

## مواجهه انسان با آلاینده‌ها و خطرات بهداشتی ناشی از آن‌ها

### بخش اول - مواجهه انسان با آلاینده‌های هوا و دُزهای ناشی از آن

#### چکیده

فعالیت‌های انسان در مقیاس‌های متنوع، از مقیاس محیط‌های بسته تا مقیاس جهانی بطور پیوسته محیط زیست را تغییر داده و در نتیجه قادر است تغییراتی را در خصوصیات محیط باعث شود. این تغییرات به صورت محرک‌های تنش‌زایی عمل می‌کنند که بر بهداشت و سلامتی انسان و محیط زیست تأثیر بگذارند. برآورد خطرات بهداشتی مرتبط با عوامل محیطی، موجب درک و کمی نمودن کامل پیوسته حوادث و فرآیندهای درگیر در "زنجیره بهداشت محیط زیست" از آزاد شدن یا تشکیل یک محرک تنش‌زا تا گسترش یک بیماری از دیدگاه محیط زیست می‌شود.

### مواجهه انسان با آلاینده‌های هوا و دُزهای ناشی از آن

فعالیت‌های انسان در مقیاس‌های متنوع، از مقیاس محیط بسته تا مقیاس جهانی به طور پیوسته محیط را تغییر می‌دهد، در نتیجه تغییراتی را در خصوصیات محیط باعث می‌شود که به صورت محرک‌های تنش‌زا عمل خواهد نمود. این محرک‌های تنش‌زا بر بهداشت انسان و اکولوژی تأثیر خواهد گذاشت. برآورد خطرات بهداشتی مرتبط با فاکتورهای محیطی برای درک بهتر و کمی نمودن کامل رشته حوادث و فرآیندهای درگیر در "زنجیره بهداشت محیط" از منبع (Source) تا پیامد (Outcome) لازم است.

فرآیندی که از طریق آن ترکیبات شیمیایی به بدن انسان وارد می‌شوند به دو مرحله تقسیم می‌شود. در شروع فرآیند، شخص با ترکیبات شیمیایی مواجهه شده و در ادامه ترکیب شیمیایی بر روی بدن مورد پذیرش قرار گرفته و وارد بدن می‌شود (انتقال از طریق لایه مرزی ۱). مواجهه یا تماس به صورت غلظتی از آلاینده تعریف می‌شود که برای یک مدت زمان خاصی با بدن انسان تماس داشته

باشد. تماس در نواحی از بدن روی می‌دهد که به مسیرهای تنفسی نزدیک باشد (دهان و بینی). مواجهه از طریق استنشاق یا تماس پوستی ایجاد می‌شود. علاوه بر این، مواجهه به طور غیر مستقیم نیز می‌تواند از طریق مصرف غذا و آب منتقل شود البته اگر آلاینده‌های هوا از نیوار یا از طریق استفاده از آفت‌کش‌ها روی آن‌ها نشست کرده باشد.

واکنش انسان عمدتاً به دُز آلاینده‌ها مربوط می‌شود و نه به مواجهه اولیه با آن. دُز یا مقدار مجاز به صورت مقداری از آلاینده که در قسمت‌های مختلف بدن انسان در یک فاصله زمانی خاص جذب شده یا بالاگیری (*Uptaken*) شده تعریف می‌گردد. مقدار مجاز یک ماده شیمیایی به عوامل مختلفی مثل زمان تماس ماده شیمیایی با بدن و سرعت تصفیه آن بستگی دارد. مقدار مجاز یا دُزی که به ارگان‌ها یا بافت‌های بدن انسان منتقل می‌شود منجر به جراحت و یا حتی تغییر کارکرد آن ارگان گردد. بویژه، مقدار قابل دسترس ماده شیمیایی که می‌تواند در لایه مرزی جذب شود (مثلاً پوست) دُز تحویلی (*Delivered dose*) نامیده می‌شود. ماده شیمیایی که در لایه تماسی خاصی جذب شده باشد را دُز یا مقدار مجاز جذب شده می‌نامند. توصیف مسیر نفوذ و رخنه مواد شیمیایی که از طریق یک مرز تماس در بدن انسان وارد می‌شوند مشکل است. با این حال می‌توان بین دو فرآیندی که در طی این پدیده رخ می‌دهد تمایزی به صورت زیر قائل شد:

