مقدمه

در حال حاضر بيش از نيمي از جمعيت جهان در مشاغل مختلف در معرض طيف وسيعي از عوامل زيان آور و آلاینده های محيط كار قرار دارند كه اين امر پيامدهای بهداشتي ناگواری را به همراه داشته و امکان ابتلا به بيماریهای شغلي را افزايش خواهدداد .

با توجه به ضرورت برخورداری شاغلين از محيط كار سالم و نياز مبرم كشور به حدود و معيارهايي برای تمايز محيطهای كاری سالم و ناسالم، كتاب حدود مجاز مواجهه شغلي در مركز سلامت محيط و كار تدوين شد و با امضاء وزير محترم بهداشت، درمان و آموزش پزشکي ابلاغ گرديد.

 در آمريکا حدود 80 هزار و در اروپا حدود 100 هزار ماده شيميايي در چرخه فروش و استفاده در صنايع و فرآيندهای توليدی مختلف هستند. سالانه 600-500 ماده شيميايي جديد در معرض مصرف و فروش قرار ميگيرد. با اين وجود اثرات بسياری از اين مواد شيميايي بر روی انسان ناشناخته هستند و اطلاعات در مورد اثرات تركيبي اين مواد، بسيار كمتر است کارگران در مواجهه با طيف گسترده ای از عوامل زيان آور شيميايي، بيولوژيکي، فيزيکي و استرسورهای ديگری هستند كه هم در محيط كار و هم خارج از محيط كار سلامت آنها را تهديد ميكند. مواجهه های غيرشغلي همانند مصرف الکل، استعمال دخانيات، استفاده از حشره كشها، مواد آرايشي، استنشاق آلاينده های هوای شهرها و ساير مواد شيميايي ديگر نيز ممکن است اثرات مواجهه شغلي با برخي از آلاينده ها را تشديد نمايد. هر عاملي ميتواند باعث يک اثر فيزيولوژيکي در بدن انسان شود. مواجهه با مخلوطي از اين عوامل ممکن است باعث اثرات حاد يا مزمن يا تركيبي از هر دو اثر حاد يا مزمن با يا بدون دوره كمون شود. در برخي موارد، مواجهه كارگران با عوامل مختلف ميتواند باعث تشديد اثرات بهداشتي آنها يا ايجاد يک عارضه زيان بار يا حتي يک ريسک بهداشتي جديد نمايد. مواجهه با مخلوطي از استرسورها ميتواند پيامدهای بهداشتي ايجاد كند كه اين پیامد ها ممکن است افزایشی،سینرژیک،آنتاگونیست

يا باعث تقويت يا تشديد پاسخ مورد انتظار ناشي از مواجهه با يک عامل شود. اين شرايط يک مسئله پيچيده ای را برای متخصصان بهداشتي و زيست محيطي در سياستگذاری جهت تدوين حدود مجاز برای محيطهای كار، محيط زيست، غذا، دارو، محصولات مصرفي و ... ايجاد كرده است.

در محيطهای كاری مثالهای متعددی از برهم كنش عوامل مخاطره زای شيميايي و غيرشيميايي وجود دارد. دو مثال شناخته شده در اين زمينه: 1 -افت شنوايي ناشي از مواجهه تركيبي با صدی زياد و مواجهه با مواد يا سموم اتوتوكسيک و 2 -اثرات سينرژيک سرطانزايي آزبست و سيگار كشيدن است. مخلوط عوامل فيزيکي و شيميايي نه تنها ميتواند در داخل بدن انسان برهم كنش داشته باشند بلکه ممکن است حتي در محيط باعث تغيير شکل مواد تركيبات شيميايي شوند. به عنوان مثال هيدروكربنهای كلردار ميتوانند در حضور پرتو ماوراءبنفش به فسژن (گاز سمي) تبديل شوند. مثال ديگر افزايش انتقال راديونوكلوئيدها به داخل ريه ها در زماني است كه جذب سطح ذرات قابل استنشاق ميشوند.

در طي 20 سال گذشته موضوع تحقيقات بر روی اثرات مخلوط مواد شيميايي از تحقيقات ساده توصيفي و نهايت اثر دو ماده شيميايي به مطالعه های پيچيده با استفاده از فن آوریهای جديد در علوم زيستي و محاسباتي سوق پيدا كرده است. شفافسازی ژنوم انساني، پيشرفتهای مربوط به نانوتکنولوژی در ژنوميکس و پروتئوميکس و رشد فزاينده و نمائي فنآوریهای محاسباتي، فرصتهای زيادی را برای بررسي اثرات مواجهه مخلوط بر روی سيستمهای پيچيده فيزيولوژيک فراهم نموده است.

مواجهه با مخلوط مواد شيميايي به دو شکل اصلي در محيطهای كار رخ مي دهد. در حالت اول، كارگران با يک ماده سروكار يا از آن استفاده ميكنند كه خود آن ماده حاوی چندين آلاینده است كه ميتوانند هريک اثرات مشابه يا متفاوت با شدت اثر متفاوت داشته باشند.

به عنوان مثال كار يا مواجهه با برخي از حاللهای حاوی تركيبات آلي فرار، دمه جوشکاری، آلاينده خروجي از موتورهای ديزلي و ... است. در حالت دوم كارگر با آلایندههای مختلفي مواجهه دارد كه هريک دارای منبع و روش توليد يا استعمال متفاوت هستند. در هر دو حالت شاغلين در معرض مواجهه با آلاینده های مختلفي هستند كه ممکن است اثرات كاملاًً مستقل و متفاوت يا اثرات مشابه و حتي تشديد كننده باشند.

اين دستورالعمل با هدف شفافيت بيشتر و ساده سازی روابط محاسبه حدود مجاز مخلوط مواد و كاربرد آن جهت كارشناسان شاغل در مراكز دولتي، صنايع و متخصصان دانشگاهي تهيه شده است. در تدوين اين دستورالعمل سعي شده است با ارائه مثالهای كاربردی، مطالب به خوبي به خواننده منتقل شود. در اين دستورالعمل يک ابزار محاسباتي ساده معرفي شده توسط IRSST

نيز به همراه توضيحات مربوطه جهت افزايش دانش و مهارت استفاده از اين ابزار در تصحيح حدود مجاز مواجهه ارائه شده است. در نهايت در قالب يک جدول ساده و كاربردی با كدبندی نوع اثرات كارشناسان قادر خواهند بود مواد شيميايي دارای كد اثر مشابه را شناسايي كرده و حد مجاز مواجهه مخلوط مواد را برای آنها محاسبه نمايند.

راهنمای محاسبات حدود مجاز برای مخلوط تركيبات شيميايي 1 2 –

تعاريف: اثر مستقل ( Independent)زماني كه شواهد سمشناسي نشانگر اين هستند كه دو يا چند آلاينده دارای اثرات كاملاً متمايز بر بدن هستند، غلظت مواجه های هر ماده ميتواند به طور مجزا با حد مجاز مواجهه خود مقايسه شود. به عنوان مثال سيليس بلوری بر روی ريه و سرب بر روی سيستم اعصاب و خون اثرگذار هستند و بايد با حدود مجاز مواجهه خود به طور مجزا، ارزيابي شوند.

 اثر متقابل (Interaction)برهمكنش اثرات دو يا چند ماده شيمايي بر روی ارگان خاصي از بدن را گويند. نتيجه اين برهمكنشها ممکن است بياثر، تقويت يا تضعيف اثرات همديگر باشد.

