فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، (پیاپی ۱۳): صص ۲۹-۴۲

مروری بر دودهای استتاری

علی سلمانی اسکلو[۱]، اکبر میرزایی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

معمولاً به ذرات بسیار ریز (۱۰۰ نانومتر الی ۱۵ میکرومتر) مایع در هوا، مه و جامد معلق در هوا، دود گفته می‌شود. سرعت سقوط ذرات دود، اندک بوده و تابع اندازه ذره است. برای ایجاد تاریک‌کنندگی مؤثر، باید به مشخصاتی از قبیل مقدار، اندازه و رنگ ذرات دود توجه داشت. برای تولید دود استتاری، علاوه بر ماده دودزا و سامانه پخش دود، سرعت وزش باد نیز از شرایط لازم می‌باشد. دامنه کاربرد دود، متفاوت است به‌گونه‌ای که برای علامت‌گذاری، فریب، پوشش و اختفاء اهداف گوناگون استفاده می‌شود. یکی از کاربردهای مهم دود، به‌کارگیری آن در میادین نظامی است. هرچند، دود به عنوان یک سلاح کشنده و ابزار جنگی محسوب نمی‌شود، اما استفاده از آن، همواره به عنوان یک پدیده یا تاکتیک برای کاهش توان عملیاتی دشمن، مطرح است. دود استتاری به صور پرده‌ای و لایه‌ای در منطقه عملیاتی برای پوشش اهداف بر علیه امواج الکترومغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به همین دلیل، عدم کارآیی ابزار جنگی دشمن را از طریق کور کردن دید مرئی و ابزارهای الکترو اپتیک او رقم می‌زند. دود، امکان مناسبی برای پوشش اهداف و حفاظت از نیروها، تأسیسات و تجهیزات و نیز فریب دشمن در عملیات نظامی است. دود استتاری، در هر کدام از نواحی طول موج الکترومغناطیسی (ناحیه مرئی ۰/۴ الی ۰/۷، ناحیه فروسرخ ۰/۹ الی ۱۴ میکرون و ناحیه رادار ۱ الی ۳۰ میلی‌متر) دارای مواد مناسب، فرمولاسیون‌های مشخص و سامانه‌های پخش مختلف است. در این مقاله، سابقه مختصری از دود، انواع آن، اهداف عملیات دود، دسته‌بندی کاربردهای دود، مواد دودزا، عوامل مؤثر در انتخاب مواد دودزا، انواع سامانه‌های پخش دود و محدودیت‌های آن بحث و بررسی شده است.

کلیدواژه‌ها: تاریک‌کننده‌ها، مواد دودزا، سامانه‌های پخش دود، خصوصیات دود، طیف الکترومغناطیس

۱- مربی و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع) - نویسنده مسئول
۲- مربی و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۱- مقدمه

واضح و مبرهن است که هر آنچه در میدان نبرد، با چشم و ابزارهای نوری[1] دشمن رصد می‌شود به راحتی در تیررس آنان قرار گرفته و آسیب می‌بیند. یکی از طرق ایجاد مانع و مقابله با شناسایی دشمن از امکانات، تجهیزات، مواضع نیروها و اهداف خودی، استفاده از دودهای پوششی و تاریک‌کننده‌ها است [۲]. دود برای حفاظت از نیروها، تأسیسات و تجهیزات و نیز برای فریب دادن دشمن در عملیات نظامی قابل استفاده است. توانمندی و اقتدار نیروهای مسلح کشور و بهره‌مندی آنها از فناوری‌های پیشرفته و نوین دنیا که در سایه تلاش همه‌جانبه محققین، مهندسین، مخترعین و مبتکرین این عرصه میسر شده است، باعث ارتقاء ضریب امنیت کشور و قطع نگاه‌های طمع‌آمیز بدخواهان و چشم طمع دشمنان کشور و ملت به مرزهای آبی، خاکی و سرحدات این مرز و بوم می‌گردد. حوزه شیمی، سهم بسزایی در ایجاد توانمندی‌های مختلف عرصه‌های پدافندی از طریق انجام پروژه‌های مورد نیاز سامانه دفاعی دارد. تولید انواع دود و به‌کارگیری آن در جنگ ناخواسته دفاعی کشور با هر متخاصمی، برای استتار نیروها، مواضع استراتژیک و مهم نظامی و فریب دشمن در مناطق جنگی، دارای نقش برجسته‌ای در عرصه‌های پدافندی است.

یکی از ابزارهای قابل استفاده برای ارتقاء توان دفاعی نیروهای رزمی کشور، به‌کارگیری دود در مواقع مورد نیاز است. دود دارای منشاء متفاوت بوده و برای پوشش مورد مشخص یا یک منطقه عملیاتی، به شیوه‌های مناسب تولید و پخش می‌گردد. دود یکی از ابزارهای پوششی در میان امکانات اختفائی بوده و لذا می‌توان فرمولاسیون، تولید و استفاده آن را به عنوان یک موفقیت در عرصه‌های دفاعی کشور تلقی کرد.

معمولاً موادی که به عنوان دود برای پوشش هر کدام از نواحی الکترومغناطیسی استفاده می‌شوند مواد شناخته‌شده‌ای هستند. تاریک‌کننده‌ها به عنوان دود پوششی، دارای فرمولاسیون مشخص در پدافند غیر عامل محسوب می‌گردند. پوشش مواضع، اهداف و جابجایی نیروها در زیر چتر این پوشش بر علیه پرتوهای الکترومغناطیسی، در واقع ایجاد ناتوانی، عدم کارآیی و بی‌ثمر کردن ابزارهای شناسایی نوری دشمن است. علی‌رغم اینکه امروزه صنایع دفاعی کشورهای پیشرفته و قدرتمند صنعتی و نیروهای نظامی آنها مجهز به فناوری‌های نوین آفندی و پدافندی هستند، ولی بررسی‌ها و مطالعات منابع مختلف نشان از سرمایه‌گذاری، تولید و به‌کارگیری دود در سامانه‌های دفاعی این کشورها از جمله آمریکا دارد [۲]. این مقاله در حد متعارف به تعریف، مشخصات، اهمیت، فرمولاسیون، نحوه پخش، سامانه‌های پاشش و ابعاد دیگر دود خواهد پرداخت.

1- Electro Optic

۲- تقسیم‌بندی کلی تاریک‌کننده‌ها

با نگاه کلی، می‌توان تاریک‌کننده‌ها را در دو گروه مورد مطالعه قرار داد.

الف- تاریک‌کننده‌های طبیعی

تاریک‌کننده‌های طبیعی همان‌گونه که از نام آنها پیدا است، به‌وسیله طبیعت تولید می‌شوند و بنابراین، هیچگونه هزینه مالی به همراه ندارند. اما از آنجائی‌که به طور طبیعی رخ می‌دهند، غیر قابل کنترل نیز هستند. مه[2]، طوفان‌های شنی، نزولات آسمانی و گرد و غبار در زمره این نوع تاریک‌کننده‌ها قرار دارند.

ب- تاریک‌کننده‌های مصنوعی[3]

به تاریک‌کننده‌های غیر طبیعی یا تاریک‌کننده‌هایی که از مواد خاص تهیه می‌شوند و به عنوان دود برای پوشش اهداف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان تاریک‌کننده‌های مصنوعی اطلاق کرد. برای اینکه بتوان از عهده مختل کردن دستگاه‌های دقیق و سنسورهای الکترواپتیک دشمن برآمد و مانعی مطمئن در مقابل مشاهدات آنها قرار داد تا تأسیسات، مهمات، مواضع و نیروهای خودی از تیررس شناسایی دشمن محافظت شوند، باید از تاریک‌کننده‌های هدفمند، قابل تهیه و متناسب با شرایط خاص استفاده کرد. لذا، ناگزیر از تهیه تاریک‌کننده‌های مصنوعی هستیم. تاریک‌کننده‌ها معمولاً عبارت از تاریک‌کننده‌های ناحیه مرئی[4]، تاریک‌کننده‌های دوگانه۵ نواحی مرئی و فروسرخ و تاریک‌کننده‌های چندگانه[6] یا چند منظوره نواحی مرئی، فروسرخ و رادار می‌باشند [۳]. مواد دودزای استتاری را می‌توان به دو دسته جاذب آب مانند اکسید فسفر، انیدرید سولفوریک، مه روغن، اسیدهای دی‌کربوکسیلیک (ترفتالیک اسید) و کلرید فلزات تیتانیم، آلومینیم و روی و بدون جذب آب، مانند پودر فلزات برنج و مس، پودر کربن و الیاف ظریف گرافیت تقسیم کرد [۴].

