

اصول و فناوری های آشکار سازی و سنجش عوامل شیمیایی

تألیف:

عزیز دهبور آتشیک - علی محمودیان

دانشگاه امام حسین (ع)

مؤسسه چاپ و انتشارات

بسم الله الرحمن الرحيم

«يرفع الله الذين امنوا منكم واندبوا وتما العلم درجات»

خداوند مقام اهل ايمان و دانشمندان عالم را (دو - سه مرتبه) رفيع مي گرداند.

(سوره مبارکه مجادله - آيه ۱۱)

تمامی ادیان الهی و در رأس آنها اسلام، انسان را موجودی کمال گرا می دانند. از نظر اسلام، انسان همواره در حال تکامل است و جهت گیری او به سمت کمال بی نهایت یعنی خداوند تبارک و تعالی است.

یکی از راه های کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علم - که - به تعبیر استاد شهید مطهری - زیبایی عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه های عبود را می جوید و می یابد و علمی که هر چه فزون تر می گردد، دارنده آن را به خدا نزدیک تر می کند.

هم از این روست که در نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران که شالوده و اساس حاکمیت در آن بر مبنای احکام اسلام است، توجه به علم و دانش و تحقیق و نشر در صدر مسائل قرار دارد.

دانشگاه امام حسین (ع) نیز به عنوان مولود شجره طیبه سپاه پاسداران انقلاب اسلامی که خود برآمده از عمق ارزش های الهی و انقلابی است به عنوان تنها دانشگاه جامع علمی - نظامی کشور، پس از پایان افتخارآمیز حماسه هشت سال دفاع مقدس که خود عرصه ای کم نظیر برای نمایش لیاقت ها و توانمندی های علمی - پژوهشی نیروهای مخلص حزب اللهی بود، موضوع «جهاد علمی» و تلاش در

جهت رشد و شکوفایی هر چه بیشتر در زمینه‌های مختلف علمی را سرلوحه فعالیت‌های خویش قرار داده است. در این راستا این دانشگاه از ابتدای تأسیس، سعی وافر در ترویج و نشر علوم مختلف داشته و آثاری نیز عرضه نموده است که با استقبال اندیشمندان و پژوهشگران مواجه شده است.

آشکارسازی، اولین و مهم‌ترین مرحله از سلسله مراحل اقدامات دفاعی در برابر انتشار عمدی عوامل شیمیایی جنگی و مواد صنعتی سمی، توسط نیروهای نظامی دشمن و یا گروه‌های تروریستی و انتشار غیرعمدی این مواد در اثر حوادث مختلف می‌باشد. برای اجرای سریع اقدامات حفاظتی و درمانی مناسب، در هنگام انتشار عوامل شیمیایی، تشخیص حضور آنها در سطوح غلظت پایین و قبل از ایجاد خطر جدی، ضروری است. درمان فوری مصدومین، رفع آلودگی، نقشه‌برداری از نواحی آلوده و شناسایی مسیرهای خیرالو، برای عبور نیروها، مستلزم آشکارسازی، شناسایی و سنجش عوامل آلاینده با دستگاه‌های آشکارساز دقیق، حساس، انتخاب‌گر و بادوام در شرایط آب و هوایی مختلف می‌باشد. این کتاب با هدف فراهم نمودن اطلاعات و دانش لازم برای مراکز آموزشی و پژوهشی، و ایجاد آمادگی در نیروهای نظامی و سازمان‌های ایمنی و نجات تألیف گردیده است.

امید است این کتاب مورد توجه و بهره‌برداری صاحب‌نظران، محققان و علاقه‌مندان قرار گرفته و با اعلام نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود، را در جهت ترویج و انتشار آثار مورد نیاز جامعه علمی کشور یاری فرمایند.