اثر افزايشي (Additive)زماني كه دو يا چند آالينده دارای اثرات روی يک ارگان مشخص يا مکانيسم اثر يکسان باشند، ميتوان اثرات آنها را افزايشي در نظر گرفت. در چنين حالتي اثرات كلي اين آاليندهها بر بدن معادل جمع اثرات تک تک آنها است. 2+2=4

اثر سينرژيسم (Synergism)كلمه سينرژيسم،از واژه يوناني syner gos به معني "باهم كار كردن" برگرفته شده است. اين واژه در علم بهداشت حرفهای و سمشناسي به معني آن است كه ميزان اثرات 2 يا چند ماده در برهمكنش با هم از مجموع اثرات تک تک آنها بيشتر است. به بيان ساده تر جمع 1 با 1 ،بيشتر از 2 است. به عنوان مثال تتراكلريد كربن و اتانول هر دو اثر سمي بر روی كبد دارند اما مواجهه با هر دو آنها باعث آسيب بيشتر كبدی نسبت به مجموع اثرات آنها ميشود. زماني كه مواد شيميايي اثر سينرژيک با هم داشته باشند، ميزان خطر بالقوه آنها بايد ارزيابي مجدد شود و اثرات سينرژيک آنها در نظر گرفته شوند.

 اثر تقويتي (Potentiation )اين اثر به معني آن است كه يک ماده شيميايي كه هيچ اثر سمي بر روی بدن يا ارگان خاص ندارد وقتي همراه با يک ماده سمي ديگر، وارد بدن ميشود باعث تشديد سميت ماده دوم ميشود به بيان ساده تر ميزان اثر يا سميت ماده دوم بيشتر از حالتي است كه به تنهايي وارد بدن ميشود. مثال عددی اين حالت به شرح زير است:

2<2+0

اثر تقویتی و اثر سینژیم نسبت به اثرات دیگر کمتر رایج هستند.

اثر آنتاگونیسم (Antagonism ): این واژه متضاد سینرژیسم است. حالتی است که اثر تجمعی دو یا چند ماده سمی کمتر از جمع اثر تک تک آنها بر روی بدن یا ارگان خاص است.

به عنوان مثال: 10>6+4

حدود مجاز مواجهه حدود مجاز مواجهه

حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل شیمیایی در سه گروه :

1. متوسط وزني – زماني
2. حد مواجهه شغلي كوتاه مدت
3. حد مجاز مواجهه سقفي با كاربردهای گوناگون و مکمل ارائه شده است. برای اكثر عوامل، حد متوسط وزني زماني به تنهايي يا همراه با حد مجاز مواجهه شغلي كوتاه مدت ارائه شده است. برای برخي از مواد نظير گازهای محرک نيز فقط حد مجاز مواجهه سقفي كاربرد دارد. اگر ميزان مواجهه شاغلين از هر يک از سه حد ارائه شده فزوني يابد احتمال مخاطرات شغلي ناشي از آن ماده شيميايي وجود خواهد داشت. بنابراين زيربنای هر برنامه ارزيابي عوامل شيميايي محيط كار، تعيين نوع حد مجاز مواجهه شغلي آن و انتخاب روش پايش متناسب با آن حد مي باشد. در مواردی كه حدود مجاز مواجهه دو عامل شيميايي با هم برابر باشند، ضرورتاً به معني اثرات يکسان يا مشابه آنها نيست بلکه ممکن است هر يک از آنها اثرات كاملاً متفاوتي از همديگر داشته باشند. حدود مجاز ارائه شده در كتاب حدود مجاز مواجهه شغلي ايران برای غلظت مواد شيميايي در هوا كاربرد دارد عليرغم آنکه امکان جذب برخي از مواد شيميايي از طريق پوستي نيز امکانپذيراست.

متوسط وزني- زماني (OEL-TWA)

عبارت است از متوسط غلظت مجاز ماده شيميايي در 8 ساعت كار روزانه و 40 ساعت كار در هفته به طوری كه مواجهه مستمر و روز به روز با اين مقدار تقريباً در كليه كارگران باعث ايجاد عارضه نامطلوبي نگردد مشروط بر آنکه فاصله زماني بين پايان 8 ساعت كار و شروع مجدد آن کمتر از 16ساعت نباشد و در این مدت همان مواد شیمیایی یا عوامل تشدید کننده اثرات آنها مواجهه نداشته باشند.

حد مجاز شغلي کوتاه مدت OEL-STEL

عبارت است از حد مجاز مواجهه ميانگين وزني- زماني 15 دقیقه ای با يک عامل شيميايي است كه در هيچ زماني از يک شيفت كاری نبايد غلظت آن عامل از اين حد بيشتر باشد حتي اگر ميانگين مواجهه 8 ساعته شاغلين كمتر از حد 0EL-TWA باشد OEL- STEL غلظتي از يک عامل شيميايي است كه اعتقاد بر اين است كه كارگران ميتوانند برای كوتاه مدت با غلظتهای كمتر از آن به طور مداوم مواجهه داشته باشند بدون آنکه عوارض زير را ايجاد كند.

1)تحریک

2)آسيب های بافتي مزمن يا غيرقابل برگشت

3)اثرات سمي وابسته به نرخ دز

4)خواب آلودگي، به حدی كه باعث ايجاد حادثه شده و يا عکس العملهای فرد را برای دور شدن از عامل حادثه ساز مختل ساخته و يا كارايي وی را كاهش دهد.

اگر ميانگين وزني- زماني مواجهه بيشتر از حد مجاز باشد، OEL- STEL لزوماً قادر به حفاظت شاغلين از اثرات مذكور نخواهد بود. STEL برای آن دسته از مواد شيميايي توصيه شده است كه عالوه بر اثرات سمي مزمن دارای اثرات حاد شناخته شده نيز هستند و اثرات سمي حاد ناشي از تماس كوتاه مدت با غلظتهای بالای آنها در انسان يا حيوان گزارش شده باشد. با اين وجود، ممکن است حد مجاز OEL- STEL يک حد كاملاً مستقل و مجزا باشد. زمان مواجهه شغلي با غلظتهای بينTWA تا STEL نبايد از 15 دقيقه تجاوز نمايد، اين دوره زماني مواجهه 15 دقيقه ای ميتواند حداكثر تا 4 مرتبه در طول 8 ساعت كار مداوم تکرار شود مشروط بر آنکه فاصله بين دو دوره 15 دقيقه ای كمتر از 60 دقيقه نباشد. حد زماني غير از 15 دقيقه ای نيز مي تواند پيشنهاد گردد مشروط بر آنکه اثرات بيولوژيکي مشهود نشانگر آن باشد كه در اين حد زماني جديد، اثری روی سالمتي شاغلين ايجاد نمي شود.