۳- تعریف دود و خصوصیات کلی آن

معمولاً به ذرات بسیار ریز مایع یا جامد در هوا با اندازه قطر ۱۰۰ نانومتر الی ۱۵ میکرومتر دود گفته می‌شود [۵ ، ۱]. سرعت سقوط ذرات دود، اندک بوده و تابع اندازه ذره می‌باشد. این ذرات در هنگام حرکت در هوا، بار الکتریکی را جذب می‌کنند و تحت تأثیر حرکت براونی[7] جریان هوا می‌باشند. دود هرچند به همراه گازها است ولی

2- Fog
3- Artificial Obscurants
4- Visual Obscurant
5- Bi Spectral Obscurant
6- Multi spectral Obscurant
7- Brownian Motion

یک گاز نیست. دود از ذرات بسیار ریز مایع یا جامد در حد میکرون تشکیل می‌شود که در غلظت‌های زیاد، قابل مشاهده است [۲، ۶].
دودها ترکیباتی هستند که در نتیجه پخش شدن در هوا، به صورت ذرات معلق در می‌آیند و مانع انتقال و یا ضعیف شدن قسمتی از امواج طیف الکترو مغناطیس در نواحی مرئی، فروسرخ یا رادار[1] می‌گردند. ذرات دود، معمولاً رطوبت هوا را جذب کرده و در گستره بیشتری از فضا، تاریک‌کنندگی ایجاد می‌کنند [۶].
به طورکلی، دود به عنوان یک سلاح کشنده محسوب نمی‌شود؛ لذا به‌عنوان یک ابزار جنگی در میادین نبرد مطرح نیست. اما استفاده از این ماده، همواره به‌عنوان یک پدیده یا تاکتیک برای کاهش توان عملیاتی دشمن مطرح بوده است. ذرات دود در گستره طول موج‌های مختلف، تابش‌های الکترومغناطیس را جذب یا پخش و شدت آن‌ها را کاهش می‌دهند. پخش تابش، مانع از برخورد امواج به هدف و انعکاس آن به مبدأ می‌شود. بنابراین، در اثر وجود دود در مسیر امواج پخش‌شده، فرآیند کاری دشمن مختل می‌گردد. هنگامی‌که غلظت ماده تاریک‌کننده بین فرد مشاهده‌کننده (در ناحیه مرئی) یا ابزار الکترو اپتیک (در نواحی فروسرخ یا رادار) و تجهیزاتی که باید پنهان شوند، از مقدار آستانه[2] بیشتر گردد، فرآیند پوشش یا تاریک‌کنندگی رخ می‌دهد. هنگامی‌که دود بین هدف و ناظر قرار می‌گیرد، قدرت دید و شناسایی نفرات و یا تجهیزات الکترو اپتیک به مقدار قابل ملاحظه‌ای تنزل می‌یابد و این پدیده به مقدار زیادی با تداخل ماده دودزا و انعکاس تابش‌های الکترومغناطیس ارتباط دارد. می‌دانیم که بدن انسان دارای دمای طبیعی ۳۷/۵ درجه سانتیگراد است. اشیاء، تأسیسات و تجهیزات نیز به نوبه خود دمای خاصی دارند. امواج الکترومغناطیس انعکاس‌یافته از برخورد آن به افراد و اشیاء، توسط نفرات و یا ابزار الکترو اپتیک، دریافت و ثبت می‌گردد؛ این پدیده را اثر تصویری حرارت[3] می‌گویند. همواره انسان با چشم خود یا ابزار الکترو اپتیک در پی شکار تابش‌های منعکس‌شده می‌باشد تا بتواند محل افراد و یا تجهیزات و تأسیسات را شناسایی کرده و مورد هدف سلاح‌های خود قرار دهد. آن قسمت از تابش‌های منعکس‌شده از محل‌ها و یا تأسیسات که به‌وسیله چشم انسان به‌طور مسلح یا غیر مسلح دریافت شده و مورد شناسایی قرار می‌گیرند، مربوط به ناحیه مرئی است و آن قسمت از تابش‌های منعکس‌شده که به وسیله ابزارهای مناسب، دریافت و ثبت و شناسایی می‌شوند، مربوط به نواحی فروسرخ و رادار است. در اثر تداخل ذرات دود با اشعه و تابش‌های منعکس‌شده، مقدار زیادی از آن پخش و جزئی از آن جذب می‌شود و در نتیجه، تابش منعکس‌شده و دریافت‌شده توسط چشم و یا ابزار الکترو اپتیک، دقیق و کافی نخواهد بود و بدین ترتیب، خطا در دید به‌وجود می‌آید و ثبت به‌وسیله ابزارها، غیردقیق خواهد بود. البته، وضعیت هوا و شرایط جغرافیایی زمین نیز در مقدار و غلظت دود و در نتیجه، جذب مقدار تابش‌های منعکس‌شده، نقش بسزایی دارند. همچنین، تاریک‌کننده‌هایی نظیر گرد و غبار حاصل از رفت‌وآمد نیروها و یا وسائط نقلیه سبک و سنگین در میادین نبرد نیز می‌توانند در امر اختفا و تاریک کردن، نقش مؤثری داشته باشند [۵].

۴- مختصری در مورد سابقه تاریخی کاربرد دودهای تاریک‌کننده

در طول تاریخ، نیروهای نظامی همواره از دود یا تاریک‌کننده‌ها به‌عنوان یک تاکتیک نظامی برای فریب دادن دشمن خود استفاده کرده‌اند. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده، قدمت استفاده از دود در عملیات نظامی به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد. وزارت دفاع آمریکا در زمان جنگ بین ایالات این کشور، استفاده از دود را به عنوان یک تاکتیک نظامی، به لینکلن پیشنهاد کرد. در آرشیو مجله گاولری آمده است که اگر ایالت جنوب آمریکا از دود به عنوان تاریک‌کننده استفاده می‌کرد، سرنوشت جنگ و بلکه تاریخ به‌گونه‌ای دیگر رقم می‌خورد [۲].
در طول جنگ جهانی دوم، دود به مقدار قابل توجهی مورد استفاده قرار گرفت. انگلستان در جنگ جهانی دوم از دود به عنوان تاریک‌کننده برای حفاظت از کارخانه‌ها و تأسیسات شهرهای بزرگ خود در مقابله با بمباران‌های بی‌امان آلمان‌ها استفاده نمود. در سال ۱۹۴۳، ایالات متحده برای حفاظت از تأسیسات و انبارهای مهمات خود در آفریقای شمالی در مقابله با بمباران نازی‌ها، از تاریک‌کننده‌ها استفاده کرد. در نتیجه استفاده از توده دود[4] در فضای بالای تأسیسات و انبارهای یادشده، در حدود سه هزار بمب آلمان‌ها بدون وارد نمودن هیچ صدمه‌ای در حوالی منطقه حفاظت‌شده از بین رفت [۲].
در ۱۵ سپتامبر ۱۹۴۴، نیروهای متفقین با استفاده از تاریک‌کننده‌ها موفق شدند از رودخانه‌ای در شمال شهر اشغال‌شده نانسی[5] که به شدت از آن محافظت می‌شد عبور نمایند. علاوه بر عبور کماندوها، نیروهای متفقین موفق به انتقال تسلیحات مورد نیاز خود نیز شدند. سپس، در ۱۹ سپتامبر همان سال یکی از بزرگترین درگیری‌های نظامی بین طرفین متخاصم صورت گرفت و منجر به آزادسازی شهر نانسی گردید. تلفات واردشده به آلمان‌ها در نتیجه این درگیری، نابودی و اسارت ۶۰۰۰ نیرو و انهدام ۲۸۱ تانک بود.
اولین سری دودهای مرئی استفاده‌شده به‌نام هگزا کلرو اتان[6]، در

1- Microwave
2- Threshold
3- Imaging Thermal Effect
4- Smoke Blanket -
5- Nancy
6- HC (Hexachloroethane)

جنگ جهانی اول توسط کاپیتان برگر[1] فرانسوی گزارش شده که از مخلوط پودر روی و تترا کلرور کربن که بطور قوی واکنش گرمازا ایجاد می‌کنند، تشکیل می‌شد. کلرید روی، جاذب‌الرطوبه بوده و تولید قطرات مه‌مانند می‌کند. دود مذکور، در جنگ جهانی دوم نیز به‌کار گرفته شد با این تفاوت که هگزا کلرو اتان جایگزین تترا کلرید کربن شد. دود هگزا کلرو اتان، از واکنش مواد مذکور در دمای بالا صورت می‌گیرد [۱،۳].

$$2Al + 3ZnO + C_2Cl_6 \rightarrow Al_2O_3 + 3ZnCl_2 + 2C$$

اگر درصد آلومینیم کم باشد، واکنش مطابق فرمول زیر پیش می‌رود:

$$2Al + 9ZnO + 3C_2Cl_6 \rightarrow Al_2O_3 + 9ZnCl_2 + 6CO$$

۵- انواع دودهای تاریک‌کننده و ترکیبات دود سفید

برای ایجاد تاریک‌کنندگی مؤثر، باید به مشخصاتی از قبیل مقدار، اندازه و رنگ ذرات دود توجه داشت. استفاده از دودهای تاریک‌کننده در طی سالیان گذشته نشان داده است که دودهای سفیدرنگ دارای کاربرد وسیع‌تر نسبت به دودهای تیره‌رنگ هستند. تفاوت این دو نوع دود، در خاصیت پراکنده کردن و جذب امواج منعکس‌شده نور می‌باشد. اگر دود تیره‌رنگ، غلظت مناسب داشته باشد، امواج الکترومغناطیس را پراکنده نمی‌سازد بلکه جذب می‌کند. در حالی‌که دود سفیدرنگ، علی‌رغم جذب مقدار قابل ملاحظه‌ای از امواج الکترومغناطیس، اندکی از آن را از خود عبور می‌دهد و بلکه به صورت درخشنده نمایان می‌سازد. البته چون مقدار قابل توجهی از تابش، جذب شده و از شدت آن کاسته می‌شود، لذا برای نیروها یا ابزار دقیق الکترو اپتیک دشمن، اطلاعات اشتباه ارسال می‌شود و در پی آن، دشمن محل‌های دیگر را مورد حمله سلاح خود قرار می‌دهد. فسفر سفید (WP[2])، فسفر قرمز(RP[3])، HC، Fog oil و دی‌اکسید تیتانیم، ترکیبات تولیدکننده دود سفید هستند و در ناحیه مرئی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه مورد اول، جاذب‌الرطوبه بوده و اندازه قطر ذرات آنها، با جذب رطوبت هوا افزایش می‌یابد و در نتیجه، جاهای خالی بین ذرات دود، کاملاً مسدود گشته و ذرات به صورت یک پرده[4] کامل در آمده و کارآیی آن در تفرق نور[5] افزایش می‌یابد.آلیاژ برنج و الیاف گرافیت به ترتیب برای پوشش نواحی فروسرخ و رادار به‌کار می‌روند [۷ ، ۵].