بسم الله التوفیق

معاونت پژوهش و انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

پیشگفتار (سیزده)

فصل اول : کلیات ۱

۱-۱. تاریخچه آشکارسازی عوامل شیمیایی جنگی ۱

۲-۱. تعریف اصطلاحات ۱۲

۳-۱. حرفه عوامل شیمیایی جنگی ۱۸

۱-۳-۱. عوامل اسام ۱۸

۲-۳-۱. عوامل تاوا ۲۱

۳-۳-۱. عوامل خون ۲۳

۴-۳-۱. عوامل خفه کننده ۲۴

۵-۳-۱. عوامل تهوع آور ۲۵

مراجع ۲۷

فصل دوم : مروری بر فناوری های آشکارسازی عوامل شیمیایی جنگی و مواد صنعتی سمی ۲۹

۱-۲. فناوری های آشکارسازی نقطه ای ۳۲

۱-۱-۲. آشکارسازهای رنگ سنجی ۳۳

۲-۱-۲. طیفسنجی تحرک یونی ۵۹

۳-۱-۲. روش های آشکارسازی بر اساس موج صوتی سطحی (SAW) ۶۷

۴-۱-۲. فوتومتری شعله ای ۷۹

۵-۱-۲. روش های آشکارسازی الکتروشیمیایی (EC) ۸۳

۶-۱-۲. طیفسنجی مادون قرمز ۹۲

۷-۱-۲. طیفسنج جرمی MM-۱ ۹۶

۲-۲. روش های آشکارسازی از راه دور ۹۹

۱-۲-۲. فناوری ها و اصول طیفسنجی ۱۰۰

۱۰۴	۲-۲-۲. آشکارسازی از راه دور
۱۰۶	۳-۲-۲. حسگر از راه دور غیرفعال (مادون قرمز تبدیل فوری و مادون قرمز جلوبین)
۱۰۹	۴-۲-۲. حسگر از راه دور فعال (لیدار)
۱۱۳	۳-۲. دستگاه‌های تجزیه‌ای
۱۱۴	۱-۳-۲. کروماتوگرافی گازی (GC)
۱۱۹	۲-۳-۲. کروماتوگرافی مایع (LC)
۱۲۲	۳-۳-۲. سایر تکنیک‌های جداسازی
۱۲۴	۴-۳-۲. طیف‌سنجی جرمی
۱۳۲	۵-۳-۲. طیف‌سنجی مادون قرمز
۱۳۶	۶-۱-۲. طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR)
۱۴۱	۷-۳-۲. دستگاه‌های برای آنالیز در محل
۱۴۳	مراجع

فصل سوم: روش‌های تشخیصی آشکارسازی عوامل شیمیایی

۱۴۵	۱-۳. استفاده از زیست‌حسگرها برای آشکارسازی عوامل شیمیایی
۱۴۵	۱-۱-۳. زیست‌حسگر چیست
۱۴۸	۲-۱-۳. اولین زیست‌حسگرها
۱۵۰	۳-۱-۳. زیست‌حسگرهای اوره
۱۵۱	۴-۱-۳. الکتروود آنزیمی موز (موزترود)
۱۵۲	۵-۱-۳. ملاحظه زیست‌حسگرها تحت عناوین مختلف
۱۷۳	۶-۱-۳. کاربرد زیست‌حسگرها برای آشکارسازی و شناسایی سموم ضد اعصاب
۱۷۸	۷-۱-۳. روش الیزا
۱۸۷	مراجع

فصل چهارم: عملیات نمونه‌برداری عوامل شیمیایی جنگی

۱۸۹	مقدمه
۱۹۰	۱-۴. فنون و روش‌های نمونه‌برداری
۱۹۲	۱-۱-۴. نمونه‌های محیطی
۲۰۰	۲-۱-۴. نمونه‌های بیوپزشکی

۲۰۳.....	۲-۴. گزارش، بسته‌بندی و حمل نمونه‌ها
۲۰۴.....	۱-۲-۴. گزارش اطلاعات زمینه‌ای
۲۰۴.....	۲-۲-۴. وسایل بسته‌بندی
۲۰۷.....	۳-۲-۴. گزارش اطلاعات کسب شده
۲۰۹.....	مراجع

