات ناشی از مواجهه با آلاینده‌های محیطی: نتایج مرور سازمان جهانی بهداشت	Cohen Hubal و همکاران (۷۱)

٤-٤-٣. ارزیابی خطر حوادث شیمیایی



ارزیابی خطر نقش بسیار حیاتی در مدیریت حوادث شیمیایی از قبیل انتشارهای صنعتی تصادفی، رخدادهای طبیعی یا مسمومیت‌های جمعی عمدی نیز ایفا می‌کند. کتاب "راهنمای WHO برای مدیریت سلامت عمومی در حوادث شیمیایی" (۷۲) مرور کلی جامعی از اصول و نقش‌های بهداشت عمومی در مدیریت حوادث شیمیایی و موارد اضطراری، شامل پیشگیری، برنامه‌ریزی و آمادگی، تشخیص و هشدار، پاسخ و بهبود فراهم می‌نماید. مولفه ارزیابی خطر این نوع حادثه لزوماً در یک دوره زمانی بسیار کوتاه (معمولاً چند ساعت) انجام می‌گردد، که به آن "ارزیابی خطر سریع" گفته می‌شود. راهنمای WHO در مورد ارزیابی

[1] Time-weighted average

خطر سریع خطرات حاد سلامت عمومی ناشی از همه انواع مخاطرات، شامل لینک‌های چند بخشی در این نوع حوادث موجود است (۷۳). مراحل کلیدی ارزیابی خطر سریع همان مراحلی است که در این ابزار آورده شده است، یعنی بیان مساله، شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره، ارزیابی مواجهه و توصیف خطر. برای ارزیابی خطر سریع می‌توان بسیاری از منابع ذکر شده در این ابزار را همراه با ابزار مدل‌سازی پیش‌بینی مواجهه مانند مکان‌های هوایی جو خطرناک[1] (ALOHA®)، یک برنامه ویژه طراحی شده توسط EPA ایالات متحده برای استفاده در پاسخ به انتشارهای شیمیایی که به توزیع گازهای سمی، آتش‌سوزی، و انفجار منجر می‌شوند، مورد همفکری قرار داد (۷۴).

٤-٥. منابع خاص شیمیایی

این بخش منابع اطلاعات جامع ارزیابی خطر را برای مواد شیمیایی خاص معرفی می‌نماید که توسط WHO و FAO تهیه شده‌اند. این منابع شامل گزارش‌های خلاصه و مفصل منابع، کاربردها، مخاطرات، مواجهات و سمیت مواد شیمیایی است که یا در تجارت رایج هستند یا برای سلامت انسان خطرناک شناخته شده‌اند.

٤-٥-١. مونوگراف‌های JMPR

همایش مشترک FAO/WHO در مورد باقیمانده آفت‌کش‌ها (JMPR) یک گروه علمی از خبرگان بین‌المللی است که به طور مشترک توسط FAO و WHO اجرا می‌گردد (۷۵). مقادیر تعیین شده توسط JMPR در یک پایگاه داده قابل جستجو منتشر می‌شوند (۲۶). JMPR از هیات خبرگان FAO در موضوع باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی و محیط زیست و گروه اصلی ارزیابی WHO در مورد باقیمانده آفت‌کش‌ها تشکیل می‌شود، و از سال ۱۹۶۳ به طور منظم همایش‌هایی برگزار کرده است.

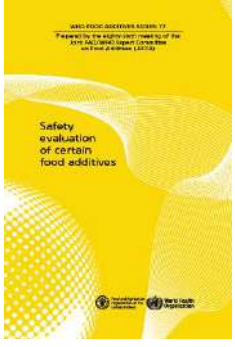
در طول همایش‌ها، گروه اصلی ارزیابی WHO مسئول بررسی داده‌های سم‌شناسی و مربوطه، و در صورت امکان، برآورد ADIها و ARfDها آفت‌کش‌های تحت بررسی بوده است (زیربخش ۳-۱-۳-۳ را نیز ملاحظه نمایید).

WHO و FAO به طور مشترک نظام‌نامه بین‌المللی رفتار در مدیریت آفت‌کش‌ها را تدوین نموده‌اند (۷۶). این نظام‌نامه، استانداردهای رفتار را ارائه می‌دهد و به عنوان یک نقطه مبنا در رابطه با

[1] Areal Locations of Hazardous Atmospheres

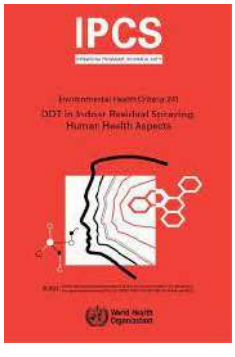
اعمال صحیح مدیریت چرخه زندگی آفت‌کش، به ویژه برای مقامات دولتی و صنعت آفت‌کش، عمل می‌کند.

٤-٥-٢. مونوگراف‌های JECFA



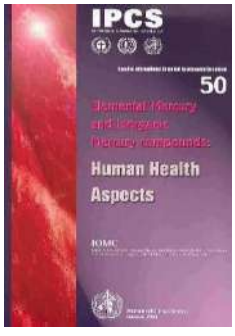
کمیته کارشناسی مشترک WHO/FAO در مورد افزودنی‌های غذایی (JECFA)، یک کمیته علمی کارشناسی بین‌المللی است که به طور مشترک توسط FAO و WHO اداره می‌گردد. همایش‌های این کمیته از سال ۱۹۵۶ به منظور ارزیابی ایمنی افزودنی‌های غذایی، آلاینده‌ها، مواد سمی با منشاء طبیعی و باقیمانده داروهای دامپزشکی برگزار شده است. JECFA بیش از ۲۶۰۰ افزودنی غذایی، حدود ۵۰ آلاینده و ماده سمی با منشاء طبیعی، و باقیمانده تقریبا ۷۵ داروی دامپزشکی را (از سال ۲۰۱۶) ارزیابی نموده است (۷۷). یک پایگاه داده قابل جستجو باقی مانده است که خلاصه‌های تمام ارزیابی‌ها را شامل می‌شود (۲۶). هر خلاصه لینک‌هایی را به تازه‌ترین گزارشات و مونوگراف‌ها و به پایگاه داده مشخصات، و نیز تاریخچه‌ای از ارزیابی‌های قبلی JECFA فراهم می‌آورد (زیربخش‌های ۳-۳-۳-۱ و ۴-۷-۱-۲ را نیز ملاحظه نمایید).

٤-٥-٣. مونوگراف‌های EHC



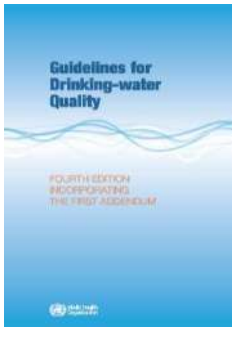
WHO مونوگراف‌های EHC را برای بیش از ۲۲۰ ماده شیمیایی منتشر نموده است که هر یک شامل خلاصه‌ای دقیق از منابع، مسیرها و راه‌های مواجهه با هر ماده شیمیایی می‌باشد (۷۸). در این مونوگراف‌ها، طیفی از مواجهه گزارش شده در متون علمی برای چندین منبع مواجهه نیز ارائه شده است. مونوگراف‌های EHC برای کمک به محققان در اولویت‌بندی واسطه‌ها و راه‌های مواجهه به عنوان بخشی از ارزیابی خطر ارزشمند هستند.

٤-٥-٤. CICADها



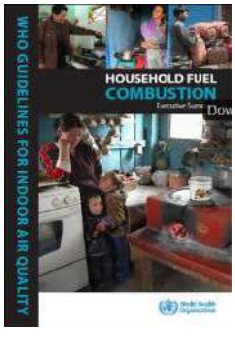
مستندات مختصر بین‌المللی ارزیابی مواد شیمیایی که توسط WHO منتشر گردیده، به عنوان منابع معتبر اطلاعات در ارزیابی خطر مواد شیمیایی، به مونوگراف‌های EHC می‌پیوندند (۷۹). علاوه بر توصیف مخاطره یک ماده شیمیایی، CICADها حاوی اطلاعاتی در خصوص منابع مواجهه انسان؛ نقل و انتقال محیطی، توزیع و تبدیل؛ سطوح محیطی و مواجهه انسان؛ و اطلاعاتی در مورد مقادیر رهنمودی یا راهنما هستند. بخش مربوط به مواجهه انسان شامل واسطه‌های محیطی متعددی از جمله هوای آزاد، هوای داخل، آب آشامیدنی، آب سطحی، رسوب، خاک، غذا و محصولات، که به ماده شیمیایی مد نظر مربوط است، می‌باشد.

٤-٥-٥. مستندات زمینه‌ای کیفیت آب آشامیدنی



"راهنماهای WHO برای کیفیت آب آشامیدنی" شامل گزاره‌برگ‌ها و مستندات بررسی جامع برای بسیاری از مواد شیمیایی منفرد می‌باشند (زیربخش ۴-۷-۲-۱را نیز ملاحظه نمایید). برای بسیاری از این موارد، مقادیر راهنما به دست آمده است. از طریق انتشارات WHO (۲) و همچنین از طریق یک منبع آن‌لاین می‌توان به همه این موارد دسترسی پیدا کرد (۸۰).

٤-٥-٦. راهنماهای کیفیت هوا



WHO حدود توصیه شده‌ای را برای غلظت آلاینده‌های کلیدی مضر هوا، در فضای باز و در داخل ساختمان‌ها و خانه‌ها براساس سنتز شواهد علمی جهانی، تعیین می‌کند (زیربخش ۴-۷-۲-۲ را نیز ملاحظه نمایید). راهنماهای WHO غلظت‌های سالانه و روزانه ذرات ریز، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، مونوکسیدکربن و ازن را پوشش می‌دهند (۱۲). این راهنماها کپک و رطوبت داخل را نیز پوشش می‌دهند (۳۴). اخیرا "راهنمای WHO برای کیفیت هوای داخل: احتراق سوخت

خانگی"، حدودی را برای انتشارات حاصل از اجاق‌های پخت و پز و گرمایش، و همچنین توصیه‌هایی را در رابطه با استفاده از سوخت پاک تعیین نموده است (۳۳).

٤-٦. منابع شناسایی مخاطره

"راهنماهای OECD برای آزمودن مواد شیمیایی" مجموعه‌ای از مرتبط‌ترین روش‌های آزمون توافق شده بین‌المللی می‌باشند که توسط دولت، صنعت و آزمایشگاه‌های مستقل برای شناسایی مخاطرات شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵).

جدول ۱۲: منابع WHO در شناسایی مخاطرات شیمیایی

عنوان مستند	منبع
اصول و روش‌های ارزیابی سمیت عصبی مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۶۰)	IPCS (۸۳)
اصول و روش‌های ارزیابی سمیت کلیوی مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۱۱۹)	IPCS (۸۴)
اصول و روش‌های ارزیابی سمیت ایمنی مستقیم مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۱۸۰)	IPCS (۸۵)
اصول و روش‌های ارزیابی حساسیت بیش از حد آلرژیک مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۱۲)	IPCS (۸۶)
اصول سنجش خطرات سلامتی برای تولیدمثل مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۲۵)	IPCS (۸۷)
اصول و روش‌های ارزیابی خودایمنی مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۳۶)	IPCS (۸۸)
رهنمود ارزیابی خطر سمیت ایمنی برای مواد شیمیایی (مستند شماره ۱۰ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۶۵)
طبقه‌بندی پیشنهادی WHO برای آفت‌کش‌ها بر حسب مخاطره و راهنماهای طبقه‌بندی ۲۰۱۹	WHO (۸۹)
ابزار ثبت آفت‌کش: شناسایی HHPs	FAO (۹۰)

اطلاعات مفصل در مورد اصول شناسایی تنوعی از اثرات سلامتی انسان در تعدادی از گزارش-های منتشر شده توسط WHO به عنوان بخشی از مجموعه EHC و سایر منابع موجود است (جدول

۱۲). بعلاوه، OECD مجموعه‌ای از مستندات رهنمودی و مطالعات موردی در خصوص چگونگی آزمودن و ارزیابی انواع مختلف اثرات سمی، مانند اختلال غدد درون ریز (۸۲) منتشر نموده است (۸۱).

منابع فهرست شده در زیر حاوی اطلاعات مفصلی در مورد هویت، خصوصیات خطرناک و سمیت هزاران ماده شیمیایی تجاری است که توسط سازمان‌های بین‌المللی و سایر سازمان‌ها فراهم شده است. شرح مختصری از هر پایگاه داده، همراه با منابعی که شامل آدرس‌های اینترنتی است، در زیربخش‌های زیر ارائه می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۱۳ نشان داده شده است، بیشتر این منابع شامل اطلاعات مفصلی هستند که ویژه مخاطرات شیمیایی شناسایی‌شده از طریق بررسی‌های علمی یا طبقه‌بندی مواد شیمیایی مطابق طرح‌های نظارتی توسعه‌یافته توسط سازمان‌های بین‌المللی می‌باشند.

جدول ۱۳: محتوای کلی منابع بین‌المللی شناسایی مخاطره

منبع	محتوای خلاصه یا مفصل	طرح طبقه‌بندی
کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی	خلاصه	بله
مجموعه داده‌های اطلاعات غربالگری برای مواد شیمیایی با حجم تولید بالا	مفصل	خیر
طبقه‌بندی پیشنهادی WHO برای آفت‌کش‌ها بر حسب مخاطره	خلاصه	بله
توصیه‌های سازمان ملل متحد در خصوص حمل و نقل کالاهای خطرناک	خلاصه	بله
مونوگراف‌های IARC	مفصل	بله
بانک داده‌های مواد خطرناک	مفصل	خیر
سیستم برچسب‌گذاری و طبقه‌بندی اتحادیه اروپا	مفصل	بله
گزارش‌های سنجش مواد ECHA	مفصل	بله
کارت‌های اطلاعاتی ECHA	خلاصه	بله
گزارش‌های ارزیابی خطر اتحادیه اروپا	مفصل	خیر
ابزار بین‌المللی کنترل شیمیایی	مفصل	بله
پایگاه داده OpenFoodTox مخاطرات شیمیایی EFSA	خلاصه	خیر

٤-٦-١. کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی

کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی[1] (ICSCs) شامل خلاصه‌ای کوتاه از اطلاعات ضروری در مورد مواد شیمیایی هستند که به طور مشترک توسط IPCS و سازمان بین‌المللی کار تدوین گردیده‌اند (۹۱). هر ICSC علاوه بر مخاطرات بالقوه سلامتی و محیط زیستی، حاوی شرحی از مخاطرات آتش‌سوزی و انفجار و اقدامات پیشگیرانه، و همچنین اقدامات مناسب در زمان نشت، اطلاعات بسته‌بندی و برچسب‌گذاری، راهنمای حفاظت شخصی، و شرایط ذخیره‌سازی نیز می‌باشد. بعلاوه، خصوصیات اصلی فیزیکی، شیمیایی و خطرناک مواد شیمیایی در یک قالب استاندارد در هر ICSC خلاصه شده‌اند. طبقه‌بندی GHS (۱۸) نیز بر روی بسیاری از ICSCها نشان داده شده است. ICSCها به زبان‌های متعددی در دسترس هستند.[2]

٤-٦-٢. مجموعه داده‌های اطلاعات غربالگری برای مواد شیمیایی با حجم تولید بالا

مجموعه داده‌های اطلاعات غربالگری OECD برای مواد شیمیایی با حجم تولید بالا[3] (SIDS)، گردآوری گسترده‌ای از داده‌ها در مورد خصوصیات فیزیکی–شیمیایی و مقادیر سمیت برای رایج‌ترین مواد شیمیایی تجاری، همراه با نتایج اصلی ارزیابی مخاطره است (۹۲). برخلاف ICSCها که خلاصه‌های کوتاه از این ویژگی‌های شیمیایی هستند و در بالا شرح داده شد، SIDS شامل نتایج برای شرایط محیطی و گونه‌های متنوع می‌باشد. در نتیجه، این منبع می‌تواند برای در نظر گرفتن خطرات بالقوه در اقلیم‌ها و سناریوهای مواجهه منحصر به فرد مفید باشد.

٤-٦-٣. طبقه‌بندی توصیه شده WHO برای آفت‌کش‌ها برحسب مخاطره

طبقه‌بندی توصیه شده WHO برای آفت‌کش‌ها بر حسب مخاطره بین اشکال خطرناک‌تر و کم خطرتر آفت‌کش‌های منتخب بر اساس خطر حاد برای سلامت انسان تمایز قائل می‌شود (که به معنی خطر مواجهه تکی یا مواجهات چندگانه در یک دوره زمانی نسبتا کوتاه می‌باشد) (۸۹). سیستم طبقه‌بندی، سمیت ترکیب تکنیکال و فرمولاسیون رایج آن‌ها را در نظر می‌گیرد. این سیستم، درجه[4]

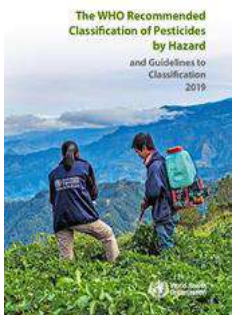
---

[1] International Chemical Safety Cards (ICSC)

[2] نسخه فارسی کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران آماده شده و در آدرس الکترونیکی زیر در دسترس می‌باشد:
https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=fa

[3] Screening Information Dataset for High Production Volume Chemicals (SIDS)

[4] Grade

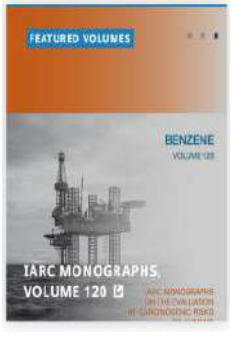


تکنیکال آفت‌کش‌های رایج و طبقه‌بندی‌های توصیه شده را همراه با مواد موثره‌ای که اعتقاد بر این است که منسوخ شده‌اند یا استفاده از آن‌ها به عنوان آفت‌کش متوقف شده است، آفت‌کش‌های منوط به فرآیند رضایت آگاهانه قبلی تحت کنوانسیون روتردام، محدودیت‌های تجارت به دلیل کنوانسیون استکهلم در مورد آلاینده‌های آلی پایدار، تدخین‌کننده‌های[1] گازی یا فرار که تحت این توصیه‌ها طبقه‌بندی نمی‌شوند، فهرست می‌کند. از سال ۲۰۰۹، طبقه‌بندی‌های مخاطره سمیت حاد از GHS به عنوان نقطه شروعی برای تعیین یک طرح طبقه‌بندی اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند، که جایگزینی برای نقاط راهنمایی هستند که در اصل در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد شدند.

٤-٦-٤. توصیه‌های سازمان ملل متحد در مورد حمل و نقل کالاهای خطرناک

توصیه‌های سازمان ملل متحد در مورد حمل و نقل کالاهای خطرناک توسط کمیسیون اقتصادی سازمان ملل متحد برای کمیته کارشناسان اروپا در مورد حمل و نقل کالاهای خطرناک در پرتو پیشرفت فنی، ظهور مواد شیمیایی و مواد جدید، لزوم سیستم‌های حمل و نقل مدرن و بالاتر از همه، نیاز به اطمینان از ایمنی مردم، اموال و محیط زیست توسعه یافته است (۹۳). کالاها، از جمله مواد شیمیایی، بر اساس طبقه مخاطره طبقه‌بندی می‌شوند. توصیه‌ها توسط GHS هماهنگ‌سازی شده است (۱۸).

٤-٦-٥. مونوگراف‌های IARC



IARC خلاصه‌ها و ارزیابی‌هایی را از شواهد سرطان‌زایی مواد شیمیایی از زمان آغاز فعالیت خود در سال ۱۹۶۹ منتشر نموده است (۱۹). مونوگراف‌ها شامل مواد شیمیایی تکی و همچنین ترکیبات شیمیایی هستند. هدف از این برنامه با کمک کارگروه‌های بین‌المللی خبرگان، آماده‌سازی و انتشار در قالب مونوگراف، مرورهای نقادانه و ارزیابی شواهد در مورد سرطان‌زایی طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی می‌باشد که ممکن است انسان‌ها با آن‌ها مواجه شوند. مونوگراف‌های IARC نشان‌دهنده اولین مرحله در ارزیابی خطر سرطان‌زا می‌باشد، که شامل بررسی تمام اطلاعات مربوطه به منظور ارزیابی قدرت شواهد موجودی است که یک عامل می‌تواند بروز سرطان خاص سن را در انسان‌ها تغییر دهد. همچنین، ممکن است مونوگراف‌ها

[1] Fumigants

جاهایی را نشان دهند که تلاش‌های تحقیقاتی بیشتری مورد نیاز است، به طور خاص زمانی که داده‌های مربوط به یک ارزیابی بلافاصله در دسترس نیستند.

٤-٦-٦. بانک داده‌های مواد خطرناک

بانک داده‌های مواد خطرناک[1] (HSDB) که توسط کتابخانه ملی پزشکی ایالات متحده آمریکا نگهداری می‌شود، فهرست مفصلی از داده‌های سم‌شناسی برای بیش از ۵۸۰۰ ماده شیمیایی است که به طور تخصصی کارشناسی شده‌اند که شامل اطلاعات مربوط به اثرات سلامتی انسان، درمان پزشکی اضطراری، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی، سوخت و ساز، سم‌شناسی و روش‌های آزمایشگاهی است. این بانک داده با جستجو برای ماده شیمیایی در موسسات ملی پایگاه داده سلامت PubChem ایالات متحده آمریکا قابل دسترسی است (۹۴). بر خلاف ICSCها (زیربخش ۴-۶-۱ را ملاحظه نمایید)، اطلاعات سمیت به جای جدول، بیشتر به صورت روایی ارائه می‌شوند. همچنین، HSDB حاوی گزیده‌ای از گزارشات موردی از افراد مواجهه یافته با ماده شیمیایی مد نظر، بعلاوه خلاصه‌ای از مطالعات حیوانی آزمایشگاهی است.

٤-٦-٧. سیستم برچسب‌گذاری و طبقه‌بندی اتحادیه اروپا[2] (EU)

آیین‌نامه (EC) شماره ۱۲۷۲/۲۰۰۸ در مورد طبقه‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی مواد و ترکیبات اتحادیه اروپا (معمولا از آن به عنوان "آیین نامه CLP" یاد می‌شود) در تاریخ ۲۰ ژانویه ۲۰۰۹ لازم الاجرا گردید و بر اساس GHS می‌باشد (۱۸). این آیین‌نامه، تنها قانون لازم الاجرا در اتحادیه اروپا برای طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد و ترکیبات از سال ۲۰۱۵ می‌باشد.

نسخه آن‌لاین فهرست طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری آژانس مواد شیمیایی اروپا (ECHA) موجود است (۹۵). این فهرست، پایگاه داده‌ای شامل اطلاعات طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری در مورد مواد شیمیایی اعلام و ثبت شده در بازار اتحادیه اروپا است که بر اساس خصوصیات سم‌شناسی آن‌ها، و همچنین طبقه‌بندی هماهنگ در مواردی می باشد که بیشترین نگرانی (سرطان‌زایی، جهش‌زایی و سمیت تولیدمثل) را برای مخاطرات سلامتی در اتحادیه اروپا ایجاد کرده‌اند. باید توجه داشت که فهرست طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری اطلاعاتی را نشان می‌دهد که توسط تولیدکنندگان و واردکنندگان در ECHA ارائه شده‌اند، اما فارغ از طبقه‌بندی‌های هماهنگ اتحادیه اروپا، ECHA صحت اطلاعات را بررسی یا تأیید نمی‌کند.

---

[1] Hazardous Substances Data Bank (HSDB)
[2] European Union (EU)

٤-٦-٨. گزارش‌های ارزیابی مواد ECHA

ارزیابی‌های جامع مواد به عنوان بخشی از اجرای آیین‌نامه ثبت، ارزیابی، صدور مجوز و محدود نمودن مواد شیمیایی[1] (REACH) توسط کشورهای عضو اتحادیه اروپا با هماهنگی ECHA مهیا می‌گردد. هدف از ارزیابی مواد روشن ساختن این موضوع است که آیا یک ماده شیمیایی که به عنوان نگرانی بالقوه شناخته شده است، بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط ثبت‌کنندگان و هر گونه اطلاعات اضافی درخواست شده جهت شفاف‌سازی، خطر واقعی برای سلامت انسان و/یا محیط زیست ایجاد می‌کند یا خیر (۹۶). این گزارشات نه تنها حاوی اطلاعاتی مربوط به روشن شدن خطر مد نظر خاصی است، بلکه شامل اطلاعاتی در مورد سایر جنبه‌ها نیز می‌باشد. پایگاه داده ECHA REACH (۹۷) اطلاعات جامعی در خصوص مواد شیمیایی ارائه می‌دهد.

٤-٦-٩. کارت‌های اطلاعاتی ECHA

کارت‌های اطلاعاتی ECHA یک ابزار طبقه اول را برای انتشار اطلاعات در مورد مواد شیمیایی پایگاه داده ECHA فراهم می‌آورند. کارت‌های اطلاعاتی، اطلاعات کلیدی در خصوص شناسایی ماده شیمیایی، طبقه‌بندی مخاطره و برچسب‌گذاری، خصوصیات مد نظر، خلاصه‌ای از مرتبط‌ترین فعالیت-های نظارتی در اتحادیه اروپا، چگونگی استفاده ایمن از مواد شیمیایی، و مکان و چگونگی استفاده از مواد شیمیایی را همراه با سایر اطلاعات مفید مانند رهنمودی در مورد محل یافتن اطلاعات مفصل‌تر نشان می‌دهند (۹۷). اطلاعات بر اساس داده‌های ارائه شده به ECHA توسط تولیدکنندگان و واردکنندگان، به طور خودکار بر روی کارت‌های اطلاعاتی نمایش داده می‌شود، و تحت بررسی یا تأیید توسط ECHA قرار نمی‌گیرد. مسئولیت کیفیت و صحت اطلاعات بر عهده ارائه‌کننده داده‌ها، و نه ECHA، می‌باشد.

٤-٦-١٠. گزارش‌های ارزیابی خطر اتحادیه اروپا

پیش از لازم الاجرا شدن REACH، گزارش‌های جامع ارزیابی خطر توسط کشورهای عضو تهیه، و توسط مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا منتشر گردید. چندین مورد از این ارزیابی‌ها در حال حاضر در وب سایت ECHA (۹۸) و وب سایت اداره انتشارات اتحادیه اروپا (۹۹) در دسترس هستند. این گزارشات خطرات محیطی و همچنین خطرات سلامتی انسان ناشی از مواجهات شغلی، مصرف‌کننده و محیطی با مواد شیمیایی را ارزیابی کرده‌اند.

[1] Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)

٤-٦-١١. ابزار بین‌المللی کنترل شیمیایی

منبع دیگری از اطلاعات مخاطره توسط ابزار بین‌المللی کنترل شیمیایی سازمان بین‌المللی کار (۱۰۰) ارائه می‌گردد، که طرحی را به منظور حفاظت در برابر مواد شیمیایی مضر و خطرناک در محیط کار تهیه می‌کند. این منبع برای بنگاه‌های اقتصادی کوچک و متوسط در کشورهای در حال توسعه طراحی شده است.

٤-٦-١٢. پایگاه داده مخاطرات شیمیایی EFSA OpenFoodTox

EFSA OpenFoodTox (۱۰۱) یک پایگاه داده ساختار یافته است که نتایج شناسایی و توصیف مخاطره برای سلامت انسان (تمام محصولات تنظیم شده، از جمله مواد مورد استفاده در خوراک حیوانات و مواد غذایی، و آلاینده‌ها)، و همچنین برای سلامت حیوانات (افزودنی‌های خوراک حیوانات، آفت‌کش‌ها و آلاینده‌ها) و محیط زیست (افزودنی‌های خوراک حیوانات و آفت‌کش‌ها) را خلاصه می‌کند. این پایگاه داده اطلاعات قابل دسترسی را درباره ویژگی ماده، لینک به خروجی مربوط به EFSA، پیشینه قانون اروپا، و خلاصه‌ای از پی‌آمدهای سم‌شناسی بحرانی و مقادیر مبنا فراهم می‌آورد.

٤-٧. توصیف مخاطره/ منابع مقدار رهنمودی و راهنما

همان‌طور که در زیربخش ۳-۳-۳ ذکر شد، توصیف مخاطره به طور معمول شامل یک توصیف کیفی یا کمی از خصوصیات ذاتی عاملی است که بالقوه باعث اثرات نامطلوب سلامتی می‌گردد. سپس از این اطلاعات اغلب به منظور توسعه مقادیر رهنمودی، یا در صورتیکه عوامل مواجهه انسان در نظر گرفته شوند، جهت توسعه مقادیر راهنما استفاده می‌شود. به بیان دیگر، مقادیر رهنمودی یا راهنما، اندازه‌ای را برای خصوصیات خطرناک ماده شیمیایی فراهم می‌آورند. بخش چالش برانگیز استفاده از مقادیر رهنمودی یا راهنما، مرور مرحله توصیف مخاطره و بررسی قابلیت اجرای فرضیات تعبیه شده در آن برای وضعیت مد نظر است (به عنوان مثال، مدت مواجهه و تخصیص مواجهه کل در میان راه‌های مواجهه).

WHO "کتاب توسعه راهنما" (۵۸) را منتشر نموده است، که راهنمای مرحله به مرحله‌ای را در مورد چگونگی برنامه‌ریزی، توسعه و انتشار یک راهنمای WHO ارائه می‌دهد. این کتاب راهنما روش‌ها، فرآیندها و رویه‌هایی را پوشش می‌دهد که در تولید یک مستند استانداردهای WHO را برای راهنماها برآورده می‌نمایند (نشریات WHO حاوی توصیه‌هایی برای عملکرد بالینی یا سیاست سلامت عمومی). این کتاب در بسیاری از مراحل رهنمود فنی مفصلی ارائه نمی‌کند؛ که این امر را می‌توان با

مراجعه به منابع کتاب به دست آورد. اصول روش‌های اساسی راهنماهای WHO بر این اساس استوار است که آن‌ها باید بر اساس مرور کلیه شواهد مربوطه در یک فرآیند نظام‌مندی باشند که شواهد را به نحوی ارزیابی می‌کند که خطر سوگیری را به حداقل رسانده و کیفیت شواهد را با استفاده از چارچوبی مانند درجه‌بندی ارزیابی توصیه‌ها، توسعه و سنجش[1] (GRADE)، ارزیابی می‌کنند (بخش ۵-۱ را ملاحظه نمایید). ارزیابی‌های اثرات سلامتی مواد شیمیایی به طور فزاینده‌ای اصول مرور نظام‌مند را اتخاذ می‌کنند، روندی که احتمال می‌رود در آینده ادامه یابد (بخش ۵-۱ را ملاحظه نمایید).

منابع اشاره شده در زیربخش‌های ۴-۷-۱ تا ۴-۷-۳ تلفیقی از مقادیر رهنمودی، از جمله TDIها و ADIها، و مقادیر راهنما، مانند راهنماهای کیفیت هوا و آب منتشر شده توسط WHO، می‌باشند. مقادیر رهنمودی، آستانه‌های مواجهه برای اثرات غیر سرطانی و عوامل شیب برای خطرات سرطان می‌باشند و مقادیر راهنما، غلظت مواد شیمیایی در واسطه‌های محیطی هستند. همان‌طور که در زیربخش ۳-۳-۵ شرح داده شد، این مقادیر را می‌توان با برآوردهای مواجهه به منظور محاسبه خارج قسمت مخاطره یا خطر[2] یا خطر سرطان اضافه در طول عمر، به ترتیب شاخص‌های خطرات غیرسرطانی و سرطانی، ترکیب کرد. همچنین، نقاط عزیمت (از جمله BMDLها یا NOAELها) ارائه شده در برخی از این منابع را می‌توان به منظور به دست آوردن حاشیه‌های مواجهه (MOE) جهت ارائه رهنمودی به مسئولین مدیریت خطر استفاده نمود. بعلاوه، این بخش نمونه ای از یک منبع ملی را ارائه می‌دهد که اطلاعات مشابهی از ارزیابی‌های ملی (پایگاه داده IRIS، EPA ایالات متحده) فراهم می‌آورند. در نهایت، این بخش مثال‌هایی را از منابع ملی حدود مواجهه شغلی[3] (OELها) ارائه می‌دهد.