۶- اهداف و مقاصد انجام عملیات دود

به طور اجمال می‌توان موارد زیر را به عنوان اهداف تولید و به‌کارگیری دود برشمرد [۸]:

۱- فریب دادن دشمن در مورد موقعیت و جابجایی نیروهای خودی
۲- ناکام کردن تلاش‌های شناسایی دشمن از طریق ماهواره و پرنده‌های بدون سرنشین
۳- کم کردن تعداد حملات هوایی و تقلیل صدمات و خسارات ناشی از انجام این حملات
۴- اختلال در ابزارهای دقیق و هدایت‌شونده دشمن
۵- افزایش قابلیت پایداری نیروهای خودی در برابر دشمن
۶- استتار نیروهای خودی و حمایت لجستیکی از آنها در قبل، حین و بعد از نبرد با دشمن
۷- افزایش ضریب آسیب‌پذیری و زمین‌گیر شدن نیروهای دشمن
۸- مزاحمت در توانایی ارسال علامت‌های مرئی توسط دشمن
۹- تضعیف، اختلال و ممانعت از توانایی سامانه ارتباطات دشمن
۱۰- کاهش آسیب‌پذیری نیروهای خودی
۱۱- برهم زدن سازمان رزمی دشمن
۱۲- ایجاد فرصت برای نیروهای خودی در به‌دست‌گیری نبض نبرد
۱۳- کاهش توانایی در عملیات، بر هم زدن آرامش و اختلال در برنامه‌ریزی دشمن

۷- دسته‌بندی دود به لحاظ کاربرد

الف) دود تاریک‌کننده

دود تاریک‌کننده، دودی است که یا در فضای بالا و یا در مقابل مواضع دشمن به‌کار گرفته می‌شود. با انجام این کار، یا دید دشمن بطور کامل محو می‌گردد یا دقت مشاهدات آنها در بین خود و نیز نسبت به مواضع طرف مقابل، کاهش می‌یابد. با این روش، می‌توان عملکرد دستگاه‌های ابزار دقیق و الکترو اپتیک دشمن را در محل استقرار آنها مختل نموده و از کارآئی انداخت. برای عملی کردن این روش و پخش مناسب دود در ارتفاع، باید از ابزار پرتاب‌کننده مناسب مانند توپ، خمپاره‌انداز، موشک یا نارنجک‌انداز استفاده کرد. برای مثال، در اثر به‌کارگیری دود، موشک‌های هدایت‌شونده ضد تانک دشمن که مجهز به انواع سنسورها و تجهیزات دقیق تشخیص هدف هستند، فاقد کارآئی شده و نمی‌توانند به اهداف مورد نظر نائل آیند. همچنین، به‌کارگیری دود تاریک‌کننده در جبهه دشمن، هنگامی‌که نیروهای متخاصم در وضعیت حمله قرار دارند، باعث کاهش سرعت عملیات تهاجمی آنها می‌گردد و به ناچار، محورهای پیشروی آنها تغییر می‌کند. همه موارد ذکرشده، اثرات منفی در اردوی دشمن خواهد گذاشت [۹].

ب) دود مخفی‌ساز و پوشاننده[6]

دود مخفی‌کننده معمولاً در فضای موجود بین نیروهای خودی و

1- Berger
2- White Phosphorus
3- Red Phosphorus
4- Screening
5- Scattering Light
6- Screening Smoke

نیروهای دشمن یا در منطقه عملیاتی نیروهای خودی استفاده می‌شود. نتیجه به‌کارگیری این روش، کاهش قدرت دید زمینی یا هوایی در نیروهای متخاصم می‌باشد. مختل کردن سامانه‌های الکترو اپتیک، سنسورهای حساس و تجهیزات ابزار دقیق، از کاربردهای این نوع دود به‌شمار می‌رود. به عبارت دیگر، با به‌کار بردن این دود در فضای موجود بین نیروهای خودی و سامانه‌های ابزار دقیق دشمن، می‌توان تجهیزات پیشرفته دشمن را از کارآیی لازم انداخت. برای به‌کارگیری این دود، می‌توان از نارنجک‌های دستی و یا ظرف‌های دود[1] استفاده کرد. از کاربردهای دیگر این نوع دود، پنهان نمودن مانورهای زمینی نیروهای خودی، تأسیسات و انبارهای مهمات و مسیرهای پشتیبانی‌کننده است. دود مخفی‌کننده با توجه به غلظت آن، نوع مأموریت و شرایط خاص منطقه عملیاتی به سه دسته: ۱) دود رقیق[2]، ۲) دود حفاظتی[3] و ۳) دود علامت‌گذاری[4] تقسیم می‌شود [۹ ، ۶]. در شکل (۱)، دو نوع دود (الف- استتاری و ب- رنگی برای علامت‌گذاری) نشان داده شده است.

شکل ۱. (الف) دود استتاری (ب) دود رنگی (علامت‌گذاری)

1- Smoke Pots
2- Haze Smoke
3- Protecting Smoke
4- Marking Smoke

- دود رقیق

دود رقیق به نوعی دود مخفی‌کننده یا پوشاننده اطلاق می‌شود که غلظت و تراکم اندک دارد. در این نوع دود، می‌توان یک وسیله کوچک را در مسافت بین ۵۰ تا ۱۵۰ متری تشخیص داد ولی در فاصلهٔ بیش از آن قابل شناسایی نیست [۵]. این نوع دود در منطقه عملیاتی نیروهای خودی استفاده می‌شود تا هم قدرت دید نیروهای دشمن نسبت به نیروهای خودی، تأسیسات و انبار مهمات آنها محو گردد تا مورد هدف‌گیری آنها و انهدام قرار نگیرد و هم نیروهای خودی قادر به دیدن و شناسایی یکدیگر باشند. تا زمانی‌که دود رقیق، مواضع عملیاتی را احاطه کرده باشد، عملیات نظامی نیروهای خودی دچار اختلال نمی‌گردد [۹].

- دود محافظتی[5]

دود محافظتی به دودی اطلاق می‌شود که در اثر به‌کارگیری آن، سامانه‌های هدایتگر دشمن مختل و فاقد کارآیی می‌گردد. این فرآیند، با جذب انرژی امواج استفاده‌شده برای شناسایی موقعیت خودروهای سبک و سنگین و انعکاس آن به موقعیت خودی صورت می‌گیرد. بطورکلی، دود تاریک‌کننده، قابلیت جذب، انعکاس و یا شکست پرتوهای انرژی را دارد. وقتی‌که تفنگداران دشمن، موشک‌های هدایت‌شونده ضد تانک را شلیک و یا پرتوهای فاصله‌یاب را ارسال می‌نمایند، بی‌درنگ باید دود محافظتی را در مواضع خودی پراکنده نمود تا خودرو یا هدف مورد نظر دشمن، پوشانده و حفاظت شود. در این حالت، پرتوهای انرژی‌دار ارسال شده، با دود که دارای حرارت است برخورد نموده و کاهش انرژی پیدا می‌کنند. سپس، پالس انرژی منعکس‌شده که حاوی اطلاعات نادرست است باعث می‌شود که دشمن نتواند در نابودی و تخریب اهداف مورد نظر خود، دقت لازم را داشته باشد. کاربرد دیگر این نوع دود، هنگامی است که نیروهای خودی در معرض خطر حملهٔ هسته‌ای دشمن قرار گیرند. در این شرایط نیز مقدار زیادی از انرژی هسته‌ای ساطع شده از انفجار در مواضع نیروهای خودی به‌وسیله دود محافظتی جذب‌شده و صدمات حاصل از آن کاسته می‌گردد. در واقع، دود محافظتی، مقداری از انرژی تولیدشده به‌وسیله انفجار هسته‌ای را جذب کرده و حرارت حاصله از این انفجار را در مواضع نیروهای خودی کاهش می‌دهد. به‌طورکلی، هنگامی که احتمال تهدید دشمن با سلاح پرانرژی مستقیم مانند مایکروویو پر قدرت، پالس‌های الکترومغناطیس غیر هسته‌ای و تابش ذرات وجود دارد، با استفاده از دودهای محافظتی یا دودهای تاریک‌کننده، می‌توان به مقدار قابل توجهی از حرارت تولیدشده به‌وسیله سلاح مذکور را در محیط نظامی کاهش داد [۹].

5- Protecting Smoke

- دود علامت‌گذاری[1]

دودهای علامت‌گذاری از نظر نوع کاربرد به دو گروه تقسیم می‌شوند.

الف) نوع شناسایی ب) نوع شناسایی و تخریبی

کاربرد شناسایی دود علامت‌گذاری، هنگامی است که بخواهیم موقعیّت نیروهای خودی را با استفاده از دود، علامت‌گذاری نماییم. کاربرد شناسایی و تخریبی دود علامت‌گذاری، هنگامی است که بخواهیم هدفی را در موقعیّت دشمن، شناسایی و علامت‌گذاری نموده و سپس با سلاح مورد نظر آن را منهدم نماییم. برای به‌کارگیری این دود، معمولاً از پرتابگرها استفاده می‌شود. به عنوان مثال، موشک حاوی دود را با بالگرد بر موضع دشمن پرتاب می‌نمایند و سپس، بلافاصله با هواپیمای حامل سلاح تخریب‌کننده که در مکان نزدیک، استقرار داده شده است، اهداف علامت‌گذاری‌شده را منهدم می‌سازند [۹].