**ورودی یا پذیرش (*Intake*)** : ابداع و مقدمه‌ای از یک ترکیب شیمیایی درون بدن انسان با دیباچه‌ای از یک واسطه مرتبط (هوا، غذا یا آب). ورود مواد شیمیایی از طریق مرزهای تماسی خارجی بدن (بینی، دهان) صورت می‌گیرد. مقدار ترکیب شیمیایی ورودی از مقدار آن بر فراوانی پذیرش (مثلاً مترمکعب هوا بر روز؛ کیلوگرم غذا بر روز؛ لیتر آب بر روز) و با دانستن غلظت ماده شیمیایی واسطه محاسبه می‌گردد. آن به صورت سرعت ورودی ماده شیمیایی که حاصل ضرب مقدار ماده شیمیایی بر واحد زمان است بیان می‌شود.

**بالاگیری:** عبارت است از ورود یک ماده شیمیایی به درون بدن انسان از طریق جذب پوستی یا سایر قسمت‌های مواجهه با آلاینده مثل چشم‌ها. همچنین، بالاگیری به طور ذاتی در شش‌ها یا ریه‌ها، سیستم‌های مربوط به روده و معده، و سایر ارگان‌های داخلی بعد از ورود ماده شیمیایی از طریق استنشاق یا ورود غذا نیز صورت می‌گیرد. بالاگیری به نفوذ به محدوده تماس و شیب غلظت ترکیب شیمیایی بین دو انتهای محدوده تماس بستگی دارد. بنابراین سرعت بالاگیری می‌تواند به صورت تابعی از غلظت پرتوگیری، ضریب نفوذ و سطح پرتوگیری در نظر گرفته شود.