علاوه بر این‌ها، WHO چندین مستند EHC در مورد اصول و روش‌های مولفه توصیف مخاطره در ارزیابی‌های خطر سلامت انسان را نیز برای مواد شیمیایی منتشر نموده است (جدول ۱۴).

OECD نیز پروژه‌هایی را هماهنگ می‌نماید تا به شناسایی مخاطرات سلامتی مرتبط با مواجهه با مواد شیمیایی یا گروه‌هایی از مواد شیمیایی با استفاده از فن‌آوری‌های پیش‌بینی‌کننده مانند رابطه کمی ساختار–فعالیت (QSAR) از طریق ابزار OECD QSAR (۱۰۳) یاری رساند و درک بهتری از مسیرهای بیولوژیکی حاصل می‌سازد که توسط آن‌ها تحریک می‌شوند (مسیرهای پی‌آمد نامطلوب) (۱۰۴) که می‌تواند در یک ارزیابی طبقه بالاتر مفید باشد.

---

[1] Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation
[2] Hazard or risk quotient
[3] Occupational exposure limits

جدول ۱۴: منابع بین‌المللی در مورد توصیف مخاطره

عنوان مستند	منبع
اصول مطالعات در بیماری‌های مشکوک به علت مواجهه با مواد شیمیایی و پیشگیری از آن‌ها (EHC شماره ۷۲)	IPCS (۱۰۲)
ارزیابی خطرات سلامت انسان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی: استخراج مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت برای حدود مواجهه (EHC شماره ۱۷۰)	IPCS (۳۶)
اصول مدل‌سازی دوز–پاسخ برای ارزیابی خطر مواد شیمیایی (EHC شماره ۲۳۹)	IPCS (۶)
اصول و روش‌های ارزیابی خطر مواجهه با مواد شیمیایی در مواد غذایی (EHC شماره ۲۴۰)	IPCS (۷)
عوامل تعدیل خاص شیمیایی برای تفاوت‌های بین‌گونه‌ای و تغییرپذیری انسان: راهنمایی برای استفاده از داده‌ها در ارزیابی دوز/غلظت–پاسخ (راهنمای شماره ۲ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۲۲)
تکامل عامل تعدیل خاص شیمیایی (CSAF) بر اساس تجربه بین‌المللی اخیر: افزایش سودمندی و تسهیل پذیرش نظارتی	Bhat و همکاران (۲۳)
توسعه‌های جدید در تکامل و کاربرد چارچوب نحوه عملکرد/ تحلیل هماهنگی گونه‌ها WHO/IPCS (راهنمای به‌روز رسانی شده شماره ۴ پروژه هماهنگ‌سازی، بخش‌های ۱ و ۲ (۵۹))	Meek و همکاران (۱۱)

٤-۷-۱. مقادیر رهنمودی برای نرخ‌های مواجهه

٤-۷-۱-۱. آفت‌کش‌ها

خلاصه‌ای از ADIها و ARfDهایی که توسط JMPR ارائه شده‌اند، در پایگاه‌های داده ایمنی مواد غذایی WHO در دسترس است (۲۶). اطلاعات بیشتر در جداول ۵ و ۶ و زیربخش ۳-۳-۳-۱ موجود است.

٤-۷-۱-۲. آلاینده‌ها و افزودنی‌های مواد غذایی، سموم طبیعی و باقیمانده‌های داروهای دامپزشکی در مواد غذایی

TDIها، ADIها و سایر مقادیر رهنمودی برای آلاینده‌ها و افزودنی‌های مواد غذایی، سمومی که به طور طبیعی تشکیل می‌شوند و باقیمانده داروهای دامپزشکی در مواد غذایی، توسط JECFA

ارائه شده‌اند (جداول ۵ و ۶ و زیربخش ۳-۳-۳-۱ را نیز ملاحظه نمایید). همچنین، این مقادیر در پایگاه‌های داده ایمنی مواد غذایی WHO (۲۶) نیز در دسترس هستند.

٤-٧-٢. مقادیر راهنما برای غلظت‌های مواجهه

٤-٧-٢-١. راهنماهای آب آشامیدنی WHO

WHO راهنماهایی را برای غلظت مواد شیمیایی و سایر آلاینده‌ها در آب آشامیدنی تدوین نموده است. مقادیر راهنما، و همچنین اطلاعات پشتیبان و روش‌شناسی به کار رفته جهت استخراج مقادیر راهنما، منتشر شده است (۲). مقادیر راهنما در واحدهای غلظت جرم در آب آشامیدنی (mg/L) بیان می‌شوند و نرخ مصرف آب را ۲ لیتر در روز و وزن بدن را ۶۰ کیلوگرم فرض می‌کنند. برای خطر سرطان، مقادیر راهنما معادل مواجهه در طول عمر است که خطر سرطان اضافه 10^{-5} (یا ۱ در ۱۰۰۰۰۰) را در طول عمر حاصل می‌سازد. برای مواد شیمیایی که حضور آن‌ها در چندین واسطه محتمل است، مقادیر راهنما دریافت را از طریق هوا، غذا و خاک حساب می‌کنند. در این حالت، مقدار راهنما بر اساس کسر از کل یا مجموع دریافتی که انتظار می‌رود در نتیجه حضور یک ماده شیمیایی در آب آشامیدنی رخ دهد، تعیین می‌گردد. حالتی را در نظر بگیرید که گمان می‌شود آب آشامیدنی برای محاسبه نیمی از تمام دریافت‌های یک ماده شیمیایی یک اولویت است. آن‌گاه، مقدار راهنما به گونه‌ای تنظیم خواهد شد که مصرف آب آشامیدنی در مقدار تعیین شده، نیمی از ADI یا TDI را برای آن ماده شیمیایی به حساب آورد. تغییر در تخصیص ADI یا TDI به آب می‌تواند هنگام در نظر گرفتن اینکه آیا راهنماهای آب آشامیدنی WHO باید برای استفاده کشور تطبیق داده شوند یا خیر، عامل مهمی باشد.

روش‌شناسی بکار برده شده برای توسعه راهنماهای آب آشامیدنی WHO هم راستا با "کتاب توسعه راهنما" منتشره توسط این سازمان، با مرور نظام‌مند شواهد موجود برای اثرات سلامتی مواد شیمیایی مطابقت داده می‌شود (۵۸).

در حالیکه راهنماهای آب آشامیدنی WHO بر اساس توصیف مخاطره است، باید توجه داشت که عوامل دیگری از جمله فن‌آوری‌های تصفیه، قابلیت‌های تحلیل و امکان‌سنجی نیز ممکن است در استخراج راهنماها مورد توجه قرار گیرند.

٤-٧-٢-٢. راهنماهای کیفیت هوا WHO

آلودگی هوا ناشی از هر دو منبع بیرونی و داخلی نشان‌دهنده بزرگ‌ترین خطر محیط زیستی برای سلامت در سطح جهانی است (۳۲). WHO راهنماهای کیفیت هوا را برای آلاینده‌های موجود در همه جا در هوای آزاد – ذرات معلق، ازن، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد (۱۲) – و سایر

آلاینده‌های رایج منتشر می‌کند. راهنماهای جداگانه‌ای برای ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کوچکتر از ۲/۵ میکرومتر ($PM_{۲/۵}$) و نیز کوچکتر از ۱۰میکرومتر ($PM_{۱۰}$) وجود دارد[۱]. راهنماهای WHO با هدف استفاده در سراسر جهان در نظر گرفته شده‌اند، اما جهت پشتیبانی از اقدامات برای دستیابی به کیفیت هوایی که از سلامت عمومی در زمینه‌های مختلف محافظت کند، توسعه یافته‌اند. به ویژه، راهنماهای کیفیت هوا از بدنه گسترده‌ای از مطالعات اپیدمیولوژیک مربوط به پی‌آمدهای سلامتی آلودگی هوا در جوامع انسانی حاصل شده‌اند. بر خلاف راهنماهای آب آشامیدنی شرح داده شده در زیربخش ۴-۷-۲-۱، راهنماهای کیفیت هوا برای این آلاینده‌های هوا به طور مستقیم بر اساس فرضیات در مورد نرخ دریافت، وزن بدن و سایر عوامل نمی‌باشند. در عوض، قبل از اتخاذ راهنماها به عنوان استانداردهای کیفیت هوا در یک کشور، باید روابط بین آلودگی هوای آزاد و مواجهه فردی با آلاینده‌های هوا در آن مطالعات در مقایسه با شرایط محلی در نظر گرفته شوند.

WHO راهنماهایی را برای کیفیت هوای داخل برای تعدادی از آلاینده‌های داخل ساختمان، از جمله مواد شیمیایی، آلاینده‌های بیولوژیکی و آلاینده‌هایی که از مصرف سوخت خانگی حاصل می‌شوند، نیز توسعه داده است (۳۱، ۳۳، ۳۴).

اخیرا، WHO راهنماهای کیفیت هوا را به‌روز رسانی نموده است، فرآیندی که شامل مرور نظام‌مند مقدار بسیار زیادی از شواهد علمی مربوطه جدید خواهد شد. این فرآیند، رویه‌های مشخص شده در کتاب توسعه راهنمای WHO (۵۸) را اعمال و به منظور ارزیابی کیفیت بدنه شواهد از روش-های مبتنی بر شواهد استفاده خواهد نمود.

٤-۷-۳. مقادیر رهنمودی و راهنما حاصل از مونوگراف‌های خاص مواد شیمیایی

راهنماهای خاص واسطه‌ها، همچنین ADIها، TDIها و دیگر مقادیر رهنمودی و راهنما برای مواد شیمیایی خاص، در مونوگراف‌های جامع ارزیابی خطر از جمله EHCها، CICADها و سایر مستندات توسعه یافته بین‌المللی و مذکور در بخش ۴-۵ در دسترس هستند.

٤-۷-٤. سیستم یکپارچه اطلاعات خطر

EPA ایالات متحده از یک پایگاه داده آن‌لاین نگهداری می‌کند که حاوی مقادیر سمیت مزمن برای بیش از ۵۰۰ ماده شیمیایی، گروه‌هایی از مواد شیمیایی یا ترکیبات است (۱۰۵). این پایگاه داده شامل غلظت‌های مبنا (RfC) یا دوزهای مبنا (RfD) است که از یک NOAEL، LOAEL، یا

---

[۱] در حالیکه WHO، $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲/۵}$ را ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ µm یا ۲/۵ µm تعریف می‌کند، بیشتر کشورها (حوزه‌های قضایی) $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲/۵}$ را ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از یا برابر با ۱۰ µm یا ۲/۵ µm تعریف می‌نمایند.

غلظت یا دوز محک، همراه با عوامل عدم‌قطعیتی به دست آمده‌اند که به طور کلی برای منعکس کردن محدودیت‌های داده‌های مورد استفاده اعمال می‌شوند. برای سرطان، پایگاه داده IRIS حاوی توصیف‌کننده‌های کیفی و همچنین عوامل شیب خوراکی و خطرات واحد استنشاقی می‌گردد. این منبع دربرگیرنده اطلاعات ملی فراهم شده توسط دولت ایالات متحده آمریکا است. سایر منابع اطلاعات ملی نیز ممکن است در دسترس باشند و باید در جایی که کاربرد دارد، مورد مشورت قرار گیرند.

٤-٧-٥. حدود مواجهه شغلی (OELها)

OELها برای استفاده در فعالیت بهداشت صنعتی به عنوان استانداردها، راهنماها یا توصیه‌هایی جهت کنترل مخاطرات سلامتی بالقوه در محل کار در نظر گرفته می‌شوند. اتحادیه اروپا، OELها را برای طیفی از مواد شیمیایی در محل کار، بر اساس مشاوره علمی ECHA (که قبلاً توسط کمیته علمی برای حدود مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی (SCOEL) فراهم شده بود) ارائه می‌دهد. OELهای اتحادیه اروپا، هم راستا با چندین OEL ملی موجود، در پایگاه داده مواد GESTIS، به میزبانی موسسه ایمنی و سلامت حرفه‌ای بیمه حوادث اجتماعی آلمان[1] (۱۰۶) به طور رایگان در دسترس هستند. OELهایی که به طور رایگان در دسترس نیستند، به عنوان مثال، شامل مقادیر حد آستانه[2] (TLVها) کنفرانس آمریکایی متخصصین بهداشت صنعتی دولتی می‌گردند (۱۰۷).

٤-٨. منابع ارزیابی مواجهه

منابع اشاره شده در این بخش شامل رهنمود کلی ارزیابی مواجهه و همچنین اطلاعات مفصلی از مواجهه در تنوع گسترده‌ای از مواد شیمیایی خاص است. منابع رهنمودی کلی فهرست شده در این‌جا به طور مفصل به بحث در خصوص مفاهیمی می‌پردازند که تنها به‌طور خلاصه در زیربخش ۳-۳-۴ به آن‌ها اشاره گردید. منابع در مورد مواد شیمیایی خاص خلاصه‌ای از پروفایل‌های شیمیایی هستند که اطلاعاتی را در مورد منابع، مسیرها، راه‌ها و سطوح معمول مواجهه نمایان می‌سازند. شرح هر یک از این منابع، با ارجاع به آدرس اینترنتی در زمان تنظیم این مستند، در زیر ارائه شده است.

---

[1] Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance

[2] Threshold limit values

جدول ۱۵: منابع بین‌المللی اطلاعات در مورد واسطه‌ها و راه‌های مواجهه

موضوع	عنوان مستند	منبع
افزودنی‌ها و آلاینده‌های مواد غذایی	اصول و روش‌های ارزیابی خطر مواد شیمیایی در مواد غذایی (EHC شماره ۲۴۰)	IPCS (۷)
باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی	اصول و روش‌های ارزیابی خطر مواد شیمیایی در مواد غذایی (EHC شماره ۲۴۰)	IPCS (۷)
جذب پوستی	جذب پوستی (EHC شماره ۲۳۵)	IPCS (۱۰۸)
راهنماهای کیفیت آب آشامیدنی	راهنماهای کیفیت آب آشامیدنی: ویرایش چهارم، شامل ضمیمه اول	WHO (۲)
راهنماهای کیفیت هوا	راهنماهای کیفیت هوا برای اروپا، ویرایش دوم	دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۳۰)
راهنماهای کیفیت هوا	راهنماهای کیفیت هوا – به‌روز رسانی جهانی ۲۰۰۵: ذرات معلق، ازن، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد	دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۱۲)
راهنماهای کیفیت هوای داخل	راهنماهای WHO برای کیفیت هوای داخل: آلاینده‌های منتخب	دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۳۱)

رویکردها و اصول بنیادی برای مواد شیمیایی در واسطه‌های خاص محیطی و راه‌های مواجهه مانند غذا، آب و هوا در چندین رهنمود و مستند EHC تنظیم شده که در WHO موجود است. مثال‌های کلیدی این مواد در جدول ۱۵ فهرست شده‌اند.

٤-۸-۱. رهنمود کلی در ارزیابی مواجهه

رهنمود کلی در مورد ارزیابی مواجهه در منابع بین‌المللی فهرست شده در جدول ۱۶ ارائه شده است. اطلاعات مربوط به برخی از نمونه‌های ابزارهای دیگر که از منابعی بغیر از سازمان‌های بین‌المللی در دسترس هستند، در فهرست زیر نشان داده شده است.

سایر ابزارهای موجود برای ارزیابی مواجهه (به غیر از منابع بین‌المللی)

- EPA ایالات متحده فهرستی از طیفی از ابزارها و پایگاه‌های داده را فراهم می‌کند که جهت یاری رساندن به انجام ارزیابی‌های مواجهه برای ارزیابی خطر سلامت انسان و ارزیابی محیط زیست، به ترتیب از وب سایت‌های ExpoBox و EcoBox متعلق به EPA ایالات متحده اتخاذ شده‌اند (۱۰۹). ExpoBox متعلق به EPA ایالات متحده لینک‌هایی

را به مستندات رهنمودی، پایگاه‌های داده، مدل‌ها، مواد مبنا، و دیگر منابع مربوطه به منظور ارزیابی مواجهه برای شش "مجموعه ابزار"، شامل رویکردها، واسطه‌ها، راه‌ها، طبقه‌ها و انواع، مراحل زندگی و جوامع، و رده‌های شیمیایی فراهم می‌آورد (۳۷).

- انجمن عملیات مدل‌سازی محیط زیست EPA ایالات متحده به منظور یاری رسانی به سنجش آن‌چه برای مواد شیمیایی در هنگام استفاده و رهاسازی در محیط زیست اتفاق می‌افتد، و اینکه چگونه کارکنان، عموم مردم و مصرف‌کنندگان ممکن است با مواد شیمیایی مواجهه یابند، چندین روش ارزیابی مواجهه، پایگاه‌های داده و مدل‌های پیشگو را توسعه داده است (۱۱۰).

- انستیتوی ملی سلامت عمومی و محیط زیست هلند (RIVM) مجموعه‌ای از مدل‌های مفید به نام ConsExpo (۳۹) را جهت کمک به ارزیابی مواجهه با مواد شیمیایی موجود در محصولات، به ویژه برای محصولات اسپری، با تاکید بر محصولات مصرفی توسعه داده است (برای جزئیات بیشتر زیربخش ۴-۸-۲ را ملاحظه نمایید).

- موسسات در انگلستان طیفی از مدل‌ها را به منظور برآورد مواجهه با مواد شیمیایی، از جمله برای خاک آلوده (ابزار ارزیابی مواجهه با زمین آلوده) (۱۱۱) و برای ثبت آفت‌کش‌ها (۱۱۲) توسعه داده‌اند.

- مرکز اروپایی سم‌شناسی محیطی و سم‌شناسی مواد شیمیایی[1] (۱۱۳)، ابزار ارزیابی خطر هدفمند[2] (TRA) را به منظور محاسبه مواجهه کارکنان، مصرف‌کنندگان و محیط زیست توسعه داده است. ابزار TRA به طور گسترده‌ای در اتحادیه اروپا برای تهیه گزارشات ایمنی شیمیایی ارائه شده تحت مقررات REACH مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[1] European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals
[2] Targeted Risk Assessment (TRA)

جدول ۱۶: منابع بین‌المللی رهنمودهای ارزیابی مواجهه

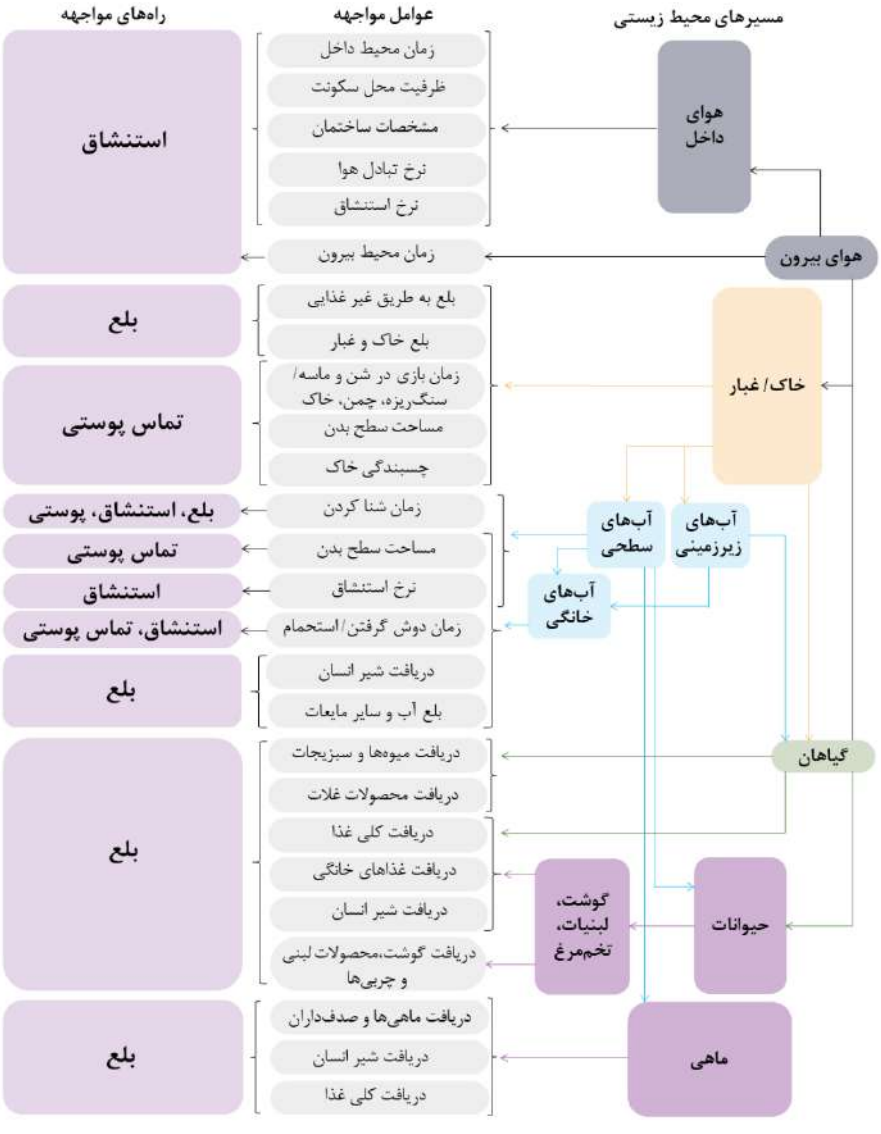
عنوان مستند	منبع
ارزیابی مواجهه انسان (EHC شماره ۲۱۴)	IPCS (۸)
ارزیابی مواجهه انسان: مقدمه	Elinder ،Berglund و Järup (۱۱۴)
ارزیابی مواجهه ناشی از مواد شیمیایی موجود در مواد غذایی: گزارش مشاوره مشترک FAO/WHO، Annapolis، MD، ۲-۶ ماه می ۲۰۰۵	FAO/WHO (۱۱۵)
به سمت یک رویکرد هماهنگ مطالعه کلی رژیم غذایی: یک رهنمود	EFSA/FAO/WHO (۱۱۶)
ارزیابی‌های مواجهه شغلی و مصرف کننده	OECD (۱۱۷)
اصول توصیف و به‌کارگیری مدل‌های مواجهه انسان (راهنمای شماره ۳ پروژه هماهنگ‌سازی)	IPCS (۴۰)
مواجهه پوستی (EHC شماره ۲۴۲)	IPCS (۱۵)
ملاحظات در هنگام ارزیابی مواجهه کودکان با مواد شیمیایی موجود در محصولات	OECD (۱۱۸)
نشانگرهای زیستی و ارزیابی خطر: مفاهیم و اصول (EHC شماره ۱۵۵)	IPCS (۴۵)
نشانگرهای زیستی در ارزیابی خطر: اعتبار و اعتبارسنجی (EHC شماره ۲۲۲)	IPCS (۴۶)
بررسی آخرین دانش موجود در خصوص نشانگرهای زیستی جیوه در جوامع انسانی سراسر جهان بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸	Basu و همکاران (۴۴)
پایش زیستی انسان: حقایق و ارقام	WHO (۴۷)
بررسی آخرین دانش موجود در خصوص پایش زیستی انسان برای مواد شیمیایی و کاربرد آن در ارزیابی مواجهه انسان برای ایمنی مواد غذایی	Choi و همکاران (۱۱۹)
مدل کلی ارزیابی خطر برای پشه‌بندهای آغشته به حشره‌کش، ویرایش دوم	WHO (۱۲۰)
مدل کلی ارزیابی خطر برای مه‌پاشی حشره‌کش‌ها در فضای داخلی و بیرونی، ویرایش دوم	WHO (۱۲۱)

٤-٨-٢. عوامل مواجهه

به منظور توصیف مواجهه انسان با مواد شیمیایی، اغلب عوامل مواجهه کلی یا پیش‌فرض وارد می‌شوند. عوامل مواجهه مقادیری هستند که نرخ‌های تماس با واسطه‌ها از جمله نرخ استنشاق، مصرف آب آشامیدنی و مصرف مواد غذایی را توصیف می‌نمایند. عوامل مواجهه همچنین شامل ویژگی‌های آنتروپومتریک افراد مانند وزن و مساحت سطح بدن هستند. نمودار طرح کلی مسیرهای مواجهه، عوامل مواجهه و راه‌های مواجهه در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

عوامل مواجهه پیش‌فرض برای بزرگسالان که توسط WHO منتشر گردیده، به طور خلاصه در جدول ۱۷ آورده شده است. سایر منابع مفید برای عوامل مواجهه در جدول ۱۸ خلاصه شده‌اند و در زیر بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرند.

EPA ایالات متحده آمریکا (۱۲۲) کتاب جامع "راهنمای عوامل مواجهه" از جمله برای مصرف آب آشامیدنی، بلع خاک، نرخ‌های استنشاق، عوامل پوستی، مصرف مواد غذایی گوناگون (از جمله شیر مادر)، عوامل فعالیت، استفاده محصول و خصوصیات ساختاری را به منظور ارزیابی مواجهه انسان منتشر نموده است. این عوامل مواجهه توسط WHO در توسعه راهنماها و مدل‌های ارزیابی خطر برای بیماری‌های گرمسیری مورد غفلت واقع شده، استفاده گردیده‌اند (۴۳). مقادیر توصیه شده برای عموم جامعه و بخش‌های مختلف که ممکن است ویژگی‌های متفاوتی از عموم جامعه داشته باشند، ارائه شده‌اند. این مقادیر ممکن است برای بخش خاصی از جمعیت ایالات متحده که از نظر پارامترهای اندازه به جامعه مد نظر نزدیک‌تر هستند نسبت به مقادیر برای عموم جامعه در اولویت انتخاب قرار گیرند؛ به عنوان مثال، در برخی از مدل‌های مواجهه کلی WHO برای استفاده از حشره‌کش‌ها (۱۲۰، ۱۲۱)، مقادیر صدک ۲۵ام برای زنان ۴۰–۳۰ ساله (با وزن بدن ۶۰ کیلوگرم) برای نشان دادن جامعه مد نظر در مناطقی که کنترل ناقل انجام می‌شود (به عنوان مثال، در جایی که مالاریا بیماری بومی است)، استفاده شده است. به منظور تسهیل استفاده از کتاب "راهنمای عوامل مواجهه" در انجام ارزیابی مواجهه، EPA ایالات متحده یک ابزار آنلاین تعاملی به نام ExpoFIRST (۱۲۴) ارائه می‌کند که به کاربران اجازه می‌دهد تا داده‌های موجود در کتاب راهنما را برای توسعه سناریوهای تعریف شده توسط کاربر دریافت نمایند؛ کاربر می‌تواند پارامترها را برای ایجاد برآوردهای قطعی مواجهه متناسب با وضعیت ارزیابی اصلاح نماید.



توجه: مسیرهای ارائه شده مسیرهای انتخابی هستند. این نمودار قرار نیست جامع باشد. محصولات نشان داده نشده است؛ انسان‌ها می‌توانند از طریق تمام مسیرها و راه‌ها در مواجهه با محصولات قرار گیرند.

منبع: EPA ایالات متحده، ExpoBox (۱۲۲).

شکل ۱۰: نمودار طرح کلی مسیرها، عوامل و راه‌های مواجهه

جدول ۱۷: خلاصه‌ای از عوامل مواجهه منتخب منتشر شده توسط WHO

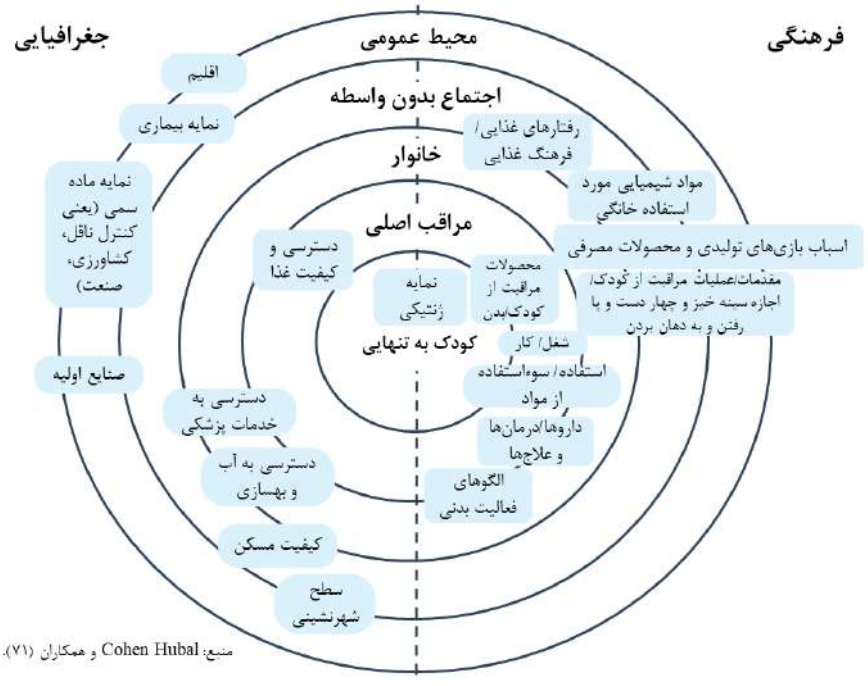
عامل مواجهه	مقدار	منبع
مصرف آب آشامیدنی	۲ لیتر در روز	WHO (۲)
وزن بدن	۶۰ کیلوگرم	IPCS (۵۲)
مصرف مواد غذایی	رژیم‌های غذایی برای خوشه‌های کشورها	WHO (۱۲۳)

جدول ۱۸: خلاصه‌ای از منابع اضافه عوامل مواجهه

عنوان مستند	منبع
ExpoBox متعلق به EPA ایالات متحده: در مورد کتاب راهنمای عوامل مواجهه	EPA ایالات متحده (۱۲۲)
بیماری‌های گرمسیری نادیده گرفته شده: راهنماها و مدل‌های ارزیابی خطر	WHO (۴۳)
مدل کلی ارزیابی خطر برای پشه‌بندهای آغشته به حشره‌کش، ویرایش دوم	WHO (۱۲۰)
مدل کلی ارزیابی خطر برای مه‌پاشی حشره‌کش‌ها در فضای داخلی و بیرونی، ویرایش دوم	WHO (۱۲۱)
منابع تعاملی عوامل مواجهه برای ابزار سناریوها (ExpoFIRST)، نسخه ۲/۱	EPA ایالات متحده (۱۲۴)
گزاره‌برگ‌های حاضر	RIVM (۱۲۵)
شناسایی مراحل مهم زندگی برای پایش و ارزیابی خطرات ناشی از مواجهه با آلاینده‌های محیطی: نتایج بررسی سازمان جهانی بهداشت	Cohen Hubal و همکاران (۷۱)
رهنمود انتخاب گروه‌های سنی برای پایش و ارزیابی مواجهات دوران کودکی با آلاینده‌های محیطی	EPA ایالات متحده (۱۲۶)
کتاب راهنمای عوامل مواجهه خاص کودک	EPA ایالات متحده (۱۲۷)
نکات برجسته کتاب راهنمای عوامل مواجهه خاص کودک (گزارش نهایی)	EPA ایالات متحده (۱۲۸)
نمونه‌هایی از سناریوهای مواجهه خاص کودک (گزارش نهایی)	EPA ایالات متحده (۱۲۹)

مجموعه مدل‌های RIVM ConsExpo، عوامل مواجهه پیش‌فرض متعددی را برای برآورد مواجهه مصرف کننده وارد می‌کنند از جمله مقادیر برای اتاقی که در آنجا مواجهه رخ می‌دهد (به عنوان مثال، اندازه اتاق)، مقادیر برای فردی که مواجهه می‌یابد (مانند وزن بدن و نواحی سطحی قسمت‌های مختلف بدن)، و نیز اطلاعات در مورد تهویه در منازل (۳۸، ۳۹). همچنین اطلاعاتی در مورد نرخ‌های استنشاق برای بزرگسالان و کودکان در هنگام استراحت و ورزش، همراه با داده‌هایی در خصوص الگوهای فعالیت ارائه می‌گردد. این عوامل پیش‌فرض در مجموعه‌ای از گزاره‌برگ‌ها موجود هستند (۱۲۵).