فصل پنجم: معیارهای انتخاب یک آشکارساز..... ۲۱۱

۲۱۱.....	۱-۵. حساسیت
۲۱۳.....	۱-۱-۵. وابستگی حساسیت به IC_{50} و Ct
۲۱۷.....	۲-۱-۵. منظور از جنگی
۲۱۹.....	۳-۱-۵. وابستگی حساسیت به اثرات زمینه
۲۲۰.....	۲-۵. زمان پاسخ
۲۲۱.....	۱-۲-۵. وابستگی زمان پاسخ به وزن پاسخ انسانی
۲۲۳.....	۲-۲-۵. وابستگی زمان پاسخ به زمان پاسخ‌زدن
۲۲۵.....	۳-۵. انتخاب‌گری
۲۲۵.....	۴-۵. حد تشخیص
۲۲۵.....	۵-۵. محدوده پاسخ خطی
۲۲۶.....	۶-۵. سرعت هشدارهای خطا
۲۲۷.....	۱-۷-۵. تمیز دادن
۲۲۸.....	۲-۷-۵. پاسخ‌دهی ویژه
۲۲۹.....	۸-۵. ملاحظات منحصر به فرد در طراحی سیستم‌های آشکارساز و پایش عوامل CB
۲۲۹.....	۱-۸-۵. شناسایی عوامل
۲۳۰.....	۲-۸-۵. کارکرد خودکار
۲۳۳.....	۳-۸-۵. کارکرد بدون مراقبت
۲۳۵.....	۴-۸-۵. سنجش کمی عامل
۲۳۶.....	۹-۵. محدودیت‌ها
۲۳۶.....	۱-۹-۵. نیازمندی‌های محیطی
۲۳۶.....	۲-۹-۵. وزن و حجم
۲۳۷.....	۳-۹-۵. تأمین انرژی

۲۳۸	 ۴-۹-۵. نیروی انسانی، و آموزش افراد
۲۳۹	 ۱-۵. قابلیت دوام در آلودگی‌های شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای (NBC)
۲۴۱	 مراجع
۲۴۳	 فصل ششم: عملیات شناسایی عوامل شیمیایی جنگی
۲۴۷	 ۱-۶. محیط
۲۴۷	 ۱-۶. تأثیر شرایط میدان نبرد بر مأموریت شناسایی NBC
۲۵۲	 ۲-۱-۶. اجرای عملیات شناسایی NBC در محیط‌های خاص
۲۵۶	 ۲-۶. اصول شناسایی NBC
۲۵۶	 ۱-۲-۶. هدف از شناسایی NBC
۲۵۷	 ۲-۲-۶. مبانی شناسایی NBC
۲۵۸	 ۲-۶. اقدامات لازم در هنگام برخورد با آلودگی‌های NBC
۲۶۰	 ۱-۲-۶. انواع شناسایی NBC
۲۶۷	 ۵-۲-۶. فنون شناسایی NBC
۲۸۰	 ۳-۶. مأموریت، دشمن، نیرو، زمینه، و زمان (METT-T)
۲۸۳	 ۴-۶. مکان‌های کنترل
۲۸۳	 ۵-۶. سیستم شناسایی هسته‌ای، بیولوژیکی و شیمیایی FOX M93A1
۲۸۷	 مراجع
۲۸۹	 پیوست ۱: اطلاعات طیفی عوامل شیمیایی جنگی
۲۹۱	 ۱. عوامل اعصاب
۳۰۸	 ۲. عوامل تاول‌زا
۳۳۱	 ۳. عوامل خون
۳۳۵	 ۴. عوامل خفه‌کننده
۳۳۷	 ۵. عوامل ناتوان‌کننده
۳۴۰	 ۶. عوامل کنترل اغتشاش
۳۴۳	 پیوست ۲: شکل‌های رنگی

