

پدافند غیر عامل راهی برای مقابله تهدیدات مخرب سازه‌های زیرزمینی (با نگرش اقتصاد مقاومتی)

دکتر سید علیرضا آشفته، مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور ژئودالامپیر

چکیده

انسان قرن‌های متمادی است که فضاهای زیرزمینی را با مقاصد مختلف حفر می‌کند و استفاده از آنها هر ساله افزایش می‌یابد. تونل‌های حمل و نقل و راه‌آهن، تونل‌های انتقال آب، مغاره‌های برقی، مغاره‌های ذخیره‌سازی نفت و گاز، حفاریات دفاعی زیرزمینی، تونل‌ها و مغاره‌های معدنکاری، دالان‌های دیوپی باطله و فضاهای ورزشی زیرزمینی نمونه‌هایی از انواع کاربرد فضاهای زیرزمینی می‌باشد. در گذشته تونل‌ها با آتشباری در سنگ ایجاد می‌شدند که موجب انبساط و خردشدگی سنگ می‌شدند و زمانی که این سنگ‌های منفجره با دمای بالا در معرض آب قرار می‌گرفتند عملیات خردشدگی با شتاب بیشتری رخ می‌داد. طراحی و روش‌های ساخت تونل با توسعه علم و تکنولوژی پیشرفت زیادی کرده است. ایجاد بناهای زیرزمینی در سنگ‌های سخت و مناسب از دیدگاه مکانیک سنگ ایمن می‌باشد ولی با توجه به نیازهای روزمره زیرساختاری حفاریات زیرزمینی همواره در سنگ مناسب حفر نمی‌شوند و در نتیجه تونل‌سازی در آینده دامنه وسیع‌تری در سنگ‌های ضعیف‌تر نسبت به امروز خواهد داشت. از آنجایی که پدافند غیر عامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌گردد که مستلزم استفاده جنگ‌افزار نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تاسیسات حیاتی و حساس حمل و نقل جلوگیری نموده و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد. در این مقاله سعی شده است که به بررسی کامل تهدیدات نظامی و تکنونیک که ممکن است در مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری تونل‌های مترو و راه‌آهن رخ دهد پرداخته شده است و پس از یافتن تمامی این تهدیدات در نهایت بهترین راهکارها برای مقابله با این تهدیدات که مبتنی بر پدافند غیر عامل می‌باشد ارائه شود.

واژه‌های کلیدی

تونل‌های مترو و راه‌آهن، پدافند غیر عامل، تهدیدات زمین‌شناسی ساختاری، تهدیدات نظامی

مقدمه

امروزه سازه‌های زیرزمینی به علت کاربردها و مزایای بسیاری که دارند مورد توجه قرار گرفته‌اند و با گذشت علم و تکنولوژی سعی می‌شود احداث این سازه‌ها روز به روز افزایش یابد. از مهم‌ترین دلایل استفاده زیاد از سازه‌های زیرزمینی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱. تفوق محیط ساختاری به معنای وجود یک حصار و ساختار طبیعی فراگیر.
۲. عایق‌سازی با سنگ‌های فراگیر که دارای ویژگی‌های عالی عایق‌ها می‌باشند.
۳. محدودیت کمتر در احداث سازه‌های بزرگ به دلیل نیاز کمتر به استفاده از وسایل نگهداری عمده در مقایسه با احداث همان سازه بر روی سطح زمین.
۴. کمتر بودن تأثیرات منفی زیست‌محیطی.
۵. کوتاه‌تر شدن مسیرها و افزایش راندمان ترافیکی.
۶. بهبود مشخصات هندسی مسیر.
۷. جلوگیری از خطرات ریزش کوه و بهمن.
۸. ایمنی بیشتر در برابر زلزله.

انواع مخاطرات نظامی و غیر نظامی مخرب بر روی سازه‌های زیرزمینی

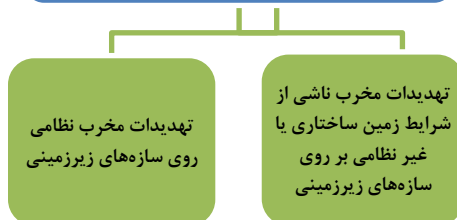
به طور کلی تهدیدات مخربی که یک سازه زیرزمینی را تهدید می‌کند را می‌توان به شکل (۱) طبقه‌بندی کرد. تهدیدات گوناگون مخرب که بر اساس شکل (۱) تقسیم‌بندی گردیده‌اند شامل تهدیدات مخرب ناشی از شرایط زمین‌شناسی یا غیر نظامی می‌باشد که شامل موارد زیر است.