 حد مجاز شغلي سقفي (OEL-C)

عبارت است از غلظتي از ماده شيميايي كه مواجهه شغلي بيش از آن حد حتي برای يک لحظه نيز مجاز نيست. اگر سنجش لحظهای ماده شيميايي برای مقايسه با OEL-C امکانپذير نباشد، نمونه برداری بايد در يک حداقل زمان كافي انجام شود تا مواجهه معادل يا بيشتر از حد سقفي تشخيص داده شود. برای برخي مواد مانند گازهای محرک فقط OEL-C كاربرد دارد و برای ساير مواد ميتوان برحسب اثرات فيزيولوژيک آنها از يک يا دو حد مجاز استفاده نمود. اعتقاد بر اين است كه حدود مجاز مبتني بر تحريکات فيزيکي نبايد كم اهميت تر از حدود مجاز مبتني بر آسيبهای فيزيکي تلقي شود. شواهد نشانگر آن است كه تحريک ممکن است شروع كننده، افزايش دهنده يا تسريع كننده اثرات بهداشتي زيان آور از طريق برهمكنش با ساير عوامل شيميايي يا بيولوژيک يا از طريق مکانيسم های ديگر باشد. نکته مهم آن است كه هرگاه غلظت ماده شيميايي در هوای محيط كار از يکي از 3 حد مذكور تجاوز نمايد امکان ايجاد مخاطره برای افراد وجود خواهد داشت. بيشتر مقادير OEL برای يک ماده شيميايي منفرد تعريف شده اند ولي در عمل اغلب شاغلين در معرض مواجهه همزمان با چند ماده شيميايي هستند. در اين شرايط مقايسه ميزان مواجهه با مقادير OEL بايد به شکلي انجام شود كه كارگران در معرض مخاطرات شغلي قرار نگيرند.

کاربرد رابطه مخلوط مواد برای حالت اثرات افزايشي

 ستون آخر جدول حدود مجاز مواجهه كه نشانگر مبنای تعيين حد مجاز مواجهه است، ميتواند به كاربر در خصوص احتمال اثرات افزايشي مخلوطي از مواد، هشدار دهد.

مواد با مبنای تعیین OEL مشابه احتمالاً اثرات افزایشی داشته و حد مجاز تک تک آنها باید کمتر از مقدار ارائه شده در جدول در نظر گرفته شود.

 درصورتيكه دو يا چند ماده خطرناک با اثرات مشابه سم شناسي بر روی سيستم يا ارگان هدف وجود داشته باشند، اثر تركيبي آنها بايد بيشتر از اثر انفرادی آنها مورد توجه قرار گيرد. در صورت عدم وجود اطلاعاتی كه نمايانگر تأثيرات متقابل اين مواد بر يکديگر باشد، در مواردی كه اثر بهداشتي و سيستم يا ارگان هدف آنها مشابه باشد، اثرات اين عوامل را بايد بهصورت افزايشي در نظر گرفت. در اين حالت اگر حاصل جمع رابطه زير از عدد يک بيشتر شود، مواجهه شغلي با مخلوط مواد بيشتر از حد مجاز ميباشد

C نمايانگر غلظت ماده موجود در هوای محيط كار وT حد مجاز مواجهه شغلي مربوط به آن ماده شيميايي ميباشد (به مثال ارائه شده در انتهای اين بخش مراجعه شود). لازم است كه هوای محيط هم به صورت كيفي و هم كمي آناليز شود تا حد مجاز مواجهه مخلوط مواد تعيين شود.

رابطه محاسباتي اثر افزايشي برای مواجهه همزمان با عوامل زيان آور با مقادير حدود مجاز شغليSTEL، TWA و Ceiling به كار مي رود. مقادير به كار رفته در فرمول برای مواد مختلف بايد تا حد امکان يکسان باشند. بدين معني كه انواع حدود مواجهه شغلي (TWA, STEL, C) با مقادير مشابه خود بررسي شوند و به عنوان مثال نميتوان حد مجاز سقفي را برای يک آلاينده و حد مجاز 8 ساعته (TWA )را در جمع اثرات مخلوط مواد در نظر گرفت.

 چنانچه عواملي با اثرات سمشناسي مشابه، OEL يکسان نداشته باشند، استفاده از انواع مقادير حدود تماس شغلي امکانپذير خواهد بود. در جدول زير حاالت ممکن از تركيب انواع OEL ها كه با فرمول اثر افزايشي قابل محاسبه خواهد بود، ارائه شده است. وقتي مادهای با يک حد STEL يا C با ماده ای باOEL- TWA ولي بدون STEL مخلوط شود، مقايسه حد كوتاه مدت با محدوده نوسان آن به كار ميرود. محدوده نوسان معادل 5 برابر حد OEL- TWA آن ماده خواهد

مدل افزايشي همچنين برای مواجهات متوالي با مواد مختلف كه در طول يک شيفت كاری رخ ميدهد نيز به كار ميرود. برای موادی كه (دارای OEL- TWA دارای OEL- STEL يا محدوده نوسان( هستند نيز به همين شکل عمل ميشود. رابطه فوق برای مواجهه های متوالي با موادی كه OEL-C دارند، كاربرد ندارد.

محدوديتها و موارد خاص

 قانون فوق هنگامي استثناء دارد كه بر اساس داليل موجه، اثرات اصلي مواد زيانآور مختلف، بهصورت افزايشي نباشد و هر يک از مواد مخلوط به صورت مستقل بر بدن تأثير گذارند. اين وضعيت زماني رخ ميدهد كه اثرات سمشناسي مواد و ارگان هدف آنها مشابه نباشد. اين وضعيت همچنين ميتواند زماني حادث شود كه برهمكنش مخلوط مواد باعث مهار اثر سمي آنها شود. در چنين مواردی مواجهه زماني بيشتر از حد مجاز تلقي ميشود كه حداقل غلظت يکي از اجزاء بيشتر از حد مجاز خود باشد.

ممکن است برخي از آاليندههای هوا دارای اثرات سينرژيک يا تشديدی باشند در چنين حاالتي بايد مواد شيميايي بهتنهايي تعيين و ارزيابي گردند. هر يک از مواد با اثرات تشديدی بهتنهايي الزاماً زيان آور نيستند. اثرات تشديدی ماده شيميايي ميتواند از راههای استنشاق، مثالاً نوشيدن الکل همزمان با استنشاق مواد خواب آور (تری كلرواتيلن) باشد. اثرات تشديدی مخصوصاً در غلظتهای خيلي زياد نمايان ميشود و احتمال بروز آن در غلظتهای پايين كمتر است. هنگاميكه در فرايند يا عملياتي معين آاليندههای مختلفي بهصورت گردو غبار، دمههای فلزی، بخارات يا گازها در هوا منتشر ميگردند، غالباً ارزيابي مقادير سنجش شده يک ماده شيميايي امکانپذير است. در اين موارد حد مجاز مواجهه شغلي كه برای قياس بهكار ميرود بايد با يک ضريب مناسب كه ضريب سينرژيک است، كاهش يابد. مقدار اين كاهش به عواملي نظير تعداد مواد شيميايي در مخلوط، سميت آنها و مقدار نسبي ساير آاليندههای موجود بستگي دارد. از جمله فرايندهايي كه باعث توليد دو يا تعداد بيشتری از آلاينده های زيان آور در هوا ميگردند، شامل: جوشکاری، تعميرات اتومبيل، بالستينگ، رنگ- آميزی، لاک زني، جلاكاری، برخي عمليات ريخته گری، گازهای خروجي از موتورهای ديزلي و غيره ميباشد.