پیشگفتار

ضرورت تألیف این کتاب از وجود خطرات کاربرد سلاح‌های کشتار جمعی یعنی سلاح‌های هسته‌ای، بیولوژیکی و شیمیایی، توسط کثرت‌ها و گروه‌های تروریستی نشأت می‌گیرد. جمهوری اسلامی ایران از قربانیان کاربرد سلاح‌های شیمیایی توسط یکی از رژیم‌های جنایت‌پیشه و آلت‌دست قدرت‌های سلطه‌گر (رژیم بعثی عراق) می‌باشد. واقعه‌های تاریخی حاکی از این است که نظام سلطه برای ضربه زدن به کشورهای مستقل هیچ‌گونه بینش عدلی به قوانین و مقررات را از خود نشان نداده، و نقش سازمان‌های بین‌المللی بیشتر در جهت انتقام ملت‌های تحت ستم و قربانیان تجاوزات سلطه‌گران کارکرد داشته است. کاربرد گسترده سلاح‌های شیمیایی توسط متجاوزین آمریکایی در ویتنام و اشغالگران روسی در افغانستان، استفاده از گلوله‌های اورانوم تضعیف‌شده توسط ارتش آمریکا در جنگ‌های اخیر منطقه بالکان و در عراق، و حملات شیمیایی به مردم عراقی بر علیه رزمندگان و افراد غیرنظامی ایرانی، نمونه‌هایی از تحقق عینی این ادعا می‌باشند. با وجود گذشت نزدیک به دو دهه از جنگ تحمیلی رژیم متجاوز بعثی عراق بر علیه جمهوری اسلامی ایران، هنوز هم تعداد قابل توجهی از مصدومین سلاح‌های شیمیایی هر لحظه عمر خود را، با درد و رنج سپری می‌کنند و در نهایت، مظلومانه به شهادت می‌رسند. از طرف دیگر سهولت دستیابی گروه‌های تروریستی به سلاح‌های کشتار جمعی، مخصوصاً سلاح‌های شیمیایی، خطری جدی است که هر کشوری را تهدید می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به اقدام تروریستی انتشار عامل اعصاب سارین در ایستگاه راه‌آهن زیرزمینی توکیو در سال ۱۹۹۵ و کاربرد ترکیب بسیار سمی سیانید همراه با مواد منفجره در ساختمان مرکز تجارت جهانی در آمریکا در سال ۱۹۹۳ اشاره نمود. همچنین خطرات ناشی از وقوع حوادث غیرعمدی در کارخانجات تولید مواد شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی و حشره‌کش‌ها کم‌تر از حملات نظامی و

تروریستی با عوامل شیمیایی جنگی نیست، که به عنوان نمونه می‌توان به حادثه منجر به انتشار بخارات ماده به شدت سمی متیل ایزوسیانات از کارخانه یونیون کارباید در بوپال هندوستان در سال ۱۹۸۴ اشاره نمود. این حادثه حدود دو هزار نفر کشته و سیصد هزار نفر مصدوم برجای گذاشت.