با این حال، مواجهات شیمیایی می‌توانند در طول مراحل زندگی مرتبط با تغییرات در آناتومی، فیزیولوژی، سوخت و ساز و رفتار تغییر کنند. بنابراین، ممکن است شناسایی سنین یا مراحل زندگی که در برابر مواد شیمیایی بیشترین آسیب‌پذیری را دارند، حائز اهمیت باشد. برای پرداختن به این نیاز، گروهی از خبرگان توسط WHO گردهمایی داشتند و رویکرد طبقه دو را متناسب با هدف و جهت پایش و ارزیابی خطرات ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی با تمرکز عمده بر مراحل اولیه زندگی، از دوران پیش از لقاح تا نوجوانی برای استفاده جهانی توسعه دادند (۷۱). طبقه اول شامل اتخاذ رهنمودی مشابه گروه‌های سنی دوران کودکی توصیه شده توسط EPA ایالات متحده می‌باشد (۱۲۶)، در حالیکه طبقه دوم برخی از آن گروه‌های سنی را به منظور کاهش بار عوامل در حال توسعه مواجهه خاص سن برای مناطق مختلف یکی می‌کند. گروه‌های سنی هماهنگ‌سازی شده امکان سازگاری بیشتر و مقایسه بهتر را در میان زمان، مکان و فرهنگ فراهم می‌آورند. همچنین عوامل متعددی که مواجهات در گروه‌های سنی مختلف بسته به آن‌ها اصلاح می‌گردند، شرح داده شده‌اند (شکل ۱۱).



منبع: Cohen Hubal و همکاران (۷۱).

شکل ۱۱: چارچوب عوامل تصحیح‌کننده مواجهه در ارتباط با جغرافیا و فرهنگ

همچنین کتاب "راهنمای عوامل مواجهه ویژه کودکان" که توسط EPA ایالات متحده منتشر شده (۱۲۸، ۱۲۷)، جهت ارزیابی مواجهه در کودکان خردسال کمک‌کننده است. این عوامل شامل مصرف آب آشامیدنی، بلع خاک و عوامل غیر رژیم غذایی، نرخ استنشاق، عوامل پوستی از جمله مساحت پوست و عوامل چسبندگی خاک، مصرف میوه‌ها و سبزیجات، ماهی، گوشت، لبنیات، غذاهای بومی، شیر انسان، الگوهای فعالیت، وزن بدن و محصولات می‌باشند. طیفی از نمونه سناریوها، به ویژه برای کودکان، در EPA ایالات متحده موجود است (۱۲۹).

٤-۸-۳. سناریوها و منابع انتشار

مواد شیمیایی می‌توانند از منابع مختلفی وارد محیط زیست شوند. این منابع شامل انتشار از نقاط گسسته، مساحت‌ها یا حجم‌ها، و مناطق جغرافیایی وسیعی است که ممکن است کمی‌کردن آن‌ها به طور دقیق امکان‌پذیر نباشد. توضیحات جامع متعددی از انواع گوناگون منابع انتشار مواد شیمیایی به هوا و آب در متون علمی منتشر گردیده است.

مستندات سناریوی انتشار دربرگیرنده‌ی توصیف منابع، فرآیندهای تولید، مسیرها و الگوهای استفاده از عملیات صنعتی تجاری متعدد با هدف کمی‌سازی انتشار مواد شیمیایی به آب، هوا، خاک یا مواد زائد جامد است. می‌توان از این مستندات به منظور ایجاد فرضیه‌هایی درباره آلاینده‌های مد نظر که ممکن است با منبع خاصی مانند یک عملیات تولیدی، آزمایشگاه، منطقه دفع یا محل پسماند در ارتباط باشند، استفاده نمود. مستندات سناریوی انتشار علاوه بر آلاینده‌های مورد نظر، اغلب توضیحاتی از فرآیندهای صنعتی و نقاط مربوطه و تخلیه انواع محصولات جانبی به هوا، آب و خاک ارائه می‌دهند.

OECD مستندات سناریوی انتشار را برای بیش از ۶۰ رده صنعتی یا رده مصرفی از جمله مواد نگهدارنده چوب، افزودنی‌های پلاستیک، پردازش چرم، کارخانه‌های کاغذ، بازدارنده‌های شعله و بسیاری دیگر فراهم نموده است (۱۳۰). همچنین، ECHA (۱۴) مستندات سناریوی انتشار که انتشارات محیطی را برای رده‌های مختلف صنعتی و محصولات زیست‌کش تشریح می‌کند، در دسترس قرار داده است. این مستندات جهت درک فرآیندهایی که ممکن است در انتشار آلاینده‌ها نقش داشته باشند، مفید هستند و از فرآیند شناسایی مخاطره حمایت می‌نمایند.

٤-٨-٤. نرخ انتشار

نرخ انتشار عبارتست از انتشار ماده شیمیایی از یک منبع که به صورت مقدار در هر زمان – به عنوان مثال، گرم در ثانیه یا تن در سال بیان می‌شود. به این ترتیب، نرخ‌های انتشار برای توصیف اندازه یا شدت انتشار مربوط به یک منبع مفید هستند. در برخی موارد، ممکن است نرخ انتشار یک ماده شیمیایی از یک منبع، شاید از طریق پایش یا برآوردهایی که قبلاً انجام شده، شناخته شده باشد. با این حال، در بیشتر موارد نرخ‌های انتشار شناخته شده نیستند. در چنین شرایطی، فرد ارزیابی‌کننده ممکن است بتواند نرخ انتشار را از اطلاعات مربوط به فرآیند به‌کارگرفته شده توسط منبع و عوامل انتشار مربوط به فرآیند که در کتاب‌های منبع و پایگاه‌های داده مختلف منتشر شده، برآورد نماید.

عوامل انتشار که به طور تخصصی کارشناسی و عموما پذیرفته شده‌اند برای بسیاری از فرآیندها و منابع توسط چندین سازمان گردآوری شده‌اند (جدول ۱۹). برنامه پایش و ارزیابی اروپا و آژانس محیط زیست اروپا عوامل انتشار و اطلاعات مربوطه را برای ارزیابی آلاینده‌های فرامرزی دوربرد هوا منتشر می‌کنند. نمونه‌های دیگر در جدول شماره ۱۹ آورده شده است.

به طور کلی عوامل انتشار پیش‌فرض برای انتشار از محل‌های پسماند شیمیایی، محل‌های ذخیره‌سازی مواد شیمیایی با ظروف در حال نشت و منابع دیگری که فرآیند محور نیستند، قابل اجرا نمی‌باشند. در عوض، می‌توان از اندازه‌گیری‌ها یا مدل‌ها به منظور برآورد کردن نرخ انتشار در آن شرایط استفاده کرد. در EHC شماره ۲۱۴ (۸)، رویکردهای اندازه‌گیری به تفصیل شرح داده شده‌اند و رویکردهای مدل‌سازی معرفی شده‌اند.

انتشار شیمیایی از محل‌های پسماند و سناریوهای مربوطه در درجه اول در نتیجه فرآیندهای نفوذی[1] رخ می‌دهد که در آن مواد شیمیایی از مکان‌هایی با غلظت بالا به مکان‌هایی با غلظت پایین حرکت می‌کنند. نرخ نفوذی که در آن یک ماده شیمیایی منتشر خواهد شد به وسیله خصوصیات فیزیکی- شیمیایی ماده شیمیایی و شرایط محیطی مانند دما تعیین می‌گردد. عامل بالقوه یک ماده شیمیایی آلی نیمه فرار، مانند p وp- دی کلرو دی فنیل دی کلرو اتن[2] یا DDE (یک محصول تجزیه p وp- دی کلرو دی فنیل تری کلرو اتان[3] یا DDT) را برای تبخیر از خاک سطحی به هوا در نظر بگیرید. در میان سایر عوامل، اصولا فراریت به فشار بخار ماده شیمیایی و استحکام لینک بین ماده شیمیایی و خاک بستگی خواهد داشت. جزئیات این روش‌ها فراتر از حوزه این ابزار است و خوانندگان به برخی از متون و راهنماهای اولیه در این موضوع ارجاع داده می‌شوند.

جدول ۱۹: منابع به طور گسترده پذیرفته شده در مورد انتشار

منبع	موضوع	منبع
برنامه پایش و ارزیابی اروپا	داده‌های انتشار آلاینده‌های فرامرزی دوربرد هوا	EMEP (۱۳۱)
آژانس محیط زیست اروپا	فهرست انتشار آلاینده‌ها برای منابع ثابت و متحرک	EEA (۱۳۲)
فهرست ملی انتشارات جوی	پایگاه داده عوامل انتشار	NAEI (۱۳۳)
پایگاه داده عوامل انتشار هیات بین‌دولتی تغییرات اقلیم[4] (IPCC)	عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای	IPCC (۱۳۴)
موسسه پایاپای برای موجودی‌ها و عوامل انتشار	فهرست انتشار آلاینده‌ها برای منابع ثابت و متحرک	EPA ایالات متحده (۱۳۵)

[1] Diffusive processes
[2] p,p-dichlorodiphenyldichloroethene
[3] p,p-dichlorodip henyltrichloroethane
[4] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

٤-٨-٥. حمل و نقل و سرنوشت

مواد شیمیایی می‌توانند پس از آزاد شدن از یک منبع، مطابق با خصوصیات خود و واسطه‌های حمل و نقل، در آب، هوا و خاک حرکت کنند. ابزارهای متعددی برای یاری رسانی به مولفه حمل و نقل و سرنوشت در ارزیابی مواجهه در دسترس هستند.

مدل‌های ترجیحی و پیشنهادی متعددی برای انتشار در جو توسط سازمان‌های بین‌المللی و ملی تعیین شده‌اند. برخی از این مدل‌ها در حوزه عمومی موجود هستند و به این ترتیب ارزیابی‌کنندگان خطر در سراسر جهان می‌توانند به آن‌ها دسترسی داشته باشند. احتمالاً آموزش‌های تخصصی، چه به صورت رسمی و چه به صورت غیررسمی، برای استفاده از این مدل‌ها مورد نیاز هستند. بنابراین، چنانچه یکی از این ابزارها برای ارزیابی مواجهه مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است فرد ارزیابی‌کننده خطر انتخاب کند که از یک متخصص کمک بگیرد. AERMOD (۱۳۶)، مثالی از یک مدل پراکندگی است.

برای انتشار به آب، MODFLOW یک مدل در دسترس عموم است که به طور متداول برای ارزیابی انتقال و سرنوشت مواد شیمیایی به آبخوان‌ها یا آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳۷). MODFLOW می‌تواند جریان آب زیرزمینی و آلاینده‌ها در آن از جمله اثرات چاه‌ها، رودخانه‌ها، نهرها، زهکش‌ها، تبخیر و شارژ مجدد را شبیه‌سازی کند. این ابزار نیز همانند مدل‌های هوایی که در بالا ذکر شد، نیازمند آموزش و تمرین است تا بتواند با موفقیت به کار گرفته شود. طیف گسترده‌ای از ابزارها برای برآورد حمل و نقل و سرنوشت در آب‌های سطحی در دسترس است. ارزیابی‌کنندگان خطر برای آشنایی با این روش‌های ارزیابی به "راهنمای WHO برای کیفیت آب آشامیدنی" هدایت می‌شوند (۲).

بر خلاف ابزارهای ارزیابی مواجهه در یک واسطه، مانند هوا یا آب، می‌توان از برخی ابزارها برای توصیف توزیع آلاینده‌های شیمیایی در میان واسطه‌های محیطی متعددی از جمله آب سطحی، خاک، رسوبات و هوا، و همچنین جزءبندی بین فازهای گازی، آبی و جامد در هر یک از آن واسطه‌ها استفاده کرد. این مدل‌ها به جای شبیه‌سازی حمل و نقل و سرنوشت بر اساس تلاطم جوی، جریانات آب و سایر فرآیندهای پهن‌رفت[1]، بر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی یک ماده شیمیایی جهت پیش‌بینی توزیع آن در واسطه‌های محیطی بر اساس فرآیندهای انتشار تکیه می‌کنند. در نتیجه، وسعت جغرافیایی حوزه ارزیابی و غلظت اولیه آلاینده‌ها در مرزهای حوزه از خصوصیات مهم ارزیابی است. به این دلایل و دلایل دیگر، معمولا مدل‌های چند واسطه‌ای از این نوع در مقیاس منطقه‌ای به جای بومی عمل می‌کنند. مدل‌های سرنوشت محیطی همچنان به تکامل خود ادامه می‌دهند؛ بحث توسعه در این زمینه را می‌توان در متون علمی یافت.

[1] Advective

سیستم اتحادیه اروپا برای سنجش مواد[1] (EUSES) شامل یک مدل انتقال و سرنوشت محیطی چند واسطه‌ای است که به طور خاص برای ارزیابی خطر شیمیایی ایجاد شده است. مدل EUSES، مستندات و مواد آموزشی پشتیبان در وب سایت ECHA در دسترس هستند (۱۳۸). EUSES عمدتاً برای ارزیابی‌های خطر اولیه و تصحیح شده به جای ارزیابی‌های جامع در نظر گرفته شده است.

٤-٨-٦. غلظت‌های مواجهه

غلظت مواجهه عبارتست از غلظت یک ماده شیمیایی در یک واسطه محیطی که یک فرد با آن در تماس است. این واسطه‌ها شامل هوا، آب و خاک در محیط های بیرونی و داخلی با رفت و آمد زیاد توسط یک جمعیت، همچنین غذا و محصولات است.

در حالت ایده‌آل، غلظت مواجهه برای واسطه‌ها، مکان‌ها و مدت زمان‌هایی به دست خواهد آمد که نمایانگر تماس بالقوه انسان با ماده شیمیایی مد نظر هستند. بنابراین، میزان یک ماده شیمیایی در واسطه‌های محیطی، غذا یا محصولاتی که واقعاً استنشاق می‌شوند، بلعیده می‌شوند یا در تماس با پوست هستند، مورد توجه اولیه است. به عنوان مثال، بر خلاف غلظت ماده شیمیایی در هوای محیط بیرون یا داخل، غلظت یک ماده شیمیایی در منطقه تنفس یک فرد مثالی از غلظت مواجهه ایده‌آل است. با در نظر گرفتن آب، بر خلاف سطوح در منابع قابل شرب، مانند مخزن یا رودخانه، غلظت‌های شیمیایی در آب واقعی مورد استفاده برای آشامیدن، استحمام و پخت و پز نشان‌دهنده غلظت مواجهه ایده‌آل است.

مثال‌هایی از رویکردهای مبتنی بر اندازه‌گیری در تعیین غلظت مواجهه در مطالعات موردی در پیوست‌ها آورده شده است. رویکردهای مدل‌سازی که اغلب برای برآورد غلظت مواجهه مورد استفاده قرار می‌گیرند، در زیربخش‌های ۴-۸-۴ و ۴-۸-۵ معرفی شده‌اند. با اشاره به زیربخش ۴-۸-۵، ویژگی‌های ارزیابی مواجهه در مدل EUSES، کل چرخه زندگی مواد شیمیایی و همچنین سرنوشت آن‌ها در همه بخش‌های محیطی را در سه مقیاس فضایی پوشش می‌دهد: مقیاس فردی برای مصرف‌کنندگان و کارگران، مقیاس محلی برای افراد در نزدیکی منابع نقطه‌ای و مقیاس منطقه‌ای برای افرادی که در نتیجه همه انتشارات در یک منطقه بزرگتر در معرض قرار می‌گیرند. اطلاعات مفصل در مورد هر دو نوع رویکرد در EHC شماره ۲۱۴ ارائه شده است (۸). در نهایت، خلاصه‌های جامعی از اطلاعات مواجهه برای مواد شیمیایی خاص در بسیاری از فهرست منابع و منابع بین بخشی ارائه شده در بخش‌های ۴-۴ و ۴-۵ در دسترس است. این منابع شامل غلظت‌های مواجهه و نرخ‌های مواجهه است که در متون علمی برای هر دو سناریوی مواجهه شغلی و محیطی در کشورها و مناطق مختلف جهان گزارش شده است. به عنوان مثال، مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا میزبان بستر اطلاعاتی برای

[1] European Union System for the Evaluation of Substances (EUSES)

پایش مواد شیمیایی[1] (IPCHEM) است که داده‌های مربوط به رخدادهای شیمیایی، که بیشتر در اروپا هستند، را جمع‌آوری می‌کند. IPCHEM از چهار ماژول برای پایش محیطی، پایش زیستی انسان، غذا و خوراک حیوانات، و محصولات و هوای داخل تشکیل شده است (۱۳۹).

٤-٨-٧. مواجهه ناشی از محصولات

عموم جامعه علاوه بر مواجهه با مواد شیمیایی در واسطه‌های محیطی و مواد غذایی، به صورت روزانه در معرض مواد شیمیایی موجود در محصولات، مانند پاک‌کننده‌های خانگی، محصولات حشره-کش، رنگ‌ها و محصولات مراقبت شخصی نیز قرار می‌گیرند. آگاهی از این محصولات به عنوان یک منبع مهم مواجهه با مواد شیمیایی در سال‌های اخیر افزایش یافته است، و توجه زیادی بر ارزیابی مواجهه ناشی از این محصولات متمرکز شده است. اطلاعات در مورد وجود مواد شیمیایی در محصولات را می‌توان از فهرست مواد تشکیل‌دهنده محصول، متون علمی و برگه‌های اطلاعات ایمنی (برای محصولاتی که در محل کار نیز استفاده می‌شوند)، و همچنین از پایگاه‌های داده موجود مانند داشبورد مواد شیمیایی CompTox به دست آورد (۱۶).

چندین مدل توسط آژانس‌ها به منظور برآورد مواجهه با مواد شیمیایی ناشی از محصولات توسعه یافته‌اند، از جمله مجموعه مدل‌های ConsExpo (زیربخش۴-۸-۲ را ملاحظه نمایید) که توسط انستیتوی ملی سلامت عمومی و محیط زیست هلند (RIVM) توسعه یافته‌اند. ConsExpo برای استفاده به عنوان یک مدل ارزیابی مواجهه مصرف‌کننده طبقه بالاتر در حوزه REACH اتحادیه اروپا (۳۸، ۳۹) توصیه می‌شود. مدل‌ها و ابزارهای متعدد دیگری در مورد مواجهه پوستی در EHC شماره ۲۴۲ شرح داده شده‌اند (۱۵).

WHO مدل‌های کلی را برای برآورد مواجهه با حشره‌کش‌های مورد استفاده برای مه‌پاشی در فضا (محیط‌های داخل و بیرون)، سم‌پاشی ابقایی در محیط داخلی، آغشته‌سازی پشه‌بندها و برای محصولات مورد استفاده به عنوان لاروکش و قارچ‌کش تدوین نموده است (۴۳).

٤-٩. منابع توصیف خطر

به اطلاعات مربوط به توصیف خطر، یعنی آخرین مرحله در ارزیابی خطر، معمولاً توسط مستندات فهرست شده در جداول ۹ و ۱۰ در زیربخش ۴-۴-۱ پرداخته می‌شود.

[1] Information Platform for Chemical Monitoring

بخش ۵: رویکردها و روش‌شناسی‌های در حال تکامل

روش‌شناسی‌ها برای ارزیابی خطر شیمیایی با گذشت زمان و با کسب دانش و تجربه بیشتر و با افزایش سرعت پیشرفت‌های تکنولوژی به عنوان وسیله‌ای برای تولید و تحلیل داده‌های مربوطه تکامل می‌یابند. فعالیت‌های مشترک بین‌المللی، مانند فعالیت‌هایی که تحت شبکه ارزیابی خطر شیمیایی سازمان جهانی بهداشت (۱۴۰) و سایر ابتکارات انجام شده‌اند، به طور قابل ملاحظه‌ای در توسعه رویکردهای آینده‌نگر و هماهنگ برای ارزیابی خطر مشارکت می‌کنند. برخی از توسعه‌های در حال تکامل در روش‌شناسی ارزیابی خطر شیمیایی، که ممکن است در ارزیابی‌های بین‌المللی گنجانده شوند و در مورد آن می‌توان با کاربران این ابزار مشورت نمود، به طور خلاصه در زیر شرح داده می‌شوند.

۵-۱. روش‌شناسی‌های مبتنی بر شواهد

پذیرش گسترده پزشکی مبتنی بر شواهد، دانشمندان را بر آن داشته است تا از اصول ارزیابی کیفیت مبتنی بر شواهد و مرور نظام‌مند در سم‌شناسی و ارزیابی خطر سلامت انسان بهره گیرند. برای ارزیابی کیفیت بدنه شواهد و به منظور توسعه و گزارش توصیه‌ها در هنگام توسعه راهنماها، WHO رویکردی را را اتخاذ نموده است که به طور گسترده مورد استفاده درجه‌بندی ارزیابی توصیه‌ها، توسعه و سنجش (GRADE) می‌باشد (۱۴۱). این یک چارچوب ساختار یافته برای ارزیابی کیفیت شواهد با

استفاده از فرآیندهایی است که صریح و شفاف هستند (۵۸). رویکرد GRADE برای رتبه‌بندی کیفیت شواهد در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

#توجه: معیارهای ارتقا کیفیت فقط در مطالعات مشاهده‌ای بدون هیچ دلیلی برای تنزل درجه قابل استفاده هستند.
منبع: WHO (۵۸).

شکل ۱۲: رویکرد GRADE برای رتبه‌بندی کیفیت شواهد برای هر پی‌آمد

همان‌طور که در بالا در زیربخش ۴-۴-۱ اشاره شد، WHO در حال تدوین یک مستند چارچوب سطح بالا در مورد استفاده از مرور نظام‌مند در ارزیابی خطر شیمیایی است. مرور نظام‌مند به یک فرآیند ساختار یافته و مستند برای در نظر گرفتن اطلاعات مربوطه با اهداف به حداقل رساندن خطا و سوگیری و تولید یک مرور متون شفاف اشاره دارد. سایر موسسات، از جمله برنامه ملی سم‌شناسی ایالات متحده و EFSA، رهنمود مفصلی را برای استفاده از مرور نظام‌مند و ادغام شواهد در ارزیابی خطر سلامت انسان تدوین کرده‌اند (۱۴۲، ۱۴۳).

۵-۲. گروه‌بندی و خواندن روابط[1] مواد شیمیایی

برای تسهیل ارزیابی هم زمان چند ماده شیمیایی مرتبط، از جمله آن‌هایی که اطلاعات محدودی در مورد آن‌ها در دسترس است، OECD رهنمودی را در مورد رویکردهای آنالوگ و طبقه‌بندی منتشر نموده است (۱۴۴). در رویکرد آنالوگ، خلاءهای داده‌ها برای یک ماده شیمیایی خاص با استفاده از داده‌های یک یا چند ماده شیمیایی مشابه ("آنالوگ(ها)") یا مواد شیمیایی "منبع" برای پیش‌بینی همان پی‌آمد برای ماده شیمیایی "هدف" پر می‌شود. در رویکرد طبقه‌بندی، مواد شیمیایی که خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و سم‌شناسی آن‌ها احتمالا مشابه هستند یا در نتیجه شباهت ساختاری از یک الگوی منظم پیروی می‌کنند، ممکن است به عنوان یک گروه در نظر گرفته شوند. این رویکرد با رویکرد آنالوگ که در آن هر ماده شیمیایی بر مبنای انفرادی ارزیابی می‌شود، متفاوت است، و در آن خصوصیات مواد شیمیایی منفرد به جای اینکه بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده برای هر یک از مواد شیمیایی خاص به تنهایی باشند، در یک طبقه بر اساس سنجش طبقه به صورت کلی ارزیابی می‌شوند. خلاءهای داده‌ها را می‌توان به طرق مختلفی از جمله با خواندن روابط (به صورت کیفی یا کمی) یک یا چند ماده شیمیایی دیگر در آن طبقه پر کرد. در یک طبقه شیمیایی، اعضا اغلب با روند اثری برای یک پی‌آمد مشخص با یکدیگر مرتبط هستند، و می‌توان از طریق استخراج یک مدل مبتنی بر داده‌ها برای اعضای آن طبقه، تحلیل روند را انجام داد. چنانچه رویکردهای گروه‌بندی و خواندن روابط قابل اعمال باشند، می‌توانند نیاز به آزمایش تجربی را کاهش دهند چرا که در این صورت لازم نیست هر ماده‌ای آزمایش گردد.

۵-۳. آستانه نگرانی سم‌شناسی

آستانه نگرانی سم‌شناسی[2] (TTC)، یک ابزار ارزیابی خطر عملی است که ممکن است برای ارزیابی نگرانی‌های بالقوه سلامت انسان برای یک ماده شیمیایی بر اساس شباهت‌های ساختاری آن با سایر مواد شیمیایی و مواجهه برآورد شده هنگامی که داده‌های سمیت خاص ماده شیمیایی کمیاب هستند یا وجود ندارند، مورد استفاده قرار گیرد. رویکرد TTC یک روش‌شناسی مناسب هدف است که می‌توان از آن به عنوان یک ابزار غربالگری برای ارزیابی مواجهات شیمیایی با دوز پایین و شناسایی مواردی که به داده‌های بیشتری برای ارزیابی خطر سلامت انسان نیاز دارند، استفاده نمود. همچنین، می‌توان از آن در مواردی که ارزیابی تعداد زیادی از ترکیبات با مواجهه کم مورد نیاز باشد، در اولویت-بندی تعداد زیادی از ترکیبات در جایی که منابع محدود هستند، و یا زمانی که یک ارزیابی ایمنی سریع

---

[1] Read-across
[2] Threshold of toxicological concern (TTC)

مورد نیاز است، نیز استفاده نمود. این رویکرد در طول سال‌ها تکامل یافته است و توسط EFSA و WHO برای ایجاد رویکرد طبقه‌بندی شده و همراهی کردن با درخت تصمیم توسعه یافته است، که تشخیص دهد رویکرد TTC برای برخی از انواع مواد شیمیایی مانند مواد سرطان‌زا با قدرت بالا، مواد معدنی، فلزات و سایر انواع مناسب نیست (۱۴۵). EFSA رهنمودی را جهت استفاده از رویکرد TTC در ارزیابی ایمنی مواد غذایی منتشر نموده است (۱۴۶).

۵-٤. مسیرهای پی‌آمد نامطلوب

OECD، از طریق تعامل کشورهای عضو خود، توسعه مداوم مسیرهای پی‌آمد نامطلوب[1] (AOPs) را برای حمایت از توسعه استراتژی‌های آزمایش و ارزیابی مخاطره براساس استدلال مکانیستی رهبری کرده است (۱۰۴). بر اساس همان اصول چارچوب نحوه عملکرد WHO/IPCS (۱۱)، AOP توالی پذیرفتنی از رخدادهای اصلی[2] (KEs) علیتی مرتبط و روابط رخداد کلیدی[3] (KERs) در سطوح مختلف سازمان بیولوژیکی، از رخداد آغازین مولکولی[4] (MIE) ناشی از مواجهه با یک عامل استرس‌زای شیمیایی تا پی‌آمد نامطلوب (اثر سلامت) در انسان‌ها یا حیات وحش را توصیف می‌کند. AOPها در OECD AOP Wiki که یک دایره المعارف تعاملی و مجازی برای توسعه AOP است، در دسترس هستند. پس از توسعه و بررسی آن‌ها، AOPهای تأیید شده در مجموعه OECD در خصوص مسیرهای پی‌آمد نامطلوب (۱۴۷) منتشر می‌شوند. یک رهنمود برای تهیه و ارزیابی AOPها و یک کتاب راهنمای کاربران نیز از طریق OECD در دسترس است (۱۴۸). نمایش طرح کلی AOP در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

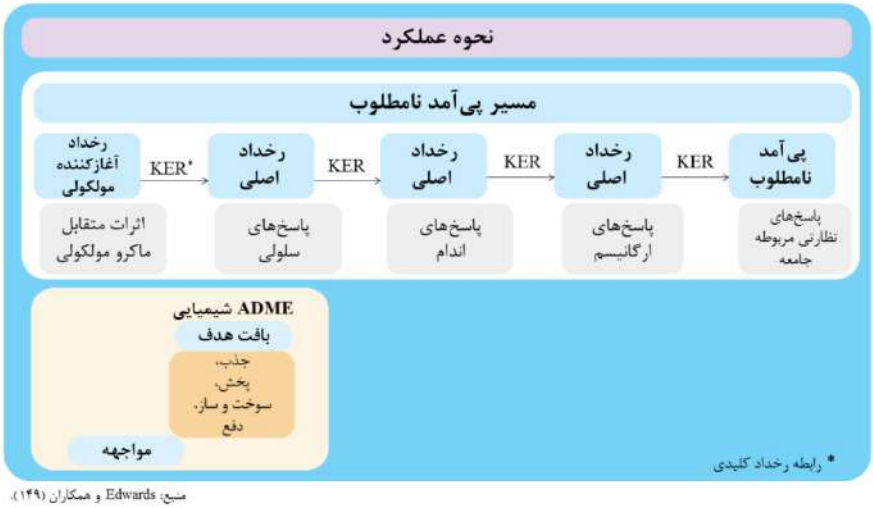
در حالیکه تحلیل‌های AOPها و نحوه عملکرد[5] (MOA) از نظر مفهومی یکسان هستند، به طوریکه هر دو توالی رخدادهای علیتی مرتبط منجر به سمیت را توصیف می‌کنند، AOPها برای مواد شیمیایی خاص اعمال نمی‌شوند، در حالیکه تحلیل‌های MOA برای مواد شیمیایی خاص ساخته شده و بنابراین با توجه به هماهنگی گونه‌ها نیاز به یکی کردن اطلاعات خاص ماده شیمیایی، مانند سوخت و ساز و تاکسیکوکینتیک دارند (۱۴۹). بنابراین، یک MOA را می‌توان بسط یک AOP در نظر گرفت (شکل ۱۴).

---

[1] Adverse Outcome Pathway (AOP)
[2] Key event (KE)
[3] Key event relationships (KER)
[4] Molecular initiative event (MIE)
[5] Mode of Action (MOA)

منبع: شکل مجددا تولید شده از OECD (۱۰۴).

شکل ۱۳: نمایش طرح کلی AOP با اشاره به تعدادی از مسیرها نشان داده شده است



منبع: Edwards و همکاران (۱۴۹).

شکل ۱۴: نمایش رابطه میان MOA و AOP

۵-۵. روش‌شناسی‌های رویکرد جدید

کار گسترده همچنان توسط موسسات متعدد ملی و بین‌المللی (مانند ECHA، OECD، و مرکز تحقیقات مشترک اتحادیه اروپا) برای افزایش الحاق روش‌شناسی‌های رویکرد جدید (که اغلب به عنوان "NAMs[1]" از آن نام برده می‌شود) در ارزیابی خطر سلامت انسان ادامه دارد. روش‌شناسی‌های رویکرد جدید شامل طیفی از رویکردهای آزمایش غیر حیوانی از جمله در ابزارهای درون رایانه‌ای[2]، در شیمی و در سنجش‌های برون‌تنی، و غربالگری با توان عملیاتی بالا و روش‌های با محتوای بالا مانند ژنومی[3]، پروتئومیک و متابولومیک است (۱۵۰). روش‌شناسی‌های رویکرد جدید در اطلاع‌رسانی رویکردهای یکپارچه برای آزمایش و ارزیابی (۱۵۱) و ارائه رهنمود برای استراتژی‌های آزمایش هدفمند حائز اهمیت هستند. روش‌شناسی‌های رویکرد جدید، علاوه بر ارائه اطلاعات ارزشمند در مورد سمیت مواد شیمیایی، برای استفاده در ارزیابی مواجهه، که مکمل داده‌های اندازه‌گیری شده است نیز در حال توسعه می‌باشند (۱۵۲).