رابطه اثرات افزايشي برای مخلوطي از چند عامل به كار ميرود. اين روابط را نبايد برای مخلوطهايي كه اجزاء آن واكنشهای بسيار متفاوتي دارند بهكار برد، مانند اسيد سيانيدريک )HCN)و دیاكسيد گوگرد (SO2 .)در چنين مواردی بايد فرمول اثرات مستقل مورد استفاده قرار گيرد. همچنين اين رابطه برای مخلوطهای پيچيده با اجزاء زياد مثل بنزين، خروجي ديزل، محصوالت تجزيه حرارتي، خاكستر و ... نبايد مورد استفاده قرار گيرد. الزم به ذكر است كه در مخلوط مواد سرطانزا در دستههای A2, A3 يا A1 بايد دقت نمود. صرفنظر از كاربرد فرمول مخلوط از مواجهه با مخلوط مواد سرطانزا بايد اجتناب نمود يا تا حد امکان مواجهه پايين نگه داشته شود به بخش نمادگذاری مراجعه شود(.

 مثالهای حد مجاز شغلي برای مخلوطها مثال الف: مواجهه هوابرد كارگری برای يک شيفت كامل و مواجهه كوتاه مدت آن پايش شده است. نتايج پايش در جدول زير ارائه شده است

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| عامل شیمیایی | نتایج پایش کل شیفت | نتایج مواجهه کوتاه مدت |
| استون | 160ppm(500ppm) | 490ppm(750ppm) |
| استات بوتیل نوع دوم | 20ppm(200ppm) | 150ppm(تعیین نشده) |
| متیل اتیل کتون | 90ppm(200ppm) | 220ppm(300ppm) |

هر سه این مواد دارای اثرات تحریکی بر روی سیستم تنفسی بوده و باید اثرات آنها را افزایشی درنظر گرفت. استون و متیل اتیل کتون دارای اثرات روی سیستم اعصاب مرکزی نیز می باشند. برای انالیز وضعیت موجود برای کل شیفت به روش زیر محاسبه انجام می شود:

مواجهه کل شیفت کمتر از حد مجاز است.

آنالیز مواجهه کوتاه مدت به روش زیر انجام می شود:

نتيجه:حد مجاز مواجهه كوتاه مدت مخلوط مواد موجود در هوا بيشتر از حد مجاز است

مثال ب- اثرات مستقل:

هنگاميكه اثرات اصلي مواد زيانآور مختلف، بهصورت افزايشي نباشد و هر يک از مواد مخلوط بهصورت مستقل بر بدن تأثير گذارند، بدين معني كه اثر سمشناسي مشابهي نداشته باشند و اندام هدف نيز برای مواد موردنظر يکسان نباشد، در اين موارد حد مجاز مواجهه شغلي مخلوط، مطابق با رابطه زير خواهد بود.

هوایی حاوی غلظت سرب معادل سرب (با 50/0= OEL ) و  *اسید سولفوزیک (با OEL=1) موجود است.*

غلظت مخلوط كمتر از حد مجاز مواجهه شغلي است.

معرفي بسته نرم افزاریMixie جهت محاسبه حدود مجاز مخلوط مواد شيميايي

در استفاده از حدود مجاز مواجهه در ارزيابي مخاطرات بهداشتي ناشي از مواجهه همزمان با دو يا چند ماده شيميايي، بايد ملاحظات ويژه ای در نظر گرفته شوند.

 در شکل 1 نمايي از ابزار كمکي رايانه ای ارائه شده در سايت موسسه تحقيقاتي بهداشت و ايمني شغلي

 (IRSST) Robert-Sauvé نشان داده شده است. اين ابزار كمکي در محيط EXCEL برای محاسبه حد مجاز تصحيح شده مخلوط مواد شيميايي تهيه و ارائه شده است. اين ابزار كمکي The Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail 1 43 راهنمای محاسبات حدود مجاز برای مخلوط تركيبات شيميايي به طور مستقيم از طريق نشاني www.irsst.qc.ca/mixie/يا از طريق ورود به سايت IRSST و ورود از منوی Publication and Tools و انتخاب گزينه Guides and Tools قابل جستجو است. اين ابزار دو زبانه( انگليسي و فرانسوی) است. نكته مهم: اين ابزار كمکي يک الگو جهت تصحيح حدود مجاز است و همه داده های آن قابل استفاده برای كشور ايران نيست. 2 تفاوت عمده نتايج حاصل از اين برنامه با نتايج حدودمجاز كشوری عبارتند از:

1-حدود مجاز مواجهه (TWA )بخش قابل توجهي از تركيبات شيميايي موجود در اين برنامه دارای مقادير متفاوت از حدود مجاز مواجهه كشور ايران است.

2-كدبندی (گروههای 4 گانه) اين برنامه برای برخي از تركيبات متفاوت از كدبندی اين دستورالعمل است كه علت آن نوع اثرات مورد استناد آلاينده ها جهت تعيين حد مجاز ميباشد. به عنوان مثال در اين برنامه، حد مجاز بنزن، 1ppm و كد اثرات در نظر گرفته شده جهت تدوين حد مجاز شامل كدهای) C4 اختلال در انتقال اكسيژن(، C10 (اثر روی سيستم ايمني و C32 (سرطان( ميباشد درحاليكه مطابق حدود مجاز مواجهه شغلي ایران، حد مجاز مواجهه با بنزین 0.5ppm و تنها سرطانزايي خوني آن كد C32 تعيين حد مجاز مواجهه است. بنابراين در استفاده از اين برنامه بايد به دو نکته فوق توجه داشت. پيشنهاد ميشود با الگوگيری از اين برنامه، يک برنامه مشابه متناسب با داده های كتاب حدود مجاز مواجهه كشوری و جدول كدبندی اين دستورالعمل طراحي و در اختيار كاربران قرار گيرد. راهنمای محاسبات حدود مجاز برای مخلوط تركيبات شيميايي 41 شکل 4 -صفحه اصلي ابزار رايانهایMixie جهت راهنمای استفاده از: MiXieويرايش 2014

MiXie يک ابزار تصميم گيری برای كارشناسان بهداشت حرفه ای است تا ريسک مواجهه با مخلوطي از مواد شيميايي موجود در هوا را برآورد كنند. اين ابزار،اطلاعاتی را در مورد پتانسيل برهم كنش يا اثرات افزايشي بين مواد موجود در مخلوط آلاینده های موجود در محيط كار را ارائه ميكند. در ضمن اين ابزار نميتواند به طور مطلق جايگزين قضاوت حرفهای متخصصان بهداشت شغلي قرار گيرد. اين ابزار ميتواند برای محاسبه حد مجاز تصحيح شده برای مواجهه روزانه با چندين ماده شيميايي كه دارای اثرات افزايشي باشند مطابق اصل زير مورد استفاده قرار گيرد: زماني كه دو يا چند ماده شيميايي در محيط كار هستند كه دارای اثرات مشابه بر روی اعضاء يکسان بدن انسان هستند، اثرات اين مواد بايد افزايشي در نظر گرفته شود مگر آنکه حالت ديگری مورد تأييد قرار بگيرد.ملاحظات خاصي در مواجهه همزمان يا متوالي با آلاینده ها نيز بايد در نظر گرفته شود MiXie همچنين اطلاعاتی را در خصوص اطلاعات علمي كه در خصوص برهمكنش زوجهای مواد انجام شده را ارائه كرده است.

MiXie يک بسته كاربردی (Application )دو زبانه انگليسي/فارسي است.