۱. اثر زلزله بر روی سازه‌های زیرزمینی و پدیده‌های مخرب ناشی از آن مانند خطر روانگرایی زمین‌های خاکی.
 ۲. خطر ریزش قنات‌های فعال و متروک و برخورد با آبهای زیرزمینی و روستحی.
 ۳. خطر نشست زمین.
 ۴. خطر برخورد با لایه‌های سست و زون‌های برشی گسل‌ها و ناپیوستگی‌ها.
 ۵. مواجهه با پدیده‌های مخرب مانند مجاله‌شوندگی و تورم.
 ۶. برخورد با قطعات سنگی بزرگ در مسیر حفاری.
- و اما تهدیدات ناشی از مخاطرات نظامی شامل موارد زیر است.
- الف- حملات نظامی توسط بمب‌های نفوذگر به زیر سطح.
- ب- حملات تروریستی در داخل تونل‌ها.





تهدیدات مخرب بر روی سازه‌های زیرزمینی



شکل (۱) تقسیم‌بندی انواع تهدیدات مخرب بر روی سازه‌های زیرزمینی

اثر زلزله بر روی سازه‌های زیرزمینی و پدیده‌های مخرب ناشی از آن مانند خطر روانگرایی زمین‌های خاکی در هنگام وقوع زمین‌لرزه علاوه بر آسیب‌های وارد بر سازه آسیب‌های دیگری نیز ممکن است به خاک زیر پی وارد شود. عمده‌ترین این خسارات شامل موارد زیر است. که تمامی این حالات انهدام سازه را به همراه خواهد داشت. با توجه به بررسی زلزله‌های پیشین که عمده خرابی‌های ایجاد شده در حین زلزله در محیط‌های خاکی بر اثر روانگرایی خاک‌های ماسه‌ای و در محیط‌های سنگی در اثر گسلش و شکست‌های رخ داده در سازه‌ها بوده است.

۱. تحمیل نشست‌های اضافی.
۲. لغزش شیروانی‌های خاکی و سنگی.
۳. روانگرایی خاک.
۴. گسیختگی (گسترش جانبی، افت ظرفیت باربری، شکست گسل‌ها).
۵. جوشش ماسه.

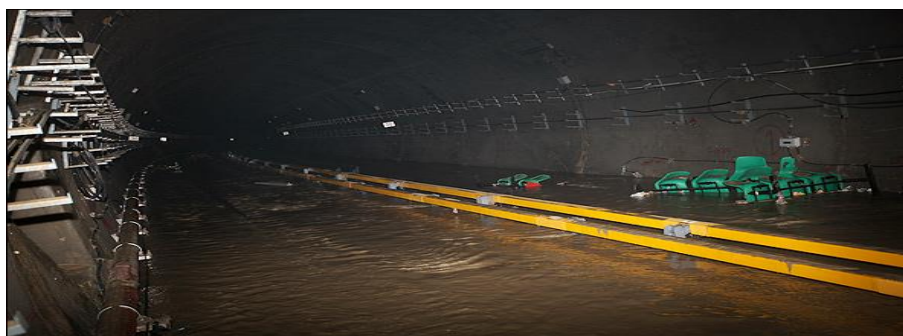
خطر ریزش قنات‌های فعال و متروک و برخورد با آبهای زیرزمینی و سطحی

۱- قنات‌ها

یکی از مشکلات بزرگی که در احداث سازه‌های زیرزمینی با آنها مواجه می‌شویم خطر برخورد با قنات‌های فعال، متروک و خطر هجوم آب آنها داخل فضای زیرزمینی ایجاد شده و یا برخورد با آبهای زیرزمینی و روسطی می‌باشد که موجب خسارات جانی و مالی بسیار زیادی به سازه‌های موجود می‌گردد. قنات مجاری زیرزمینی است که با به کار بردن شیبی کمتر از سطح شیب زمین آب را به سطح زمین می‌رساند. انواع قنات از جهت نحوه بهره‌برداری به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود که شامل قنات‌های دایره، بایر و متروک است. در حفر زیرزمینی در مرحله طراحی مسیر و محل این نوع سازه‌ها باید توجه خاصی به وجود انواع قنات‌ها شود تا در مرحله اجرا به چنین حفریات زیرزمینی برخورد نشود.