۵-۶. استفاده از داده‌های برون‌تنی برای توصیف دوز-پاسخ

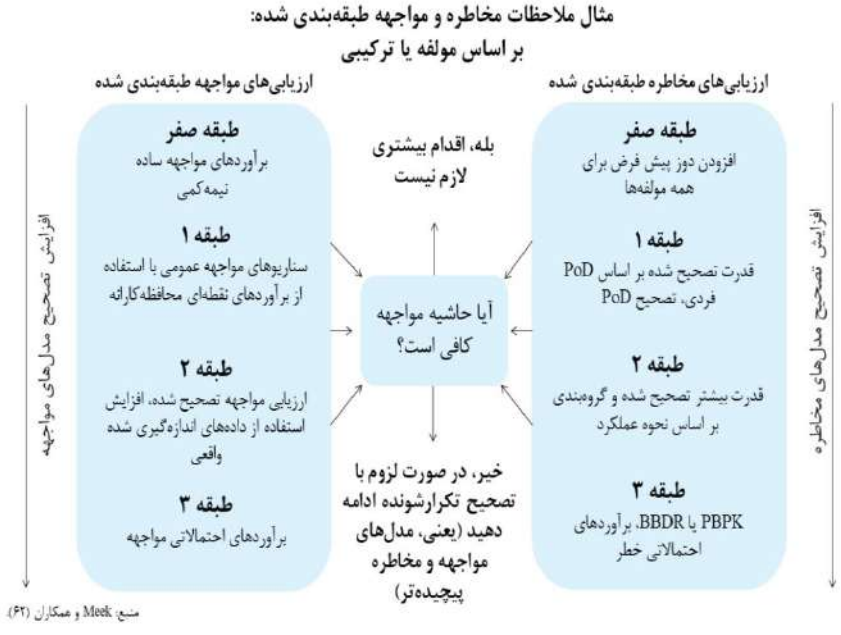
در پرتو ابتکارات به منظور کاهش انجام آزمایش حیوانی و افزایش کارآیی و مرتبط بودن با انسان در ارزیابی سم‌شناسی، داده‌های دوز-پاسخ از مطالعات برون‌تنی به طور فزاینده‌ای در ارزیابی خطر در نظر گرفته می‌شوند. در این زمینه چالش‌های متعددی از جمله ایجاد روابط کیفی و کمی بین مشاهدات برون‌تنی و اثرات نامطلوب درون‌تنی وجود دارند که باید به آن‌ها پرداخته شود. یک حوزه تحقیقاتی گسترده در حال پیشرفت که از آن به عنوان برون‌یابی کمی برون‌تنی به درون‌تنی[4] (QIVIVE) یاد می‌شود، به این چالش‌ها می‌پردازد و استفاده کمی بیشتر از داده‌های برون‌تنی را در ارزیابی خطر سلامت انسان تسهیل می‌کند. به عنوان مثال، یک ابزار گردش کار برای انجام تحلیل‌های برون‌یابی برون‌تنی به درون‌تنی[5] (IVIVE) در محیط شیمیایی یکپارچه[6] (ICE) برنامه ملی سم‌شناسی ایالات متحده موجود است (۱۵۳).

---

[1] New approach methodologies (NAM)
[2] In silico
[3] Genomics
[4] Quantitative in vitro to in vivo extrapolation (QIVIVE)
[5] In vivo to in vitro extrapolation (IVIVE)
[6] Integrated chemical environment (ICE)

۵-۷. استراتژی‌ها جهت ارزیابی و آزمودن مواجهه با چند ماده شیمیایی

از آن‌جا که انسان‌ها معمولاً به طور همزمان در معرض چندین ماده شیمیایی قرار می‌گیرند، WHO چارچوبی را برای ارزیابی مواجهه هم‌زمان با چند ماده شیمیایی نیز توسعه داده است (شکل ۱۵). این چارچوب شامل رویکرد طبقه‌ای افزایش سطوح تصحیح برای ملاحظه یکپارچگی و مکرر مواجهه و مخاطره در کلیه فازها است (۶۳–۶۱).



شکل ۱۵: نمایش مفهومی چارچوب IPCS برای ارزیابی خطر مواجهه ترکیبی با چند ماده شیمیایی

OECD مرور اجمالی بر جنبه‌های فنی رویکردها و روش‌شناسی‌های گوناگون موجود منتشر نموده است که با توجه به ارزیابی خطرات ناشی از مواجهات ترکیبی با چندین ماده شیمیایی حاصل می‌گردند، که از رویکردهای اعمال شده و تجارب به دست آمده در مفاد نظارتی است (۱۵۴). در حالیکه این مستند رهنمودی ارائه نمی‌دهد، اما ملاحظات اصلی علمی را که باید در ارزیابی چنین شرایط مواجهه و استفاده از توصیف خطر از طریق یک رویکرد طبقه‌ای در نظر گرفته شود، مطرح می‌کند.

پروژه EuroMix (۱۵۵) جهت حمایت از توسعه یک استراتژی طبقه‌ای هماهنگ برای ارزیابی خطر مواجهات ترکیبی با چند ماده شیمیایی حاصل از منابع مختلف و همچنین توسعه استراتژی‌های کارآمد برای آزمودن به منظور تولید داده‌ها برای تصحیح ارزیابی خطر ترکیبات آغاز شده است. خروجی‌های پروژه EuroMix شامل ابزاری از مدل‌ها و داده‌ها جهت پشتیبانی از ارزیابی خطر ترکیبات شیمیایی (۱۵۶) و کتاب راهنمای EuroMix است (۱۵۷).

توسعه روش‌شناسی‌ها به منظور ارزیابی خطرات ناشی از چندین ماده شیمیایی به عنوان یک موضوع مهم توسط همه ذینفعان شناخته شده است و این موضوعی است که پیش‌بینی می‌گردد روش‌شناسی‌های آن در طول زمان به تکامل خود ادامه دهند.

فهرست منابع

1. International Programme on Chemical Safety. IPCS risk assessment terminology. Part 1: IPCS/OECD key generic terms used in chemical hazard/risk assessment. Part 2: IPCS glossary of key exposure assessment terminology. Harmonization Project Document No. 1. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization; 2004 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/42908, accessed 11 November 2020).

2. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition, incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637, accessed 11 November 2020).

3. The OECD environmental risk assessment toolkit: tools for environmental risk assessment and management. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2019 (https://www.oecd.org/env/ehs/risk-assessment/environmental-risk-assessment-toolkit.htm, accessed 11 November 2020).

4. Persistent organic pollutants toolkit. Washington (DC): World Bank; 2008 (http://www.popstoolkit.com/, accessed 11 November 2020).

5. OECD guidelines for the testing of chemicals. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2019 (http://www.oecd.org/env/ehs/testing/oecdguidelinesforthetestingofchemicals.htm, accessed 11 November 2020).

6. International Programme on Chemical Safety. Principles for modelling dose–response for the risk assessment of chemicals. Environmental Health Criteria 239. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2009 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43940, accessed 14 November 2020).

7. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. Environmental Health Criteria 240. Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2009 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44065, accessed 14 November 2020).

8. International Programme on Chemical Safety. Human exposure assessment. Environmental Health Criteria 214. Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Organization and World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2000 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm, accessed 14 November 2020).

9. International Programme on Chemical Safety. Guidance document on evaluating and expressing uncertainty in hazard characterization, second edition. Harmonization Project Document No. 11. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2018 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/259858, accessed 19 November 2020).

10. Sexton K, Kleffman D, Callahan M. An introduction to the national human exposure assessment survey and related phase I field studies. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology. 1995;5:229–232.

11. Meek ME, Boobis A, Cote I, Dellarco V, Fotakis G, Munn S et al. New developments in the evolution and application of the WHO/IPCS framework on mode of action/species concordance analysis. Journal of Applied Toxicology. 2014;34(1):1–18. doi:10.1002/jat.2949.

12. Air quality guidelines – global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823, accessed 14 November 2020).

13. Emission scenario documents. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2019 (http://www.oecd.org/env/ehs/risk-assessment/emissionscenariodocuments.htm, accessed 14 November 2020).

14. Emission scenario documents. Helsinki: European Chemicals Agency; 2020. (https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-biocides-legislation/emission-scenario-documents, accessed 10 December 2020).

15. International Programme on Chemical Safety. Dermal exposure. Environmental Health Criteria 242. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2014 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc242.pdf, accessed 14 November 2020).

16. CompTox Chemicals Dashboard. United States Environmental Protection Agency (https://comptox.epa.gov/dashboard, accessed 14 November 2020).

17. INCHEM internationally peer reviewed chemical safety information. Geneva: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (http://www.inchem.org/pages/icsc.html, accessed 14 November 2020).

18. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS, Rev.8). Geneva: United Nations Economic Commission for Europe; 2019 (https://www.unece.org/index.php?id=51896, accessed 14 November 2020).

19. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans: Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–128. Lyon: International Agency for Research on Cancer (https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/, accessed 25 January 2021).

20. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans: preamble, amended January 2019. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2019 (https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2019/07/Preamble-2019.pdf, accessed 14 November 2020).

21. Pesticide residues in food: WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues: guidance document for WHO monographers and reviewers. Geneva: World Health Organization; 2015 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/144511, accessed 19 November 2020).

22. International Programme on Chemical Safety. Chemical-specific adjustment factors for interspecies differences and human variability: guidance document for use of data in dose/concentration–response assessment. Harmonization Project Document No. 2. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2005 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43294, accessed 19 November 2020).

23. Bhat VS, Meek ME, Valcke N, English C, Boobis A, Brown R. Evolution of chemical-specific adjustment factors (CSAF) based on recent international experience: increasing utility and facilitating regulatory acceptance. Critical Reviews in Toxicology. 2017;47(9):729–49. doi:10.1080/10408444.2017.1303818.

24. International Programme on Chemical Safety. Characterization and application of physiologically based pharmacokinetic models in risk assessment. Harmonization Project Document No. 9. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2010 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44495, accessed 19 November 2020).

25. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food: update to chapter 5. Environmental Health Criteria 240. Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2020. (https://www.who.int/publications/i/item/9789241572408, accessed 25 January 2021).

26. Food safety: databases. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases, accessed 19 November 2020).

27. eChemPortal: the global portal to information on chemical substances. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (https://www.echemportal.org/echemportal/, accessed 19 November 2020).

28. Chiu WA, Slob W. A unified probabilistic framework for dose–response assessment of human health effects. Environmental Health Perspectives. 2014;123:1241–54. doi:10.1289/ehp.1409385.

29. Bokkers BGH, Mengelers MJ, Bakker MI, Chiu WA, Slob W. APROBA-Plus: a probabilistic tool to evaluate and express uncertainty in hazard characterization and exposure assessment of substances. Food and Chemical Toxicology. 2017;220:408–17. doi:10.1016/j.fct.2017.10.038.

30. Air quality guidelines for Europe, second edition. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2000 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335, accessed 19 November 2020).

31. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2010 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/260127, accessed 19 November 2020).

32. Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2017 (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf, accessed 19 November 2020).

33. WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. Geneva: World Health Organization; 2014 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/141496, accessed 19 November 2020).

34. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2009 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/164348, accessed 19 November 2020).

35. Maximum residue limits (MRLs). Codex Alimentarius: international food standards. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, and Geneva: World Health Organization (http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/en/, accessed 19 November 2020).

36. International Programme on Chemical Safety. Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health-based exposure limits. Environmental Health Criteria 170. Geneva: World Health Organization; 1994 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc170.htm accessed 19 November 2020).

37. EPA ExpoBox (a toolbox for exposure assessors). Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/expobox, accessed 10 December 2020).

38. ConsExpo Web: Consumer Exposure models – model documentation. Bilthoven, the Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment (https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0197.pdf, accessed 10 December 2020).

39. ConsExpo. Bilthoven, the Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment (https://www.rivm.nl/en/consexpo, accessed 10 December 2020).

40. International Programme on Chemical Safety. Principles of characterizing and applying human exposure models. Harmonization Project Document No. 3. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2005 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43370, accessed 10 December 2020).

41. International Programme on Chemical Safety. Uncertainty and data quality in exposure assessment. Part 1: Guidance document on characterizing and communicating uncertainty in exposure assessment. Part 2: Hallmarks of data quality in chemical exposure assessment. Harmonization Project Document No. 6. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2008 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44017, accessed 10 December 2020).

42. Other publications on exposure assessment. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/otherpublicationsrelatedtoesdsorexposureassessment.htm, accessed 10 December 2020).

43. Neglected tropical diseases: guidelines and risk assessment models. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/teams/control-of-neglected-tropical-diseases/vector-ecology-and-management/vector-control/guidelines-and-risk-assessment-models, accessed 10 December 2020).

44. Basu N, Horvat M, Evers DC, Zastenskaya I, Weihe P, Tempowski J. A state-of-the-science review of mercury biomarkers in human populations worldwide between 2000 and 2018. Environmental Health Perspectives. 2018;126(10):106001. doi:10.1289/EHP3904.

45. International Programme on Chemical Safety. Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. Environmental Health Criteria 155. Geneva: World Health Organization; 1993 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc155.htm, accessed 19 December 2020).

46. International Programme on Chemical Safety. Biomarkers in risk assessment: validity and validation. Environmental Health Criteria 222. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2001 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc222.htm, accessed 10 December 2020).

47. Human biomonitoring: facts and figures. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2015 (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/276311/Human-biomonitoring-facts-figures-en.pdf, accessed 10 December 2020).

48. Benzene in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization; 2003 (https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/chemical-hazards-in-drinking-water/benzene, accessed 10 December 2020).

49. Benzene. In: Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017:322 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637, accessed 10 December 2020).

50. Arsenic. In: Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017:315–8 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637, accessed 10 December 2020).

51. Evaluation of certain food contaminants: sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 930. Geneva: World Health Organization; 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43258, accessed 10 December 2020).

52. International Programme on Chemical Safety. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 210. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 1999 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc210.htm, accessed 10 December 2020).

53. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements. Environmental Health Criteria 228. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2002 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc228.htm, accessed 10 December 2020).

54. International Programme on Chemical Safety. Elemental speciation in human health risk assessment. Environmental Health Criteria 234. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43442, accessed 10 December 2020).

55. Guidance and other assessment methodology documents. Parma: European Food Safety Authority (https://www.efsa.europa.eu/en/methodology/guidance, accessed 10 December 2020).

56. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment, accessed 10 December 2020).

57. Basic information about the Integrated Risk Information System. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/iris/basic-information-about-integrated-risk-information-system#guidance, accessed 10 December 2020).

58. WHO handbook for guideline development, second edition. Geneva: World Health Organization; 2014 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/145714, accessed 10 December 2020).

59. International Programme on Chemical Safety. Part 1: IPCS framework for analysing the relevance of a cancer mode of action for humans and case-studies. Part 2: IPCS framework for analysing the relevance of a non-cancer mode of action for humans. Harmonization Project Document No. 4. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization; 2007 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43741, accessed 10 December 2020).

60. International Programme on Chemical Safety. Skin sensitization in chemical risk assessment. Harmonization Project Document No. 5. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization; 2008 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43886, accessed 10 December 2020).

61. International Programme on Chemical Safety. Assessment of combined exposures to multiple chemicals: report of a WHO/IPCS international workshop on aggregate/cumulative risk assessment. Harmonization Project Document No. 7. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization; 2009 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44113, accessed 10 December 2020).

62. Meek ME, Boobis AR, Crofton KR, Heinemeyer G, Van Raaij C, Vickers C. Risk assessment of combined exposures to multiple chemicals: a WHO/IPCS framework. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2011;60:S1–S7. doi:10.1016/j.yrtph.2011.03.010.

63. Chemical mixtures in source water and drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2017 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/255543, accessed 10 December 2020).

64. Meek ME, Barton HG, Bessems JG, Lipcomb JC, Krishnan K. Case study illustrating the WHO IPCS guidance on characterization and application of physiologically based pharmacokinetic models in risk assessment. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2013;66:116–29. doi:10.1016/j.yrtph.2013.03.005.

65. International Programme on Chemical Safety. Guidance for immunotoxicity risk assessment for chemicals. Harmonization Project Document No. 10. IPCS Project on the Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals. Geneva: World Health Organization; 2012 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/330098, accessed 10 December 2020).

66. International Programme on Chemical Safety. Principles for evaluating health risks to progeny associated with exposure to chemicals during pregnancy. Environmental Health Criteria 30. Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Organization and World Health Organization; 1984 (https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39375/9241540907-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y, accessed 10 December 2020).

67. International Programme on Chemical Safety. Principles for evaluating health risks from chemicals during infancy and early childhood: the need for a special approach. Environmental Health Criteria 59. Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Organization and World Health Organization; 1986 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc59.htm, accessed 10 December 2020).

68. International Programme on Chemical Safety. Principles for evaluating chemical effects on the aged population. Environmental Health Criteria 144. Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Organization and World Health Organization; 1993 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc144.htm, accessed 10 December 2020).

69. International Programme on Chemical Safety. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 237. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43604, accessed 10 December 2020).

70. Summary of principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. Geneva: World Health Organization; 2011 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44533, accessed 10 December 2020).

71. Cohen Hubal EA, de Wet T, Du Toit L, Firestone MP, Ruchirawat M, van Engelen J et al. Identifying important life stages for monitoring and assessing risks from exposures to environmental contaminants: results of a World Health Organization review. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2014;69(1):113–24.

72. Manual for the public health management of chemical incidents. Geneva: World Health Organization; 2009 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44127), accessed 10 December 2020).

73. Rapid risk assessment of acute public health events. Geneva: World Health Organization; 2012 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/70810, accessed 10 December 2020).

74. ALOHA software. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/cameo/aloha-software).

75. Assessing chemical risks in food. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/activities/assessing-chemical-risks-in-food, accessed 15 December 2020).

76. International Code of Conduct on Pesticide Management. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, and Geneva: World Health Organization; 2014 (http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/en/, accessed 15 December 2020).

77. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-(jecfa)/about, accessed 15 December 2020).

78. International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria monographs (EHCs). Geneva: World Health Organization (http://www.inchem.org/pages/ehc.html, accessed 15 December 2020).

79. International Programme on Chemical Safety. Alphabetical list of CICADs. Geneva: World Health Organization (http://www.inchem.org/pages/cicads.html, accessed 15 December 2020).

80. Chemical hazards in drinking-water. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/chemical-hazards-in-drinking-water, accessed 15 December 2020).

81. Series on testing and assessment: publications by number. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (http://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/series-testing-assessment-publications-number.htm, accessed 15 December 2020).

82. Revised guidance document 150 on standardised test guidelines for evaluating chemicals for endocrine disruption. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2018 (http://www.oecd.org/publications/guidance-document-on-standardised-test-guidelines-for-evaluating-chemicals-for-endocrine-disruption-2nd-edition-9789264304741-en.htm, accessed 15 December 2020).

83. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for the assessment of neurotoxicity associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 60. Geneva: World Health Organization; 1986 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc060.htm, accessed 15 December 2020).

84. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for the assessment of nephrotoxicity associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 119. Geneva: World Health Organization; 1991 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc119.htm, accessed 15 December 2020).

85. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for assessing direct immunotoxicity associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 180. Geneva: World Health Organization; 1996 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc180.htm, accessed 15 December 2020).

86. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for assessing allergic hypersensitization associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 212. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 1999 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc212.htm, accessed 15 December 2020).

87. International Programme on Chemical Safety. Principles for evaluating health risks to reproduction associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 225. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2001 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc225.htm, accessed 15 December 2020).

88. International Programme on Chemical Safety. Principles and methods for assessing autoimmunity associated with exposure to chemicals. Environmental Health Criteria 236. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43603, accessed 15 December 2020).

89. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019. Geneva: World Health Organization; 2019 (https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332193/9789240005662-eng.pdf?ua=1, accessed 15 December 2020).

90. Pesticide registration toolkit: identification of HHPs. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018 (http://www.fao.org/pesticide-registration-toolkit/tool/page/pret/hhp/identification-of-hhps, accessed 15 December 2020).

91. International Chemical Safety Cards (ICSCs). Geneva: International Labour Organization and World Health Organization (https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home, accessed 15 December 2020).

92. OECD existing chemicals database. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (https://hpvchemicals.oecd.org/ui/Default.aspx, accessed 16 December 2020).

93. Recommendations on the transport of dangerous goods. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe (https://www.un-ilibrary.org/content/periodicals/24124664, accessed 16 December 2020).

94. Hazardous Substances Data Bank. Bethesda, MD: National Institutes of Health, National Library of Medicine, PubChem database (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/, accessed 16 December 2020).

95. Classification and Labelling Inventory. Helsinki: European Commission, European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/regulations/clp/cl-inventory, accessed 16 December 2020).

96. Substance evaluation: CoRAP. Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan/corap-table, accessed 16 December 2020).

97. Information on chemicals. Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/information-on-chemicals, accessed 16 December 2020).

98. Information from the Existing Substances Regulation (ESR). Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/information-from-existing-substances-regulation, accessed 16 December 2020).

99. Publications Office of the EU. Luxembourg: European Union (https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/db088ce2-d96e-11e7-a506-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-109769581, accessed 16 December 2020).

100. International Chemical Control Toolkit. Geneva: International Labour Organization (https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index.htm, accessed 16 December 2020).

101. Chemical hazards data: OpenFoodTox. Parma: European Food Safety Authority (http://www.efsa.europa.eu/en/data/chemical-hazards-data, accessed 16 December 2020).

102. International Programme on Chemical Safety. Principles of studies on diseases of suspected chemical etiology and their prevention. Environmental Health Criteria 72. Geneva: World Health Organization; 1987 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/39161?locale-attribute=es&, accessed 16 December 2020).

103. The OECD QSAR Toolbox. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/oecd-qsar-toolbox.htm, accessed 16 December 2020).

104. Adverse outcome pathways, molecular screening and toxicogenomics. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/adverse-outcome-pathways-molecular-screening-and-toxicogenomics.htm), accessed 16 December 2020).

105. Integrated Risk Information System. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/iris, accessed 16 December 2020).

106. GESTIS Substances Database. Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (http://www.dguv.de/ifa/gestis-database, accessed 16 December 2020).

107. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (http://www.acgih.org/, accessed 16 December 2020).

108. International Programme on Chemical Safety. Dermal absorption. Environmental Health Criteria 235. Geneva: World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43542, accessed 16 December 2020).

109. Risk tools and databases. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2017 (https://www.epa.gov/risk/risk-tools-and-databases#tab-1, accessed 16 December 2020).

110. Environmental Modeling Community of Practice: tools and data for exposure assessment. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2018 (https://www.epa.gov/ceam/tools-data-exposure-assessment, accessed 16 December 2020).

111. Contaminated land exposure assessment (CLEA) tool. United Kingdom Environment Agency (https://www.gov.uk/government/publications/contaminated-land-exposure-assessment-clea-tool, accessed 16 December 2020).

112. Pesticides registration: data requirements introduction and index. United Kingdom Health and Safety Executive (https://www.hse.gov.uk/pesticides/pesticides-registration/data-requirements-handbook/index.htm, accessed 16 December 2020).

113. Targeted Risk Assessment (TRA). Brussels: European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (http://www.ecetoc.org/tools/targeted-risk-assessment-tra/, accessed 16 December 2020).

114. Berglund M, Elinder C-G, Järup L. Human exposure assessment: an introduction. Geneva: World Health Organization; 2001 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/70570, accessed 16 December 2020).

115. Dietary exposure assessment of chemicals in food: report of a joint FAO/WHO consultation, Annapolis, MD, 2–6 May 2005. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, and Geneva: World Health Organization; 2008 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/44027, accessed 16 December 2020).

116. Towards a harmonised total diet study approach: a guidance document. Joint guidance of European Food Safety Authority, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. Geneva: World Health Organization; 2011 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/75330, accessed 16 December 2020).

117. Occupational and consumer exposure assessments. OECD Environment Monograph No. 70. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 1993 (http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ocde/gd(93)128&doclanguage=en, accessed 16 December 2020).

118. Considerations when assessing children's exposure to chemicals from products. Series on Testing and Assessment No. 310. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2019 (http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(2019)29&docLanguage=en), accessed 16 December 2020).

119. Choi J, Mørck TA, Polcher A, Knudsen LE, Joas A. Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety. European Food Safety Authority; 2015 (https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2015.EN-724, accessed 16 December 2020).

120. Generic risk assessment model for insecticide-treated nets, second edition. Geneva: World Health Organization; 2018 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/260305, accessed 16 December 2020).

121. Generic risk assessment model for indoor and outdoor space spraying of insecticides, second edition. Geneva: World Health Organization; 2018 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/276564, accessed 16 December 2020).

122. EPA ExpoBox: about the exposure factors handbook. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook, accessed 22 December 2020).

123. Global Health Observatory. Global Environment Monitoring System: food cluster diets. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/data/gho/samples/food-cluster-diets, accessed 22 December 2020).

124. Exposure Factors Interactive Resource for Scenarios Tool (ExpoFIRST), Version 2.1. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://cfpub.epa.gov/ncea/efp/recordisplay.cfm?deid=344928, accessed 22 December 2020).

125. Current fact sheets. Bilthoven, the Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment (https://www.rivm.nl/en/consexpo/fact-sheets, accessed 22 December 2020).

126. Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum; 2005 (https://www.epa.gov/risk/guidance-selecting-age-groups-monitoring-and-assessing-childhood-exposures-environmental, accessed 22 December 2020).

127. Child-specific exposure factors handbook. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2008 (https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=199243, accessed 22 December 2020).

128. Highlights of the child-specific exposure factors handbook (final report). Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2009 (https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=200445, accessed 22 December 2020).

129. Child-specific exposure scenarios examples (final report). Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2014 (https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=262211, accessed 22 December 2020).

130. Introduction to emission scenario documents. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (http://www.oecd.org/document/46/0,3343,en_2649_34373_2412462_1_1_1_37465,00.html, accessed 22 December 2020).

131. The Emissions Database (WebDab). European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) Centre on Emission Inventories and Projections. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. (https://www.ceip.at/webdab-emission-database, accessed 23 February 2021).

132. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 (EFDB). Copenhagen: European Environment Agency; 2019, (http://efdb.apps.eea.europa.eu/ accessed 23 February 2021).

133. Emission factors database. Didcot, United Kingdom: National Atmospheric Emissions Inventory (https://naei.beis.gov.uk/data/ef-all, accessed 22 December 2020).

134. IPCC emissions factor database. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, Greenhouse Gas Protocol (https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/IPCC-Emissions-Factor-Database, accessed 22 December 2020).

135. Air emissions factors and quantification. AP-42: compilation of air emissions factors. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency, Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors (CHIEF) (https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors, accessed 22 December 2020).

136. AERMOD modeling system. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod, accessed 22 December 2020).

137. MODFLOW and related programs. Reston, VA: United States Geological Survey (https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/modflow-and-related-programs?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects, accessed 22 December 2020).

138. EUSES: European Union System for the Evaluation of Substances. Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/support/dossier-submission-tools/euses), accessed 22 December 2020).

139. IPCHEM: Information Platform For Chemical Monitoring. Ispra: European Commission, Joint Research Centre (https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/RDSIdiscovery/ipchem/index.html, accessed 22 December 2020).

140. WHO Chemical Risk Assessment Network. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/activities/working-together-through-the-who-chemical-risk-assessment-network, accessed 22 December 2020).

141. GRADE Working Group (http://www.gradeworkinggroup.org/, accessed 22 December 2020).

142. Handbook for conducting systematic reviews for health effects evaluations. United States National Toxicology Program (https://ntp.niehs.nih.gov/go/ohathandbook, accessed 22 December 2020).

143. Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. EFSA Journal. 2010;8(6):1637.

144. Guidance on grouping of chemicals, second edition. OECD Series on Testing and Assessment No. 194. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2017 (https://www.oecd-ilibrary.org/environment/guidance-on-grouping-of-chemicals-second-edition_9789264274679-en, accessed 22 December 2020).

145. Review of the threshold of toxicological concern (TTC) approach and development of new TTC decision tree. European Food Safety Authority and World Health Organization; 2016 (https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1006, accessed 22 December 2020).

146. EFSA Scientific Committee, More SJ, Bampidis V, Benford D, Bragard C, Halldorsson TI et al. Guidance on the use of the threshold of toxicological concern approach in food safety assessment. EFSA Journal. 2019;17(6):5708 (https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2019.5708, accessed 22 December 2020).

147. OECD series on adverse outcome pathways. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (https://doi.org/10.1787/2415170X, accessed 22 December 2020).

148. Users' handbook supplement to the guidance document for developing and assessing adverse outcome pathways. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2018 (https://www.oecd-ilibrary.org/environment/users-handbook-supplement-to-the-guidance-document-for-developing-and-assessing-adverse-outcome-pathways_5jlv1m9d1g32-en, accessed 22 December 2020).

149. Edwards SW, Tan Y-M, Villeneuve DL, Meek ME, McQueen CA. Adverse outcome pathways: organizing toxicological information to improve decision making. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. 2016;356:170–81.

150. New approach methodologies in regulatory science: proceedings of a scientific workshop, Helsinki, 19–20 April 2016. Helsinki: European Chemicals Agency; 2016 (https://echa.europa.eu/documents/10162/22816069/scientific_ws_proceedings_en.pdf, accessed 22 December 2020).

151. Integrated approaches to testing and assessment (IATA). Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/iata-integrated-approaches-to-testing-and-assessment.htm, accessed 22 December 2020).

152. Wambaugh JF, Bare JC, Carignan CC, Dionisio KL, Dodson RE, Jolliet O et al. New approach methodologies for exposure science. Current Opinion in Toxicology. 2019;15:76–92.

153. Integrated Chemical Environment. United States National Toxicology Program (https://ice.ntp.niehs.nih.gov/Tools, accessed 22 December 2020).

154. Considerations for assessing the risks of combined exposure to multiple chemicals. Series on Testing and Assessment No. 296. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2018 (http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/considerations-for-assessing-the-risks-of-combined-exposure-to-multiple-chemicals.pdf, accessed 22 December 2020).

155. EuroMix: a tiered strategy for risk assessment of mixtures of multiple chemicals (https://www.euromixproject.eu/, accessed 22 December 2020).

156. van der Voet H, Kruisselbrink JW, de Boer WJ, van Lenthe MS, van den Heuvel JJB, Crépet A et al. The EuroMix toolbox of models and data to support chemical mixture risk assessment. EuroMix Deliverable 6.4. European Test and Risk Assessment Strategies for Mixtures; 2019 (https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5c4064a3b&appId=PPGMS, accessed 22 December 2020).

157. Zilliacus J, Beronius A, Hanberg A, Luitjen M, van der Voet H, van Klaveren J. Guidance on the use of the new strategy for tiered testing and assessment. EuroMix Deliverable 8.3. European Test and Risk Assessment Strategies for Mixtures; 2019 (https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5c3ff70f9&appId=PPGMS, accessed 22 December 2020).

پیوست ا: مطالعه موردی آب آشامیدنی

پ۱-۱. هدف

هدف از این مطالعه موردی ساختگی، نشان دادن این است که چگونه اصول و نقشه راه‌ها که شامل این ابزار نیز می‌شوند می‌توانند توسط یک متخصص سلامت عمومی یا مرتبط جهت ارزیابی خطرات بالقوه آلاینده‌های شیمیایی موجود در آب آشامیدنی ناشی از انتشار از یک منبع گسسته یا نقطه‌ای مورد استفاده قرار گیرند. نقشه راه‌های ویژه این سناریو در شکل‌های پ۱-۱، پ۱-۲، پ۱-۳ و پ۱-۴ نشان داده شده‌اند.[۱]

در حالیکه هدف از این مطالعه موردی نشان دادن تفکر پشت تمام مراحل ارزیابی خطر سلامت انسان، شامل شناسایی مخاطره، توصیف مخاطره/ شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما، ارزیابی مواجهه، و توصیف خطر است، لازم است کاربر این ابزار آگاه باشد که اندازه‌گیری مواد در آب آشامیدنی در مواردی که برای آن‌ها راهنماهای آب آشامیدنی موجود است، امکان ارزیابی اولیه سریع از مقیاس بالقوه مساله و اینکه آیا نیاز به اقدامی وجود دارد یا خیر را فراهم می‌آورد.

---

[۱] **توجه:** مطالعات موردی ارائه شده در اینجا برای اهداف توضیحی از کاربرد این ابزار در سناریوهای مختلف توسعه یافته‌اند و ممکن است جدیدترین سنجش‌ها برای ماده شیمیایی مورد بحث را نشان ندهند.

پ۱-۲. بیان مساله

یک تاسیسات پرداخت فلز در کنار رودخانه جاری فرضی در کشور فرضی X در آسیا واقع شده است. پسماند مایع حاصل از عملیات آبکاری طی ۲۴ ساعت شبانه روز و هفت روز در هفته برنامه عملیاتی تاسیسات، به طور مستقیم از یک لوله تخلیه به داخل رودخانه می‌ریزد. سایر اطلاعات در مورد عملیات کارخانه، مانند نرخ تولید و حجم پسماند مایع، در دسترس نیست. رودخانه جاری مستقیما به شهری که در مجاورت رودخانه و در فاصله کمی از پایین‌دست تاسیسات آبکاری واقع شده است، جریان می‌یابد. آب این رودخانه توسط ساکنان شهر برای آشامیدن، پخت و پز و استحمام استفاده می‌گردد. تحقیقات اولیه دپارتمان رسمی بهداشت محیط شهر، کادمیوم را به عنوان محصول جانبی عملیات آبکاری کروم شناسایی کرده است. به منظور پرداختن به نگرانی‌های سلامت عمومی، دپارتمان بهداشت محیط انجام ارزیابی خطرات بالقوه سلامتی ناشی از انتشار کادمیوم به رودخانه جاری را بر عهده می‌گیرد.