ساختار :MiXie

از چند جزء تشکيل شده است. صفحه ورودی، قلب اين ابزار، جايي است كه كاربر ميتواند مخلوط مواد را در آنجا تعريف كند انتخاب ماده شيميايي و غلظت آن. نتايج با افزودن يا تغيير اطلاعات بلافاصله به روز ميشود. نتايج در دو سطح آناليز ارائه ميشود: آناليز سطح 1 امکان استفاده برای يک يا چند تركيب از مخلوط مواد دارای اثرات افزايشي را دارا ميباشد. در اين سطح به كاربر امکان انتخاب فايل 705 ماده شيميايي را برای 31 طبقه از اثرات مشابه را ميدهد. آناليز سطح 2 اطلاعات اضافي در خصوص برهمكنشهای سمشناسي بين زوج مواد را در مخلوط انتخاب شده ارائه ميدهد. برای 218 زوج مواد فايل PDF موجود ميباشد. در شکل 2 دياگرام محتويات نرم افزار و رابطه بين سطوح مختلف اطلاعاتی نشان داده شده است

 آناليز سطح 1 :اثرات افزايشي (استخراج از مراجع علمي(

كل داده های مخلوط مواد ) در سه مرحله ارائه ميشود:

1-مواد را از فهرست كلي حاوی 705 ماده شيميايي ارائه شده در پيوست 1 توسط IRSST از بالا به پائين انتخاب كنيد. يک فضای جستجو در زير جدول برای كمک به يافتن يک ماده با نام يا CAS Number وجود دارد.

2-حد مجاز مورد استفاده را انتخاب كنيد نکته: مواد ممکن است دارای حد مجاز 8 ساعته، كوتاه مدت يا سقفي با واحدهای مختلف ppm ،f/cm3,mg/m3 باشند). اعداد مربوط به حد مجاز فقط مختص IRSST است.

3-غلظت برآورد شده هر ماده با تابع زماني 8 ساعته جهت TWA يا 15 دقيقه ای )جهت( STEL را با مقادير مرجع وارد كنيد. مراقب باشيد كه غلظت نهايي آلاینده پس از تصحيح دما و فشار، درج شود.

در شکل 3 به عنوان مثال روش انتخاب 5 ماده آكريلونيتريل، بنزن، تولوئن، زايلن و اتيل بنزن از ليست كلي و روش وارد كردن دادههای غلظت فرضي و انتخاب نوع و واحد حد مجاز مواجهه آنها از ليستهای كلي نشان داده شده است. كادر مربوط به تركيب مخلوط مواد شيميايي mixture composition ’s ،كل مواد موجود در مخلوط را فهرست كرده و حاوی لينکهايي است كه با كليک بر روی نام هر يک از مواد ليست يک پيام مفهومي ارائه و صفحه ديگری بازخواهد شد كه حاوی اطلاعات بهداشتي و سمشناسي آن ماده، نوع اثرات و حتي مواد ديگری است كه در آن اثر با ماده انتخاب شده مشترک هستند را فهرست نموده است (شکل 4 .)زماني كه در فهرست مواد مخلوط يک ماده سرطانزا باشد، يک مالحظه يا تذكر ويژه مبني بر كاربرد ALARA تا حد امکان مواجهه به حداقل كاهش يابد در كادر زيرين به طور خودكار ظاهر ميشود.

نتايج آناليز سطح

 تركيب( Combination )تنها زماني يک يا چند ماده از مخلوط انتخاب شده دارای اثر مشابه باشند، نشان داده ميشود. به عنوان مثال برای يک مخلوطي مركب از 3 ماده، ماده 1 و 2 ميتوانند در يک اثر با هم مشترک باشند و ماده 2 و 3 در اثر ديگری با هم مشترک باشند. يک جدول تركيبي در زير كادر combination ، امکان ارزيابي اشتراک اثرات مواد انتخاب شده در مخلوط مورد بررسي را فراهم مينمايد.

بسته كاربردی miXie شاخص مواجهه Rm ))را بر حسب درصد مربوط به مجموع نسبتهای مواد به حدود مجاز خود را در هر تركيب محاسبه ميكند. چنانچه Rm هر تركيبي از مخلوط مواد بيشتر از 100 %شود، بيانگر مواجهه بيشتر از حد مجاز است. در شکل 5 نمونه صفحه نتايج آناليز سطح 1 مربوط به مثال انتخاب شده به همراه راهنمای آن نشان داده شده است.

صفحه مواد miXie

هر يک از صفحات گروه اثر مشابه حاوی توضيحي در مورد خود گروه اثر و مباني اشتراكي اثرات آن گروه است. انتهای فرم فهرستي موادی است كه حداقل در يک اثر آن گروه با ماده مورد نظر مشترک هستند. با وضعيت موجود MiXie قابليت استفاده برای هر تركيبي از اثرات مواد و اثراتي كه بعداً برای يک ماده تعريف ميشود، خواهد بود.

يکي از اثرات مشترک مربوط به مثال 5 ماده انتخاب شده فوق، اثر روی سيستم اعصاب مركزی با كد اثر C19 است. با كليک بر روی اين كه در شکل 6 ، صفحه اثر مواد باز ميشود نشان داده شده است. در اين صفحه كليه اثرات مشابهي كه ميتوانند باعث درگيری سيستم اعصاب مركزی شوند و فهرست كليه موادی كه باعث اين اثر ميشوند فهرست شده است. هر ماده با هر نوع مکانيسم اثری كه به نحوی باعث تأثير بر روی سيستم اعصاب مركزی شود چون نتيجه همه آنها يکي است لذا در يک گروه طبقه بندی ميشوند.

آنالیز سطح 2:

حالات مختلف برهم کنش مواد

بسته كاربردی miXie حاوی 218 صفحه آناليز اثرات تركيبي از زوج مواد شيميايي است. اگر دو ماده از مخلوط مواد انتخاب شده دارای يک اثر مشترک باشند، miXie آناليز سطح 2 را به بخش نتايج اضافه ميكند. برای هر زوج ماده مشخص شده، تصميم نهايي تيم سمشناسان در خصوص ماهيت برهمكنش مواد در بخش "interaction "ذكر شده است.

نتيجه گيریهای نهايي در اين بخش عبارتند از:

فوق افزايشي (Supraadditivity)

افزايشي(Additivity)

 -تحت افزايشي(Infraadditivity)

 غيرممکن جهت اظهار نظر رسمي Impossible to pronounce) )

اين بخش و بخش نتيجهگيری نهايي (Conclusion )حاوی خالصه بسيار كوتاهي در مورد داليل تصميم گرفته شده است.

پيکان به سمت راست صفحه با عنوان " Consult the documentation "اجازه دسترسي به صفحهای در فرمت PDF را ميدهد كه حاوی اطلاعات كاملتر در خصوص تصميم ارائه شده است. در شکل 7 صفحه آناليز سطح 2 مثال انتخاب شده به همراه راهنمای آن نشان داده شده است.