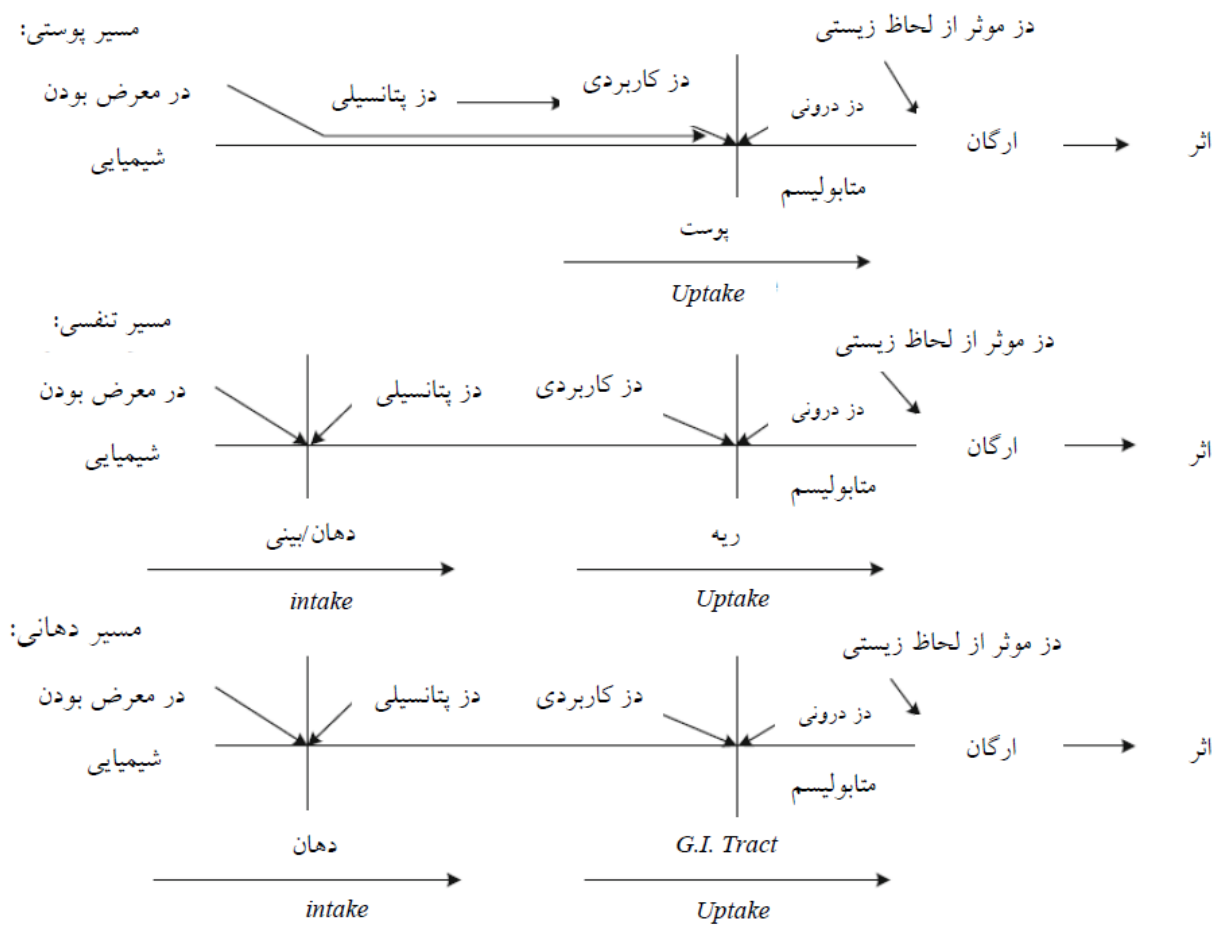
معمولاً بخشی از ترکیب شیمیایی از بین رفته (با ادا از طریق شکم و عرق کردن) به بیرون داده می‌شود. مقداری از ترکیب شیمیایی که به بدن انسان وارد می‌شود دُز پتانسیلی (*Potential dose*) است (شکل ۱). مفهوم دُز پتانسیلی در مواردی که پرتوگیری از ترکیب شیمیایی خاص وجود دارد دارای اهمیت است ولی محاسبه دُز واقعی دریافت شده مشکل است (مثلاً شنا در استخر). دُز تحویلی به دلیل دسترس‌پذیری زیستی ترکیبات شیمیایی معمولاً کمتر از دُز به کار برده شده است. در نهایت دُز درونی (*Internal dose*) به صورت غلظتی از یک ماده شیمیایی تعریف می‌شود که در بدن جذب شده و از لحاظ زیستی در بافت‌های درونی بدن فعالیت نماید. البته مسیر ترکیب شیمیایی ادامه داشته و غلظت آن می‌تواند بیشتر متابولیزه شده، به کل بدن منتقل و جذب یا حذف شود. نهایتاً، مقداری از ماده شیمیایی که به یک بافت یا ارگان خواهد رسید دُز تحویلی است و قسمتی از آن که به بافت‌های یک ناحیه از بدن رسیده و با آن‌ها تماس خواهد گرفت باعث اثراتی بهداشتی می‌شود که از لحاظ زیستی دُز فعال (*Active dose*) نامیده می‌شود.