سوالاتی که باید پرسیده شوند عبارتند از (شکل ۲ در بخش ۳-۱ متن اصلی این ابزار را نیز ملاحظه نمایید):

- هویت ماده شیمیایی مد نظر چیست؟
- آیا این ماده شیمیایی به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟
- چه خصوصیاتی از این ماده شیمیایی می‌توانند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردد؟
- آیا برای این ماده شیمیایی مقادیر رهنمودی یا راهنما در سازمان‌های بین‌المللی وجود دارند؟
- چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای این ماده شیمیایی در مقادیر رهنمودی یا راهنما لحاظ شده است؟
- آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟
- از چه راه‌هایی ممکن است مردم با این ماده شیمیایی در تماس قرار گیرند؟
- چه میزان مواجهه احتمال دارد رخ دهد؟
- برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟
- چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

- چگونه می‌توان مواجهه برآوردشده را با مقادیر رهنمودی یا راهنمای مبتنی بر سلامت مقایسه نمود؟

پ۱-۳. شناسایی مخاطره

هویت ماده شیمیایی مد نظر چیست؟

احتمال دارد کادمیوم یکی از مخاطرات باشد و ممکن است تنها مخاطره موجود باشد. با این‌حال، مهم است که در حین انجام بررسی در مورد کادمیوم، جستجوی اطلاعات بیشتر از شرکت و دیگر مقامات محلی که چه چیز دیگری ممکن است در پساب وجود داشته باشد (به عنوان مثال، سیانید)، صورت پذیرد.

در مواقعی که یک فرآیند یا عملیات صنعتی مد نظر است، لازم است فرد ارزیابی‌کننده مستندات سناریوی انتشار شرح داده شده در زیربخش ۴-۸-۳ متن اصلی این ابزار را برای اطلاعات مربوط به وضعیت فعلی جستجو نماید. همچنین، خصوصیت جستجوی متن کامل در پایگاه داده INCHEM (۱) می‌تواند مفید واقع شود. علاوه بر این منابع بین‌المللی، مجوزها یا نقشه‌های ساختمانی که ممکن است توسط مقامات محلی یا استانی بایگانی شده باشند نیز می‌توانند حاوی اطلاعات مفیدی در مورد مخاطرات سلامتی مرتبط با عملیات پرداخت فلز باشند. بعلاوه، آغاز گفتگو با نمایندگان این امکانات و دیگر اعضای جامعه گامی ضروری در شناسایی همه آلاینده‌های مد نظر است. در نهایت، باید جمع‌آوری و تحلیل فاضلاب در شناسایی آلاینده‌ها در نظر گرفته شود.

خروجی: کادمیوم به عنوان ماده شیمیایی نگران‌کننده فوری شناخته می‌شود. سایر مواد شیمیایی، از جمله سیانید، نیز ممکن است مد نظر باشند، و باید اقدامی جهت شناسایی آن‌ها صورت پذیرد.

آیا کادمیوم به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟

داده‌ها در مورد اثرات کادمیوم را می‌توان با جستجو در پایگاه داده INCHEM (۱) به‌دست آورد. انتخاب کادمیوم به عنوان ورودی، کاربر را به کارت بین‌المللی ایمنی شیمیایی (ICSC) (۲) برای آن ماده شیمیایی می‌رساند. شماره ثبت خدمات چکیده‌های شیمیایی (CAS) در ردیف اول کارت وجود دارد: شماره CAS برای کادمیوم: ۹-۴۳-۷۴۴۰. سایر اطلاعات موجود بر روی کارت شامل فهرست مختصری از علائم و مخاطرات حاد و همچنین چگونگی شناسایی کادمیوم در طرح طبقه‌بندی سازمان ملل متحد (UN)، که به سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS)

شناخته شده است، می‌باشد (۳). مخاطرات سلامتی برای کادمیوم بر اساس طرح طبقه‌بندی GHS در جدول پ۱-۱ نشان داده شده است.

جدول پ۱-۱: طبقه‌بندی GHS برای کادمیوم

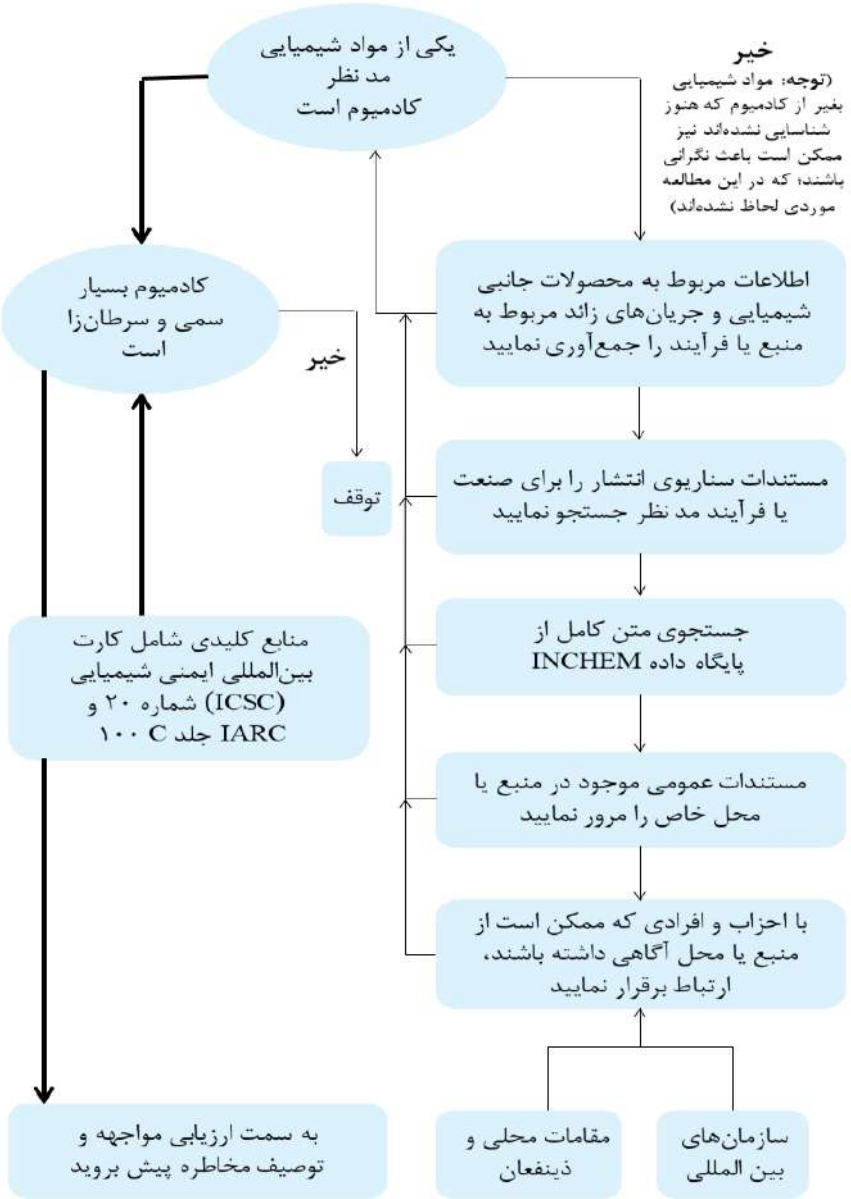
طبقه و رده مخاطره [الف]	بیانیه مخاطره
سمیت حاد (طبقه ۲)	H۳۳۰ : کشنده در صورت استنشاق
طبقه ۲ جهش‌زایی سلول زایا	H۳۴۱: مشکوک به ایجاد نقص ژنتیکی
طبقه سرطان‌زایی (۱A)	H۳۵۰: ممکن است باعث سرطان شود (راه مواجهه، اگر قابل اجرا باشد)
طبقه ۲ سمیت تولیدمثلی	H۳۶۱ : مشکوک به آسیب رساندن به باروری یا فرزند متولد نشده
طبقه ۱ سمیت ویژه اندام هدف (مواجهه واحد)	H۳۷۲: باعث آسیب به اندام‌ها (یا اندام‌های تحت تاثیر واقع شده) از طریق مواجهه بلند مدت یا مکرر می‌گردد

[الف] برخی از منابع مرجع قدیمی‌تر نیز ممکن است به سیستم سابق اتحادیه اروپا برای طبقه‌بندی ارجاع دهند (با عبارات خطر مانند R۲۶ (بسیار سمی از طریق استنشاق)). رهنمودی در مورد انتقال از آن سیستم به یک سیستم همسو با GHS در دسترس است (۴).

بررسی مونوگراف‌های IARC (۵) موید این است که کادمیوم در گروه ۱ طبقه‌بندی شده است: سرطان‌زا برای انسان.

خروجی: آگاهی از اینکه کادمیوم یک ماده شیمیایی خطرناک است و اینکه برای انسان‌ها بسیار سمی و سرطان‌زا طبقه‌بندی شده است.

نقشه راه برای مرحله شناسایی مخاطره مطالعه موردی آب آشامیدنی در شکل پ۱-۱ نشان داده شده است.



خطوط برجسته نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۱-۱: نقشه راه خاص مورد برای شناسایی مخاطره: مطالعه موردی آب آشامیدنی

پ۱-٤. توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما

چه خصوصیاتی از این ماده شیمیایی می‌توانند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردند؟

جستجو در پایگاه داده INCHEM در مرحله قبل کاربر را به مجموعه شماره ۵۲ افزودنی مواد غذایی WHO نیز می‌رساند: کادمیوم (افزودنی) (۶) و مستندات دیگر، از جمله مونوگراف EHC (۷)، که خصوصیات سم‌شناسی کادمیوم را توصیف می‌کنند.

خروجی: آگاهی از پی‌آمدهای سمی اصلی کادمیوم، بسته به راه، دوز و مدت مواجهه، عبارتند از اختلال عملکرد کلیه، آسیب به ریه، آسیب کبدی، نقص‌های استخوانی، فشار خون بالا و سرطان، همچنین آگاهی از اینکه کادمیوم در کلیه تجمع می‌یابد.

آیا برای کادمیوم مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت در سازمان‌های بین-المللی وجود دارند؟

منابع ذکر شده در بخش ۴-۷ اطلاعاتی را در مورد مقادیر رهنمودی و راهنما موجود ارائه می‌دهند. JECFA مقدار دریافت هفتگی موقت قابل تحمل (PTWI) معادل ۰/۰۰۷ mg/kg وزن بدن را برای کادمیوم توصیه کرده است. مقدار رهنمودی برای کادمیوم در "راهنمای کیفیت آب آشامیدنی WHO" معادل ۰/۰۰۳ mg/L است (جدول پ۱-۲). WHO راهنمای کیفیت هوای مبتنی بر سلامت مرتبطی را برای کادمیوم منتشر نکرده است (جداول ۶ و ۷ در متن اصلی این ابزار را نیز ملاحظه نمایید).

خروجی: آگاهی از مقادیر بین‌المللی رهنمودی و راهنما برای کادمیوم در آب آشامیدنی و مواد غذایی.

جدول پ۱-۲: مقادیر بین‌المللی رهنمودی و راهنما برای کادمیوم

نوع مقدار	مقدار رهنمودی یا راهنما	منبع
مقدار رهنمودی مواد غذایی	۰/۰۰۷ mg/kg وزن بدن (PTWI)[الف]	WHO (۸)
مقدار راهنما آب آشامیدنی	۰/۰۰۳ mg/L	WHO (۹)

[الف] PTWI مطرح شده برای اهداف این مطالعه موردی در سال ۲۰۰۵ توسط JECFA منتشر شده است. با این‌حال، باید توجه گردد که JECFA پس از آن در سال ۲۰۱۰ مقدار دریافت ماهانه موقت قابل تحمل (PTMI) را معادل ۰/۰۲۵ mg/kg وزن بدن منتشر نمود (۸).

چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای کادمیوم در مقدار راهنمای آب آشامیدنی WHO لحاظ شده است؟

آب مهم‌ترین مسیر مواجهه است (بخش پ۱-۵ را ملاحظه نمایید)؛ بنابراین، راهنمای آب آشامیدنی WHO برای کادمیوم مورد توجه اصلی است. راهنمای آب آشامیدنی WHO برای کادمیوم در بخش ۱۲-۱ ویرایش فعلی راهنمای کیفیت آب آشامیدنی WHO شرح داده شده است (۹). بر اساس جدول ارائه شده موارد کلیدی برای کادمیوم در آن بخش، مقدار راهنما بر اساس نرخ پیش‌فرض مصرف آب ۲ لیتر در روز، وزن بدن ۶۰ کیلوگرم و تخصیص ۱۰٪ دریافت هفتگی موقت قابل تحمل به آب است. مشخص گردیده که متوسط نرخ مصرف آب در جامعه می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای، شاید با یک عامل ۴-۲، در نقاط مختلف جهان، به ویژه در جایی که مصرف‌کنندگان اقلیم‌های گرم به فعالیت فیزیکی مشغول هستند، تغییر کند. به طور مشابه، وزن معمول بدن نیز می‌تواند در میان کشورها یا مناطق متغیر باشد، اگرچه که دامنه عدم‌قطعیت احتمالا کمتر از ۲۵٪± است. به طور کلی، دامنه عدم‌قطعیت در مورد نرخ مصرف آب و وزن بدن در مقایسه با طیف بسیار وسیع‌تر عدم‌قطعیت سم‌شناسی که برای اکثر مواد شیمیایی وجود دارد، کاملاً کوچک است. در نتیجه، به احتمال زیاد فرضیات پیش-فرض برای آن پارامترها تقریباً در همه موقعیت‌ها کافی هستند.

به طور کلی، به منظور لحاظ کردن تغییرات در مواجهه حاصل از منابع مختلف در نقاط گوناگون جهان، در تنظیم مقادیر راهنمای آب آشامیدنی برای بسیاری از مواد شیمیایی، نسبت خاصی از دریافت روزانه قابل قبول (ADI)، دریافت روزانه قابل تحمل (TDI)، PTWI، و مقادیر مشابه، بین ۱٪ و ۸۰٪ به آب آشامیدنی اختصاص داده می‌شود. در جایی که داده‌های مربوط به مواجهه موجود باشند، مقامات به توسعه مقادیر راهنمای خاص زمینه که متناسب با شرایط و موقعیت محلی است، تشویق می‌گردند. به عنوان مثال، در نواحی که مشخص شده دریافت یک آلاینده خاص در آب آشامیدنی بسیار بیشتر از سایر منابع (مانند غذا و هوا) است، ممکن است مناسب باشد که جهت دستیابی به یک مقدار

راهنما مناسب‌تر برای شرایط محلی، نسبت بیشتری از ADI، TDI، PTWI، و دیگر پارامترهای مشابه به آب آشامیدنی اختصاص داده شود.

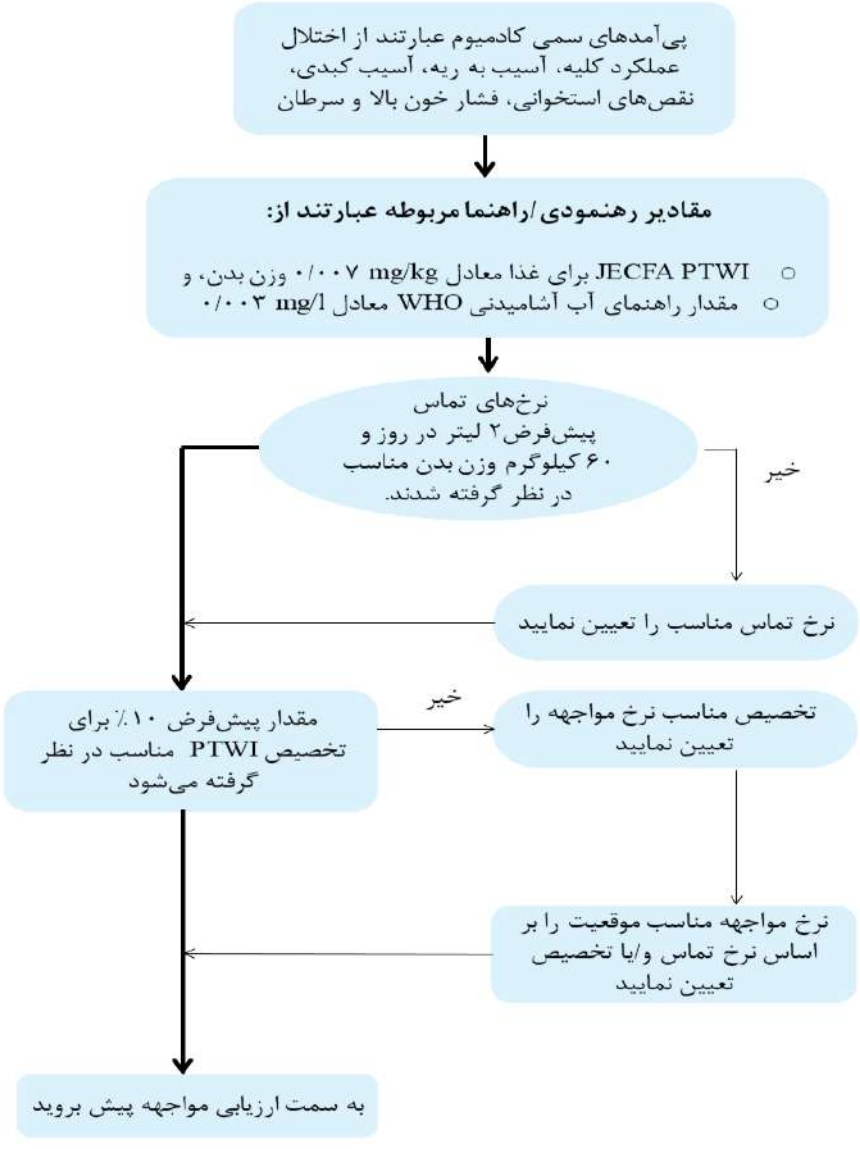
خروجی: مقدار راهنمای آب آشامیدنی WHO برای کادمیوم بر اساس پیش‌فرض نرخ مصرف آب ۲ لیتر در روز، وزن بدن ۶۰ کیلوگرم و تخصیص ۱۰٪ به PTWI می‌باشد.

آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟

در خصوص شهر رودخانه‌ای، دپارتمان بهداشت محیط شهر، به اطلاعات مفصلی از الگوهای مصرف مواد غذایی، سطح کادمیوم در غذاهای خاص، و سطح کادمیوم در هوا و خاک نیاز دارد تا بتواند مقدار راهنمای آب آشامیدنی را در یک زمینه خاص برای کادمیوم به دست آورد. این آب برای آبیاری محصولات استفاده نمی‌شود، بنابراین، در صورت عدم وجود اطلاعات در مورد نرخ تماس، وزن بدن، کسر جذب و مواجهه کلی با کادمیوم ناشی از رژیم غذایی کلی مختص شرایط محلی، دپارتمان بهداشت محیط شهر انتخاب می‌کند که در ارزیابی خطر بر مقدار راهنمای معادل ۰/۰۰۳ mg/L آب آشامیدنی WHO برای کادمیوم اتکا کند. این تصمیمی مناسب است، چراکه مقادیر راهنما آب آشامیدنی WHO بلع از طریق غذا را به حساب می‌آورند و در بیشتر مواقع، جهت محاسبه دریافت آلاینده‌ها از طریق استنشاق و جذب پوستی کافی در نظر گرفته می‌شوند.

خروجی: مقدار راهنمای معادل ۰/۰۰۳ mg/L آب آشامیدنی WHO برای کادمیوم جهت استفاده در شرایط محلی مشخص مناسب است.

یک نقشه راه برای مرحله توصیف مخاطره مطالعه موردی آب آشامیدنی در شکل پ۱-۲ نشان داده شده است.



خطوط برجسته نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۱-۲: نقشه راه خاص مورد برای توصیف مخاطره/ شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما: مطالعه موردی آب آشامیدنی

پ۱-۵. ارزیابی مواجهه

هدف از ارزیابی مواجهه، در مفاد ابزار ارزیابی خطر، به‌دست آوردن برآوردی از غلظت یا نرخ مواجهه است که می‌توان آن را با مقدار رهنمودی یا راهنما مناسب مقایسه نمود. همان‌طور که در بخش ۳ متن اصلی این ابزار شرح داده شد، بسته به واسطه(ها) و راه‌های مواجهه که برای آن وضعیت مناسب‌ترین هستند، چندین ترکیب از مقادیر رهنمودی یا راهنما و متریک‌های مواجهه، امکان‌پذیر است.

از چه راه‌هایی ممکن است مردم با این ماده شیمیایی در تماس قرار گیرند؟

رودخانه اساس تامین آب شهر است، بنابراین، مواجهه از طریق آب آشامیدنی محتمل است. از آب برای پخت و پز و استحمام نیز استفاده می‌گردد. مساله مهمی که باید در نظر داشت این است که آیا مصرف آب آشامیدنی برای بزرگسالان ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای از ۲ لیتر در روز، که توسط WHO برای استخراج راهنمای آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گرفته است، بیشتر باشد. آب برای آبیاری استفاده نمی‌شود، و بنابراین بعید است که محصولات غذایی آلوده شوند.

خروجی: مردم از طریق آب با ماده شیمیایی تماس پیدا می‌کنند. خوردن آب آشامیدنی و آب مورد استفاده برای پخت و پز و جذب پوستی از طریق استحمام مرتبط‌ترین راه‌های مواجهه می‌باشند.

چه میزان مواجهه احتمال دارد رخ دهد؟

به منظور ارزیابی دقیق‌تر مواجهه، به‌دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد غلظت کادمیوم (و هر آلاینده دیگر مد نظر شناسایی شده) حائز اهمیت است. در جایی که تصفیه آب وجود دارد، اندازه‌گیری غلظت در آب در تصفیه‌خانه پس از تصفیه مناسب خواهد بود. با این‌حال، کادمیوم از لوله‌های آب‌رسانی گالوانیزه (معمولاً در ساختمان‌ها) نیز می‌تواند بگذرد، بنابراین اگر از چنین لوله‌هایی استفاده می‌شود، نمونه‌ای از شیر آب در ساختمانی که از این لوله‌ها در آن بکار رفته به منظور قضاوت در مورد مواجهه ناشی از آب آشامیدنی مهم خواهد بود. محصولات کشاورزی آبیاری نشده‌اند، و بنابراین نمونه محصولات برای قضاوت درباره مواجهه کلی با کادمیوم لازم نیست.

اندازه‌گیری‌ها مستلزم این است که افراد ارزیابی‌کننده به پروتکل‌ها و تدارکات مناسبی برای نمونه‌برداری، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و تحلیل نمونه‌های آب برداشت شده از رودخانه و آب آشامیدنی دسترسی داشته باشند. همچنین، این امر به این معنی است که باید دسترسی به امکانات تحلیلی مناسب با سطح کافی از تخصص و تضمین کیفیت وجود داشته باشد، زیرا داده‌های تحلیلی نادرست به شدت گمراه‌کننده هستند و در برخی شرایط منجر به تصمیم‌گیری‌های نامناسب شده‌اند. در بعضی موارد،

ممکن است استفاده از مدل‌ها برای تعیین مقدار آلاینده‌ای که به نقطه پایین‌دست محل تخلیه می‌رسد، مناسب باشد. مدل‌ها نیازمند اطلاعاتی در مورد نرخ تخلیه کادمیوم از طریق لوله پساب که از تاسیسات تا رودخانه امتداد می‌یابد، هستند.

رهنمودی در مورد روش‌های اندازه‌گیری و مدل‌سازی مناسب در چندین مستند فراهم شده است و سایر مواد توسط سازمان‌های بین‌المللی و کشورها ارائه شده‌اند. به ویژه "رهنمود در مورد الزامات اطلاعاتی و ارزیابی ایمنی شیمیایی"، که همراه با قانون ثبت، ارزیابی، صدور مجوز و محدود نمودن مواد شیمیایی (REACH) در اتحادیه اروپا آماده شده است، بحث مفصلی را از رویکردهای اندازه‌گیری و مدل‌سازی ارائه می‌دهد (۱۰). رویکردهای اندازه‌گیری و مدل‌سازی هر دو نیازمند طراحی مطالعه هستند که این امکان را فراهم خواهند آورد تا به سوال ارزیابی پاسخ داده شود. رهنمود کلی در مورد طراحی و اجرای بررسی‌های مواجهه در EHC شماره ۲۱۴ آورده شده است (۱۱).

با توجه به اینکه دپارتمان بهداشت محیط شهر نمی‌تواند اطلاعات مورد نیاز را برای مدل‌سازی غلظت کادمیوم در آب برداشت شده از رودخانه به‌دست آورد، این دپارتمان تصمیم به برآورد نمودن متوسط بلند مدت غلظت‌های مواجهه از اندازه‌گیری‌های مستقیم می‌نماید. اطلاعات مربوط به روش-های نمونه‌برداری و تحلیل در EHCها و CICADها که برای مواد شیمیایی خاص تهیه شده‌اند، در دسترس است. EHC شماره ۱۳۴ در مورد کادمیوم (۷) حاوی اطلاعات مقدماتی در خصوص روش‌های تحلیلی برای کادمیوم، شامل جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها، جداسازی و تغلیظ، روش‌های تعیین کمی و کنترل کیفی است. روش‌های خاصی برای نمونه‌برداری از آب و تحلیل کادمیوم و فلزات دیگر از منابع کشوری، مانند روش ۱۶۶۹: "نمونه‌برداری از آب محیط برای فلزات کم‌مقدار[1] در سطوح معیارهای کیفیت آب EPA ایالات متحده" در دسترس است (۱۲).

دپارتمان بهداشت محیط شهر نمونه‌های آب را از سه مکان در پنج روز جداگانه جمع‌آوری می‌نماید: بالادست تاسیسات پرداخت فلز، پایین‌دست تاسیسات پرداخت فلز و شیر ساختمان تالار شهر. متوسط غلظت کادمیوم در نمونه‌های برداشت شده از آن مکان‌ها در جدول پ۱-۳ آورده شده است.

نتایج حاصل از نمونه‌برداری از آب نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم در پایین‌دست تاسیسات پرداخت فلز بیشتر از این غلظت در بالادست تاسیسات است. نتایج همچنین حاکی از این است که غلظت کادمیوم در آب قابل شرب دریافتی از جریان رودخانه تقریباً برابر با سطوح موجود رودخانه در پایین‌دست تأسیسات است.

---

[1] Trace metals

خروجی: برآورد کمی از مواجهه با کادمیوم، با سطوح بیشتر در پایین‌دست تاسیسات در مقایسه با بالادست، و با غلظت موجود در آب آشامیدنی تقریبا برابر با سطوح پایین‌دست است.

جدول پ۱-۳: غلظت کادمیوم در پنج نمونه آب برداشت شده از هر سه مکان در مجاورت شهر

مکان	متوسط غلظت (µg/L)	دامنه غلظت (µg/L)
بالادست تاسیسات	< LOD	< LOD–۰/۲
پایین‌دست تاسیسات	۰/۴	۰/۱–۱
آب تالار شهر	۰/۳	۰/۲–۰/۸

LOD = حد تشخیص (۰/۱ µg/L).

برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟

فرد ارزیابی‌کننده می‌داند که تأسیسات به طور معمول ۲۴ ساعت در روز و هفت روز در هفته در حال فعالیت هستند. بنابراین، متوسط شرایط بلند مدت و مواجهه بلند مدت مورد توجه اصلی است. بعلاوه، ارزیابی‌کننده می‌بایست تغییرات در فعالیت تاسیسات یا جریان رودخانه که می‌توانند منجر به افزایش گذرا در غلظت مواجهه شوند را در نظر گیرد.

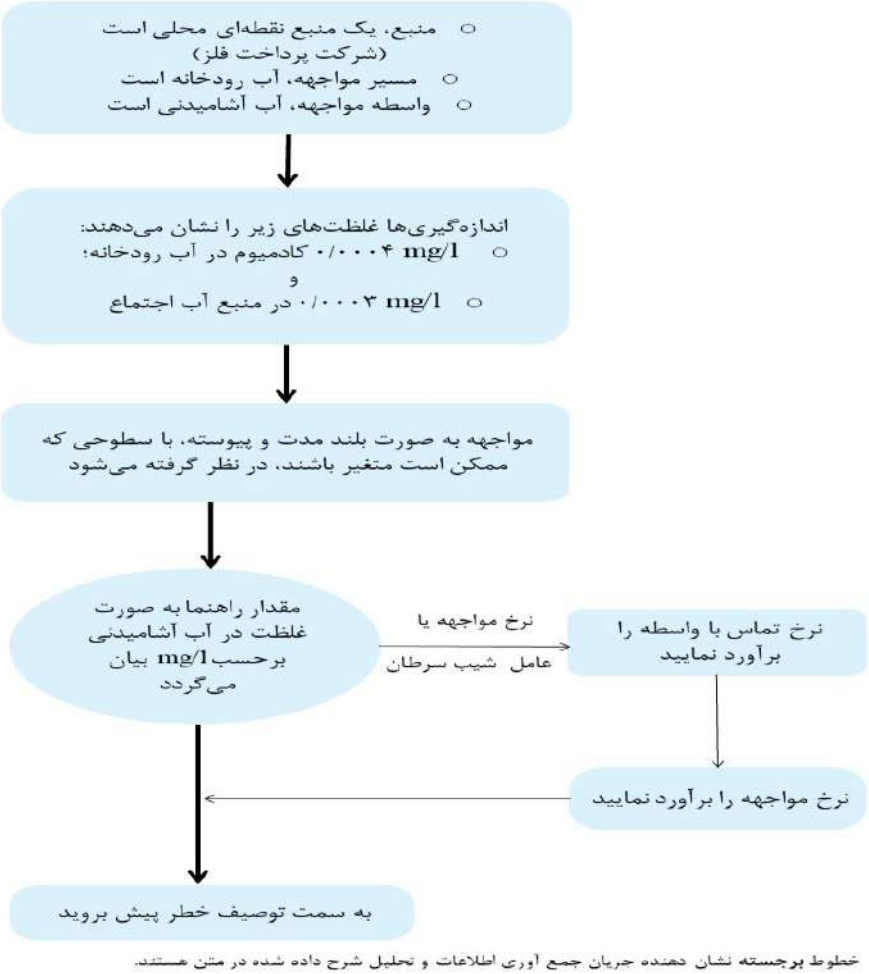
خروجی: آگاهی از اینکه مواجهه بلند مدت مد نظر است، با سطوح مواجهه‌ای که می‌توانند در نتیجه فعالیت تاسیسات در طول زمان تغییر کنند.

چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

پس از انتخاب واسطه (آب)، راه مواجهه (عمدتاً بلع) و مدت مواجهه (بلند مدت) مد نظر، گام بعدی تعیین این است که آیا یک مقدار رهنمودی یا راهنما بین‌المللی وجود دارد که مطابق با آن معیارها باشد. در این مورد، جمع‌آوری داده‌ها که در حمایت از مرحله توصیف مخاطره انجام شده نشان داد که WHO یک مقدار راهنما معادل ۰/۰۰۳ mg/L را برای متوسط غلظت بلند مدت کادمیوم در آب آشامیدنی مقرر کرده است. حالت مقدار راهنما، حالت برآورد مواجهه مورد نیاز جهت مرحله توصیف خطر را تعیین می‌نماید. بدین ترتیب، فرد ارزیابی‌کننده خطر در این مطالعه موردی برآورد متوسط غلظت بلند مدت کادمیوم در آب برداشت شده از رودخانه جاری را لازم دارد تا به سمت مرحله توصیف خطر پیش برود.

خروجی: آگاهی از اینکه برای انجام توصیف خطر به متوسط غلظت مواجهه بلند مدت نیاز است.

یک نقشه راه برای مرحله ارزیابی مواجهه مربوط به مطالعه موردی آب آشامیدنی در شکل پ۱-۳ نشان داده شده است.