صفحه برچسب مواد (آناليز سطح 2)

 يک بررسي مروری بر روی متون علمي برای شناسايي مقالات علمي (مقاالت اصلي يا مروری اوليه) در مورد برهمكنشهای سمشناسي بين زوج مواد مورد استفاده در محيطهای كاری انجام شده است. در مجموع 218 پمفلت برای 218 زوج ماده كنترل شده تهيه شده است. هر پمفلت يک يا چند آزمايش انجام شده در خصوص برهمكنشهای سمشناسي را در خصوص زوج ماده انتخاب شده توصيف ميكند. تصميم در خصوص نوع برهمكنش، توسط تيمي از سم شناسان گرفته ميشود كه آنها نيز كليه آزمايشهای انجام شده و كاربردی بودن شرايط آزمايش را در مواجهه های شغلي در نظر ميگيرند. تصميم سم شناسان و توضيحات مربوطه در صفحه اول فرم ارائه ميشود. به علاوه يک فايل PDF حاوی فهرست 218 زوج ماده ای كه در مورد آنها تصميم گيری شده قابل استفاده ميباشد كه از طريق لينک زير قابل http://www.irsst.qc.ca/mixie/en/ndxBIN.htm .است دسترسي در شکل 8 صفحه اول فايل حاوی نتايج مطالعات سمشناسي مختلف در مورد اثرات متقابل بنزن و تولوئن ارائه شده است.

الگوی پيشنهادی منطبق با حدود مجاز مواجهه ايران

 کدبندی اثرات

 با توجه به نوع اثراتي كه مبنای تعيين حد مجاز مواجهه با آلاینده های شيميايي در ايران قرارگرفته است و با الگوگيری از روش كدبندی پيشنهادی IRSST ،مجموع اثرات در قالب 34 گروه مجزا طبقه بندی شده است كه در جدول 2 نشان داده شده است. 30 گروه از اثرات اين جدول مشابه جدول كدبندی پيشنهادی IRSST شکل 5 با همان نوع اثرات و كدها است و 4 گروه )C6 سردرد و سرگيجه(، C24 (تهوع(، C33 (اثر روی مثانه) و) C34 اثر روی وزن بدن( افزون بر گروه بندی پيشنهادی بوده است. البته شايان ذكر است كه در حال حاضر 2 گروه اثرات C7 اسيدوز متابوليک و C10 اثر روی سيستم ايمني با توجه به ويرايش چهارم كتاب حدود مجاز مواجهه شغلي ايران ) ، مبنای تعيين حد مجاز هيچ مادهای قرار نگرفته اند اما به دليل توسعه آتي ليست مواد شيميايي دارای حد مجاز و احتمال مبنا قرار گرفتن دو اثر مذكور برای تعيين حد مجاز، اين دو گروه نيز در سيستم كدبندی پيشنهادی حفظ شده است.

 جدول 8 -كدبندی اثرات بهداشتي مواد از ديدگاه محاسبه حد مجاز مخلوط مواد

|  |
| --- |
| کد اثرات-اثرات بهداشتی |
| C1 اثرات چشمي C2 اثر روی سيستم تنفسي فوقاني C3 اثر روی سيستم تنفسي تحتاني C4 اختالل در انتقال اكسيژن C5 عوارض انعقادی خون C6 سردرد و سرگيجه C7 اسيدوز متابوليک C8 تحريک متابوليسم پايه C9 اثرات ضد تيروئيدی C10 اثر روی سيستم ايمني C11 اثرات كبدی C12 اثر روی طحال C13 اثرات كليوی C14 اثرات گوارشي C15 اثرات سيستم قلبي C16 انقباض عروق C17 اتساع عروق C18 اثر روی سيستم عصبي خودكار C19 اثر روی سيستم اعصاب مركزی C20 اثر روی سيستم اعصاب محيطي C21 اثر روی سيستم شنوايي C22 تحريک عضالني C23 عوارض استخواني C24 تهوع C25 عوارض دنداني C26 تغيير رنگ پوستي )ناشي از نقره( C27 عوارض پوستي C28 اثر روی سيستم توليد مثل مردان C29 اثر روی سيستم توليد مثل زنان C30 اثرات جنيني C31 اثرات ناقصالخلقه زايي C32 سرطان C33 اثر روی مثانه C34 اثر روی وزن بدن |

توصيف و گروه بندی اثرات:

اثرات كدبندی شده در جدول 2 به طوركلي مجموعه اثرات مواد روی يک عضو يا سيستم را فارغ از نوع اثر ذكر كرده است. به عنوان مثال در گروه يک كه مربوط به اثرات چشمي است، اين اثرات شامل آب مرواريد، ادم قرنيه، نکروز قرنيه و اثرات ديگری است كه در مجموع ميتوانند به چشم آسيب برسانند. توصيف اين اثرات و كليه زيرگروههای هر يک از اثرات به شرح زير ميباشد: گروه C1 :اثرات چشمي نتيجهگيری در خصوص مستقل بودن هر يک از اثرات اين گروه نسبت به ساير اثرات طبقهبندی شده در آن غيرممکن است. مجموع اثرات زير در اين گروه طبقهبندی ميشوند: - آب مرواريد - ادم قرنيه - نکروز قرنيه - تحريک يا سوزش چشم - هرگونه درگيری بهداشتي چشم

گروه C2 :اثر روی سيستم تنفسي فوقاني

 اين گروه شامل كليه محرکهای شيميايي و فيزيکي سيستم تنفسي مي باشد. زماني كه مخاط سيستم تنفسي در مواجهه با يک محرک اوليه است، در مواجهه با يک محرک ثانويه فارغ از ماهيت برهمكنش مواد با هم، احتمالاً آسيب بيشتری مي بيند. در اين گروه، اثرات زيرمجموعه آن را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اثرات و عوارض زير، مشمول طبقه بندی در اين گروه هستند:

-سوراخ شدن تيغه بيني (قسمت فوقاني سيستم تنفس)

- درگير شدن قسمت فوقاني سيستم تنفسي

- تحريک و سوزش قسمت فوقاني تنفس

گروه C3 :اثر روی سيستم تنفسي تحتاني

كليه عوامل حساسيتزا، لزوماً اثرات افزايشي ندارند. در واقع در مورد آسم كه توسط يک مکانيسم حساسيت زا ايجاد ميشود، مشخص نيست كه مواجهه با دو يا سه ماده حساسيت زا در يک زمان، ريسک حساسيت به هريک از آنها را افزايش ميدهد يا خير؟ برای اين مکانيسمهای ايجاد كننده حساسيت، مکانيسمهای ايمني درگير، نشانگر اين هستند كه اثر افزايشي غيرمحتمل است. با اين وجود، واكنشهای متقاطع ممکن است بين دو آلرژن وجود داشته باشد. رويکرد محتاطانه آن است كه اثر افزايشي بين دو عامل حساسيت زا، امکانپذير در نظر گرفته شود. همه مواد محرک ريوی بايد دارای اثر افزايشي در نظر گرفته شوند. در مقابل عوامل حساسيت زا، مکانيسم تحريک غيراختصاصي است و منطقي است اگر فکر كنيم كه اثرات برونشي ايجاد شده توسط محرک اوليه توسط اثرات مشابه توسط يک محرک ثانويه تشديد شوند. در اين بخش بين مواد محرک و حساسيت زا، بايد اثر افزايشي در نظر گرفته شود. چندين مورد وجود دارد كه اثر تقويتي مواد محرک را بر واكنش با يک ماده حساسيت زا توضيح دادهاند. قابليت افزايشي ساير اثرات ريوی هم مورد آزمايش قرار گرفته است. مطالعه قابليت افزايشي اثرات ريوی ايجاد شده توسط مواد شيميايي، پيچيدگي اين سؤال و اهميت درک مکانيسم های كار را آشکار كرده است. در واقعي برخي از مواد در سطح ريوی اختصاصي تر از ماده ديگر عمل ميكنند. به عنوان مثال، مواد محرک عمدتاً در سطح برونشي اثرگذار هستند درحاليكه فيبرهای معدني اكثراً بر روی پارانيشم ريه (حبابچه ها)اثرگذار هستند. از اين منظر نميتوان هميشه اثر افزايشي بين مواد محرک و فيبروژنيک در نظر گرفت. به طوركلي رويکرد محتاطانه آن است كه مواد دارای هر يک از اثرات زير مجموعه اين گروه را با همديگر با حالت امکان اثر افزايشي در نظر گرفت. زير مجموعه اثرات اين گروه عبارتند از: - آسم - بريليوزيس - بيماری برنز كاران - برونشيت - برونکوپنوموني - درگير شدن و تحريک سيستم تنفسي تحتاني - پنوموكونيوزيس - عوارض ريوی - ادم ريوی - آمفيزم ريوی - فيبروز ريوی - حساسيت سيستم تنفسي