۲- آب‌های زیرزمینی و سطحی

بدون تردید نشست آب زیرزمینی به تونل‌های در حال ساخت یکی از مسائلی است که می‌تواند آثار مخرب فراوانی بر روند عملیات حفاری تونل داشته و فعالیت تونل‌سازی را کاملاً تحت تاثیر منفی قرار دهد. بنابراین لازم است محل و مقدار جریان آب به داخل تونل حتی‌المقدور پیش‌بینی شده و در ملاحظات تونل‌سازی در نظر گرفته شود. از سوی دیگر تجربیات گذشته نشان داده است که پیش‌بینی دقیق مقدار نفوذ آب به درون تونل‌های مقاطع سنگی به لحاظ عدم امکان شناسایی و تعیین دقیق کلیه عوامل تاثیرگذار بر جریان آب کار آسانی نیست. وجود و نفوذ آبهای زیرزمینی در سازه‌های زیرزمینی موجب مشکلات بسیار زیاد در اجرا و بهره‌برداری و پس از آن می‌شود که مقابله با آنها بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد. از مهم‌ترین اثرات منفی وجود آب در سازه‌های زیرزمینی علاوه بر خسارات جانی و مالی، کاهش مقاومت خاک و سنگ موجود در اطراف سازه و گسیختگی‌های ناشی از آنها می‌باشد.



شکل (۲) تهدیدات و خسارات مالی و جانی نفوذ آبهای سطحی و زیرزمینی به داخل سازه‌های زیرزمینی





خطر نشست زمین

حفر سازه‌های زیرزمینی و عمق آن باعث می‌شود توده‌های خاکی و سنگی را بر هم بخورد. بنابراین خاک شرایط تعادل خود را از دست می‌دهد و تا تعادل جدید تغییر شکل می‌یابد. در این فرآیند نشست سطح زمین به ناچار اتفاق می‌افتد و بر ایمنی ساختمان‌های مجاور تأثیر می‌گذارد. در حالت کلی نشست‌های خاک به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند.

۱. نشست آبی که ناشی از تغییر شکل الاستیک خاک خشک و یا خاک‌های مرطوب و اشباع بدون هر نوع تغییری در میزان آب می‌باشد. محاسبات نشست آبی معمولاً بر پایه روابط به دست آمده از تئوری الاستیسیته قرار دارد.
۲. نشست تحکیم که ناشی از تغییر حجم خاک اشباع به علت رانده شدن آبهای موجود در حفرات است.



شکل (۴) نشست ناشی از تخلیه آبهای زیرزمینی

شکل (۳) نشست ناشی از نشست ناشی از زلزله

خطر برخورد با لایه‌های سست و زون‌های برشی گسل‌ها و ناپیوستگی‌ها

۱- گسل‌ها (Faults)

گسل‌ها شکستگی‌هایی در پوسته زمین هستند که در طول آنها جابجایی‌ها و تغییر شکل‌های قابل توجهی ایجاد شده است. این جابجایی‌ها می‌توانسته یا به صورت جابجایی آرام باشد که هیچ گونه لرزشی در زمین ایجاد نمی‌کند و یا اینکه به صورت ناگهانی اتفاق بیفتد که جابجایی‌های ناگهانی در طول گسل‌ها عامل ایجاد اغلب زلزله‌ها می‌باشد. از مهم‌ترین مشخصات گسل‌ها می‌توان به شیب و راستا اشاره کرد.

۲- درزه‌ها (Joints)

درزه‌ها عبارت از شکستگی‌هایی است که غالباً در سنگ مشاهده می‌شود. مهم‌ترین مشخصه درزه‌ها این است که در این نوع شکستگی‌ها حرکت نسبی به موازات صفحه شکستگی وجود ندارد و در صورتی که در این سطح حرکتی وجود داشته باشد شکستگی حاصله را گسل می‌نامند. بایستی توجه داشت که در بسیاری موارد ممکن است سنگ‌های موجود در دو طرف سطح شکستگی در امتداد عمود بر این سطح حرکت کنند.