خطوط برجسته نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۱-۳: نقشه راه خاص مورد برای ارزیابی مواجهه: مطالعه موردی آب آشامیدنی

پ۱-۶. توصیف خطر

چگونه می‌توان مواجهه برآورد شده را با مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت مقایسه نمود؟

هدف از مرحله توصیف خطر، ترکیب نمودن اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد مواجهه و توصیف مخاطره جهت پرداختن به سوال ارزیابی خطر است. همان‌طور که در زیربخش ۳-۳-۵ متن اصلی ابزار ذکر گردید، خطر سلامتی را می‌توان به طرق مختلفی توصیف نمود. در بسیاری از موارد، توصیف خطر شامل مقایسه برآورد مواجهه شیمیایی با یک مقدار رهنمودی یا راهنما است. مواجهه و مقدار رهنمودی یا راهنما را می‌توان به صورت غلظت یا نرخ مواجهه بیان نمود. مواجهه و مقادیر رهنمودی یا راهنما می‌بایست متوسط زمان یکسانی را منعکس کنند؛ در غیر این صورت، لازم است فرد ارزیابی‌کننده در هنگام تفسیر نتایج توصیف خطر از هر گونه تفاوتی مطلع باشد. هنگامی‌که مواجهه کوتاه‌مدت، و مقدار رهنمودی یا راهنما بلند مدت باشد، این امر ارزیابی محافظه‌کارانه‌تری را فراهم می‌آورد. چنانچه در مواجهه کوتاه‌مدت، از مقدار رهنمودی یا راهنما بلند مدت تجاوز گردد، ضروری است سوالات دیگری در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، آیا مواجهه ناشی از مواد غذایی به گونه‌ای هست که تخصیص PTWI به آب را بتوان بدون تجاوز از PTWI افزایش داد؟ چنانچه مواجهه مد نظر هنوز بیشتر از PTWI باشد، بررسی استخراج PTWI به منظور تعیین اینکه آیا عوامل عدم‌قطعیت برای این وضعیت بیش از حد محافظه‌کار هستند، مناسب است. به عنوان مثال، اگر مواجهه واقعا کوتاه‌مدت باشد، یک عامل اضافی برای امکان برون‌یابی از مواجهه میان‌مدت به بلند مدت مناسب نخواهد بود.

با اشاره به اولین مرحله در نمودار نشان داده شده در شکل پ۱-۴، هدف دپارتمان بهداشت محیط شهر ارزیابی خطرات سلامتی بالقوه ناشی از انتشار کادمیوم به رودخانه جاری بود. براساس معیارهای مبتنی بر خطر موجود برای کادمیوم در آب آشامیدنی، واضح است که ارزیابی شامل مقایسه مواجهات برآورد شده با مقدار راهنما مبتنی بر سلامت است. در این حالت، این مقدار ۰/۰۰۳ mg/L، مقدار راهنما WHO برای کادمیوم در آب آشامیدنی است. با روی آوردن به متریک‌های مواجهه، حداقل دو مقدار وجود دارد: (الف) متوسط غلظت کادمیوم در آب آشامیدنی پایین تاسیسات پرداخت فلز (۰/۰۰۰۴ mg/L)؛ و (ب) متوسط غلظت کادمیوم در آب برداشت شده از منبع آب اجتماع (۰/۰۰۰۳ mg/L). با در نظر گرفتن نسبت مواجهه به مقدار راهنما، خارج قسمت مخاطره در این مورد تقریباً ۰/۱ محاسبه می‌گردد. بنابراین، مواجهه کمتر از مقدار راهنما برآورد می‌شود.

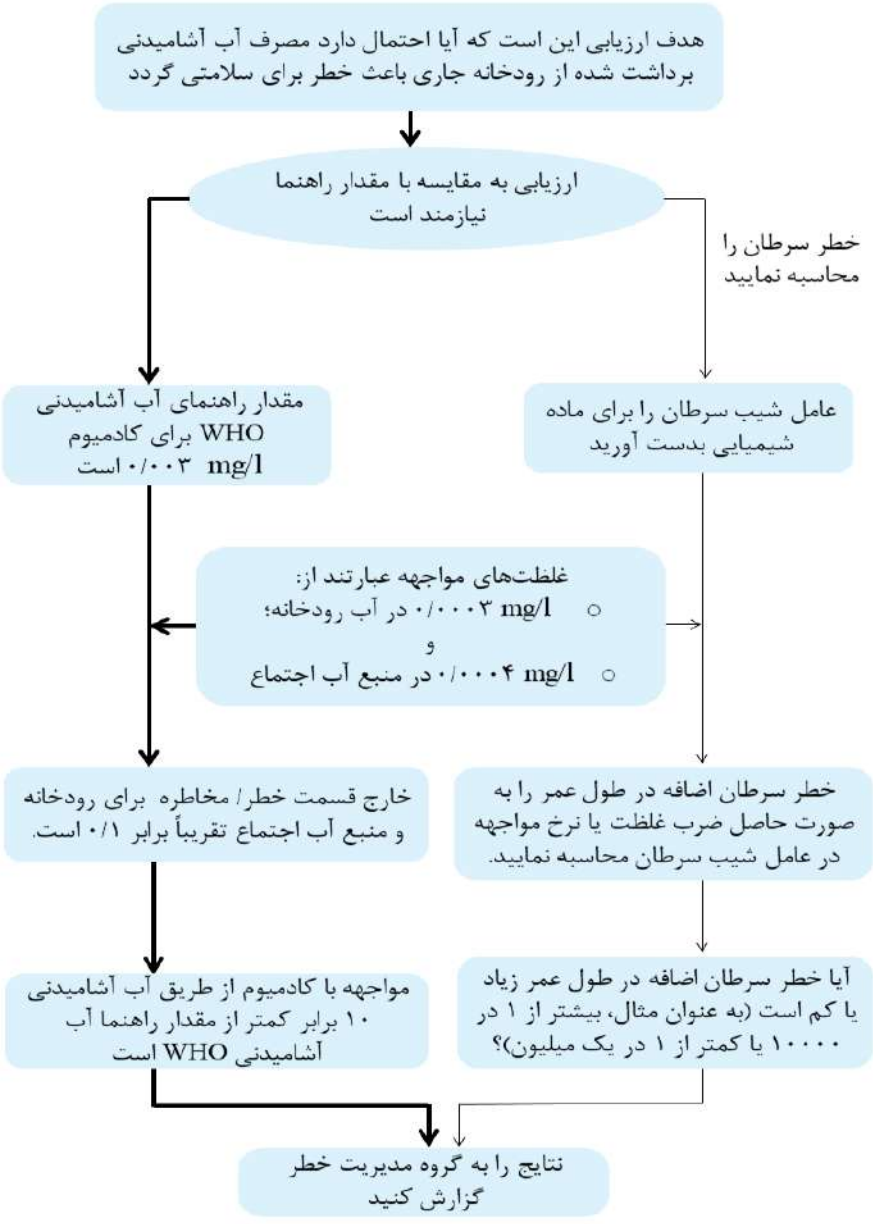
چنانچه غلظت در رودخانه کمتر از مقدار راهنما اما نزدیک به آن باشد، هنوز هم تعیین اینکه آیا مواجهه بالقوه از طریق سیستم لوله‌کشی وجود دارد یا خیر، مناسب خواهد بود.

خروجی: خارج قسمت مخاطره برای کادمیوم در آب آشامیدنی تقریباً ۰/۱ است. در نتیجه، بعید است که مواجهه با کادمیوم هر گونه اثرات نامطلوب سلامتی را در پی داشته باشد.

از نظر اقدامات، هیچ دلیل فوری برای نگرانی وجود ندارد. با این‌حال، لحاظ کردن این امر مناسب خواهد بود که آیا کاهش غلظت کادمیوم در پساب جهت جلوگیری از تجمع کادمیوم در رسوباتی که ممکن است بعدا در صورت تغییر شرایط انتقال یابند میسر است یا خیر. یک نقشه راه برای مرحله توصیف خطر مطالعه موردی آب آشامیدنی در شکل پ۱-۴ نشان داده شده است.

پ۱-۷. خلاصه

ارزیابی خطرات بالقوه سلامتی مربوط به بلع کادمیوم از طریق ورود به منبع آب اجتماع در اثر انتشار از تاسیسات پرداخت فلز به آب‌های سطحی انجام شد. گزارش گردیده که کادمیوم در کلیه که هدف اصلی برای سمیت کادمیوم نیز می‌باشد، تجمع می‌یابد. در نتیجه، خطرات بالقوه سلامتی ناشی از متوسط مواجهه بلند مدت با کادمیوم در آب آشامیدنی، نگرانی اصلی مقامات محلی است. مقدار راهنما WHO برای کادمیوم در آب آشامیدنی به عنوان مناسب‌ترین مقدار رهنمودی یا راهنما برای ارزیابی خطر بالقوه انتخاب شد. ارزیابی مواجهه بر اساس اندازه‌گیری کادمیوم در آب آشامیدنی در پنج روز مجزا بود. متوسط غلظت کادمیوم در نمونه‌های آب رودخانه و آب آشامیدنی با فعالیت تاسیسات پرداخت فلز همخوانی داشت، اما تقریباً ۱۰ برابر پایین‌تر از مقدار راهنما WHO بود. این ارزیابی نشان می‌دهد که خطرات اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از مواجهه با کادمیوم مربوط به تاسیسات نسبتاً کم است. مقامات باید در نظر داشته باشند که دست‌یابی به اطلاعات بیشتر در خصوص کارخانه و داده‌های نمونه برداری مورد نیاز است تا بتوان این یافته‌ها را با دوره‌های مواجهه نمایان‌گر شرایط متوسط بلند مدت، تایید کرد.



شکل پ۱-۴: نقشه راه خاص مورد برای توصیف خطر: مطالعه موردی آب آشامیدنی

فهرست منابع پیوست ۱

1. INCHEM internationally peer reviewed chemical safety information. Geneva: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (http://www.inchem.org/pages/icsc.html, accessed 14 November 2020).
2. International Chemical Safety Cards (ICSCs). Cadmium ICSC #0020. Geneva: International Labour Organization and World Health Organization (https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=0020&p_version=2, accessed 7 February 2021).
3. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS, Rev.8). Geneva: United Nations Economic Commission for Europe; 2019 (https://www.unece.org/index.php?id=51896, accessed 14 November 2020).
4. European Union. Chemicals at work – a new labelling system. Guidance to help employers and workers to manage the transition to the new classification, labelling and packaging system. European Commission 2013 (https://osha.europa.eu/en/file/40573/, accessed 7 February 2021).
5. Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C. International Agency for Research on Cancer; 2012 (https://publications.iarc.fr/120, accessed 7 February 2021).
6. International Programme on Chemical Safety. Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the sixty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Food Additives Series No. 52. Geneva: World Health Organization; 2004 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43038, accessed 28 December 2020).

7. International Programme on Chemical Safety. Cadmium. Environmental Health Criteria 134. Geneva: World Health Organization; 1992 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc134.htm, accessed 28 December 2020).

8. Food safety databases. Geneva: World Health Organization (https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases, accessed 28 December 2020).

9. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition, incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637, accessed 11 November 2020).

10. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Helsinki: European Chemicals Agency (https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment, accessed 10 December 2020).

11. International Programme on Chemical Safety. Human exposure assessment. Environmental Health Criteria 214. Geneva: United Nations Environment Programme, International Labour Organization and World Health Organization (within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals); 2000 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm, accessed 14 November 2020).

12. Method 1669: sampling ambient water for trace metals at EPA water quality criteria levels. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 1996 (https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/method_1669_1996.pdf, accessed 28 December 2020).

پیوست ۲: مطالعه موردی ذرات معلق قابل استنشاق [PM_{10}]

پ۲-۱. هدف

هدف از این مطالعه موردی نشان‌دادن چگونگی استفاده از اصول و نقشه راه‌های این ابزار به منظور هدایت بررسی عوامل علمی است که باید در اتخاذ یا اصلاح استانداردهای ملی کیفیت هوا برای ذرات معلق قابل استنشاق، که توسط WHO به صورت آئروسل‌های با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر (PM_{10}) تعریف شده، در نظر گرفته شوند (بخش۳-۲ متن اصلی ابزار را نیز ملاحظه نمایید) (۱، ۲). نقشه راه‌های ویژه در شکل‌های پ۲-۱، پ۲-۲ و پ۲-۳ نشان داده شده‌اند.[۱]

سوالاتی که باید پرسیده شوند عبارتند از (شکل ۲ در بخش ۳-۱ متن اصلی ابزار را نیز ملاحظه نمایید):

---

[۱] **توجه:** مطالعات موردی ارائه شده در اینجا برای اهداف توضیحی از کاربرد این ابزار در سناریوهای مختلف توسعه یافته‌اند و ممکن است جدیدترین سنجش‌ها برای ماده شیمیایی مورد بحث را نشان ندهند.

- هویت ماده شیمیایی مد نظر چیست؟
- آیا این ماده شیمیایی به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟
- چه خصوصیاتی از این ماده شیمیایی می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردد؟
- آیا برای این ماده شیمیایی مقادیر رهنمودی یا راهنما در سازمان‌های بین‌المللی وجود دارند؟
- چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای این ماده شیمیایی در مقادیر رهنمودی یا راهنما لحاظ شده است؟
- آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟
- از چه راه‌هایی ممکن است مردم با این ماده شیمیایی در تماس قرار گیرند؟
- برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟
- چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

سوالاتی که در این مطالعه موردی به آن‌ها پرداخته نشده است، عبارتند از:

- چه میزان مواجهه احتمال دارد رخ دهد؟
- چگونه می‌توان مواجهه برآوردشده را با مقادیر رهنمودی یا راهنمای مبتنی بر سلامت مقایسه نمود؟

$PM_{۱۰}$ به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد، یعنی حضور در همه‌جا و به خوبی مورد بررسی قرار گرفتن به عنوان یک آلاینده هوا، برای مطالعه موردی انتخاب گردید. $PM_{۱۰}$ ترکیبی از گونه‌های شیمیایی، آب و مولفه‌های بیولوژیکی است و به همین دلیل با مواد شیمیایی منفرد بررسی شده در جای دیگر این متن متفاوت است. بعلاوه، مطالعات اپیدمیولوژیک شواهد قوی را ارائه می‌دهند که اثرات سلامتی در جوامع انسانی در سطوح فعلی ذرات معلق قابل استنشاق رخ می‌دهد.

پ۲-۲. بیان مساله

با توجه به یافته‌های حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک و نگرانی فزاینده در مورد اثرات ذرات معلق قابل استنشاق هوای آزاد (یا $PM_{۱۰}$) بر سلامت، کشور "الف" علاقه‌مند به تنظیم یک استاندارد ملی برای غلظت $PM_{۱۰}$ در هوای آزاد است. وضعیت به این شکل است که تنها داده‌های پایش محدودی

از $PM_{۱۰}$ در کشور و در کشورهای اطراف در دسترس است. علاوه بر این، شواهد محدودی در کشور "الف" از ارتباط بین افزایش غلظت $PM_{۱۰}$ و مرگ و میر روزانه، با شواهد حمایت‌کننده‌ای از سایر کشورها در منطقه وجود دارد.

در این زمان، آلاینده مد نظر برای کشور "الف" محدود به ذرات قابل استنشاق ($PM_{۱۰}$)، نه مولفه‌های منفرد آن[۱] است و استاندارد پیش‌فرض دولتی راهنماهای کیفیت هوا WHO برای $PM_{۱۰}$ است.

راهنماهای کیفیت هوا WHO بر اساس شواهد علمی خطرات ایجاد شده توسط آلاینده $PM_{۱۰}$ برای سلامت انسان تهیه شده‌اند. توجه به این مساله مهم است که این راهنماها قصد ندارند که به‌طور کامل محافظ سلامت عمومی باشند، زیرا هیچ غلظت "ایمن" مشخصی برای $PM_{۱۰}$ هوای آزاد وجود ندارد. راهنماها با استانداردهای $PM_{۱۰}$ تعیین شده توسط هر کشور متفاوت هستند زیرا راهنماها برای طیف گسترده‌ای از موقعیت‌ها در سراسر جهان توسعه یافته‌اند و ویژگی‌ها و نیازهای فردی کشور را در نظر نمی‌گیرند. برای کشورهای منفرد، ممکن است راهنماهای WHO در پرتو عوامل علمی، نظیر منابع $PM_{۱۰}$، جوامع در معرض خطر و جغرافیا، و همچنین عوامل مرتبط با سیاست، مانند امکان‌پذیری از نظر فن‌آوری و ملاحظات اقتصادی، نیاز به اصلاح داشته باشد.

پ۲-۳. شناسایی مخاطره

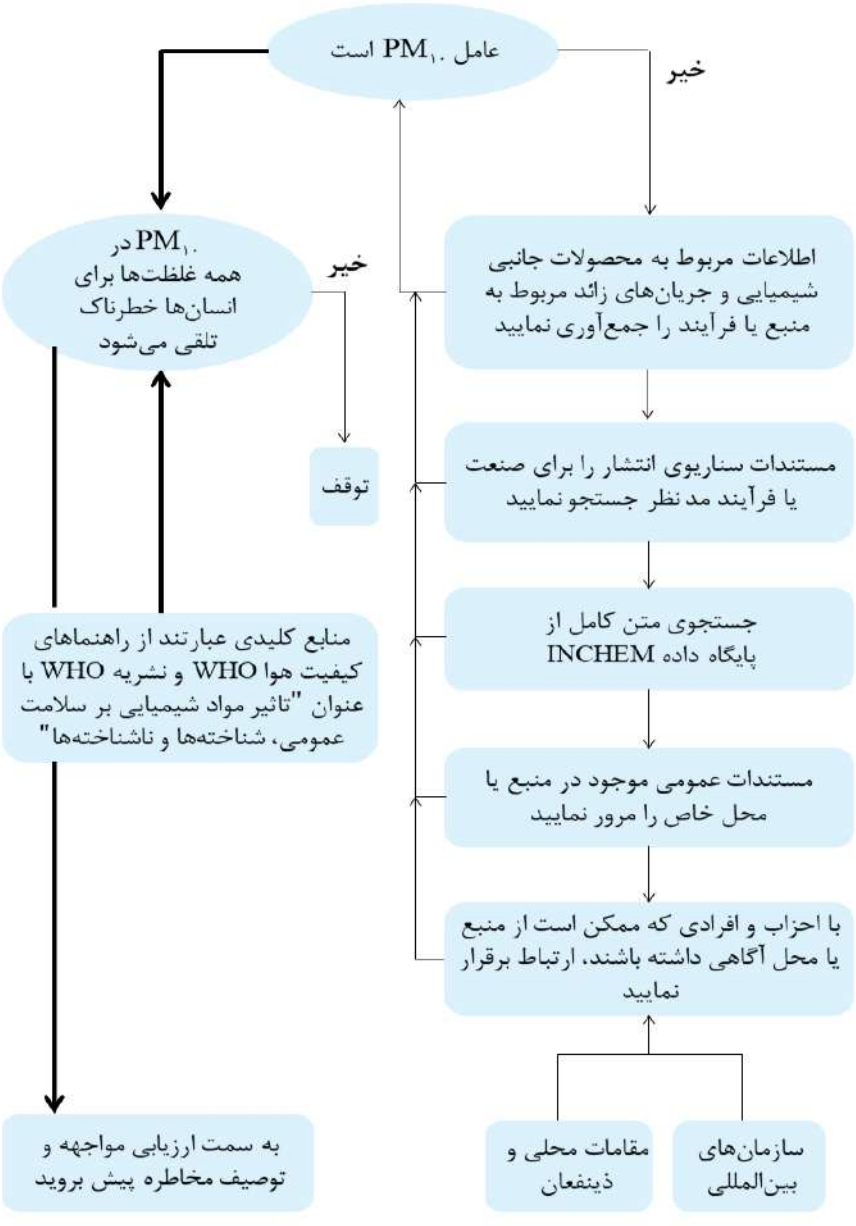
هویت ماده شیمیایی مد نظر چیست؟

فرآیند شناسایی مخاطره برای این مثال نسبتاً آسان است و از نمودار نشان داده شده در شکل پ۲-۱ پیروی می‌کند. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده، تعیین هویت ماده شیمیایی مد نظر اولین مرحله در فرآیند شناسایی مخاطره است. در این مورد، مشخص شده که هویت ماده شیمیایی $PM_{۱۰}$ هوای آزاد می باشد.

خروجی: شناسایی $PM_{۱۰}$ به عنوان آلاینده مد نظر.

---

[۱] ممکن است لحاظ کردن اطلاعات مربوط به مولفه‌های خاص $PM_{۱۰}$ جهت اهداف تعیین استاندارد مهم باشند، زیرا مطالعات علمی نشان می‌دهند که مولفه‌های $PM_{۱۰}$ به تنهایی دارای خطرات سلامتی متفاوتی هستند. همچنین، مولفه‌های $PM_{۱۰}$ ممکن است اطلاعات مهمی را برای مقاصد نظارتی ارائه نمایند، چراکه می‌توانند در ایجاد استراتژی‌های مناسب کنترل منبع کمک‌کننده باشند.



خطوط برجسته نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۲-۱: نقشه راه خاص مورد برای شناسایی مخاطره: مطالعه موردی ذرات معلق

آیا $PM_{۱۰}$ به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟

WHO اثرات سلامتی ذرات معلق[1] (PM)، از جمله $PM_{۱۰}$، را مورد سنجش قرار داده است. شواهد در مورد PM هوابرد و تاثیر سلامت عمومی آن در نشان دادن اثرات نامطلوب سلامتی در مواجهاتی که در حال حاضر توسط جوامع شهری در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تجربه می‌شود، سازگار است (۱، ۲، ۳).

خروجی: آگاهی از اینکه PM، از جمله $PM_{۱۰}$، برای انسان در غلظت‌های مواجهه یافته توسط جوامع شهری در سراسر جهان خطرناک است.

پ۲-٤. توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما

چه خصوصیاتی از $PM_{۱۰}$ می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردد؟

راهنماهای کیفیت هوا دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۱، ۲) نشان می‌دهند که دامنه اثرات سلامتی ناشی از $PM_{۱۰}$ گسترده است، اما اثرات مربوط به مواجهه کوتاه‌مدت و بلند مدت عمدتا به سیستم‌های تنفسی و قلبی عروقی مربوط می‌شوند که بر اساس نتایج مطالعات علمی اخیر اثرات نامطلوب سلامتی در مواجهات کوتاه‌مدت، در محدوده ۴-۱ ساعت رخ می‌دهد. همه جوامع تحت تأثیر قرار می‌گیرند، اما حساسیت به آلاینده ممکن است بسته به وضعیت سلامتی یا سن متفاوت باشد. نشان داده شده است که خطر پی‌آمدهای گوناگون با مواجهه افزایش می‌یابد، و شواهد کمی مبنی بر آستانه‌ای که پایین‌تر از آن هیچ‌گونه اثرات نامطلوب سلامتی پیش‌بینی نشود، وجود دارد.

خروجی: توصیف مخاطرات سلامتی برای $PM_{۱۰}$ براساس نتایج حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک.

آیا برای $PM_{۱۰}$ مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت در سازمان‌های بین‌المللی وجود دارد؟

WHO راهنماهای بین‌المللی متوسط سالانه ۲۰ $\mu g/m^3$ و متوسط ۲۴ ساعته ۵۰ $\mu g/m^3$ را

---

[1] Particulate matter (PM)

برای $PM_{۱۰}$ هوای آزاد تعیین کرده است (جدول پ۲-۱). این مقادیر، پایین‌ترین سطوحی هستند که نشان داده شده است در آن‌ها مرگ و میر کلی، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی ریوی و مرگ ناشی از سرطان ریه در پاسخ به مواجهه بلند مدت با PM افزایش می‌یابند.

جدول پ۲-۱: مقادیر راهنمای کیفیت هوا WHO برای $PM_{۱۰}$

نوع مقدار	مقدار راهنما	منبع
میانگین سالانه	۲۰ $\mu g/m^3$	دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۱، ۲)
میانگین ۲۴ ساعته	۵۰ $\mu g/m^3$	دفتر منطقه‌ای WHO برای اروپا (۱، ۲)

در کنار مقادیر راهنما، سه هدف موقت برای $PM_{۱۰}$ تعریف شده که نشان داده شده است این اهداف با اقدامات کاهشی پی‌درپی و پایدار دست‌یافتنی هستند. کشورها ممکن است این اهداف موقت را به خصوص در اندازه‌گیری پیشرفت در طول زمان در فرآیند دشوار کاهش پیوسته مواجهه جامعه با PM، از جمله $PM_{۱۰}$، مفید بیابند (جدول پ۲-۲) (۱، ۲).

کشورهای دیگر استانداردهای $PM_{۱۰}$ خود را تعیین کرده‌اند. به عنوان مثال، اتحادیه اروپا حد سالانه ۴۰ $\mu g/m^3$ را تعیین نموده است که این موضوع در سال‌های آینده باید مورد بازبینی قرار گیرد (۴). جالب توجه است که استانداردها و راهنماهای $PM_{۱۰}$ تا حدودی منحصر به فرد هستند، به طوریکه آن‌ها اصولا براساس یافته‌های حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک و نه مطالعات سم‌شناسی تدوین شده‌اند.

خروجی: فهرست مقادیر راهنما یا استاندارد برای $PM_{۱۰}$.

چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای $PM_{۱۰}$ در مقادیر راهنما لحاظ شده است؟

همان‌طور که در بخش پ۲-۵ اشاره گردید، استانداردهای کیفیت هوا برای $PM_{۱۰}$ به صورت غلظت در هوای آزاد با توجه به یک متوسط زمان مشخص و همچنین اغلب تعیین مکان مانیتورهای انطباق بیان می‌شوند. راهنماها و استانداردهای کیفیت هوا WHO که توسط اتحادیه اروپا، ایالات متحده آمریکا و سایر کشورها تعیین شده‌اند، فرضیاتی را در مورد اهمیت نسبی پی‌آمدهای سلامتی مشاهده شده (به عنوان مثال، مرگ و میر مهم‌تر از بروز آسم است)، ویژگی‌های جامعه و الگوهای فعالیت جامعه (به عنوان مثال، تعداد افراد بالقوه مستعد، زمان سپری شده در بیرون، منابع $PM_{۱۰}$ داخلی) و ویژگی‌های منبع و مکان‌ها (به عنوان مثال، منابع محلی در مقابل منابع منطقه‌ای، مکان منابع اصلی $PM_{۱۰}$ نسبت به جوامع) منعکس می‌سازند.

خروجی: آگاهی از پی‌آمدهای سلامتی، ویژگی‌های جامعه، الگوهای فعالیت جامعه، ویژگی‌های منبع آلاینده و مکان‌ها در مقادیر راهنما یا استانداردها برای $PM_{۱۰}$ منعکس شده است.

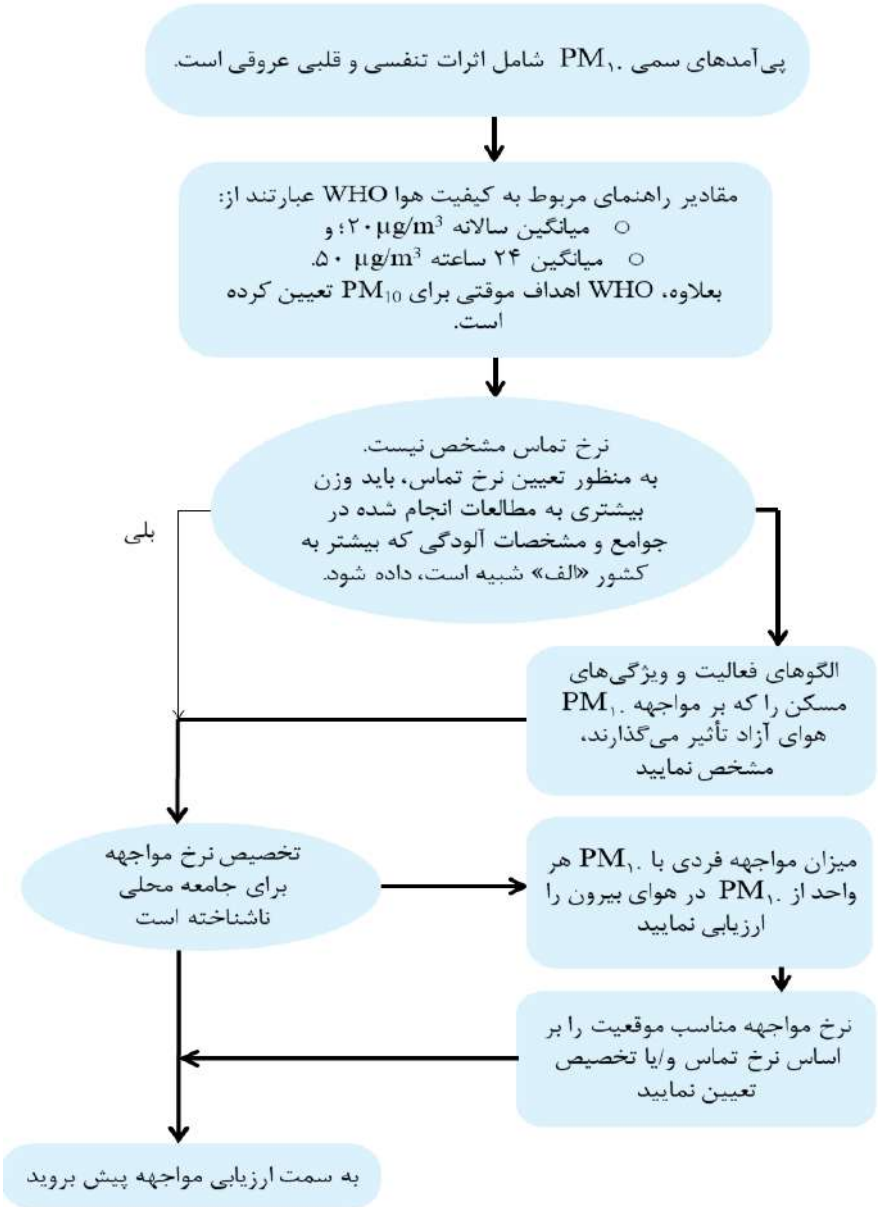
جدول پ۲-۲: اهداف موقت WHO برای $PM_{۱۰}$: متوسط غلظت سالانه

هدف موقت	غلظت $PM_{۱۰}$	مبنای سطح برگزیده شده
۱	۷۰ $\mu g/m^3$	این سطح با حدود ۱۵٪ خطر بیشتر مرگ و میر بلند مدت نسبت به راهنمای کیفیت هوا سالانه ذکر شده در جدول پ۲-۱ در ارتباط است.
۲	۵۰ $\mu g/m^3$	علاوه بر سایر مزایای سلامتی، این سطح خطر مرگ و میر زودرس را نسبت به هدف موقت سطح ۱ حدود ۶٪ (۲-۱۱٪) کاهش می‌دهد.
۳	۳۰ $\mu g/m^3$	علاوه بر سایر مزایای سلامتی، این سطح خطر مرگ و میر را نسبت به هدف موقت سطح ۲ تقریبا ۶٪ (۲-۱۱٪) کاهش می‌دهد.

آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟

احتمالا اهمیت نسبی فرضیات، همانند ارتباط و قابلیت اجرای آن‌ها برای کشور تنظیم‌کننده استاندارد موضوعیت دارد. با این‌حال، چنانچه فرضیات برای کشور تنظیم‌کننده استاندارد نیز مناسب باشند، آن‌گاه افراد ارزیابی‌کننده خطر ممکن است تصمیم به پذیرش راهنمای $PM_{۱۰}$ تعیین شده توسط WHO یا استاندارد تعیین شده توسط یک گروه دولتی یا یک کشور دیگر بگیرند. در غیر این صورت، ممکن است ارزیابی‌کنندگان خطر بخواهند به دنبال اطلاعات اضافی جهت شناسایی اطلاعات توصیف مخاطره قابل اجرا برای کشور خود باشند. این اطلاعات را می‌توان از منابع گوناگون، شامل (الف) بررسی متون علمی برای $PM_{۱۰}$، با تاکید ویژه بر مطالعات کشور "الف" یا کشورهای اطراف؛ (ب) استانداردهای $PM_{۱۰}$ برای کشور "الف" یا کشورهای دیگر؛ و (پ) اندازه‌گیری‌ها یا برآوردهای غلظت زمینه‌ای $PM_{۱۰}$، که می‌تواند شامل $PM_{۱۰}$ نشات گرفته از منابع آنتروپوژنیک در خارج از کشور "الف" باشند، به دست آورد. یک نقشه راه برای مرحله توصیف مخاطره در شکل پ۲-۲ نشان داده شده است.