 C4 اختلال در انتقال اکسيژن

 اين گروه شامل اثراتي است كه به انتقال اكسيژن از ريهها به بافتها، آسيب ميرساند. اين اثرات شامل كاهش غلظت اكسيژن هوا )خفگي ساده(، كاهش سلولهای خوني ناقل اكسيژن در خون (كم خوني، كاهش تعداد گلبولهای قرمز، جلوگيری از سنتز خون و هموليز(، اختلال در انتقال اكسيژن توسط گلبولهای قرمز (كربوكسي هموگلوبين، تشکيل نيتروزيل هموگلوبين، مت هموگلوبين) و مصرف اكسيژن در بافتها (جلوگيری از فعاليت سيتوكروم اكسيداز) ميباشند. به اين موارد ميتوان موادی را افزود كه باعث كمبود انرژی توليدی با جلوگيری از چرخه سيترات ميشوند. نميتوان هريک از اثرات اين گروه را مستقل از بقيه در نظر گرفت. به طوركلي اثرات اين گروه به شرح زير هستند: - كم خوني تشکيل سلول خوني - خفگي )كل بدن: ارگانها و سيستمها- عوارض سيستم خونساز - كربوكسي هموگلوبين -سيستم خونساز - جلوگيری از فعاليت سيتوكروم اكسيداز (كل بدن: ارگانها و سيستمها)-جلوگيری از سنتز خون (سيستم خونساز)- هموليز سيستم خونساز - مت هموگلوبين (سيستم خونساز( -سركوب عملکرد مغز استخوان سيستم خونساز - تشکيل نيتروزيل هموگلوبين سيستم خونساز

( C5 عوارض انعقادی خون

 اثرات مشتمل در اين گروه را كه به شرح زير هستند را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت: - اختالالت انعقادی سيستم خونساز - افزايش تعداد پلاکت ها سيستم خونساز

( C6 سردرد و سرگيجه

سردرد و سرگيجه با هر علت و شکلي در اين گروه طبقه بندی مي شود.

C7 اسيدوز متابوليكي پایه

 اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است ميباشد: - اسيدوز متابوليکي (كل بدن: ارگانها و سيستمها( C8 تحريك متابوليسم پايه

اين گروه هم شامل يک اثر كه عنوان گروه است ميباشد- : تحريک متابوليسم پايه(كل بدن: ارگانها و سيستمها

( C9 اثرات ضد تيروئيدی

 اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است ميباشد:

 اثرات ضد تيروئيدی (تيروئيد)

( C10 اثر روی سيستم ايمني

 اين گروه دارای يک اثر هم نام با عنوان گروه است و بقيه اثرات مطابق با شباهت يا تفاوت در مکانيسمهای ايمونولوژيکي است. به هرحال هيچ يک از اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت:

 اختلال در عملکرد سيستم خونساز(سيستم خونساز(-اثر روی سيستم ايمني (سيستم ايمني( -کوپني (سيستم خونساز(سركوب عملکرد مغز استخوان (سيستم خونساز)

( C11 اثرات کبدی

 اين گروه در ابتدا شامل يک اثر كلي اثرات كبدی بود كه عمدتاً شامل بزرگ شدن كبد و افزايش گردش ترانس آميناز بود. اثرات زيرمجموعه اين گروه عبارتند از: اثرات كبدی (كبد ( نکروز كبد )كبد)

( C12 اثر روی طحال

 اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است ميباشد:

اثر روی طحال

 C13 اثرات کليوی

 اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات عبارتند از:

- بيماریهای گلومرولي (كليه-( - بيماریهای كليوی )كليه-(بيماریهای مجاری )كليه)

( C14 اثرات گوارشي

اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است ميباشد:

 اثرات گوارشي (سيستم گوارش)

( C15 اثرات سيستم قلبي

اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است ميباشد-: اثرات سيستم قلبي )سيستم قلب)

( C16 انقباض عروق

 دو اثر عروقي آالينده ها شامل انقباض و اتساع عروق دارای اثر آنتاگونيستي هستند و به اين دليل در دو گروه مجزا طبقه بندی شده اند. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از:

- عوارض سيستم عروقي (سيستم عروقي-(انقباض عروق )سيستم عروقي)

( C17 اتساع عروق

 دو اثر عروقي آلاینده ها شامل انقباض و اتساع عروق دارای اثر آنتاگونيستي هستند و به اين دليل در دو گروه مجزا طبقه بندی شده اند. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از: - عوارض سيستم عروقي )سيستم عروقي-(اتساع عروق سيستم عروقي

( C18 اثر روی سيستم عصبي خودکار

هيچ يک از اثرات زير مجموعه اين گروه را نمي توان مستقل از هم در نظر گرفت. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از: اثر روی سيستم عصبي خودكار (سيستم عصبي خودكار)- بازدارنده كولين استراز (سيستم عصبي خودكار)

( C19 اثر روی سيستم اعصاب مرکزی

صرفاً از نقطه نظر مکانيکي، اثرات تهييجي (تشنج) و اثرات افسردگي، آنتاگونيسم هستند. با اين وجود از نقطه نظر باليني، يک ماده ميتواند اثرات تهييجي و افسردگي را به دنبال خود داشته باشد. اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات شامل موارد زير هستند:

- تهييج سيستم اعصاب مركزی (سيستم اعصاب مركزی(-افسردگي (سركوب) سيستم اعصاب مركزی(سيستم اعصاب مركزی)- اثرات سيستم اعصاب مركزی (سيستم اعصاب مركزی)

( C20 اثر روی سيستم اعصاب محيطي

 اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات عبارتنداز: -اثر روی سيستم اعصاب محيطي (سيستم اعصاب محيطي)- نوروپاتي محيطي

 C21 اثر روی سيستم شنوايي

 اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات عبارتند از-: اثرات سمي روی سيستم شنوايي يا اتوتوكسيک )سيستم شنوايي(-اختلالات مربوط به دهليز شنوايي (سيستم شنوايي)

( C22 تحريك عضلاني اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است، ميباشد: -تحريک عضلانی

 (C23عوارض استخواني

 اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات عبارتند از:- عوارض استخواني (استخوان)- فلوروزيس استخوان (استخوان)

( C24 تهوع

 تهوع با هر علت و شکلي در اين گروه طبقه بندی ميشود

 (C25 عوارض دنداني

 اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. اين اثرات عبارتند از:

خوردگي دندان (دندان(فلوروزيس دندان (دندان)

( C26 تغيير رنگ پوستي (آرژيری)

اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است. تغيير رنگ پوستي ناشي از نقره يا آرژيری (پوست)

( C27 عوارض پوستي

 همه عوامل حساسيت زا نبايد به عنوان مواد دارای اثرات افزايشي در نظر گرفته شوند چون از طريق واكنشهای ايمني خاصي عمل ميكنند. با اين وجود اگر ساختار شيميايي دو ماده شبيه به هم باشند، واكنشهای متقاطع ممکن است رخ دهد به عنوان مثال لنفوسيتهای حساس شده به يک آلرژن ميتوانند با ماده دوم هم واكنش دهند. عالوه بر اين، بايد توجه داشت كه آلرژنهای خاصي بهطور تجربي واكنش متقاطع غير منتظره نشان دادهاند مثل نيکل و كبالت. در ضمن بايد كليه مواد محرک پوست را به عنوان عوامل دارای اثر افزايشي در نظر گرفت. اين قاعده ميتواند برای مواد سوزاننده (خورنده) نيز به كار رود چون زير گروه محرکها هستند. شدت اثر ميتواند كم، متوسط يا زياد باشد. اثر زياد يا شديد مربوط به مواد خورنده يا سوزانندهای ميشود كه اغلب باعث نکروز سلولي ميشوند. بايد اثر افزايشي بين مواد محرک و حساسيتزای پوست، فرض شود. درواقع، پوستي كه در آن واكنش ايمني رخ داده، عالئم التهاب را نشان خواهد داد. اگر يک ماده محرک نيز با پوست تماس يابد، خود ماده به عنوان يک مکانيسم التهابي عمل ميكند كه باعث اثر افزايشي ماده حساسيت زا ميباشد. در مقابل، پوستي كه در آن يکپارچگي لایه شاخي توسط يک ماده محرک تغيير يافته است، ماده حساسيت زا راحت تر از آن نفوذ ميخواهد كرد. درنهايت اثرات زير مجموعه اين گروه را نميتوان مستقل از هم در نظر گرفت. احتمال برهمكنش بين مواد حساسيت زا در يک مخلوط مواد به طور جداگانه مورد بحث قرار خواهد گرفت. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از: -آلوپسي يا ريزش مو (پوست) - آكنه ناشي از كلر (پوست(-درماتيت تماسي (پوست(-عوارض پوستي (پوست)- حساسيت پوستي (پوست)

( C28 اثر روی سيستم توليد مثل مردان

 مستقل در نظر گرفتن اثرات مربوط به عوارض بيضهای را از اثرات مربوط بهعنوان اين گروه، امکانپذير نيست. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از-: اثر روی سيستم توليد مثل مردان )سيستم توليد مثل مردان-(عوارض بيضهای

 (C29 اثر روی سيستم توليد مثل زنان اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است، مي باشد.

 اثرات ناقص الخلقه زائي و اثرات جنيني در اين گروه قرار نمي گيرند و در گروه ديگری طبقه بندی مي شوند.

- اثر روی سيستم توليد مثل زنان )سيستم توليد مثل زنان

( C30 اثرات جنيني اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است، ميباشد.

-اثرات جنيني (جنين)

( C31 اثرات ناقص الخلقه زايي اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است، ميباشد.- اثر ناقص الخلقه زايي (جنين)

( C32 سرطان اين گروه شامل كليه مواد سرطانزا و جهش زا (موتاژن) است. اطلاعات چنداني در خصوص سرطانزايي مواد روی ارگانهای انساني وجود ندارد و اكثر آنها از مطالعات حيواني بهدست آمده است. اطالعات سرطانزايي انساني 23 ماده ثبت شده است. پيش بيني دقيق اينکه كدام ارگان انساني تحت تأثير ماده سرطانزا قرار ميگيرد از روی مطالعات حيواني، امری مشکل است. در اكثر موارد محلهای (اعضاء يا قسمتهای) مختلفي در مورد سرطانزايي حيواني وجود دارد. زماني كه قسمتهای مختلفي از بدن يک حيوان تحت تأثير يک ماده دچار سرطان شد، ميتوان آن ماده را سرطان زا ناميد. سرطان زاها مشکالت خاصي دارند. ابتدا، يک اصل كلي وجود دارد كه مواجهه با سرطانزاها بايد در حداقل غلظت ممکن نگه داشته شود )اصل( ALARA يک كارفرما بايد مطمئن شود كه مواجهه كارگر با سرطانزا به حداقل ممکن رسيده است حتي اگر مواجهه كمتر از حد مجاز باشد. بنابراين در ابتدا به نظر ميرسد اين وضعيت خالف قاعده محاسباتي حد مجاز مخلوط مواد سرطانزا باشد چون اصل غالب آن است كه مواجهه با اين مواد تا حد امکان حذف شود. بنابراين زماني كه يک ماده بهعنوان سرطانزای انساني شناسايي شد، هميشه آن بخش يا قسمتي از بدن كه تحت سرطانزايي قرار ميگيرد، مشخص نميشود. درنهايت يک مادهای كه برای يک قسمت مشخص آناتومي يک حيوان سرطانزا باشد ممکن است برای يک عضو يا قسمت ديگر بدن انسان، سرطانزا باشد. مشکل بعدی ناشي از اين سؤال است كه آيا اثرات افزايشي بين اثر سرطانزايي و ساير اثرات روی همان ارگان يا سيستم وجود دارد. با توجه به اصل ALARA در خصوص مواد سرطانزا، معمولاً حد مجاز مخلوط بين يک ماده سرطانزا با هر ماده ديگر اعم از سرطانزا يا غيرسرطانزا محاسبه نميشود. اثرات زير مجموعه اين گروه عبارتند از:

-سرطان مثانه (مثانه(

-سرطان عروق خوني (سيستم عروقي(

-سرطان (كل بدن انسان ارگانها و سيستمها)

- سرطان حنجره (سيستم تنفسي فوقاني(

-سرطان خون يا لوسمي )سيستم خونساز)

-سرطان كبد (كبد(

-سرطان ريه (سيستم تنفسي تحتاني(

-مزوتليوم (كل بدن انسان: ارگانها و سيستمها(

-اثر جهشزايي يا موتاژن (كل بدن انسان: ارگانها و سيستمها)

- سرطان بيني (سيستم تنفسي فوقاني(

-سرطان نازوفارنکس يا حلقي-بيني (سيستم تنفسي فوقاني(

-سرطان پروستات (پروستات)

- سرطان كليه (كليه(

-سرطان سينوس (سيستم تنفسي فوقاني)

- سرطان پوست (پوست(

-سرطان بيضه (سيستم توليد مثل مردان(

-سرطان قسمت فوقاني دستگاه تنفس (سيستم تنفسي فوقاني)

( C33 اثر روی مثانه اين گروه تنها شامل يک اثر كه همان عنوان گروه است، ميباشد. 52

- اثر روی مثانه (مثانه)

( C34 اثر روی وزن بدن هر ماده شيميايي با هر مکانيسمي كه باعث كاهش وزن بدن شود در اين گروه طبقهبندی مي شود.

فهرست بندی مواد شيميايي بر اساس گروهبندی اثرات بهداشتي

 فهرست مواد شيميايي زير مجموعه هر اثر بهداشتي در اين بخش ارائه شده است. هدف اين فهرست بندی تسهيل يافتن مواد با اثرات مشابه در كنار هم به منظور تصحيح حدود مجاز مخلوط مواد شيميايي است.