زمان مواجهه با دُز مربوطه می‌تواند طولانی مدت یا کوتاه مدت باشد. مواجهه طولانی مدت به ماده شیمیایی خاص، می‌تواند از طریق مواجهه شغلی (مثل حلال‌ها، بنزن) یا مواجهه در محیط بسته (مثل مواد ساختمانی، عوامل شوینده، استعمال دخانیات) به وجود آید. در این حالت، غلظت ماده شیمیایی در هوا نسبتاً کم بوده و برای محاسبه دُز می‌توان چندین ساده‌سازی را انجام داد. از سوی دیگر، مواجهه

کوتاه مدت می‌تواند در نتیجه ایجاد آلودگی زیاد هوا به وجود آید. مواجهه کل (بین زمان  $t_0$  و  $t_1$ ) را می‌توان به صورت عبارت زیر مشخص نمود:

$$\bar{\epsilon}_i(t_0, t_1) = \int_{t_0}^{t_1} c_i(t) dt \quad (1)$$

که،  $c_i(t)$  غلظت ماده شیمیایی است که در تماس با یک شخص  $i$  (از یک نمونه جمعیت) در زمان  $t$  می‌باشد.

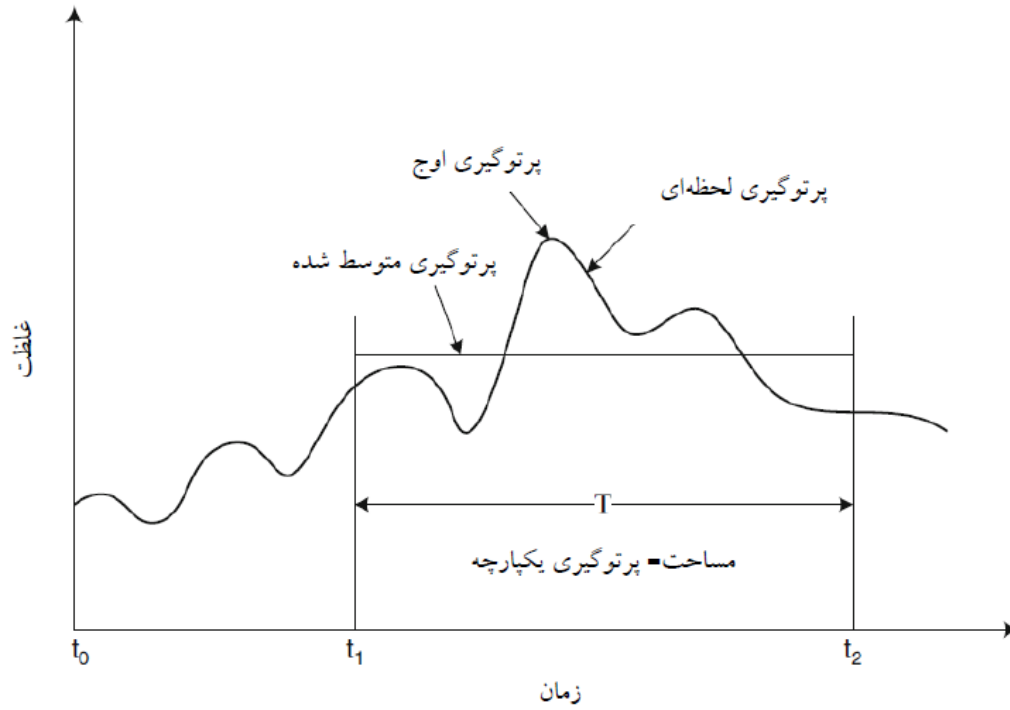


شکل ۱- پرتوگیری و دز از طریق مسیرها مختلف (از USEPA، ۱۹۹۲).

با این حال، بنا به دلایل عملی، مواجهه با ماده آلاینده به صورت عبارت زیر مشخص می‌شود:

$$\Delta \bar{\epsilon}_i = \Delta t \times c_i(\Delta t) \quad (2)$$

که  $\Delta$  فاصله محدوده‌ای که مواجهه با ماده شیمیایی در آن محاسبه می‌شود را بیان می‌کند. شکل ۲ مواجهه یا پرتوگیری کل، واقعی، حداکثر و متوسط را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایش مواجهه متوسط، حداکثر، واقعی و کل.