خروجی: انتخاب مقدار راهنما یا استاندارد مناسب $PM_{۱۰}$ برای متوسط زمان مشخص مواجهه.



خطوط برجسته نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۲-۲: نقشه راه خاص مورد برای توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما: مطالعه موردی ذرات معلق

پ۲-۵. ارزیابی مواجهه

از چه راه‌هایی ممکن است مردم با $PM_{۱۰}$ در تماس قرار گیرند؟

در این مطالعه موردی، فرد ارزیابی‌کننده می‌داند که $PM_{۱۰}$ در هوای آزاد وجود دارد. بنابراین، هوا واسطه محیطی مد نظر است، با استنشاق که تنها راه مواجهه می‌باشد. تناوب مواجهه احتمالا ثابت است: مردم ممکن است حتی زمانی که در محیط داخل هستند نیز در معرض $PM_{۱۰}$ هوای آزاد قرار گیرند، زیرا $PM_{۱۰}$ هوای آزاد به راحتی می‌تواند وارد خانه‌ها و سایر ساختمان‌ها شود. اگر چه ممکن است سطح مواجهه در محیط داخل در مقایسه با محیط بیرون متفاوت باشد، اما مطالعات اپیدمیولوژیک عموما بر اساس غلظت هوای آزاد است. در نتیجه، خطرات برآورد شده از طریق این مطالعات به طور ذاتی انواع ساختمان‌ها و الگوهای فعالیت جوامع تحت مطالعه خود را به حساب می‌آورند. از آن‌جا که این عوامل می‌توانند اساسا بسته به کشور و حتی شهر متفاوت باشند، کشور "الف" باید به برآوردهای خطر حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده در جوامع با الگوهای فعالیت و تعداد و پراکندگی مسکن مشابه با کشور "الف" وزن بیشتر بدهد.

خروجی: شناسایی هوا به عنوان واسطه محیطی مربوطه، استنشاق به عنوان راه مواجهه و تناوب مواجهه به صورت ثابت. همچنین تعیین کیفی اهمیت تعداد و پراکندگی مسکن و الگوهای فعالیت در ارزیابی مواجهات با $PM_{۱۰}$.

برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟

تصمیم‌گیری در مورد متوسط زمان مناسب برای استاندارد $PM_{۱۰}$ پیچیده‌تر است، زیرا نه تنها باید به متوسط زمان مواجهه (سال، روز، ساعت یا دقیقه) توجه داشت، بلکه باید به اینکه چگونه غلظت برای این متوسط زمان و از کدام مکان‌های اندازه‌گیری و پایش محاسبه خواهد شد، نیز پرداخته شود. به طور کلی، متوسط زمان مواجهه براساس یافته‌های حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک خواهد بود، چرا که این مطالعات اساس استانداردها و راهنماهای موجود $PM_{۱۰}$ هستند. همان‌طور که در راهنماهای سالانه و روزانه کیفیت هوا WHO اشاره شده است، مطالعات اثرات سلامتی انجام شده در کشورهای سراسر جهان نشان داده‌اند که هر دو اثرات نامطلوب حاد و مزمن با مواجهه با $PM_{۱۰}$ در هوای آزاد در ارتباط هستند، بنابراین هر دو استاندارد کوتاه‌مدت و بلند مدت مناسب می‌باشند. WHO راهنماهای کیفیت هوا را بر اساس متوسط زمان ۲۴ ساعته جهت پرداختن به اثرات نامطلوب حاد تعیین نموده، در حالیکه به اثرات مزمن با استفاده از راهنمای متوسط سالانه پرداخته است. به منظور تعیین متوسط زمان مناسب برای یک استاندارد $PM_{۱۰}$، کشورها می‌توانند به راهنماهای کیفیت هوای WHO یا استانداردهای تعیین شده توسط کشورهای دیگر با جوامع، مشخصات منبع و توپوگرافی مشابه تکیه

کنند. علاوه بر این، تنوع منابع دیگر نیز ممکن است مفید باشند، از جمله (الف) داده‌های پایش $PM_{۱۰}$ که ارتباط بین غلظت‌های سالانه و روزانه را نشان می‌دهند؛ و (ب) یافته‌های حاصل از مطالعات سلامتی که با در نظر گرفتن عوامل مختص کشور مانند جغرافیا، منابع و مکان آن‌ها، و ساکنان کشور، پنجره‌های مواجهه مد نظر را شناسایی می‌کنند.

خروجی: تعیین متوسط زمان مناسب برای استاندارد $PM_{۱۰}$ هوای آزاد، شامل ارزیابی اهمیت استانداردهای جداگانه برای میانگین غلظت روزانه و سالانه $PM_{۱۰}$.

چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

هنگامیکه متوسط زمان مناسب انتخاب گردد، روش مورد استفاده جهت محاسبه متوسط زمان مواجهه و ایستگاه‌های سنجش آلاینده که در مکان مناسبی قرار گرفته‌اند می‌بایست تعیین شود. از نظر متوسط زمان مواجهه، راهنماهای WHO میانگین داده‌ها را در طول یک سال برای حد غلظت سالانه $PM_{۱۰}$ و برای حد ۲۴ ساعته در طول یک روز محاسبه می‌نمایند. در مقابل، استاندارد سالانه $PM_{۱۰}$ در ایالات متحده براساس متوسط سه ساله میانگین وزنی سالانه غلظت $PM_{۱۰}$ از یک یا چند ایستگاه سنجش نمایانگر مواجهه جامعه است. به همین ترتیب، استاندارد روزانه در ایالات متحده بر اساس متوسط سه ساله صدک ۹۸ام غلظت ۲۴ ساعته در هر ایستگاه، که نشان دهنده مواجهه جامعه است، می‌باشد. محاسبات ایالات متحده با هدف تاکیدزدایی سال‌ها یا روزها با غلظت‌های بالای غیر معمول است (۵).

مولفه نهایی استاندارد $PM_{۱۰}$ عموما مکان انطباق ایستگاه‌های سنجش است، که ایستگاه‌هایی هستند که غلظت‌ها از آن‌ها به‌دست خواهد آمد تا مشخص گردد که آیا استاندارد $PM_{۱۰}$ رعایت یا نقض شده است. به طور کلی، مشخص نمودن مکان‌های انطباق ایستگاه سنجش مولفه کلیدی استاندارد $PM_{۱۰}$ است، زیرا به تعیین شدت سخت‌گیری استاندارد $PM_{۱۰}$ کمک خواهد کرد و ممکن است باعث شود انتشار از منابع قطعی $PM_{۱۰}$ تاثیر بیشتری بر انطباق استاندارد نسبت به سایرین داشته باشد. مکان‌های احتمالی برای انطباق ایستگاه‌های سنجش می‌توانند شامل محیط شهری که مردم در آن زندگی می‌کنند، مناطق روستایی، یا در نزدیکی جاده‌ها یا منابع باشند؛ متناوباً می‌توان از غلظت‌های حاصل از ایستگاه‌های سنجش واقع در سراسر کشور میانگین گرفت.

خروجی: مشخص نمودن (الف) محاسبه مورد استفاده برای برآورد غلظت‌های $PM_{۱۰}$ برای متوسط زمان مواجهه مشخص تا امکان مقایسه با استاندارد $PM_{۱۰}$ را فراهم نماید؛ و (ب) مکان و تعداد ایستگاه‌های سنجش انطباق.

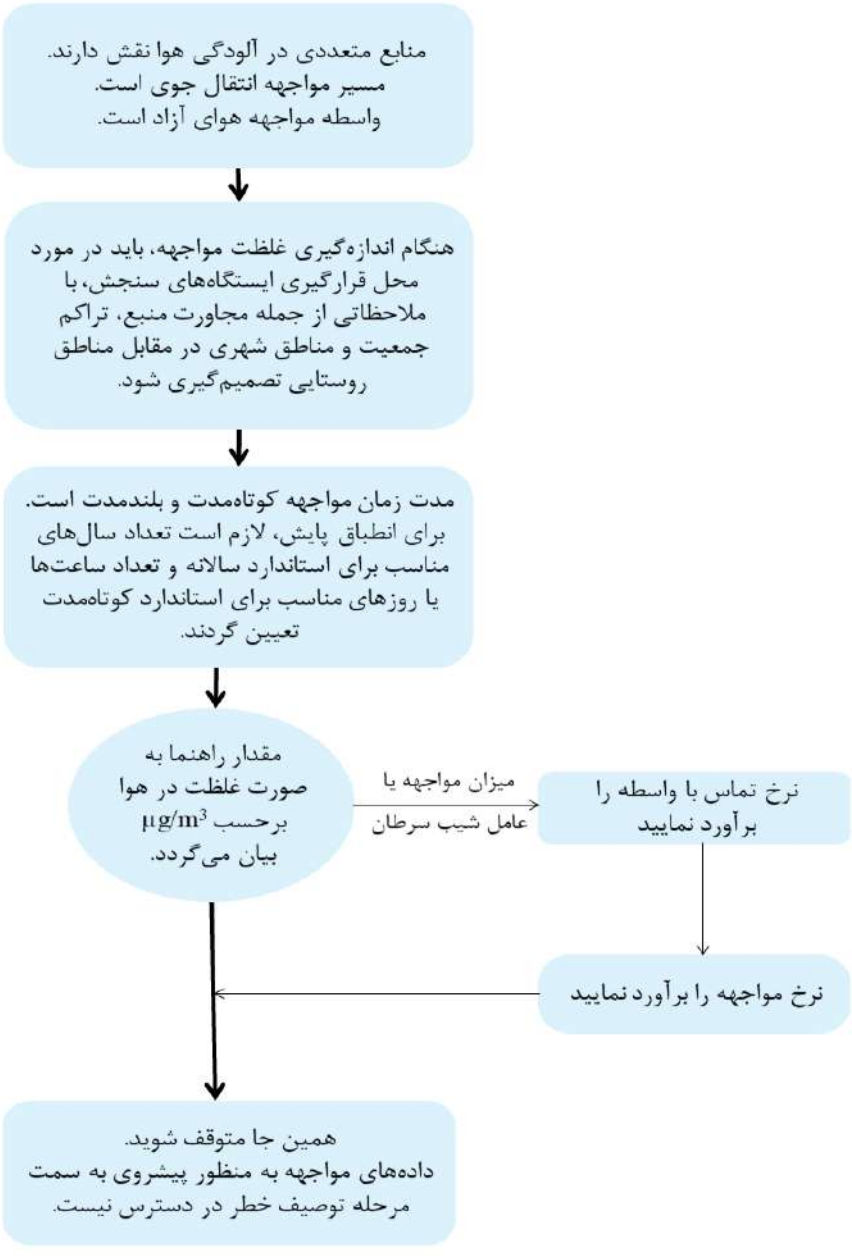
در این مطالعه موردی به دلیل عدم وجود داده‌های پایش ایستگاه سنجش به سوال در مورد این‌که "چه میزان مواجهه ممکن است رخ دهد؟" پرداخته نشده است. یک نقشه راه برای مرحله ارزیابی مواجهه، همان‌طور که در این مطالعه موردی به کار برده شد، در شکل پ۲-۳ نشان داده شده است.

پ۲-۶. توصیف خطر

به دلیل این حقیقت که اطلاعات مواجهه در دسترس نیست، سوال در مورد این‌که "چگونه مواجهه برآورد شده با مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت مقایسه می‌گردد؟" – و بنابراین مرحله توصیف خطر – برای این مثال لازم نیست.

پ۲-۷. خلاصه

اصول و نقشه راه‌های ارائه شده در این ابزار به منظور هدایت به بررسی عوامل علمی در هنگام اتخاذ یا اصلاح مقادیر رهنمودی یا راهنما بین‌المللی موجود یا استانداردهای ملی برای ذرات معلق قابل استنشاق ($PM_{۱۰}$) برای شرایط محلی یا ملی مورد استفاده قرار گرفت. دامنه اثرات سلامتی $PM_{۱۰}$ گسترده است، اما اثرات مربوط به مواجهه کوتاه‌مدت و بلند مدت عمدتا به سیستم‌های تنفسی و قلبی عروقی، با یافته‌های مطالعات علمی اخیر اثرات نامطلوب سلامتی در مواجهات کوتاه‌مدت، در محدوده ۴-۱ ساعت است. همه جوامع تحت تأثیر قرار می‌گیرند، اما حساسیت به آلاینده ممکن است بسته به وضعیت سلامتی یا سن متغیر باشد. WHO راهنماهای بین‌المللی کیفیت هوا را برای $PM_{۱۰}$ هوای آزاد، به طور متوسط ۲۰ $\mu g/m^3$ در طول یک‌سال و ۵۰ $\mu g/m^3$ در ۲۴ ساعت تعیین نموده است. آگاهی در خصوص پی‌آمدهای سلامتی، ویژگی‌های جامعه، الگوهای فعالیت جامعه، ویژگی‌ها و مکان‌های منبع آلاینده برای اتخاذ یا اصلاح راهنماهای بین‌المللی موجود یا استانداردهای ملی مورد نیاز است. همچنین، این مطالعه موردی به بحث در مورد متوسط زمان استاندارد محلی و روش مورد استفاده به منظور محاسبه متوسط زمان مواجهه و مکان ایستگاه‌های سنجش انطباق پرداخت.



خطوط **برجسته** نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۲-۳: نقشه راه خاص مورد برای ارزیابی مواجهه: مطالعه موردی ذرات معلق

فهرست منابع پیوست ۲

1. Air quality guidelines – global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823, accessed 14 November 2020).
2. WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2006 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477, accessed 28 December 2020).
3. International Programme on Chemical Safety. Public Health Impact, Knowns and Unknowns publication. Geneva: World Health Organization; 2016 (https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FWC-PHE-EPE-16.01-eng).
4. Environment: air quality standards. Brussels: European Commission (https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm, accessed 28 December 2020).
5. United States of America. Revised air quality standards for particle pollution and updates to the air quality index (AQI). https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-04/documents/fact_sheet_pm_naaqs_proposal.pdf (accessed 13 January 2021).

پیوست ۳: مطالعه موردی آفتکش

پ۳-۱. هدف

بسیاری از کشورها ارزیابی‌های خطر انجام شده توسط سایر کشورها یا سازمان‌های بین‌المللی را جهت تصمیم‌گیری در مورد استفاده از مواد شیمیایی در نظر می‌گیرند. با این کار این کشورها با چالش‌های متعددی رو به رو می‌شوند، که یکی از مشکل‌ترین آن‌ها ارزیابی این است که آیا و چگونه ارزیابی خطر اصلی، از جمله ارزیابی مواجهه، با شرایط و موقعیت‌های آن‌ها مرتبط است. این ارزیابی باید قبل از اینکه ارزیابی خطر اولیه بتواند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری ملی بکار رود، انجام شود.[۱]

هدف از این مطالعه موردی ساختگی، نشان دادن چگونگی استفاده از این ابزار برای هدایت بررسی عواملی است که باید در استفاده از ارزیابی خطر انجام شده در یک کشور به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری نظارتی در کشور دوم در نظر گرفته شوند.

---

[۱] **توجه:** مطالعات موردی ارائه شده در اینجا برای اهداف توضیحی از کاربرد این ابزار در سناریوهای مختلف توسعه یافته‌اند و ممکن است جدیدترین سنجش‌ها برای ماده شیمیایی مورد بحث را نشان ندهند.

پ۳-۲. بیان مساله

در یک کشور در آفریقای مرکزی (کشور "ب") با جمعیتی حدود ۱۲ میلیون نفر، مقامات سلامت عمومی مواردی از مسمومیت کارگران را در نتیجه استفاده از فرمولاسیون متیل پاراتیون[1] جهت کنترل حشرات در مزارع سبزیجات مشاهده کرده‌اند. به منظور حفاظت از سلامت انسان، این کشور اقدام نظارتی را برای محدود کردن شدید استفاده از متیل پاراتیون مد نظر قرار داده است و ارزیابی خطر متیل پاراتیون را برای حمایت از چنین اقدامی انجام می‌دهد. از آنجا که داده‌های ارزیابی خطر مختص این کشور در دسترس نیست، ارزیابی‌کنندگان خطر تصمیم می‌گیرند که برای ارزیابی خطرات سلامتی ناشی از استفاده از متیل پاراتیون در کشورشان به داده‌ها و مشاهدات بین‌المللی اتکا کنند و از این ارزیابی حاصل تصمیم بگیرند که آیا استفاده از متیل پاراتیون باید محدود شود یا خیر.

سوالاتی که باید پرسیده شود عبارتند از (شکل ۲ در بخش ۳-۱ متن اصلی این ابزار را نیز ملاحظه نمایید):

- هویت ماده شیمیایی مد نظر چیست؟
- آیا این ماده شیمیایی به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟
- چه خصوصیاتی از ماده شیمیایی می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردد؟
- آیا برای این ماده شیمیایی مقادیر رهنمودی یا راهنما در سازمان‌های بین‌المللی وجود دارند؟
- چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای این ماده شیمیایی در مقادیر رهنمودی یا راهنما لحاظ شده است؟
- آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟
- از چه راه‌هایی ممکن است مردم با این ماده شیمیایی در تماس قرار گیرند؟
- چه میزان مواجهه احتمال دارد رخ دهد؟
- برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟
- چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

[1] Methyl Parathion

- چگونه می‌توان مواجهه برآوردشده را با مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت مقایسه نمود؟

پ۳-۳. شناسایی مخاطره

هویت ماده شیمیایی (یا فرمولاسیون) مد نظر چیست؟

در حقیقت، چنانچه فرآیند ثبت وجود داشته باشد، یک منبع اولیه اطلاعات در مورد فرمولاسیون متیل پاراتیون می‌تواند ثبت آفت‌کش در داخل کشور باشد. در صورت عدم وجود فرآیند ثبت، اطلاعات مربوط به فرمولاسیون متیل پاراتیون را می‌توان از منابع گوناگونی مانند مجوزهای صنعتی، سوابق واردات و صادرات، نتایج نظرسنجی اجرا شده توسط وزارت کشاورزی یا وزارت کشور، پیمایش‌های شرکت‌های عمده‌فروشی یا خرده‌فروشی عرضه کشاورزی، و در نهایت، مالکان یا مدیران املاک کشاورزی به‌دست آورد.

اطلاعات مربوط به فرمولاسیون متیل پاراتیون در منابع خارج از کشور نیز در دسترس است. به عنوان مثال، بانک داده مواد خطرناک (HSDB) (۱) (زیربخش ۴-۶-۶ متن اصلی این ابزار را ملاحظه نمایید)، اطلاعاتی را در مورد حضور متیل پاراتیون در محصولات با درجه تکنیکال و محصولات متعدد آماده به مصرف ارائه می‌نماید. محصولات با درجه تکنیکال شامل متیل پاراتیون خالص به عنوان یک ماده جامد و یک محلول ۸۰٪ متیل پاراتیون در زایلن[1] است. محصولات آماده به مصرف، متیل پاراتیون ۲٪ موجود به عنوان غبار، کنسانتره قابل امولسیون، مایعات بسیار کم حجم و پودرهای قابل‌حل باشد.

افزون بر اطلاعات هویت شیمیایی کدگذاری شده موجود در HSDB، مصاحبه با کاربران حشره‌کش و مشاهدات رویه‌های کاربردی توسط پرسنل دپارتمان بهداشت محیط در کشور "ب" نشان می‌دهد که پودرهای قابل‌حل و کنسانتره‌های قابل امولسیون متیل پاراتیون از اشکال اولیه متیل پاراتیون مورد استفاده در کشور هستند. دپارتمان بهداشت محیط به نام‌های محصولات کیلکس پاراتیون[2] و متافوس[3] در طول بازرسی‌های خود اشاره، و ثبت کرد که برچسب‌ها غلظت ۲٪ متیل پاراتیون را نشان دادند.

---

[1] Xylene
[2] Kilex Parathion
[3] Metaphos

خروجی: پودرهای قابل‌حل و کنسانتره‌های قابل امولسیون از اشکال اولیه متیل پاراتیون مورد استفاده در کشور هستند. محصولات کاربردی حاوی غلظت ۲٪ متیل پاراتیون هستند.

آیا این ماده شیمیایی (یا فرمولاسیون) به طور بالقوه برای انسان‌ها خطرناک است؟

خصوصیات سم‌شناسی متیل پاراتیون توسط بسیاری از آژانس‌های بین‌المللی و ملی از جمله WHO، سازمان ملل متحد و اتحادیه اروپا طبقه‌بندی شده‌اند:

- WHO طبقه‌بندی آفت‌کش‌ها را براساس مخاطره توصیه کرده است. کلاس ۱a (بسیار خطرناک) (۲).
- فهرست طبقه‌بندی‌های IARC. گروه ۳ (قابل طبقه‌بندی به عنوان سرطان‌زا برای انسان‌ها نیست) (۳).
- سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی سازمان ملل (GHS) (۴)
  - سمیت حاد ۲: H۳۰۰ کشنده در صورت بلع؛ H۳۳۰ کشنده در صورت استنشاق
  - سمیت حاد ۳: H۳۱۱ سمی در تماس با پوست
  - سمیت اندام هدف خاص RE۲: H۳۷۳ ممکن است در اثر مواجهه بلند مدت یا مکرر باعث آسیب به اندام‌ها (یا اندام‌های تحت تاثیر قرار گرفته) گردد.

خروجی: متیل پاراتیون در صورت استنشاق و بلع و تماس با پوست برای انسان بسیار سمی است.

چه خصوصیاتی از ماده شیمیایی (یا فرمولاسیون) می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد اثرات نامطلوب سلامتی گردد؟

اطلاعات سم‌شناسی در EHC شماره ۱۴۵ در مورد متیل پاراتیون (۵)، مونوگراف نشست مشترک FAO/WHO در مورد بقایای آفت‌کش (JMPR) در سنجش سم‌شناسی متیل پاراتیون (در آن‌جا به عنوان پاراتیون- متیل ذکر شده) (۶) و HSDB (۱) در دسترس است. همان‌طور که در این متون اشاره شد، مواجهه با متیل پاراتیون در غلظت‌های به اندازه کافی بالا، می‌تواند عمدتا از طریق آسیب به سیستم‌های عصبی مرکزی و محیطی منجر به مسمومیت شدید یا کشنده شود. علائم مسمومیت ممکن است تقریبا بلافاصله (چند دقیقه) پس از مواجهه ظاهر شوند. هنگامیکه مواجهه از طریق تماس پوستی رخ دهد، شدت علائم مسمومیت ممکن است بیش از یک روز افزایش یابد و چند

روز به طول بیانجامد. همچنین، ممکن است مواجهه با متیل پاراتیون باعث تحریک پوست یا چشم گردد و به روش‌هایی که از نظر بالینی آشکار نیستند – به عنوان مثال، با کاهش فعالیت‌های کولین استراز خون یا با افزایش اختلال کروموزومی، تاثیر نامطلوبی بر سلامت بگذارد. متیل پاراتیون به آسانی از طریق تمام راه‌های مواجهه (خوراکی، پوست، استنشاق) جذب می‌شود. متیل پاراتیون پس از جذب، به سرعت در بافت‌ها توزیع می‌شود، که کبد اندام اصلی سوخت و ساز و سم‌زدایی است. متیل پاراتیون و محصولات متابولیک آن عمدتا از طریق ادرار دفع می‌گردند.

خروجی: مواجهه عمدتا از طریق آسیب به سیستم‌های عصبی مرکزی و محیطی می‌تواند منجر به مسمومیت شدید یا کشنده گردد. ممکن است علائم مسمومیت تقریبا بلافاصله (چند دقیقه) پس از مواجهه ظاهر شوند.

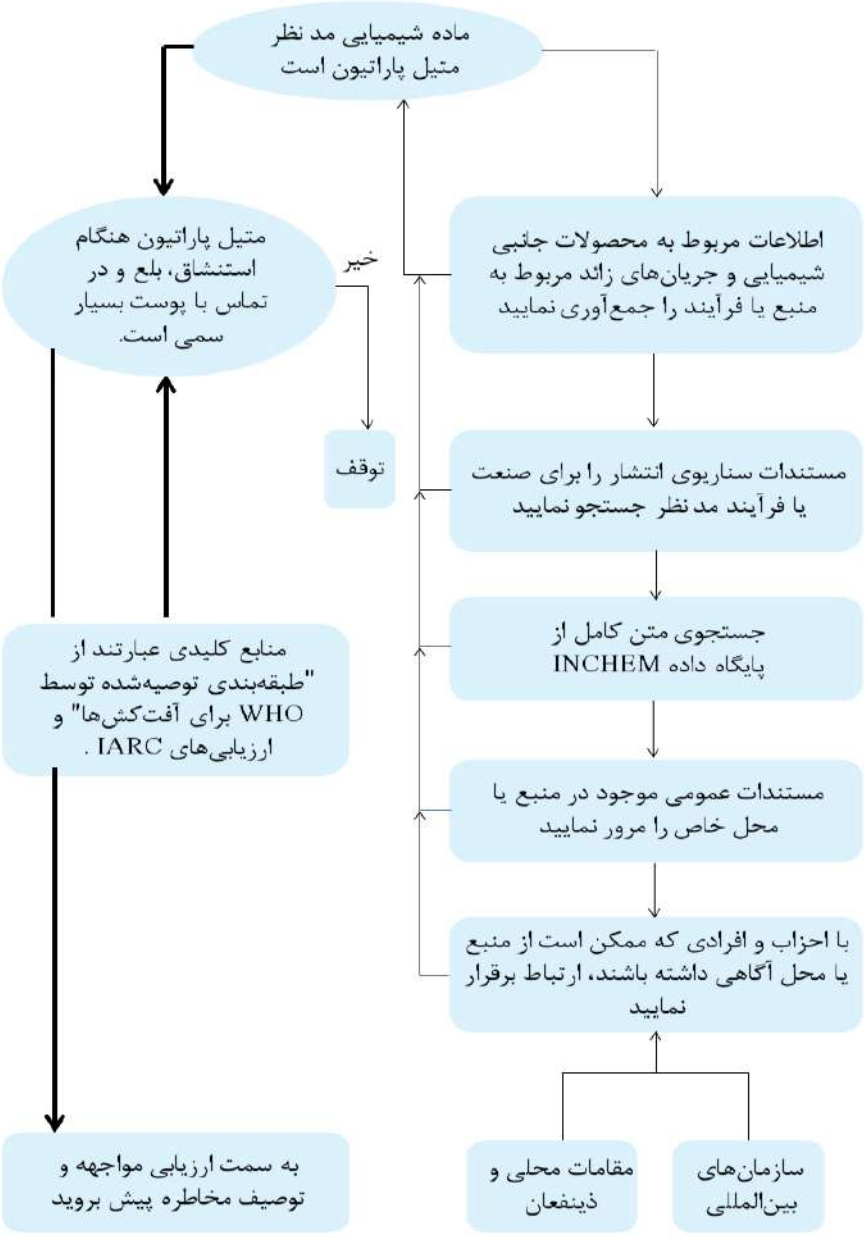
یک نقشه راه برای مرحله شناسایی مخاطره مطالعه موردی آفت‌کش در شکل پ۳-۱ نشان داده شده است.

پ۳-٤. شناسایی مخاطره/ مشخص نمودن مقدار رهنمودی یا راهنما

آیا برای این ماده شیمیایی مقادیر رهنمودی یا راهنما در سازمان‌های بین‌المللی وجود دارد؟

مقادیر رهنمودی مبتنی بر سلامت موجود در منابع بین‌المللی در زیر ذکر شده‌اند:

- در سال ۱۹۹۵، JMPR متیل پاراتیون را مجددا مورد ارزیابی قرار داد و دریافت روزانه قابل قبول (ADI) معادل ۰/۰۰۳–۰ mg/kg وزن بدن و دوز مبنا حاد (ARfD) معادل ۰/۰۳ mg/kg وزن بدن را تعیین نمود (۶).
- کمیسیون Codex غذایی حداکثر حدود باقیمانده (MRLs) را برای متیل پاراتیون برای انواع کالاهای غذایی (برحسب میلی‌گرم متیل پاراتیون در هر کیلوگرم ماده غذایی) تعیین نمود؛ سیب (۰/۲ mg/kg)، لوبیا خشک (۰/۰۵ mg/kg)، کلم‌ها (۰/۰۵ mg/kg)، کشمش (۱ mg/kg)، انگور (۰/۵ mg/kg)، شلیل (۰/۳ mg/kg)، هلو (۰/۳ mg/kg)، نخود خشک (۰/۳ mg/kg)، سیب زمینی (۰/۰۵ mg/kg) و چغندر قند (۰/۰۵ mg/kg) (۸).



خطوط **برجسته** نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۳-۱: نقشه راه خاص مورد برای شناسایی مخاطره: مطالعه موردی آفت‌کش

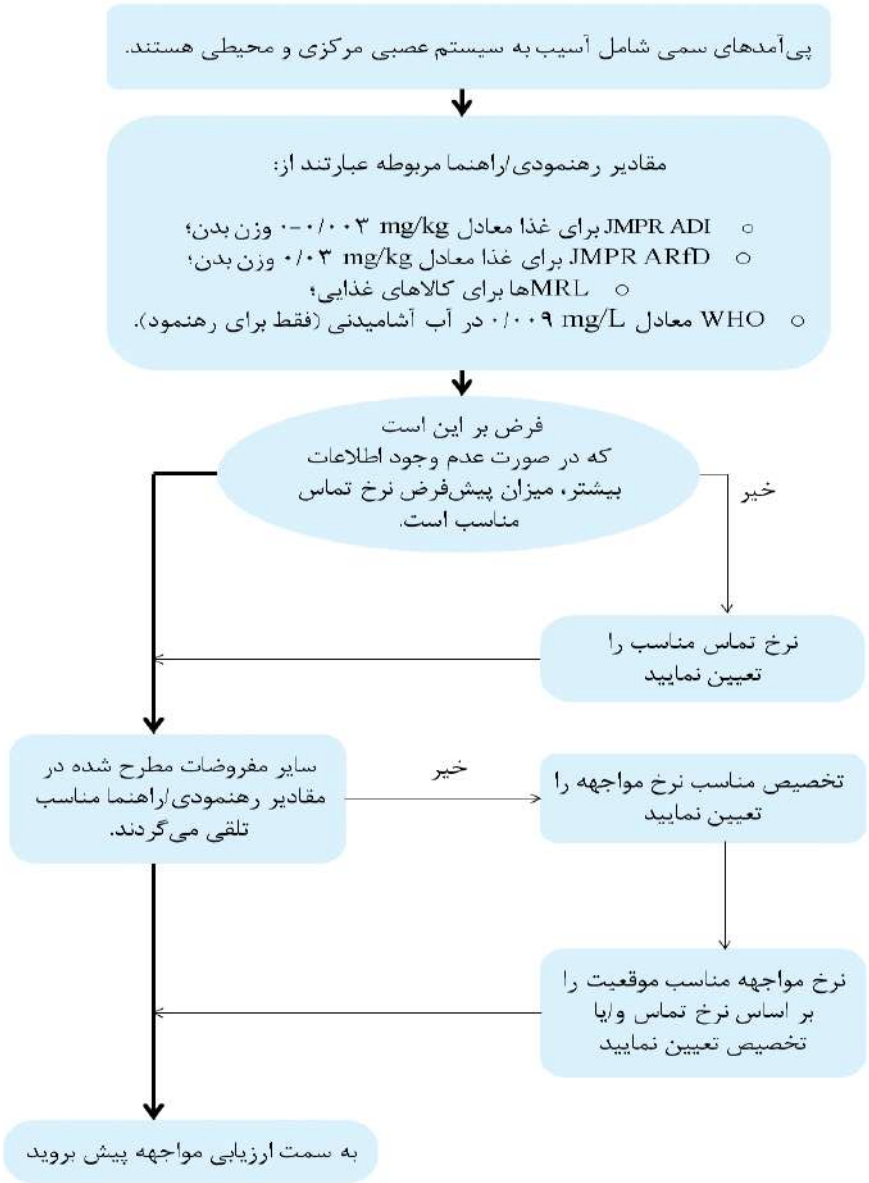
نکته مورد توجه اینکه مقدار راهنما رسمی آب آشامیدنی WHO برای متیل پاراتیون مقرر نشده است. در واقع، مقدار مبتنی بر سلامت ۰/۰۰۹ mg/L (برای اهداف رهنمودی) به‌دست آمد، و از آن‌جا که این مقدار بسیار بیشتر از غلظت ممکن در آب است، هیچ مقدار راهنمای رسمی ضروری تلقی نشد (۹). WHO راهنما کیفیت هوا برای متیل پاراتیون منتشر نکرده است.