شکل (۵) جابجایی رخ داده در اثر گسلش

خطر مواجهه با پدیده‌های مخرب

۱- پدیده مچاله‌شوندگی

مچاله‌شوندگی به طور کلی به تغییر شکل‌ها و همگرایی‌های بزرگ وابسته به زمان تونل‌ها در خلال و بعد از حفاری گفته می‌شود. این پدیده هنگامی





روی می‌دهد که تنش‌های القائی تشکیل شده در اثر حفاری زیرزمینی بیشتر از مقاومت برشی توده سنگ‌های دربرگیرنده حفره باشد. به این ترتیب خزش سنگ به داخل حفره ایجاد می‌شود. تا به حال تعاریف زیاد و مختلفی از پدیده مچاله‌شوندگی توسط مهندسين و محققين ژئوتکنیک و مکانیک سنگ ارائه شده است. مچاله‌شوندگی هم در توده سنگ‌های ضعیف و شکل‌پذیر و هم در سنگ‌های بسیار ترک‌دار رخ می‌دهد. میزان همگرایی تونل ارتباط مستقیم با پدیده مچاله‌شوندگی داشته و میزان تغییر مکان و توسعه ناحیه تسلیم در اطراف تونل وابسته به شرایط زمین‌شناسی، تنش‌های برجا، پارامترهای مقاومتی سنگ، جریان آب زیرزمینی و فشار آب حفره‌ای می‌باشد.

۲- پدیده تورم یا آماس

یکی دیگر از پدیده‌هایی که ممکن است باعث بروز مشکلات اساسی در عملیات تونل‌سازی، نگهداری و بهره‌برداری از تونل شود پدیده آماس سنگ‌های مسیر آن است. پدیده آماس ترکیبی از واکنش‌های فیزیکوشیمیایی شامل آب و رها شدن تنش می‌باشد. واکنش فیزیکوشیمیایی با آب معمولاً سهم اصلی این پدیده را دارا می‌باشد ولی در بعضی مواقع این پدیده در نتیجه رها شدن تنش نیز رخ می‌دهد. دو مکانیزم عمده در پدیده آماس وجود دارد که یکی مکانیزم مکانیکی و دیگری مکانیزم فیزیکوشیمیایی است. مکانیزم مکانیکی که در رس‌ها، رس‌های سیلتی و سیلت‌های رسی و سنگ‌های مرتبط با آنها رخ می‌دهد عکس پدیده تحکیم است و در نتیجه ایجاد فشار آب منفذی منفی رخ می‌دهد اما مکانیزم فیزیکوشیمیایی شامل واکنش شیمیایی بین آب و کانی‌های موجود در سنگ و خاک می‌گردد. این نوع آماس به وجود کانی‌های خاصی در زمین بستگی دارد. زمین‌هایی که دارای پتانسیل رفتار آماسی هستند شامل موارد زیر می‌شوند.

الف- زمین‌هایی که در اثر تغییرات تنش شل و سست شده‌اند.

ب- رس‌هایی که قابلیت انبساط دارند و دارای مقدار زیادی مونت موریلونیت یا ایلیت و مقدار کمتری کائولینیت هستند.

ج- شیل‌ها، گل‌سنگ‌ها و مارن‌های حاوی مواد دارای خاصیت آماسی نظیر مونت موریلونیت و ایلیت.

د- انیدریت که در اثر هیدراسیون و تبدیل به ژپس آماس می‌کند.

ه- مواد خردشده گسلی، درزه‌های پرشده و مواد پرکننده درزه‌ها و سنگ‌های دگرسان شده که می‌توانند بر اثر هوازدگی و یخبندان آماس کنند.



ب



الف

شکل (۶)

الف- کاهش مقطع عرضی تونل در اثر پدیده مچاله‌شوندگی

ب- شکست پوشش بتنی تونل به علت مچاله‌شوندگی زیاد و همگرایی زیاد تونل

تهدیدات مخرب نظامی بر روی سازه‌های زیرزمینی

وقوع حملات گوناگون نظامی و حوادث گوناگون تروریستی در مورد سازه‌های مهم در سراسر جهان سبب شده است که در سال‌های اخیر بارهای انفجاری مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرند. حملات اخیر در سراسر جهان نشان می‌دهد که متاسفانه فعالیت‌های نظامی و تروریستی افزایش یافته است. یک نوع از حملات نظامی رایج استفاده از مواد منفجره می‌باشد.

۱- انفجار

انفجار آزاد شدن بسیار سریع انرژی به صورت نور، گرما، صدا و موج ضربه‌ای می‌باشد. موج ضربه‌ای شامل هوای بسیار متراکمی می‌باشد که به صورت شعاعی از منبع انفجار به سمت خارج با سرعت مافوق صوت در حرکت است. با گسترش موج ضربه‌ای مقدار فشار به سرعت کاهش می‌یابد (متناسب با توان سوم فاصله) و پس از برخورد به یک سطح منعکس شده و مقدار آن ممکن است تا سیزده برابر افزایش یابد. فشار همچنین با گذشت زمان به سرعت کاسته می‌شود (به صورت نمایی). در بارگذاری انفجاری زمان اعمال بار بسیار کوتاه می‌باشد و معمولاً بر حسب هزارم ثانیه (میلی ثانیه) بیان می‌شود. در آخر پدیده انفجار موج ضربه‌ای منفی ایجاد می‌شود که مکش ایجاد می‌کند و در جایی که خلا ایجاد شده باشد یک باد قوی یا نیروی کششی بر سطوح سازه وارد می‌شود.