۸- طبقه‌بندی ترکیبات دودزا بر اساس پوشش و تأثیر بر انواع حسگرها (مرئی، فروسرخ، رادار و چند طیفی)

ترکیبات دودزا، به طریق جذب، انعکاس و پخش طول موج‌های نواحی سه‌گانه، کورکننده حسگرهای خاص عرصه‌های نظامی یعنی مرئی، فروسرخ و رادار هستند. مواد متفاوتی در قالب دود برای پوشش نواحی مشخصی از طیف الکترومغناطیسی استفاده می‌شوند. سامانه M76 عبارت از نارنجک پرتابی حاوی پودر برنج و M56 حاوی الیاف گرافیت برای پوشش ناحیه فروسرخ می‌باشند. این سامانه‌ها از نوع پیروتکنیکی هستند. همچنین برای پوشش ناحیه مرئی، نارنجک L8، نارنجک AN HC و نارنجک دستی تیتانیم دی‌اکسید به کار می‌رود. سامانه M76 برای هر دو ناحیه مرئی و فروسرخ استفاده می‌شود. هر یک گرم از اینگونه مواد مورد استفاده برای پوشش هر دو ناحیه طیف الکترومغناطیسی، مساحت ۵ متر مربع را پوشش می‌دهند [۱۰].

ترکیبات دودزا بر مبنای تأثیر بر حسگرهای ذکر شده، به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۸-۱- ترکیبات مؤثر در مقابل حسگرهای مرئی

ترکیباتی که حسگرهای مرئی را پوشش می‌دهند عبارت‌اند از:

ترفتالیک اسید، کربن بلاک[2]، هگزا کلرو اتان، مه‌روغن، فسفر قرمز، فسفر سفید، دی اکسید تیتانیم [۱۲ ، ۱۱].

۸-۲- ترکیبات مؤثر در مقابل حسگرهای فروسرخ

برای پوشش ناحیه فروسرخ، الیاف و پودرهای میکرونی، تحت فشار گاز نیتروژن و توسط نازل پخش می‌شود. ترکیبات زیر، پوشش‌دهنده ناحیه فروسرخ هستند [۱۲ ، ۱۱]:

الف) پودر میکرونی فلزات (برنج و مس)

ب) الیاف میکرونی شیشه پوشش داده‌شده با آلومینیم و نیکل

ج) هگزا کلرو اتان، فسفر قرمز، فسفر سفید و کربن بلاک (برای فروسرخ نزدیک)

د) پودر میکرونی کربن (پودر و الیاف گرافیت)

۸-۳- ترکیبات مؤثر در مقابل حسگرهای رادار

برای پوشش ناحیه رادار، الیاف میکرونی، تحت فشار گاز نیتروژن و به‌وسیله نازل پخش می‌شود. تأثیر مثبت دو ترکیب از مواد آزمایش‌شده برای پوشش این ناحیه که در مراجع به آن‌ها اشاره شده است عبارت‌اند از [۱۲ ، ۱۱]:

الف) الیاف میکرونی گرافیت و انواع الیاف کربن پلیمرها (پلی اکریلو نیتریل و بخصوص پلیمر پلی‌آنیلین)

ب) الیاف میکرونی شیشه و نایلون پوشش‌داده‌شده با آلومینیم و نیکل

۸-۴- ترکیبات مؤثر در مقابل حسگرهای چند طیفی (مخلوط)

چنانچه مخلوط مناسبی از مواد مختلف پوشش‌دهنده نواحی مرئی، فروسرخ و رادار تهیه شود، برای پوشش نواحی چند طیفی، مؤثر خواهند بود.

۹- مواد دودزای استتارکننده

مواد دودزای استتارکننده را می‌توان به طرق مختلف دسته‌بندی کرد:

۹-۱- دسته‌بندی مواد دودزا بر اساس نحوه تولید و پخش

تولیدکننده‌های دود به دو دسته کلی موتوریزه و مکانیزه تقسیم می‌شوند. مواد دودزای استتارکننده، عمدتاً پیروتکنیک می‌باشند که نحوه تولید آن‌ها معمولاً مکانیزه و پرتابی است و می‌توانند در حالت‌های پرتاب با خمپاره، توپخانه، موشک و غیره پرتاب و دودزایی کنند. بخش دیگری از مواد نیز به صورت موتوریزه و یا سامانه‌های پاشنده در هوای اطراف دودزایی می‌کنند.

۹-۲- دسته‌بندی مواد دودزا بر اساس کاربرد

نوع دیگر دسته‌بندی مواد، بر اساس تأثیر هر کدام از مواد بر یک یا چند حسگر در نواحی طیفی مختلف می‌باشد. بعضی از مواد دودزای استتاری، تنها بر یک حسگر تأثیر می‌گذارند، یعنی تنها در یک محدوده طیفی مؤثر هستند و این در حالی است که تعدادی

1- Marking Smoke
2- Carbon Black

از این مواد، بر حسگرهای مختلف تأثیر می‌گذارند. مواد دودزای استتاری را به لحاظ تأثیر بر حسگرهای مختلف همچون حسگرهای مرئی، فروسرخ، موج میلیمتری رادار و چند طیفی، دسته‌بندی می‌کنند [۹].

۹-۳- انواع مواد دودزا بر اساس واکنش شیمیایی

مواد دودزای استتاری، به لحاظ شیمیایی و واکنش‌هایی که انجام می‌دهند تا دود ایجاد کنند، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند [۴].

الف) مواد دودزای جاذب آب[1]

ب) مواد دودزای بدون جذب آب[2]

مواد دودزای جاذب آب، موادی هستند که برای ایجاد دود، باید بخار آب موجود در هوا را جذب کنند. جذب آب، قطر ذرات را افزایش داده و آنها را برای بازتابش یا تفرق پرتوهای نور، مناسب‌تر می‌سازد. مواد ذکر شده در ذیل، از آن جمله می‌باشند [۴].

۱- ماده دودزای فسفر سفید و فسفر قرمز

۲- مه روغنی[3] از انواع روغن‌های سنگین

۳- انواع کلریدهای فلزات (تیتانیوم، آلومینیوم و روی)

۴- اسیدهای دی کربوکسیلیک سنگین مانند ترفتالیک اسید و سباسیک اسید

۵- انیدرید سولفوریک (SO_3) و مشتقات آن

دسته دوم، موادی هستند که برای دودزایی نیاز به جذب آب ندارند. مواد دودزای بدون جذب آب، خود به دو دسته مواد همراه با واکنش و مواد بدون واکنش دسته‌بندی می‌شوند. مواد بدون واکنش، معمولاً مواد جامدی هستند که توسط سامانه‌های تولیدکننده مثل پاشنده‌ها، به هوا پخش شده و هیچ واکنشی برای ایجاد آئروسل و دود شدن انجام نمی‌دهند. اما مواد واکنشی، موادی هستند که اگرچه برای دودزایی نیازی به جذب آب ندارند، اما می‌بایست یکسری واکنش انجام دهند تا مواد حاصله، دود تولید کنند. موادی مانند fog oil که باید با هوا مخلوط شده و در حالت نسوخته و در تماس با محیط داغ مثلاً اگزوز خروجی خودرو، تولید دود می‌نماید، از این نوع هستند. مواد زیر از گروه مواد بدون جذب آب می‌باشند [۱۳ ، ۴].

۱- ذرات فلزات و آلیاژها (برنج و مس)

۲- ذرات کربن (کربن بلاک و پودر گرافیت)

۳- الیاف ظریف گرافیت و انواع الیاف کربن پلیمرها

برای تولید بعضی از دودهای استتارکننده، مانند دودهای استتاری چندطیفی، می‌بایست از مخلوطی از مواد و چند تولیدکننده دود استفاده کرد. مثلاً از ماده fog oil توسط دستگاه موتوریزه تولید دود کرده و سپس با استفاده از یک پاشنده، ذرات گرافیت به داخل آن پاشیده می‌شود تا مخلوط دود بتواند بر چند طیف تأثیر بگذارد [۴].

۹-۴- معیارهای انتخاب ترکیبات و فرمولاسیون‌های دودزای استتاری

در اثر بررسی و مطالعه منابع مختلف اطلاعاتی تاریک‌کننده‌ها، می‌توان ترکیبات و فرمولاسیون‌های متعددی استخراج کرد، البته ترکیبات را بایستی بر اساس معیارها و شاخص‌های مورد نظر انتخاب و در فرآیند کار عملی قرار داد. معیارها و شاخص‌های مناسب که مبنای برگزیدن فرمولاسیون‌ها بوده و قاعدتاً، محصولی با این مشخصات، دود مناسبی را به دست می‌دهد، در ذیل آورده شده است [۱۶ ، ۱۵ ، ۱۴].

تأثیر بر انواع حسگرها (مرئی، فروسرخ، رادار، چند طیفی)، سمیت و آلایندگی، قیمت تمام‌شده، اشتعال، خورندگی، حداکثر بهره‌برداری، تجهیزات تهیه و تولید، نحوه به‌کارگیری، شرایط آب و هوایی، دسترسی به مواد، مدت زمان دود شدن، پایداری، وسعت پخش شوندگی، پایداری انبارداری، سامانه‌های پخش، اندازه ذرات، واکنش شیمیایی با آب.