آشکارسازی، اولین و مهم‌ترین مرحله از سلسله مراحل اقدامات دفاعی در برابر انتشار عمدی عوامل شیمیایی جنگی و مواد صنعتی سمی توسط نیروهای نظامی دشمن و گروه‌های تروریستی، و انتشار غیرعمدی این مواد در اثر حوادث مختلف می‌باشد. برای انجام سریع اقدامات حفاظتی مناسب در هنگام انتشار عوامل شیمیایی، نظیر استفاده از ماسک و پوشیدن لباس‌های محافظ، تشخیص حضور این عوامل در سطوح غلظت پایین و قبل از ایجاد خطر بر سلامتی افراد حاضر، ضرورت حیاتی دارد. ارائه کمک‌ها، اولیید و اقدامات درمانی فوری بر روی مصدومین، رفع آلودگی افراد و تجهیزات، اجرای عملیات نقش‌برداری از نواحی آلوده و تعیین محدوده این نواحی، و شناسایی مسیرهای غیرآلوده برای عبور بی‌خطر نیروها مستلزم آشکارسازی، شناسایی و سنجش غلظت عوامل آلاینده می‌باشد. همچنین برای اجرای یک عملیات رفع آلودگی مؤثر، شناسایی نوع عامل و تعیین غلظت آن، امری الزامی است. بنا بر این تهیه دستگاه‌های آشکارسازی دقیق، حساس، انتخاب‌گر، دارای پایداری و استحکام کافی در شرایط مختلف آب و هوایی و مأموریت‌های گوناگونی، و عملیات امداد و نجات غیرنظامی موضوعی بسیار مهم و حساس می‌باشد که این کتاب، و ترتیب و محتوای مطالب ارائه شده در فصول مختلف آن با هدف فراهم‌نمودن اطلاعات و دانش لازم برای راکز آموزشی و پژوهشی، و ایجاد آمادگی در نیروهای نظامی و سازمان‌های امداد و نجات تألیف گردیده است.

در فصل اول، تاریخچه آشکارسازی و شناسایی عوامل شیمیایی جنگی، و روند توسعه و تکوین دستگاه‌های آشکارسازی، پایش و هشدار نظامی تشریح گردیده است. همچنین در این فصل ضمن تعریف مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با موضوع آشکارسازی و اثرات سمی، اثرات شیمیایی اعصاب، تاول‌زا، خون و خفه‌کننده معرفی گردیده‌اند.

در فصل دوم، روش‌ها و فناوری‌های آشکارسازی نقطه‌ای شامل کاغذها، برجسب‌ها، و لوله‌های آشکارسازی مبتنی بر روش‌های رنگ‌سنجی؛ طیف‌سنجی تحرک یونی (IMS)؛ دستگاه‌های مبتنی بر روش‌های موج صوتی سطحی (SAW)؛ آشکارسازهای فوتومتری شعله‌ای (FPD)؛ دستگاه‌های آشکارساز الکتروشیمیایی؛ آشکارسازهای نوری راه دور غیرفعال و فعال؛ دستگاه‌های جداسازی کروماتوگرافی و شناسایی طیف‌سنجی، شامل طیف‌سنج مادون قرمز (IR)، طیف‌سنج رزونانس

مغناطیسی هسته (NMR)، طیف‌سنج جرمی (MS) و دستگاه‌های ترکیبی حاصل از اتصال دستگاه‌های جداسازی به دستگاه‌های شناسایی، و کاربردهای عملی آنها در آشکارسازی و شناسایی عوامل شیمیایی جنگی تشریح گردیده است.

در فصل سوم، اصول و مبانی آشکارسازی با زیست‌حسگرها، یعنی روش‌های مبتنی بر استفاده از عناصر زیستی، نظیر آنزیم‌ها، آنتی‌بادی‌ها، آنتی‌ژن‌ها و نوکلئیک اسیدها در آشکارسازی عوامل شیمیایی و سموم، مورد بحث قرار گرفته و کاربرد مبدل‌های الکتروشیمیایی (پنانسیومتری و آمپرومتری)، بلورهای پیزوالکتریک و تارهای نوری برای این منظور تشریح شده‌اند.

در فصل چهارم، روش‌های نمونه‌برداری از هوا، خاک و آب، و تهیه نمونه‌های بیولوژیکی مختلف، بسته‌بندی نمونه‌های جمع‌آوری شده، تنظیم گزارشات نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه‌های مشخص، مورد بحث قرار گرفته است.