۲- موشک

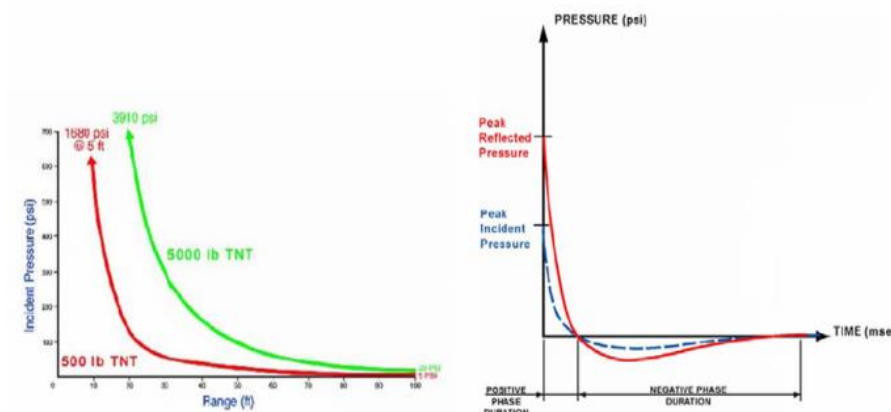
موشک پرتابه‌ای است که با نیروی واکنش ناشی از خروج گاز (معمولاً ناشی از سوختن سوخت) حرکت می‌کند. در موشک ماده اکسیدکننده نیز به همراه سوخت حمل می‌شود و سوختن سوخت در آن نیاز به اکسیژن هوا ندارد. از این دید موشک کاملاً شبیه راکت است. تنها تفاوت اساسی موشک و



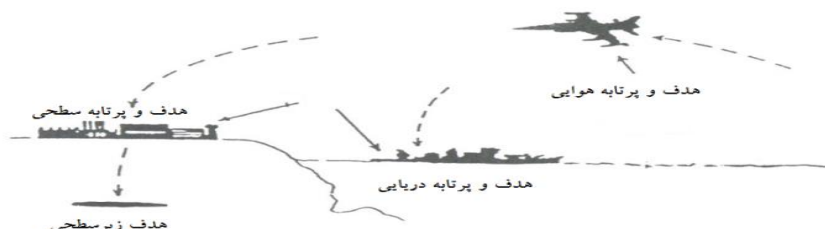


راکت در امکان هدایت موشک پس از پرتاب است. در حقیقت موشک نوعی راکت هدایت شونده می باشد. انواع موشک شامل موارد زیر است.

- الف- از نظر هدف و پرتابه
 - موشک های سطح به سطح
 - موشک های سطح به هوا
 - موشک های هوا به سطح
 - موشک های دریا به سطح
 - موشک های سطح به دریا
 - موشک های هوا به زیر سطح
- ب- از نظر سامانه حرکتی (نوع سیستم هدایت)
 - موشک های آزاد (راکت)
 - موشک های کروز
 - موشک های بالستیک
- ج- از نظر برد حرکتی
 - موشک های کوتاه برد
 - موشک های میان برد
 - موشک های دور برد
 - موشک های قاره پیما
- د- از نظر نوع کلاهک
 - معمولی یا غیر هسته ای
 - هسته ای



شکل (۷) نمودار مشخصه انفجار بر حسب فشار - زمان - مسافت



شکل (۸) تقسیم بندی موشک ها بر اساس نوع هدف و پرتابه

بمب های هوا به زیر سطح یا بمب های سنگر شکن (نفوذگر)

در بسیاری از موارد امکانات و تجهیزات و سازه های استراتژیک در عمق زمین قرار دارد و یا توسط استحکامات بتنی محافظت می شود. در جنگ اول خلیج فارس گزارش ها عراق دارای تأسیسات زیرزمینی غیر قابل نفوذی بود که با سلاح های موجود امکان انهدام آنها وجود نداشت بنابراین پروژه ای برای ساخت بمبی با قابلیت انهدام اهداف این چنینی تعریف گردید. اصطلاحاً به چنین بمب هایی نفوذگر Bunker - Buster می گویند. این