در جریان اجرای یک پروژه مطالعاتی تحت عنوان دودهای تاریک کننده توسط نویسندگان مقاله در سال‌های اخیر، از مطالعه و بررسی اسناد و مدارک به دست آمده از منابع و مراجع، فرمولاسیون‌های دود، استخراج و گزارش شده است. در اینجا اجزاء تشکیل دهنده این فرمولاسیون‌ها آمده است. در مورد سمیت دودها می‌توان گفت که همه آن‌ها برای سلامتی انسان مضر هستند ولی درجه و میزان سمیت آن‌ها متفاوت از یکدیگر است. برخی کم و برخی سمیت زیاد دارند. در اینجا، هم به نواحی الکترومغناطیسی قابل پوشش با این دودها و هم سمیت آن‌ها با توجه به نوع ترکیبات شیمیایی و اجزاء تشکیل‌دهنده آن‌ها اشاره شده است. لازم به ذکر است که فرمولاسیون‌های مختلف از مراجع متفاوت استخراج شده است و شاید در برخی از آن‌ها که عمدتاً هم پیروتکنیکی هستند، بعضی از اجزاء تشکیل‌دهنده یک ترکیب دود که شامل ماده دودکننده، اکسیدکننده، بایندر و سوخت مربوط به پیروتکنیک است به طور کامل گنجانده نشده باشد. همچنین، همان طور که دیده می‌شود ماده اصلی دودکننده یا اجزاء دیگر در چندین فرمولاسیون تکرار شده است ولی در هر کدام حداقل جزئی به صورت افزودنی یا اکسید کننده و غیره متفاوت از دیگری است و مبنای تعدد فرمولاسیون‌ها نیز از نظر تیم تحقیقاتی، همان تفاوت‌های هر چند جزئی بوده است. اجزاء تشکیل دهنده این فرمولاسیون‌ها و مراجع مربوطه در جدول (۱) آورده شده است.

1- Hygroscopic
2- Non hygroscopic
3- Fog Oil

جدول ۱- مواد و اجزاء تشکیل‌دهنده برخی از فرمولاسیون‌های دودهای استتاری

ردیف	اجزاء تشکیل‌دهنده فرمولاسیون	ناحیه الکترومغناطیسی قابل پوشش	سمیت	مرجع
۱	TiO_2, Brass flakes, Carbon fibers, Carbon flakes	مرئی و فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۱۸،۱۷]
۲	TiO_2, Brass flakes, Carbon fibers, Graphite flakes	مرئی، فروسرخ و رادار	نسبتاً زیاد	[۱۸،۱۷]
۳	Red Phosphorous, Brass flakes, Carbon fiber	مرئی و فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۱۹،۱۷]
۴	Brass powder, Graphite, Aluminum silicate, Chaff material	مرئی، فروسرخ و رادار	نسبتاً زیاد	[۱۸،۱۷]
۵	Polymeric fiber, Brass powder, Graphite flake, Red Phosphorous	مرئی، فروسرخ و رادار	نسبتاً زیاد	[۱۹،۱۷]
۶	Fog oil, Al powder	مرئی و فروسرخ نزدیک	کم	[۱۹،۱۷]
۷	(HC Smoke): Zn, $KClO_3$, C_2Cl_6, NH_4Cl	مرئی	زیاد	[۲۰،۱۹،۱۷]
۸	C_2Cl_6, ZnO, Al powder	مرئی و فروسرخ نزدیک	زیاد	[۲۲،۲۱،۱۹،۱۷]
۹	Fog oil	مرئی	کم	[۲۲،۲۱،۱۹،۱۷]
۱۰	Red Phosphorous, MnO_2, Metal, Binder, Terephthalic acid, Sucrose, $KClO_3$, Nitrocelluolose, $NaHCO_3$	مرئی و فروسرخ	نسبتاً کم	[۲۳]
۱۱	Terephthalic acid, $MgCO_3$, $KClO_3$, Stearic acid, Sucrose, Polyvinyl alcohol (PVA)	مرئی	نسبتاً کم	[۲۳،۲۲]
۱۲	$KClO_3$, Nitrocellulose, Sucrose, $NaHCO_3$, Al powder, Sebacic acid	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً کم	[۲۳]
۱۳	Red Phosphorous, Polymeric binder, MnO_2	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً کم	[۲۲]
۱۴	Red Phosphorous, KNO_3, Mg, Binder	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً کم	[۲۲]
۱۵	Red Phosphorous, $CaSO_4$, B, Viton A {Fluorocarbon rubber, $(C_3H_2F_4)_x$}	مرئی و فروسرخ نزدیک	زیاد	[۲۲]
۱۶	Red Phosphorous, $NaNO_3$, Epoxy binder	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً زیاد	[۲۲]
۱۷	Sebacic acid, Nitrocellulose, Lactose, Al, $KClO_3$	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً کم	[۲۷]
۱۸	Cinamic acid, Nitrocellulose, Sucrose, $NaHCO_3$, $KClO_3$	مرئی	نسبتاً کم	[۲۲]
۱۹	RP, Mg, Viton A	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً کم	[۲۲]
۲۰	NH_4ClO_4, ZnO, Polyvinyl chloride, NH_4Cl, Nitrocellulose, Acetone	مرئی	زیاد	[۲۰]
۲۱	TiCl4, Phosphorous, CS_2, CCl_4, CO_2	مرئی و فروسرخ نزدیک	زیاد	[۲۴]
۲۲	C_2Cl_6, Al, Li_2CO_3, $KClO_4$	مرئی و فروسرخ نزدیک	زیاد	[۴]
۲۳	Graphite, Mg, CLONACIRE115, Vinylidene polyfluride	رادار	نسبتاً زیاد	[۲۵]
۲۴	Anthraquinon, PVC, PTFE, Mg	مرئی	زیاد	[۲۶]
۲۵	NH_4ClO_4, ZnO, Polychloroisoprene, NH4Cl, Dioctyl phthalate	مرئی و فروسرخ	زیاد	[۲۷]
۲۶	C_6Cl_6, Mg, Naphthalene, Vinylidene polyfluride	مرئی	زیاد	[۲۸،۲۹]
۲۷	Zn powder, Al powder, $NaNO_3$, $KClO_4$	فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۳۰]
۲۸	Zn powder, ZnO, $KClO_4$, C_2Cl_6, Neoprene, Mg powder	مرئی و فروسرخ	زیاد	[۲۹]
۲۹	C_2Cl_6, Zn, ZnO, Guanidine nitrate	مرئی	زیاد	[۳۱]
۳۰	C_2Cl_6, RP, Guanidine nitrate	مرئی و فروسرخ	زیاد	[۳۱]
۳۱	PVC powder, ZnO, NH_4Cl, Thiourea, NH_4ClO_4	مرئی	زیاد	[۳۲]
۳۲	Fe_2O_3, Al, Calcium silicide, Mg, B, Binder	مرئی و فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۳۲]
۳۳	Chloroparafin, B, S, Mg, KNO_3	مرئی و فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۳۲]
۳۴	Bi, Mg, NH_4IO_3, Binder	فروسرخ	زیاد	[۳۳]
۳۵	TA, $MgCO_3$, $KClO_3$, Stearic acid, Sucrose, PVA	مرئی و فروسرخ نزدیک	نسبتاً زیاد	[۳۴]
۳۶	$CuCl_2$, K_2CrO_4, $CuCrO_3$, Fe_2O_3, binder	مرئی و فروسرخ	زیاد	[۳۵]
۳۷	RP, CuO, Mg, binder	مرئی و فروسرخ	نسبتاً زیاد	[۳۶]
۳۸	Graphite fibers, RP, biscyclopentadienyl-iron, KNO_3, Novolac binder	مرئی، فروسرخ و رادار	نسبتاً زیاد	[۳۷]
۳۹	Red Phosphorous, $NaNO_3$, Silicon, B, Zr, Polychloroprene binder	مرئی و فروسرخ	زیاد	[۳۸]
۴۰	Talc Powder, Kaolin, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $NaHCO_3$, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$	مرئی و فروسرخ	نسبتاً کم	[۳۹]

۱۰- دامنه کاربرد

دود را می‌توان در هوای خشک و مرطوب و نیز در محدوده دمایی سرد (۲۰- درجه) و گرم (۵۰+ درجه) به کار گرفت. استفاده از دود در مناطق جنگلی، بیابانی و دریا، امکان پوشش لازم روی نیروها و تجهیزات را میسر می‌سازد. این کارآیی دود، در امر پدافند نقش مؤثری ایفا می‌کند [۴۰].

۱۱- سامانه پخش دود و انواع آن

سامانه‌های پخش دود و به‌کارگیری انواع پرده دود در واحدهای آفندی و پدافندی در مواضع نیروهای خودی و دشمن، در جدول (۲) گنجانده شده است.

به طور کلی، می‌توان سامانه‌های پخش‌کننده دود را به دو دسته موتوریزه (پیوسته) و مکانیزه (محدود) تقسیم کرد. در نوع مکانیزه برای پخش مواد دودزا از ترکیبات پیروتکنیکی استفاده می‌شود ولی در نوع موتوریزه آن که به علت مداومت زیاد در پخش برای پوشش مناطق وسیع، به نوع پیروتکنیکی ارجحیت دارد، از دو دستگاه پالس‌جت و توربوجت استفاده می‌شود که نوع اخیر در پخش الیاف گرافیتی برای پوشش ناحیه رادار، ارجح است.