خروجی: JMPR، یک ADI (۰/۰۰۳–۰ mg/kg وزن بدن) و یک ARfD (۰/۰۳ mg/kg وزن بدن) را برای دریافت خوراکی (با توجه به دریافت عمدتا غذایی) تعیین نمود. علاوه بر این، کمیسیون Codex غذایی حداکثر حدود باقیمانده را برای انواع کالاهای غذایی مقرر نمود. مقدار مبتنی بر سلامت معادل ۰/۰۰۹ mg/L برای متیل پاراتیون در آب آشامیدنی توسط WHO تنها برای اهداف رهنمودی به‌دست آمد.

چه فرضیاتی در خصوص مواجهه و دوز برای این ماده شیمیایی در مقادیر رهنمودی یا راهنما لحاظ شده است، و آیا آن فرضیات شرایط ویژه وضعیت محلی را منعکس می‌کنند؟

همان‌طور که در بخش پ۳–۵ شرح داده شد، پیش‌بینی می‌گردد که کاربران متیل پاراتیون بیشترین مواجهه را در جامعه در کشور داشته باشند. در صورت عدم وجود اطلاعات در مورد نرخ تماس، وزن بدن، کسر جذب و مواجهه کلی با متیل پاراتیون خاص شرایط محلی، دپارتمان بهداشت محیط بر می‌گزیند که بر مقادیر رهنمودی/راهنما ارائه شده در بالا در این بخش اتکا نماید.

یک نقشه راه برای مرحله توصیف مخاطره مطالعه موردی آفت‌کش در شکل پ۳–۲ نشان داده شده است.



خطوط **برجسته**نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۳-۲: نقشه راه خاص مورد برای توصیف مخاطره/شناسایی مقدار رهنمودی یا راهنما: مطالعه موردی آفت‌کش

پ۳-۵. ارزیابی مواجهه

از چه راه‌هایی ممکن است مردم با این ماده شیمیایی در تماس قرار گیرند؟

افراد ارزیابی‌کننده خطر اطلاعاتی را از داخل کشور جمع‌آوری می‌کنند که نشان می‌دهد متیل پاراتیون در کشور عمدتا در مزارع سبزیجات با استفاده از سمپاش‌های دیسک دوار که بر پشت کارگران حمل می‌گردد، به کار برده می‌شود. از طریق بازدیدهای میدانی و مصاحبه با کارگران کشاورزی، دپارتمان بهداشت محیط در می‌یابد که کارگران در مورد خطرات سلامتی متیل پاراتیون و فرمولاسیون-های آن مطلع نشده‌اند و در هنگام آماده‌سازی فرمولاسیون یا حین عملیات سمپاشی، تجهیزات حفاظت فردی[1] (PPE) نیز نمی‌پوشند. انتظار می‌رود راه‌های مربوطه مواجهه کارگران جذب پوستی، استنشاق و بلع باشد و مواجهات کوتاه‌مدت کارگران در حین استفاده اتفاق بیفتد، در حالیکه مواجهات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند مدت ممکن است پس از استفاده تا زمانی که محصول برداشت شود، رخ دهد. بعلاوه، مصاحبه با متخصصان پزشکی در مراکز بهداشتی محلی تعداد رو به افزایش بیماران با علائم عصبی را در حین عملیات سمپاشی نشان می‌دهد. به دلیل اینکه یک سیستم رسمی مراقبت و نظارت بر بیماری در محل وجود ندارد، تعداد دقیق، توزیع و علت مسمومیت ناشناخته است.

افراد ارزیابی‌کننده خطر از منابع بین‌المللی اطلاعات – EHC شماره ۱۴۵ در مورد متیل پاراتیون (۵) و HSDB (۱) – می‌آموزند که متیل پاراتیون از نظر حرارتی ناپایدار، نسبتا نامحلول در آب، به میزان ناچیزی محلول در اتر نفت و روغن‌های معدنی، اما محلول در اکثر حلال‌های آلی است. راه‌های مهم مواجهه شامل تماس پوستی و با درجه کمتر، استنشاق برای کارگران و استنشاق و مصرف مواد غذایی آلوده برای عموم مردم است. مواجهات متیل پاراتیون کارگران به طور کلی هم از استفاده مناسب و هم از سوء استفاده از آفت‌کش در طول فعالیت‌های کشاورزی یا جنگل‌داری حاصل می‌گردد.

اگرچه مطالعات مواجهه شغلی در این کشور انجام نشده است، اما اطلاعات سایر کشورها عامل بالقوه افزایش مواجهه با متیل پاراتیون را در میان کاربران نشان می‌دهد. HSDB اطلاعاتی را فراهم می‌آورد که می‌توان در حمایت از ارزیابی مواجهه مورد استفاده قرار داد. به عنوان مثال، همان‌طور که در بالا اشاره شد، HSDB اطلاعاتی را درباره مسیرهای بحرانی مواجهه متیل پاراتیون ارائه می‌نماید. در میان این مسیرهای بحرانی، بزرگترین خطر برای کارگرانی که در مواجهه با متیل پاراتیون قرار می‌گیرند، ناشی از تماس پوستی است که ممکن است در حین یا پس از استفاده از آن، یا در جایی که فرمولاسیون می‌گردد، رخ دهد. مواجهه شغلی با متیل پاراتیون نیز ممکن است از طریق مسیرهای

[1] Personal protective equipment (PPE)

دیگری مانند استنشاق قطرات[1] سمپاشی اتفاق بیفتد. همان‌طور که در HSDB فهرست شده است، مشاغلی که به طور بالقوه در معرض متیل پاراتیون قرار دارند شامل پرسنل دخیل در سمپاشی هوایی، خدمه مسئول نظافت منطقه، اپراتورهای دستگاه کیسه‌بندی، کارکنان تولید ترکیبات پایه، باربرانی که لباس‌ها را به خشکشویی حمل می‌کنند، پرکننده‌های مخزن استوانه‌ای، پرسنل بازسازی مخزن استوانه‌ای، پرسنل تخلیه، کنترل‌کننده‌های میدان، کارگران میدانی (افرادی که در معرض بقایای موجود در محصولات و شاخ و برگ گیاهان هستند)، افراد پرچم‌دار، رانندگان وسایل نقلیه زمینی، پرسنل سرایدار، کارگران خشکشویی، پرسنل تعمیر و نگهداری، اپراتورهای میکسر و مخلوط کن، باربران حمل کننده پسماند، پرسنل لودرهای مخزن تراکتور، لودرهای کامیون و پرسنل انبار می‌باشند. براساس اطلاعات ارائه شده در HSDB، متوسط سطح هوا در کارخانه‌های تولیدی کمتر از ۰/۱ mg/m^3، با حداکثر سطح ۰/۲ mg/m^3، است. مواجهه پوستی برای کارگرانی که پنبه را برای آسیب حشرات بررسی می‌کنند، ۰/۷ میلی‌گرم در ساعت برآورد می گردد. میانه سطوح متیل پاراتیون برای افراد آماده کننده سم بر روی بخش‌هایی از بدن آن‌ها که شسته نشده‌اند در بازه بین ۵۱۰ و ۹۲۰۰ نانوگرم (ng)، در مقایسه با بازه ۳۴۵–۷۴ ng برای آن‌هایی که پس از کار بدن خود را شستشو می‌دهند، قرار دارد.

برای عموم جامعه، مواجهه با متیل پاراتیون ممکن است از طریق استنشاق هوای محیط و مصرف مواد غذایی آلوده رخ دهد. انتظار نمی‌رود عموم جامعه در معرض سطوح معنی‌دار متیل پاراتیون در آب آشامیدنی قرار گیرند. احتمالا مهم‌ترین راه مواجهه برای جوامعی که در نزدیکی کاربری‌های کشاورزی زندگی می‌کنند، مواجهه استنشاقی عموم جامعه باشد.

خروجی: متیل پاراتیون با استفاده از سمپاش‌های دیسک دوار که بر پشت کارگران حمل می‌گردد، برای مزارع سبزیجات به کار برده می‌شود. کارگران از خطرات سلامتی متیل پاراتیون آگاه نیستند و در هنگام آماده‌سازی فرمولاسیون‌ها و در حین عملیات سمپاشی، PPE نیز نمی‌پوشند. بنابراین، بیشترین خطر برای کارگرانی که در معرض متیل پاراتیون قرار می‌گیرند، ناشی از تماس پوستی است که ممکن است در حین یا پس از استفاده، یا در جایی که فرمولاسیون می‌شود، رخ دهد. موارد مشکوک به مسمومیت در حین عملیات سمپاشی، مواجهه احتمالی با متیل پاراتیون را تایید می‌کنند. متون بین‌المللی این مسیرها و راه‌های مواجهه را برای کارگرانی که با متیل پاراتیون کار می‌کنند، تایید می‌نمایند. مواجهه عموم جامعه از طریق غذا امکان‌پذیر است، اما این مورد تایید نشده است.

---

[1] Mist

چه میزان مواجهه احتمال دارد رخ دهد؟

در صورت عدم وجود اطلاعات مواجهه از کشور "ب"، دپارتمان بهداشت محیط جستجوی متونی انجام می‌دهد که مشخص می‌نماید یک کشور غیر آفریقایی به تازگی خطرات سلامتی متیل پاراتیون را به منظور حمایت از اقدام نظارتی ارزیابی نموده است. دپارتمان بهداشت محیط در این کشور آفریقایی یک کارگاه کوچک و چند رشته‌ای (شامل متخصصان بهداشت، شغلی، آفت‌کش، کشاورزی، محیط زیست و غیره) را برای ارزیابی و بحث در مورد ارتباط یافته‌های کشور دیگر با این کشور آفریقایی تشکیل می‌دهد. بحث‌ها در یک الگوی مشخص سازماندهی می‌شوند. الگو و یافته‌ها در جدول پ۳-۱ نشان داده شده‌اند.

این نشست به این نتیجه می‌رسد که شرایط مواجهه شرح داده شده در مطالعه کشور دیگر، با شرایط مشخص شده در وضعیت آفریقا بسیار متفاوت است. تفاوت‌های قابل توجه شامل سواد کارگران در مورد خطرات سلامتی متیل پاراتیون و استفاده از PPE، و همچنین سیستم مدیریت در حال کار آفت‌کش در کشور غیر آفریقایی، و تعداد کم موارد کارگران مسموم شده می‌باشد که توسط سیستم مراقبتی و نظارت بر بیماری‌های موجود و مراکز مسمومیت محلی آن کشور گزارش شده است.

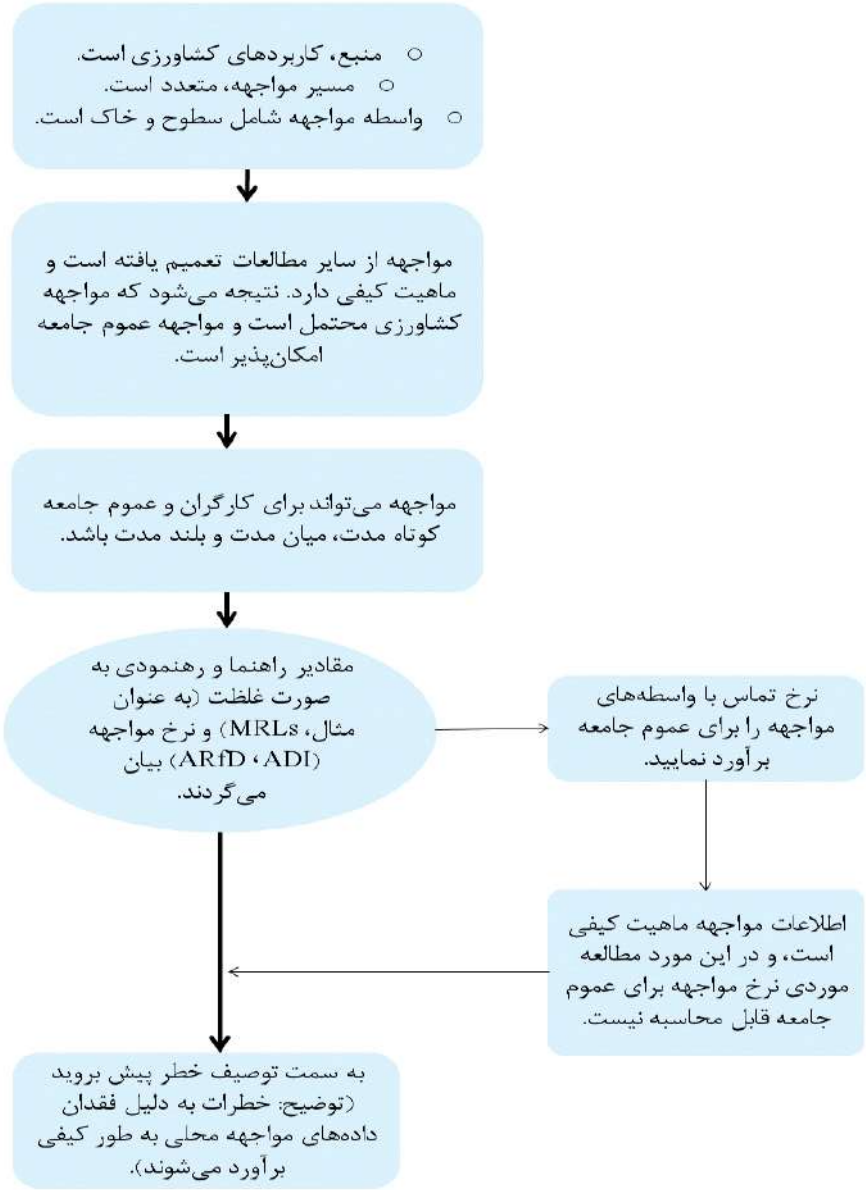
خروجی: به نظر می‌رسد کشور آفریقایی مواجهه بسیار بالاتری را در مقایسه با کشور دیگری که اقدامات مدیریتی را در محل دارد، تجربه می‌کند.

یک نقشه راه برای مرحله ارزیابی مواجهه مطالعه موردی آفت‌کش در شکل پ۳-۳ نشان داده شده است.

جدول پ۳-۱: ارتباط یافته‌های مطالعه با یک کشور آفریقایی: الگو

عنصر مطالعه	شرایط محلی	کشور دیگر
۱- آیا شکل استفاده از آفت‌کش در سطح محلی مشابه ارزیابی مواجهه انجام شده در سطح بین‌المللی یا در یک کشور دیگر است؟		
۱) آیا فرمولاسیون مشابهی استفاده شده است (مانند مایع، پودر، گرانول؛ غلظت ترکیب یا ترکیبات فعال)؟	محصول ۲٪ آماده به مصرف	پودر قابل‌حل
۲) آلاینده‌هایی که باید در نظر گرفته شوند، کدام هستند؟	نامشخص	هیچ کدام
۲. آیا آفت‌کش/فرمولاسیون(ها) به شیوه یکسانی به کار برده می‌شود؟ آیا شرایط محیطی مشابهی اعمال می‌گردد؟		
آیا الگوهای استفاده یکسان هستند، از جمله:		
• نوع استفاده (مانند کشاورزی، غیرکشاورزی، سلامت عمومی، ضدعفونی‌کننده)؟	کشاورزی، سبزیجات	کشاورزی، سبزیجات
• محیط استفاده (مانند گلخانه، زمین، محیط داخل)؟	زمین رو باز	زمین رو باز
• شرایط محیطی (مانند دما، نوع خاک)؟	آب و هوای گرمسیری	آب و هوای معتدل
• نرخ، تناوب و مدت استفاده؟	شش بار در سال	دو بار در سال
• تجهیزات مورد استفاده (مانند سمپاش پشتی، سمپاش با هوای فشرده)؟	سمپاش دیسک دوار	سمپاش‌های مختلف پشتی
• حمل و نقل، انتشار و ذخیره-سازی؟	کنترل‌نشده	بسیار کنترل‌شده (به عنوان مثال، پیروی از GHS، رانندگان آموزش دیده، انتشار کنترل‌شده)

عنصر مطالعه	شرایط محلی	کشور دیگر
۳- آیا اقدامات مدیریتی آفت‌کش در محل مشابه هستند؟		
۱) آیا کارگران آموزش دیده‌اند؟ آیا آن‌ها به خطرات آگاه هستند؟	عموما خیر	بله، برنامه‌های آموزشی در محل وجود دارد
۲) آیا PPE در دسترس است و استفاده می‌شود؟	معمولا خیر	بله
۳) آیا استانداردهای شغلی در محل وجود دارد؟	خیر	بله
٤- آیا اثرات سلامتی مشابهی مشاهده می‌شود؟		
۱) آیا کارگران دچار مسمومیت می‌شوند و نشانه‌ها و علائم آن چیست؟	اعتقاد بر این است که شایع است؛ علائم عصبی	به ندرت؛ سیستم مراقبتی و نظارتی در محل
۲) آیا آفت‌کش در واسطه یا ماده غذایی تشخیص داده شده است؟	نامشخص	سطوح پایین در برخی از محصولات، در هوا یا آب سطحی تشخیص داده نشده است
۳) آیا مردم در معرض آفت‌کش قرار می‌گیرند؟	نامشخص	کمی از طریق غذا
۴) آیا نشانه‌هایی از مسمومیت در عموم جامعه وجود دارد؟	نامشخص	خیر؛ سیستم مراقبتی و نظارتی در محل
۵. سایر		
غیر قابل اجرا	غیر قابل اجرا	غیر قابل اجرا



خطوط **برجسته**نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۳-۳: نقشه راه خاص مورد برای ارزیابی مواجهه: مطالعه موردی آفت‌کش

برای چه مدتی احتمال دارد مواجهه رخ دهد؟

انتظار می‌رود مواجهات کوتاه‌مدت کارگران در حین استفاده اتفاق بیفتد، در حالیکه مواجهات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند مدت ممکن است عمدتا از طریق تماس پوستی پس از استفاده تا زمانی‌که محصول برداشت شود، رخ دهد. برای عموم جامعه، مواجهات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند مدت با متیل پاراتیون ممکن است از طریق مصرف مواد غذایی آلوده و استنشاق هوای محیط رخ دهند. انتظار نمی‌رود عموم جامعه در معرض سطوح معنی‌دار متیل پاراتیون در آب آشامیدنی قرار گیرند. احتمالا مهم‌ترین راه مواجهه برای جوامعی که در نزدیکی کاربری‌های کشاورزی زندگی می‌کنند، مواجهه استنشاقی عموم جامعه می‌باشد.

خروجی: آگاهی از اینکه مواجهه برای کارگران و همچنین عموم جامعه می‌تواند کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند مدت باشد.

چه متریکی از مواجهه برای توصیف خطرات سلامتی مناسب است؟

همان‌طور که در بخش پ۳-۴ شرح داده شد، مقادیر رهنمودی/راهنما به صورت mg/kg وزن بدن (ADI و ARfD)، mg/kg اقلام غذایی (حداکثر حدود باقیمانده) و میلی‌گرم بر لیتر (mg/L) برای آب آشامیدنی بیان می‌گردند.

خروجی: آگاهی از اینکه اگر مواجهه مدل‌سازی یا اندازه‌گیری شده باشد، باید به صورت نرخ مواجهه (mg/kg وزن بدن) و/یا غلظت مواجهه (mg/kg اقلام غذایی و یا mg/L آب آشامیدنی) بیان شود.

پ۳-۶. توصیف خطر

چگونه می‌توان مواجهه برآورد شده را با مقادیر رهنمودی یا راهنما مبتنی بر سلامت مقایسه نمود؟

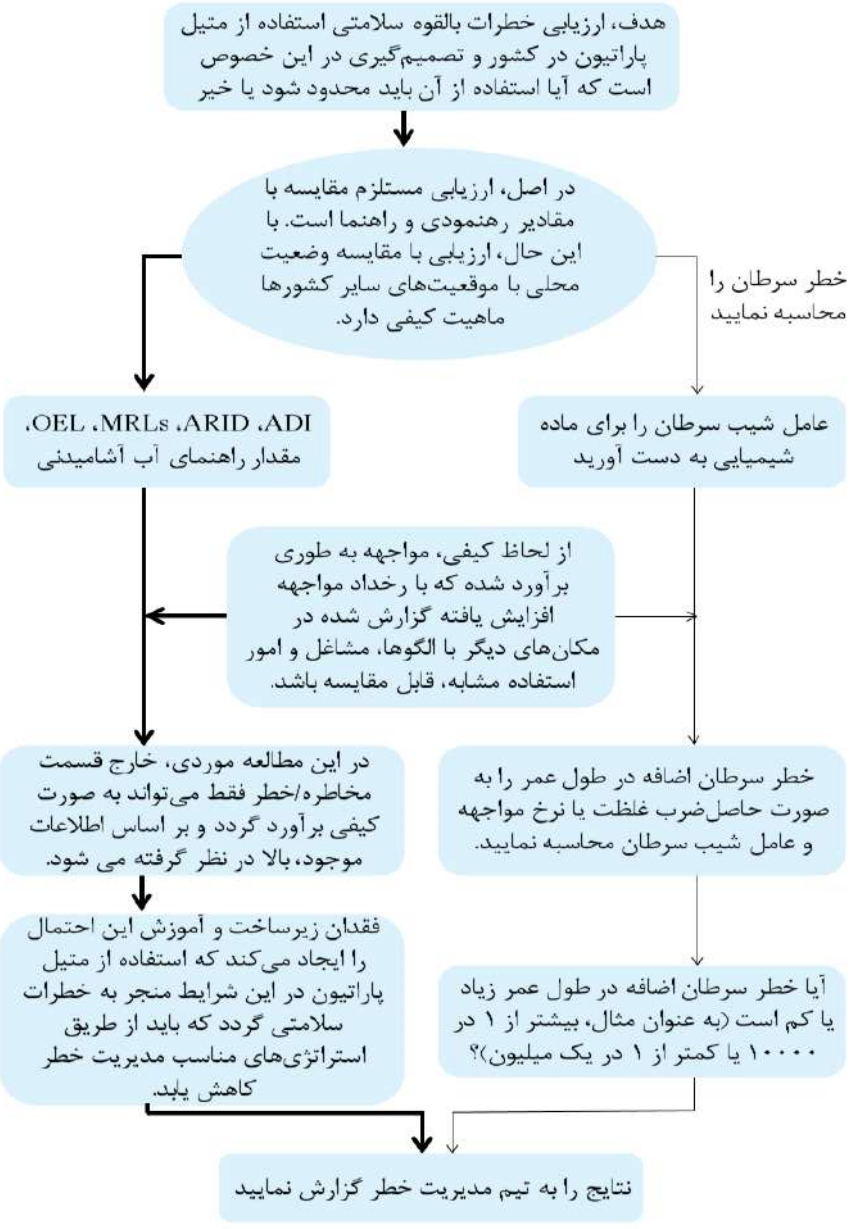
سوال بالا را نمی‌توان پاسخ داد، زیرا دپارتمان بهداشت محیط به اندازه‌ای از مواجهه، نرخ مواجهه یا غلظت مواجهه، نرسیده است. با این‌حال، همان‌طور که در بخش پ۳-۵ خلاصه شد، دپارتمان بهداشت محیط براساس مطالعات در مناطق دیگر معتقد است که عامل بالقوه مواجهه کارگران بالا است. براساس ملاحظات اولیه، عدم وجود اطلاعات مواجهه را می‌توان به عنوان مانع ارزیابی خطر تفسیر نمود. با این‌حال، یک ارزیابی کیفی با تعمیم از اطلاعات تجربی موجود از مکان‌های دیگر مقدور

است. همان‌طور که در HSDB به آن پرداخته شده است، به منظور به حداقل رساندن مواجهه در میان جوامع شغلی، کشورهای دیگر توصیه نمودند که کارگران از PPE شامل ماسک‌های تنفسی، دستکش، لباس کار سرهمی پارچه‌ای محکم یا از جنس پلی‌وینیل‌کلرید، دستکش لاستیکی، چکمه لاستیکی و عینک ایمنی استفاده کنند. علاوه بر این، اخطاردهندگان باید برای عملیات غبارپاشی هوایی، کلاه و شنل ساخته شده از پلی‌وینیل‌کلرید یا پارچه اشباع‌شده از مواد دافع آب بپوشند.

اطلاعات گردآوری شده در HSDB همچنین شامل تجهیزات حفاظتی ضروری دیگر از جمله فواره‌های شستشوی چشم و دوش‌ها یا امکانات دیگر برای خیس کردن سریع بدن در مناطق کاری فوری است که ممکن است مواجهه رخ دهد. سایر اقدامات حفاظتی شامل جداسازی لباس‌های حفاظتی آلوده برای جلوگیری از تماس فردی با پرسنلی است که با لباس‌ها در تماس هستند و آن‌ها را دفع یا تمیز می‌کنند. جهت اطمینان از کامل بودن روش‌های تمیزسازی، فرآیندهای تضمین کیفیت می‌بایست قبل از این‌که لباس‌های حفاظتی آلودگی‌زایی شده برای استفاده مجدد کارگران بازگردانده شود، اعمال شوند. لباس‌های آلوده نباید در پایان شیفت به خانه برده شوند، بلکه باید در محل کار افراد برای تمیز کردن باقی بمانند.

کشور آفریقایی زیرساخت‌های موردنیاز به منظور اطمینان از آموزش مناسب و اجرای اقدامات بهداشت حرفه‌ای و ایمنی در عملیات کشاورزی را ندارد. بدون وجود یک سیستم مدیریت برای حفاظت از کارگران در برابر مواجهه بیش از حد با متیل پاراتیون، دپارتمان بهداشت محیط به این نتیجه می‌رسد که خطرات برای سلامت انسان در شرایط فعلی احتمالا غیرقابل‌قبول است و محدود نمودن استفاده از متیل پاراتیون را در نظر می‌گیرد.

یک نقشه راه برای مرحله توصیف خطر مطالعه موردی آفت‌کش در شکل پ۳-۴ نشان داده شده است.



خطوط **برجسته** نشان دهنده جریان جمع آوری اطلاعات و تحلیل شرح داده شده در متن هستند.

شکل پ۳-۴: نقشه راه خاص مورد برای توصیف خطر: مطالعه موردی آفت‌کش

پ۳-۷. خلاصه

مطالعه موردی متیل پاراتیون برای نشان دادن چگونگی استفاده از اصول، نقشه راه‌ها و منابع موجود در این ابزار جهت تسهیل استفاده از ارزیابی‌های خطر و اطلاعات موجود در منابع بین‌المللی و برون‌یابی آن‌ها برای شرایط حاکم در سطح ملی به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری ملی در خصوص مواد شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. منابعی برای پایگاه‌های داده آن‌لاین گردآوری شده در این ابزار ارائه گردید، و آدرس‌های الکترونیکی موجود در آن منابع دسترسی مستقیم به اطلاعات را فراهم می‌آورد.

مطالعه موردی نشان داد که چگونه اطلاعات کیفی در مورد استفاده از مواد شیمیایی در یک کشور می‌تواند از طریق استفاده از اصول اصلی که الگوهای استفاده، فرمولاسیون‌ها و اقدامات کاهش خطر را در نظر می‌گیرند، به اطلاعات تجربی در مورد مواجهات و خطرات ایجاد شده در کشورها یا مجموعه‌های دیگر مربوط شود.

فهرست منابع پیوست ۳

1. Hazardous Substances Data Bank. Bethesda, MD: National Institutes of Health, National Library of Medicine, PubChem database (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/, accessed 16 December 2020).
2. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2004. Geneva: World Health Organization; 2005 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/43138, accessed 3 January 2021).
3. IARC List of carcinogens. Lyon: International Agency for Research on Cancer (https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications (accessed 11 February 2021).
4. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS, Rev.8). Geneva: United Nations Economic Commission for Europe; 2019 (https://www.unece.org/index.php?id=51896, accessed 14 November 2020).
5. International Programme on Chemical Safety. Methyl parathion. Environmental Health Criteria 145. Geneva: World Health Organization; 1993 (http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc145.htm, accessed 3 January 2021).
6. Parathion-methyl (addendum). In: Pesticide residues in food: 1995 evaluations. Part II: Toxicological and environmental. Geneva: World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues; 1996 (http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v95pr14.htm (accessed 3 January 2021).
7. European Union. Chemicals at work – a new labelling system. Guidance to help employers and workers to manage the transition to the new classification, labelling and packaging system. European Commission 2013 (https://osha.europa.eu/en/file/40573/, accessed 7 February 2021).

8. CODEX pesticides residues in food online database: maximum residue limits, extraneous maximum residue limits. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission (http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/, accessed 3 January 2021).

9. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition, incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637, accessed 11 November 2020).

Harmonization Project Document 8
International Program on Chemical Safety
World Health Organization

WHO Human Health Risk Assessment Toolkit:

CHEMICAL HAZARDS

Second Edition (2021)

Translators:

Dr. Homa Kashani
(Assistant professor, Department of Research Methodology & Data Analysis, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences)

Farzaneh Gharibzadeh
(PhD student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences)

Pegah Nakhjirgan
(PhD student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences)

Dr. Masud Yunesian
(Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences)

Dr. Morteza Zaim
(Affiliated professor, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences)

Institute for Environmental Research
Tehran University of Medical Sciences
Member of the World Health Organization
Chemical Risk Assessment Network

ارزیابی خطر سلامت انسان ناشی از مواجهه با مخاطرات شیمیایی : ابزار سازمان جهانی بهداشت

WHO Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards

با وجود آنچه که سال‌هاست در مورد خطرات بالقوه سلامت عمومی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی شناخته شده، به این مسائل به طور کامل پرداخته نشده است. بسیاری از کشورها نیاز به اقدام را تشخیص داده و تعدادی از اسناد بین‌المللی، از جمله توافقات محیط زیستی چند جانبه مانند کنوانسیون روتردام، کنوانسیون استکهلم، و کنوانسیون بازل را امضا نموده‌اند که کلیه‌ی این ابزارها الزاماتی را جهت توسعه ظرفیت‌های مدیریت شیمیایی در کشورها ایجاد می‌کنند. با این وجود، بسیاری از کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه و کشورهای دارای اقتصادهای در حال گذار که به طور معمول منابع کمتری برای مدیریت خطر مواد شیمیایی دارند، هنوز فاقد صلاحیت لازم برای ارزیابی خطرات سلامت انسان ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی هستند.این امر همراه با رشد پیش‌بینی شده در تولید و استفاده از مواد شیمیایی در جهان در حال توسعه، به احتمال زیاد منجر به افزایش اثرات نامطلوب بر سلامت خواهد شد.

ابزار حاضر در چارچوب پروژه هماهنگ‌سازی برنامه بین‌المللی ایمنی شیمیایی سازمان جهانی بهداشت با هدف افزایش درک و توسعه اصول اساسی و راهنمایی در مورد مسائل خاص ارزیابی خطر شیمیایی توسعه یافته است که راهنمایی را جهت شناسایی، دست یابی و استفاده از اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی مخاطرات شیمیایی، مواجهات و خطرات سلامتی مربوطه در زمینه‌های ارزیابی خطر سلامت خاص در سطوح محلی و ملی فراهم می‌آورد. این ابزار، نقشه راه‌هایی را برای انجام ارزیابی خطر سلامت انسان ارائه می‌نماید، اطلاعاتی را شناسایی می‌کند که باید برای تکمیل یک ارزیابی گردآوری شوند، و آدرس‌های الکترونیکی به منابع بین‌المللی را ارائه می‌دهد که کاربر می‌تواند اطلاعات و روش‌های ضروری برای انجام ارزیابی خطر سلامت انسان را از آن طریق به دست آورد. همچنین، برخی از توسعه‌های در حال تکامل در روش‌شناسی ارزیابی خطر شیمیایی، از جمله روش‌شناسی‌های مبتنی بر شواهد، گروه‌بندی و خواندن روابط مواد شیمیایی، آستانه نگرانی سم شناسی، مسیرهای پی‌آمد نامطلوب و استراتژی‌ها جهت ارزیابی و آزمودن مواجهه با چند ماده شیمیایی به طور خلاصه در این ابزار مطرح شده است.

ISBN: 978-622-6971-91-1
9786226971911
www.teimourzadehnovin.com
خرید اینترنتی از سایت

قیمت : رایگان