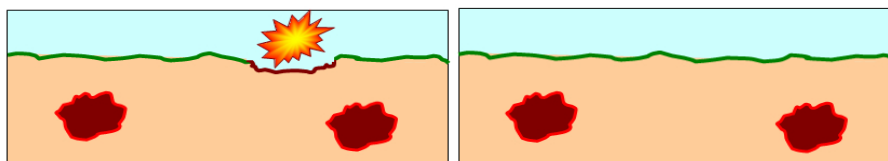
بمب‌ها قبل از انفجار چندین متر به درون خاک، بتن و حتی سنگ نفوذ کرده و سپس منفجر می‌گردد. این بمب‌ها امروزه در مباحث نظامی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار شده‌اند به شکلی که کشورهای متعددی در حال بررسی و تلاش برای دستیابی به فن‌آوری این سلاح‌ها می‌باشند. از مهم‌ترین این بمب‌ها در کشورهای آمریکا و روسیه از سال‌ها پیش ساخته و تا به امروز در حال تکامل می‌باشند.

جدول (۱) مشخصات و مقایسه تاریخچه و خصوصیات بمب‌های نفوذگر

وزن (کیلوگرم)	قطر (سانتیمتر)	طول (متر)	دقت برخورد (متر)	پرتابگر	روش هدایت و ردیابی	سال ساخت	کشور سازنده	نوع موشک
۴۰۰	۲۷/۹۴	۳/۳۵	۹	A-10, F14, F-15, F-16, F-18, F-117	لیزری	۱۹۷۶	آمریکا	GBU-12
۱۷۰۰	۴۵/۷۲	۳/۹۶	۱۰	F-15E, F-111	در روز تلویزیونی در شب لیزری	۱۹۸۳	آمریکا	GBU-15
۱۱۰۰	۶۴	۴/۳۹	۸	A-6, F-10, F-14, F-15, F-16, F/A-18, F-111	لیزری	۱۹۸۳	آمریکا	GBU-24
۱۱۰۰	۳۷	۴/۲۴	۸	F-117	لیزری	۱۹۸۷	آمریکا	GBU-27
۲۰۰۰	۴۶	۸/۴۳	۹	F-15E, F-111F	لیزری	۱۹۹۱	آمریکا	GBU-28
۲۱۰۰	۴۰	۴/۲	۶	B-2, F-16, F-18	جی پی اس	۱۹۹۸	آمریکا	GBU-37
۱۴۰۰۰	۸۰	۶/۲	۶-۱۰	B2, B-52	جی پی اس	۲۰۰۰	آمریکا	GBU-57
۵۶۰	۳۵	۳/۲	۲-۲۰	Mig27, Mig29, Su32, Su24, Su25, Su27, Su32	تلویزیونی	۱۹۸۰	روسیه	KAB-500L-Pr
۱۵۰۰	۵۸	۴/۶	۲-۲۰	Mig27, Mig31, Su24, Su27, Su37, Mig1.42	لیزری	۱۹۹۲	روسیه	KAB-1500L-Pr

جدول (۲) مقایسه میزان نفوذ انواع بمب‌های نفوذگر در محیط‌های مختلف

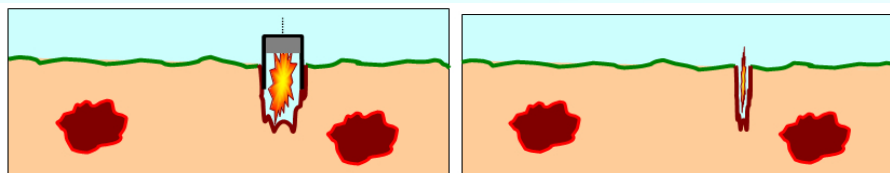
نوع بمب یا موشک	عمق نفوذ (بر حسب متر)		
	بتن مسلح	سنگ	خاک
GBU-12	۱	—	۵
GBU-15	۳/۴	—	۸
GBU-24	۳ - ۴	۱	۱۰ - ۱۵
GBU-27	۳ - ۴	۱	۱۰ - ۱۵
GBU-28	۶	۲	۳۰
GBU-37	۵	< ۲	۲۰ - ۳۰
GBU-57	۱۰	۳ - ۴	۶۱
BLU-109	۳	۱	۱۰
BLU-113	۱۰	۴	۳۰
BLU-118	۴	—	۲۰
N Series	< ۱	—	۴
MPR-500	۰/۲	—	۱
KAB-500L-Pr	۱	—	۱۲
KAB-1500L-Pr	۲	< ۱	۲۰