توپخانه، خمپاره و هواپیما، روش‌های اصلی و مهم پخش دود هستند. توپخانه و هواپیما در گسترش پرده دود در عمق تاکتیک جنگی پدافند دشمن مفید و مؤثر هستند. همچنین در ایجاد پرده دود از جناحین، مؤثر می‌باشند. بطور کلی، برخی از سامانه‌هایی که برای پخش دود مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از موشک‌ها، پرتابه‌های توپخانه‌ای، بمب دودزا، مخزن‌های افشانه و سامانه‌های تولیدکننده دیگر دود. به‌عنوان مثال، توپخانه می‌تواند بطور کامل فسفر سفید را که تأثیر نسبتاً محدودی روی اجسام گرم و به مقدار زیاد روی لیزر دارد پخش نماید [۴۱].

سامانه‌های پخش دود استتاری به دو حالت قابل استفاده هستند :

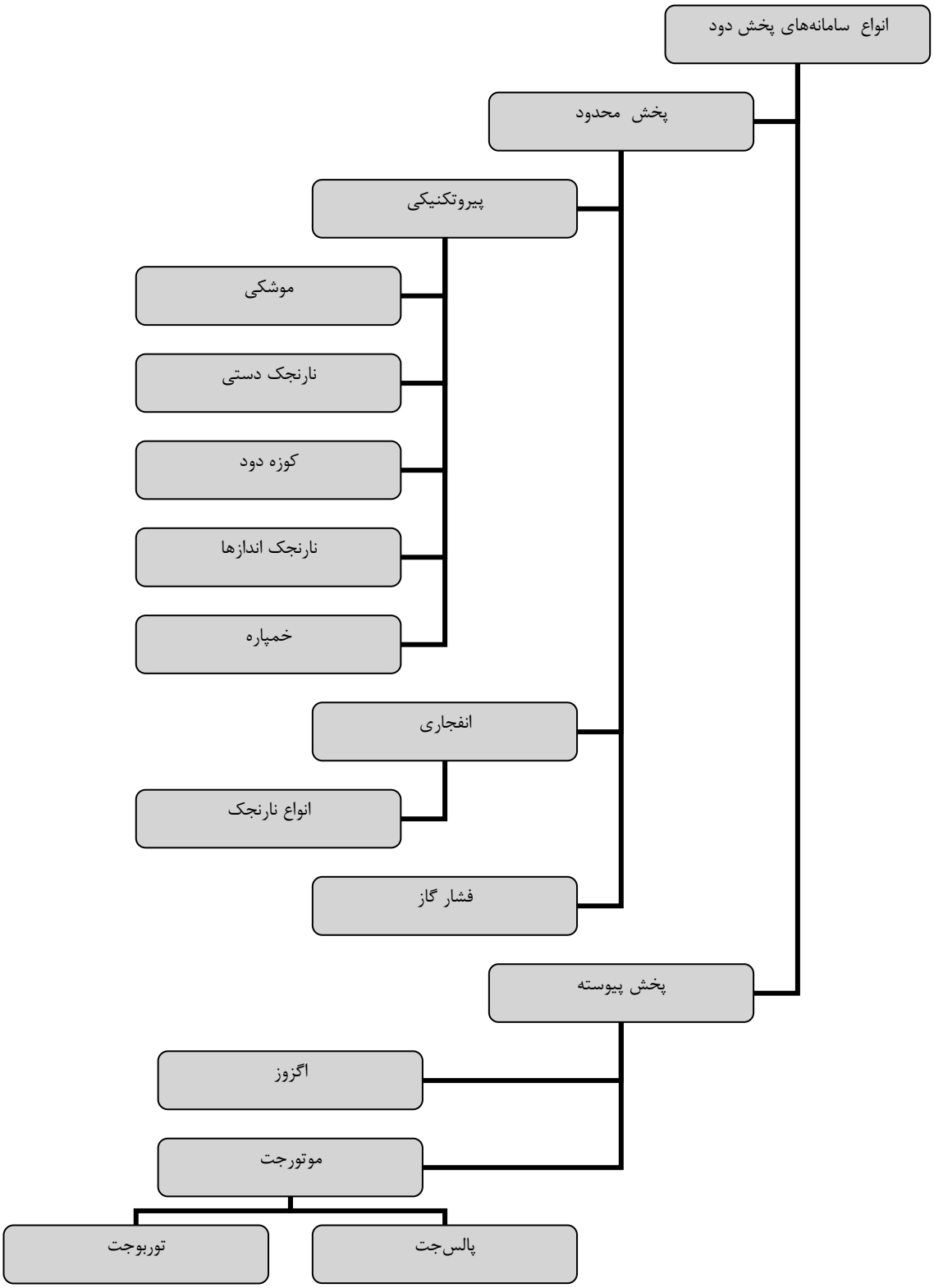
۱- محدود (مکانیزه) و ۲- پیوسته (موتوریزه)

سامانه‌های پخش محدود شامل پیروتکنیکی، انفجاری و فشار گاز است. نوع انفجاری به صورت انواع نارنجک به کار می‌رود. نوع خمپاره‌ای، نارنجک اندازها، کوزه دود، نارنجک دستی و موشکی در سامانه پخش پیروتکنیکی دود جای می‌گیرند. در نوع پیوسته آن، اگزوز و موتورجت قرار دارد و پالس‌جت و توربوجت جزو سامانه‌های موتور جت هستند [۱]. انواع سامانه‌های پخش دودهای استتاری، در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- سامانه‌های پخش دود و انواع پرده دود مورد استفاده در مواضع خودی و دشمن [۴۱]

سامانه	مواضع نیروهای خودی	بینابین[1]	مواضع نیروهای دشمن	به کارگیری انواع پرده دود			
				پنهان کننده[2]	استتار کننده[3]	فریب دهنده[4]	علامت گذاری[5]
نارنجک دود	+	+		+	+	+	+
مولد دود	+	+			+	+	
کوزه[6] دود	+	+			+	+	+
گردوغبار وسیله نقلیه	+				+	+	
بالگرد	+	+	+		+		
پرتابه/ توپخانه دود		+	+	+	+		+
راکت		+	+	+			
بمب دودزا		+	+	+			
افشانه هواپیما[7]	+	+	+	+	+		
گردوغبار پرتابه/ توپخانه		+	+	+			

1- Placement Between
2- Blinding
3- Camouflage
4- Decoy
5- Signal
6- Pot
7- Aircraft Spray



شکل ۲- انواع سامانه‌های پخش دودهای استتاری [۱]

۱۲- محدودیت‌ها

تأثیر دودهای پوششی بر حسگرها و رادارهای تجسسی

دودهای استتارکننده مرئی و فروسرخ، توأم با تأثیرات مختلف بر روی حسگرهای نیروهای دشمن، بر حسگرهای خودی نیز اثر می‌گذارند. بنابر این، فرماندهان و پرسنل باید به‌طور کامل فرصت‌ها و محدودیت‌هایی که توسط هر یک از این پوشش‌دهنده‌ها به‌وجود می‌آید را بشناسند. به‌کارگیری دودهای استتارکننده در ناحیه فروسرخ، شبیه به استفاده از شمشیر دو لبه است؛ چون این پوشش‌ها ممکن است سامانه‌های خودی را نیز تضعیف کند. لذا، فرماندهان و پرسنل باید سامانه‌های حسگر و رادارهای تجسسی دشمن را شناسایی کنند، با آن مقابله نمایند، مقدار دود مورد نیاز را برآورد نموده و تأثیرات به‌کارگیری آن را روی اهداف خودی شناسایی کنند [۴۲].

جدول (۳)، انواع حسگرها و تجهیزات پخش دود آمریکایی‌ها را که در میادین جنگ به کار گرفته می‌شوند و نیز میزان پوشش به‌وسیله انواع دودهای استتارکننده را نشان می‌دهد.

لازم به توضیح است که رنگ‌های سیاه، خاکستری و سفید در متن جدول به ترتیب نشان‌دهنده میزان پوشش بیشینه، متوسط و کمینه به‌وسیله مواد دودزای آورده‌شده در جدول در نواحی طول موج‌های مذکور می‌باشند.

در یک دسته‌بندی دیگری که نمونه آن در جدول (۴) گنجانده شده، ناکارآمد کردن ابزارهای الکترو اپتیک به‌وسیله دود مشخص شده است.