در فصل پنجم، معیارها و مشخصات مورد نظر در انتخاب آشکارسازهای مناسب تشریح گردیده است. کاربران، خواهان آشکارسازی هستند که از خصوصیات چون حد تشخیص پایین، حساسیت و دقت مناسب، توانایی شناسایی نوع عامل زمان پاسخ کوتاه، توانایی اندازه‌گیری کمی، قابلیت آشکارسازی مواد صنعتی سمی علاوه بر عوامل شیمیایی جنگی، استحکام و دوام لازم در شرایط آب و هوایی مختلف و عملیات نظامی برخوردار بوده و به بارهایی نظیر حجم و وزن اندک، قابلیت رفع آلودگی آسان، مصرف پایین انرژی، کارکرد خودکار و بدون مراقبت و قابلیت اتصال به سیستم ارتباط شبکه‌ای در آنها لحاظ شده باشد که در فصل پنجم به این معیارها پرداخته شده است.

در فصل ششم، اصول عملیات شناسایی عوامل جنگ نوین (NBC) در منطقه نبرد، تشریح گردیده و روش‌های اجرای مأموریت‌های شناسایی NBC مورد بحث قرار گرفته است. شناسایی NBC پنج وظیفه اساسی شامل آشکارسازی حضور عامل، شناسایی نوع عامل، نقشه‌برداری از ناحیه آلوده و علامت‌گذاری محدوده آن، گزارش‌دهی، و نمونه‌برداری را شامل می‌شود که در فصل ششم بیشتر به موضوع شناسایی نواحی آلوده، تعیین محدوده این نواحی و نصب علائم هشدار به منظور جلوگیری از آلودگی نیروهای حاضر، پرداخته شده است.

این کتاب، همچنین دارای دو پیوست می‌باشد که در پیوست ۱ طیف‌های جرمی (MS)، مادون قرمز (IR)، و رزونانس مغناطیسی هسته (NMR)، عوامل شیمیایی جنگی و عوامل ناتوان‌کننده، از منابع تجزیه‌ای بانک اطلاعات مرکزی سازمان بین‌المللی منع گسترش سلاح‌های شیمیایی (OPCW)، و

در پیوست ۲ تعدادی از اشکال فصل‌های دوم و ششم کتاب به صورت رنگی ارائه گردیده است.

علیرغم اعمال دقت فراوان در نگارش این کتاب، معترفیم که این نوشته خالی از نقص نمی‌باشد؛ به همین جهت در صورتی که خوانندگان عزیز نقائص و کاستی‌های احتمالی را تذکر دهند بر دیده منت نهاده و در چاپ بعدی نسبت به رفع آنها اقدام خواهد گردید.

در خاتمه لازم می‌دانیم از مساعدت صمیمانه آقای دکتر حسین فخراییان و جناب سرهنگ امیر چیدری در ویراستاری فنی برخی از فصول و ارائه راهنمایی‌های ارزشمند در جهت افزایش غنای مطالب کتاب و همچنین از همکاری بسیار مؤثر آقای مهندس علیرضا قبادری در ویراستاری فنی کتاب، بازسازی رایانه‌ای شکل‌ها و صفحه‌آرایی، و زحمات آقای حامد محمودخانی در بازسازی رایانه‌ای شکل‌ها و تدوین طبع‌های عوامل، کمال تشکر و قدردانی را اعلام نماییم.

ضمناً مراتب قدردانی و سپاس خویش را نسبت به مسؤولین محترم معاونت پژوهش، اعضای محترم شورای نشر و مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین(ع) که چاپ این کتاب را در اولویت قرار دادند و نیز از سرکار خاتم النبیین (ص) که کار صفحه‌آرایی این اثر را به انجام رساندند اعلام می‌نماییم.

مراحل پایانی تصحیح و آماده‌سازی این کتاب با سالروز میلاد فرخنده و مبارک بانوی بزرگوار اسلام حضرت فاطمه زهرا سلام‌الله‌علیه مقارن گردید که این هم‌زمانی را به فال نیک گرفته و این اثر را به روح پاک رهبر کبیر انقلاب اسلامی، حضرت امام خمینی «رحمه‌الله‌علیه» و ارواح طیبه شهدای انقلاب اسلامی و دفاع مقدس تقدیم می‌نماییم.

بیست و یکم آبان‌ماه سال ۱۳۸۵

عزیز دهبور - علی محمودخانی