ب

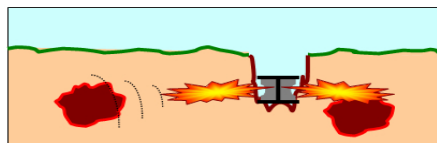
الف





د

ج



ه

شکل (۹) سیستم عملکرد این نوع بمب‌های سنگ‌شکن به صورت شماتیک در شکل‌های زیر نشان داده شده است. الف-شکل هندسی ساده شده سازه زیرزمینی ب-در بمب‌های مرسوم انفجار در سطح رخ داده و انرژی آن در ناحیه بزرگی در اطراف پخش می‌شود ج-بمب‌های سنگ‌شکن با ایجاد شکاف باریکی در عمق نفوذ می‌کنند د-بمب‌های سنگ‌شکن در مرحله اول مجرای نفوذی جنبشی ایجاد کرده و با انفجار اولیه دهانه حاصله از انفجار عریضی در محیط ایجاد می‌کند ه-بمب‌های سنگ‌شکن در مرحله دوم با نفوذ در زمین منفجر شده و ایجاد امواج جانبی بزرگی می‌کند که موجب خسارات زیادی به سازه‌های زیرزمینی می‌شود.

راه‌های مقابله با تهدیدات مخرب سازه‌های زیرزمینی

پدافند غیر عامل مجموعه اقداماتی است که با صرفنظر از منشاء تهدید متوجه حفاظت از اشیاء و پدیده‌های موجود باشد و موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات، اسناد و شریان‌های حیاتی یک کشور در مقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن و حتی پدیده‌های مخرب طبیعی می‌گردد. در این پژوهش با توجه به آشنایی کامل با تهدیدات مخربی که یک سازه زیرزمینی ممکن است با آن روبرو شود سعی شده است راهکارهای مناسبی برای هر تهدید مبتنی بر اصول پدافند غیر عامل ارائه شود. از آنجایی که اقدامات پدافند غیر عامل شامل مراحل استتار، اختفا، پوشش، فریب، تفرقه و پراکندگی، استحکامات و سازه‌های سطحی و زیرزمینی امن و اعلام خبر می‌باشد راهکارهای مقابله با پدیده‌های مخرب یک سازه زیرزمینی بر اساس همین مراحل بیان خواهد شد. با بررسی انجام شده بر روی این تهدیدات و محیط‌های مستعد بروز این مشکلات جدول (۳) ارائه شده است که با توجه به نوع محیطی که سازه قرار است در آن احداث شود مهم‌ترین تهدیدات مخرب احتمالی علیه سازه را با توجه ترتیب اهمیت بیان می‌کند.

جدول (۳) مقایسه تهدیدات مخرب احتمالی علیه سازه در شرایط محیطی مختلف

سنگ سست	سنگ سخت
اثر زلزله بر روی سازه‌های زیرزمینی و ریزش و شکست سازه زیرزمینی	اثر زلزله بر روی سازه‌های زیرزمینی و ریزش سنگ به داخل سازه
خطر روانگرایی خاک به هنگام زمین‌لرزه در اطراف سازه	_____
خطر نشست به خصوص نشست‌های تحکیمی زمین	_____
برخورد با لایه‌های سست و زون‌های برشی گسل‌ها و درزه‌ها و ترک‌ها و بروز ریزش و شکست کلی سازه	برخورد با گسل‌ها و دسته درزه‌ها و بروز انواع شکست و ریزش در داخل سازه
برخورد با آب‌های سطحی و زیرزمینی مزاحم در داخل سازه که موجب خرابی بسیاری می‌شود	برخورد با آب‌های سطحی و زیرزمینی مزاحم در داخل سازه که موجب خرابی می‌شود
برخورد با موانع سطحی و رو سطحی و قنات‌ها	برخورد با موانع سطحی و روستطحی و قنات‌ها
مواجهه با پدیده‌های مخرب همچون مچاله‌شوندگی، تورم و ...	_____
_____	انفجار سنگ در اثر تمرکز بار زیاد
خطر تهدیدات نظامی به میزان بسیار زیاد	خطر تهدیدات نظامی به میزان بسیار کمتر

راهکارهای مقابله با تهدیدات مخرب نظامی

در مبحث پدافند غیر عامل استحکامات به سازه‌های موقتی اطلاق می‌گردد که با توجه به شرایط و امکانات میزان اهمیت و آسیب‌پذیری نقاط حیاتی و حساس در محل‌های مناسب و اطراف تاسیسات ایجاد می‌گردد. با بهره‌گیری از اقدامات پدافند غیر عامل که شامل مراحل استتار، اختفا، پوشش، فریب،