جدول ۳- انواع حسگرها و تجهیزات پخش دود کشور آمریکا و میزان پوشش انواع دودهای استتارکننده [۴۲]

امواج رادار	تصاویر حرارتی	لیزر	حسگرهای تصویری	روشنایی روز	نوع پوشش	تجهیزات پخش	مواد دودزا
					پوشش مرئی	M157/M1069, M56/M58, LVOSS, LB, M67, M18,M825,M264, M8	Fog oil,HC, TA, TiO_2, Phosphorus
					پوشش فروسرخ	M56/M58, M76, M81	Graphite, Brass
					پوشش رادار	M56/M58, M81, P31	Graphite
					گرد و غبار غلیظ		
					مه غلیظ		
					بارش شدید		

جدول ۴- انواع دود در ناکارآمد کردن ابزارهای الکترو اپتیک در نواحی طیف الکترومغناطیس [۴۳]

نوع دود	ابزار الکترو اپتیک	ناحیه طیف الکترومغناطیس
همه	دید در روشنایی روز، چشم غیر مسلح، لنزهای دوربین، دوربین‌های دوچشمی، موشک‌های CLOS نظیر AT-3[1]، دید در شب	مرئی (۰/۴ الی ۰/۷۵ میکرومتر)
همه	موشک‌های ساکلوز نظیر AT-4, AT-5 (SACLOS)، دید در شب	فروسرخ نزدیک (۰/۷۵ الی ۴ میکرومتر)
	سنسورهایی مانند یابنده‌های محدوده لیزر	
فسفر سفید، فسفر قرمز، گردو غبار، پوشاننده جدید فروسرخ	دوربین حرارت‌یاب غیر فعال	فروسرخ میانه (۴ الی ۱۴ میکرومتر)
فسفر سفید، فسفر قرمز، گردو غبار، پوشاننده جدید فروسرخ	سنسورهایی مانند دوربین‌های حرارتی، موشک‌های Terminal Homing مانند AT-6	مادون فرمز دور (۱۴ الی ۱۰۰ میکرومتر)
فسفر سفید، فسفر قرمز، تاریک‌کننده‌های پیشرفته	رادار، رادیو، ریز موج‌ها	امواج میلی‌متری، فرکانس‌های پایین (۱ الی ۱۰ میلی‌متر)

۱۳- استتار نواحی مرئی و فروسرخ با دود و تفاوت نقش آن‌ها در ناکارآمد کردن دشمن

اطلاعات عملیات جنگ[2]، چگونگی آرایش حسگرها و رادارهای تجسسی دشمن را در میدان جنگ نشان می‌دهد. بعد از انجام فرآیند اطلاعات عملیات، ستاد جنگ‌های شیمیایی، برنامه فراهم نمودن و یکپارچه‌سازی ابزارهای ایجادکننده دودهای استتاری مرئی و فروسرخ را در طرح عملیاتی ارائه می‌دهد. هدف از این طرح، نابود کردن حسگرها و رادارهای تجسسی دشمن است. به عنوان مثال، IPB توانایی تصویربرداری حرارتی دشمن به وسیله ابزارهای شناسایی مربوطه را تعیین می‌کند. طرح دود، احتمالاً بر پایه دودهای استتارکننده در ناحیه فروسرخ است و در هر مکانی که دشمن وسایل شناسائی و اکتشاف خود را به‌کار می‌برد، متمرکز می‌شود. دکترین دودهای استتارکننده در ناحیه مرئی و فروسرخ با هم متفاوت‌اند. دودهای استتارکننده فروسرخ، نیروهای عملیاتی را در منهدم کردن ابزارهای تصویربرداری حرارتی دشمن توانا می‌سازد ولی دودهای استتارکننده ناحیه مرئی، اصولاً به منظور ایجاد سپر حفاظتی در برابر توانایی‌های محدود الکترو اپتیکی دشمن مانند سامانه‌های لیزری که فقط در ناحیه مرئی امواج الکترومغناطیسی عمل می‌کنند به کار می روند. می‌توان گفت که دودهای استتارکننده فروسرخ، مستقیماً برای دشمن و یا بین نیروهای خودی و دشمن به کار می‌رود [۴۲].

۱۴- استفاده از دود در میدان عملیات طی فرآیند آفند، پدافند و کنترل دود

الف) آفند

به‌کارگیری یک دود استتارکننده ناحیه فروسرخ در عملیات‌های تهاجمی، توانایی مضاعفی را به فرمانده عملیات در میدان جنگ می‌دهد. این دودها قادرند تهدیدات حاصل از حسگرها و رادارهای تجسسی دشمن را از بین ببرند و این نوع پوشش‌های استتاری می‌توانند از عمل کردن درست حسگرهای حرارتی زمینی دشمن در شناسایی نیروهای خودی جلوگیری به‌عمل آورند. در این حالت، وجود شرایط جوی مناسب، به‌کارگیری دود استتارکننده ناحیه فروسرخ را روی حسگرهای دشمن فراهم می‌سازد [۴۲].

ب) پدافند

دودهای استتارکننده در ناحیه فروسرخ یک سپر حفاظتی را در برابر جنگ‌افزارهای هوشمند دشمن به‌وجود می‌آورند و مانع از پیدا شدن اهداف خودی در برابر این سلاح‌های هوشمند می‌گردند. اگر چه این سپرهای حفاظتی، توانایی نیروهای خودی را در عملیات کاهش می‌دهند ولی ممکن است فرماندهان به منظور توجه بیشتر به حفظ جان نیروهای خودی در زمان حادثه و یا زمانی که دیگر منابع دفاعی در برابر سلاح‌های هوشمند دشمن موجود نباشد از آن‌ها استفاده کنند. مثلاً استتارکننده‌ها در ناحیه فروسرخ، سپر حفاظتی قابل توجهی را برای عقبه سپاه مانند تأسیسات، سایت‌های لجستیکی و فرودگاه‌ها بوجود خواهند آورد. ستاد جنگ‌های شیمیایی با داشتن

1- Anti tank
2- Intelligence Process Battle (IPB)

اطلاعاتی درباره سرعت باد، شدت منبع و مسافت مسیر باد می‌توانند برآورد نمایند که هنگام استفاده از دودهای استتارکننده در برابر امواج فروسرخ به چه مدت می‌توانند سپر حفاظتی در برابر امواج فروسرخ ایجاد کنند [۴۲].

ج) کنترل دود

به طور کلی، کنترل دود به مجموعه عملیاتی که فرمانده یگان‌های دود و یا مدیر شرکت‌های تولیدکننده دود تحت رهبری فرمانده ارشد نیروهای عملیات‌کننده برای نفوذ به پایگاه‌های نیروهای عملیاتی و یا تأسیسات آن‌ها انجام می‌دهند گفته می‌شود. روش کار کنترل دودهای استتارکننده مرئی و فروسرخ مانند هم می‌باشد. به هر حال برای مشاهده درست ابرهای حاصل از دودهای فروسرخ، یک دوربین حرارت‌یاب، مورد نیاز است [۴۲].

۱۵- دود، شرایط جوی و تأثیرات آن بر پراکندگی دود[1]

معمولاً با جذب رطوبت هوا بوسیلهٔ ذرّات دود، کارآیی و اثر دود به عنوان تاریک‌کننده افزایش می‌یابد. می‌توان گفت که قدرت تاریک‌کنندگی، متناسب با مقدار رطوبت است. به عنوان مثال، در جدول ۳، درصد مؤثّر تاریک‌کنندگی دودهای فسفری و هگزا کلرو اتان در مقادیر مختلف رطوبت هوا، آورده شده است [۴۰].

به طورکلی، در هوای بارانی که باران خود مانعی در مقابل مشاهده دقیق می‌باشد، برای پوشاندن نفرات و تأسیسات، دود کمتری مورد نیاز است. در هوای برفی و بارانی شدید که بطور قابل توجهی از میزان مشاهدات کاسته می‌شود، معمولاً دود به‌کار نمی‌رود. مناسب‌ترین شرایط هوایی که می‌توان دود را در مناطق جنگی و یا محل درگیری استفاده نمود، هنگامی است که آسمان آبی باشد. قاعده کلی بدین قرار است که اگر آسمان ابری بود هوا پایدار است و چنین وضعیّتی، برای استفاده از دود به عنوان تاریک‌کننده مناسب می‌باشد [۴۰].

شناخت شرایط هوای یک منطقه، به دلیل تأثیرگذاری هوا در پراکندگی دودهای تاریک‌کننده، امری مهم و مفید می‌باشد. ذکر مثالی اهمیت موضوع را روشن می‌کند. فرض کنیم که نیروهای خودی در منطقه عملیاتی از دود برای پنهان نمودن خود استفاده کرده‌اند، چنانچه ناگهان تحت تأثیر هوای منطقه، پوشش آن رقیق شود، پر واضح است که تاکتیک اعمال‌شده نیروهای جبهه خودی خنثی می‌گردد و به دنبال آن، امکان وقوع حمله و آسیب‌رسانی از طرف دشمن، دور از انتظار نیست. باد و چگونگی پایداری هوا از عوامل مؤثر به‌کارگیری دود در یک منطقه است که ناشی از دما و رطوبت هوا می‌باشد. هوای مؤثر بر استفاده دودهای تاریک‌کننده، به سه دسته شرایط مطلوب، شرایط متوسط و شرایط نامطلوب تقسیم می‌شود [۴۰].

۱۵-۱- شرایط مطلوب هوا[2]

این شرایط هوا برای به‌کارگیری دودهای تاریک‌کننده مطلوب است. در این شرایط، سرعت باد ۳ تا ۵ متر بر ثانیه بوده و پایدار می‌باشد. بدین معنی‌که سرعت آن به طور ناگهان، کم یا زیاد نمی‌شود؛ جابجایی هوا نیز وجود ندارد و رطوبت موجود در هوا زیاد می‌باشد [۵].

۱۵-۲- شرایط متوسط هوا[3]

در این شرایط هوا، سرعت باد ۱/۵ تا ۳ و یا ۵ تا ۸ متر بر ثانیه است. باد، هم در سرعت و هم در جهت وزیدن، پایدار است. جابجایی هوا وجود ندارد و رطوبت آن بین ۵۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد [۵].

۱۵-۳- شرایط نامطلوب هوا[4]

داشتن سرعت بین ۸ تا ۱۰ متر بر ثانیه، ناپایداری از نظر جهت وزش باد، باران زیاد و رطوبت خیلی پایین، از مشخصات و شرایط این نوع هوا می‌باشد [۵].

لازم به ذکر است که وزش باد و جهت آن، سرعت باد، پایداری هوا، بخار آب و شرایط جغرافیایی، از عوامل مهم و مؤثر در کیفیت و پایداری دود پخش شده در منطقه عملیاتی است [۵].

۱۶- دود و پشتیبانی نیروها در میدان رزم

یک دسته نظامی به‌کارگیرنده دود به شکل مکانیزه یا موتوریزه از واحدهای اصلی رزم در منطقه است که می‌تواند منطقه وسیعی را با دود تحت پوشش قرار دهد. یک دسته نظامی دود می‌تواند نیروهای زمینی خط مقدم را پشتیبانی نموده و یا در پشت جبهه در پشتیبانی قرارگاه و تجهیزات آن اعمال وظیفه نماید. از یک دسته نظامی مکانیزه، انتظار می‌رود که در خط مقدم عملیات نماید و حرکت آن سریع باشد. البته احتمال برخورد با نیروهای نظامی دشمن هم وجود دارد. واحدهای موتوریزه دود نیز بسته به نوع واحد پشتیبانی‌کننده، می‌تواند در خط مقدم عمل نماید که به حفاظت بیشتری از طریق واحد پشتیبانی نیاز دارد [۴۴].

۱۶- نتیجه گیری

امروزه مواد دودزا برای پوشش نواحی مرئی، لیزر، فروسرخ و رادار شناخته شده هستند و به وسیله سامانه پخش مکانیزه یا موتوریزه برای تحقق پوشش، فریب و اختفا استفاده می‌شوند. آنچه از مطالعه و بررسی منابع مربوطه به دست آمده، حاکی از آن است که برای

1- Meteorological Influences

2- Favorable Condition
3- Averge Condition
4- Unfavorable Condition

بهترین نوع پوشش، به‌کارگیری دود چند طیفی مورد نیاز است. معمولاً بهترین روش برای پخش مواد دودزای چند طیفی و پوشش سطح یا فضای وسیع، استفاده از روش موتوریزه است که بطور پیوسته صورت می‌گیرد و در آن، پالس‌جت یا توربوجت مورد استفاده قرار می‌گیرد و با لحاظ نمودن جمیع جوانب، توربوجت بهترین می‌باشد.

مراجع

۱. مؤمنیان حسین؛ شیمی مواد منفجره؛ مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین(ع)، فصل ۶، صفحات ۱۶۳، ۱۷۶ و ۱۷۸، (**۱۳۸۹**).

2. http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5/Chapter 1, Appendix G, introduction, smoke-operations.
3. .William Eric Ashton, US Patent, (3329624), Composition for producing smoke, (**1963**).
4. Lohr A. Burliardt and William G. Finnegan, US Patent (3274035), Metalic composition for production of hygroscopic smoke, (**1966**).
5. .http://www. FM 100-62/Chapter 14, "NBC and smoke support".
6. .http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5/Chapter 1 introduction, smoke-operations, "Historical Prespective".
7. .http://www.scribd. Com/doc/2513900/Army-FM 3-5/Chapter 1, Appendix G, introduction, smoke operations "artificial obscurants".
8. .http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5, Chapter 3, smoke-operations, "offensive operation, goal".
9. .http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5/Chapter 1 introduction, smoke-operations, "Battlefield application of smoke".
10. .http://www.dodsbir.net/sitis/archives.
11. .http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5, Appendix G, smoke-operations, (**1996**).
12. William eric Ashton, US Patent (3329624), composition for producing smoke, (**1967**).
13. .http://www.worldofmolecules.com/materials/graphite.
14. William G. Rouse; Raymond J. Maleck; Daniel J. Hartman; Noel Gonzalez, US Patent (6412416), Proplant-based aerosol generation devices and method, (**2002**).
15. Ernst-Christian Koch, Axel Dochnahl, US Paten (6581520), Pyrotechnic active mass for producing an aerosol highly emissive in the Infrared spectrum and impenetrable in the Visible spectrum, (**2003**).
16. Ernst-Christian Koch, Josef Schneider, US Patent (6578492), Pyrotechnic Smoke screen units for producing an aerosol impenetrable in the Visible, Infrared and Millimetric wave range, (**2003**).
17. Katherine von Stackleberg and et al, ERDC/CERL TR-04-29, Military smokes and obscurants fate and effects, (**2004**).
18. The national aeademies press, Toxicity of military smokes and obscurants, volume 2, (**1999**).
19. The national aeademies press, Toxicity of military smokes and obscurants, volume 1, (**1997**).
20. Hector Joseph Zilcosky, Colebrook, Coon, US Patent (3724382), Caseless smoke grenade including polyvinyl chloride, (**1973**).
21. John L. Lombardi, Smoke operations FM 3-50 Headquarters, Department of the army Washington, DC, (**1996**).
22. David R. Dillehay, Marshall,Tex., US Patent (5522320), Low-toxicity obscuring smoke formulation, (**1996**).
23. US Patent (20120267016), Nontoxic obscurant compositions and method of using same, (**2012**) .
24. Alexander J. and et al, US Patent (2407384), synthetic fog or smoke, (**1946**).
25. Jean F. Vega, and et al, US Patent (4698108), Castable smoke generating compounds effective against infrared, (**1987**).
26. Horst Busel and et al, US Patent (5389308), Composition generating an IR-opaque smoke, (**1995**).
27. Uwe Krone, Hamfelde; Klaus Moeller, Trittau, US Patent (4376001), Smoke composition, (**1983**).
28. Andre Espagnacq; Gerard D. Sauvestre, US Patent (4724018), Pyrotechnical composition which generates smoke that is opaque to infrared radiance and smoke ammunition as obtained, (**1988**).
29. Andre Espagnacq; Gerard D. Sauvestre, US Paten (4697521), Method for opaquing visible and infrared radiance and smoke producing …, (**1987**).
30. Charless A. Knapp, Wayne, N.J., US Patent (4438700), White smoke sporting composition for training ammunition, (**1984**).
31. Georg Prahauser and et al, US Patent (4238254), Pyrotechnic smoke charge containing guanidine nitrate, (**1980**).
32. Manfred Weber; Friendmar Hinzmann, US Patent (4474715), Pyrotechnic smoke charge with preset breaking points and channel ignitor, (**1984**).
33. Henry A. Webster, US Patent (4398977), Simultaneous red smoke and bright flame composition containing ammonium iodate, (**1983**).
34. Raef M. Tadros, US Patent (7124690), Smoke producing mortar cartridge, (**2006**).
35. Earl Thomas Nlles, George A. Lane, US Patent (3335039), Pyrotechnic disseminating composition containing an aminoguanidinum azide, (**1967**).
36. Helnz Bannasch and et al, US Patent (5401976), Process to camouflage heat emitting device and particle for process, (**1995**).
37. Ernst-Christian Koch and et al, US Patent (6578492), Pyrotechnic smoke screen units for producing an aerosol impenetrable in the …, (**2000**).
38. Ernst-Christian Koch and et al, US Patent (6581520), Pyrotechnic active mass for producing an aerosol highly emissive in the …, (**2003**).
39. Willi Lubbers; Uwe Krone, US Patent (4210555), Process for the generation of dense clouds for camouflage purposes, (**1980**).
40. .http://www.scribd.com/doc/2513900/Army-FM 3-5/Appendix F, smoke-operations, weather and terrain, humidity.
41. .http://www.globalsecurity.org/military-FM 100-61/Chapter 14. NBC and Smoke Support.
42. .http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/Army-FM 3-50/Chapter 7, Visual-Infrared Obscurants Military.
43. .http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/Army-FM 3-50/Chapter 1, Visual-Infrared Obscurants Military.
44. Department of the Army, FM 3-50 (field manual), Chapter 1, Smoke operations, (**1996**).

An Investigation of Obscuring Smokes

A. Salmani Oskloo[1]

A. Mirzaie[2]

Abstract

Smoke contains small particles. Its diameter is 1-10 micrometer of liquid, solid or fog that is dissipated in the air as aerosol. The falling-down velocity is related to the size of smoke. For formation of camouflage smoke, the presence of smoke composition, delivery system and rate of wind are necessary.

In order to have effective obscuration, characteristics such as size, amount and color of smoke should be taken into consideration. To produce obscuring smoke, in addition to smoke producing material and smoke dissipating system, the wind speed is also necessary. The obscuring smoke has various applications such that it is used for designation, deception, covering and obscuring different targets. One of the main applications of artificially produced smoke is screening tactical operation in the battle area and obscuring or designating military targets.

Although smoke is not considered as a lethal weapon and combat tool, its utilization always has been considered as a tactic to mitigate the operational capability of an enemy. The obscuring smoke is also used as a screen in an operation theater to cover targets against electromagnetic waves, and hence, it renders the enemy's combat tools ineffective through obscuring their visibility and the elector-optic equipment. Smoke is a useful enabler for covering targets and protecting forces, installations, equipment and deception of the enemy in military operations.

The obscurant smoke has appropriate material, specific formulation and various dissipation systems at any electromagnetic wavelength region (visible region of 0.4-0.7 microns, very near, near and far infrared with wavelengths between 0.9-14 microns and radar region between 1-30 millimeter, corresponding to about 10-300 GHz). This article discusses and investigates an brief background of smoke, its various types, objectives of smoke operations, classification of smoke application, smoke generating material, effective factors in selecting smoke generating material, types of smoke distribution systems and its limitations, as well.

Key Words: *Obscurants, Smoke Generating Material, Smoke Distribution System, Smoke Characteristics, Electromagnetic Spectrum*

1- Instructor and Academic Member of Imam Hossein Comprehensive University - Writer in Charge
2- Instructor and Academic Member of Imam Hossein Comprehensive University