تفرقه و پراکندگی، استحکامات و سازه‌های سطحی و زیرزمینی امن تا آنجایی که ممکن است از برخورد مستقیم با موشک بمب یا راکت یا ترکش مهمات به تأسیسات و یا تجهیزات جلوگیری کنیم و با استفاده از تقویت استحکامات و جانمایی و طراحی‌های دقیق و هوشمند سازه‌های مهم زیرزمینی اثرات انفجار، ترکش و موج انفجار را به طور نسبی خنثی نمایند. در ایجاد استحکامات لازم است طوری انجام گیرد که در اثر موج انفجار و یا اصابت مستقیم بمب، موشک یا راکت پیش‌بینی شده و چاره‌ای برای جلوگیری از وارد شدن زیان در اثر این اتفاقات اندیشیده شود. از جمله راهکارهای مقابله با این تهدیدات علیه سازه‌های مختلف به خصوص زیرزمینی به شرح زیر می‌باشد.

۱) نامنظمی و پراکندگی در احداث تأسیسات حیاتی زیرزمینی.

۲) استتار و استفاده از تکنیک‌های اختفاء و فریب.

۳) مکان‌یابی دقیق و علمی و بازدارنده از حملات.

۴) جلوگیری از نفوذ بمب‌ها و موشک‌ها به داخل زمین و یا منحرف کردن آنها.

۵) محافظت سازه ای از طریق بالا بردن مقاومت عناصر سازه ای.

نتیجه‌گیری

استفاده از پدافند غیر عامل جهت استفاده در سیستم‌های حمل و نقل به عنوان شریان‌های حیاتی اقتصادی هر کشور علی‌الخصوص ایران با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و سوق‌الجیشی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. با توجه به گسترش روزافزون تهدیدات خارجی و همچنین وجود زیرساخت‌های حمل و نقل به عنوان زیربنای اقتصاد ملی، مطالعات و اجرا در این زمینه مستلزم وجود اراده ملی می‌باشد. شرایط زمین‌ساختاری کلانشهرهای ایران که از دیرباز در کنار کوهپایه‌ها بنا شده‌اند علی‌الخصوص در مورد شهر تهران، تهدیدات زمین‌لرزه را بسیار بدیهی می‌نماید که وجود تونل‌های مترو و گسترش روزافزون استفاده از آن تمهیدات ویژه‌ای را در زمینه استحکامات سازه‌ای می‌طلبد زیرا این سازه‌ها می‌توانند در زمان وجود تهدیدات نظامی به عنوان مکان‌های استتار و اختفا استفاده گردند و از آن در شرایط ویژه به عنوان پایگاه‌های بحران استفاده نمود. در زمینه خطوط راه‌آهن نیز با توجه به سابقه جنگ تحمیلی هشت ساله علیه میهن عزیزمان و موشک‌باران خطوط راه‌آهن و سازه‌های فنی آن استفاده از تکنیک‌های مکان‌یابی و محافظت‌های سازه‌ای امری لازم‌الاجرا می‌باشد. با توجه به قدمت خطوط ریلی برون شهری در بعضی مسیرها تحکیم این خطوط و ایجاد خطوط جایگزین بایستی مدنظر قرار گیرد.

منابع

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی معادن متروکه با استفاده از ژئوشیمی و زمین‌آمار، سید علیرضا آشفته و شراره حاج‌علی، اولین همایش زمین‌شیمی کاربردی ایران، دانشگاه دامغان با همکاری انجمن زمین‌شناسی ایران، ۵ و ۶ شهریور ماه ۱۳۹۲، ۴۶۰

بازسازی معادن متروکه با کمک ابزار GIS، سید علیرضا آشفته و شراره حاج‌علی، اولین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند زیستی، موسسه آموزش عالی مهر اروند با همکاری گروه ترویجی دوست‌داران محیط‌زیست، ۱۰ دی ماه ۱۳۹۲، HN10107750526

بررسی حفاری با استفاده از TBM و راهکارهایی از منظر پدافند غیرعامل مطالعه موردی تونل نیایش تهران، سید علیرضا آشفته و احسان قدمی، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند با همکاری گروه ترویجی دوست‌داران محیط‌زیست، ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲، NA10112431681

عملیات طراحی و اجرای حفاظت از گودبرداری مجتمع اداری - تجاری باران، سید علیرضا آشفته و احسان قدمی، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند با همکاری گروه ترویجی دوست‌داران محیط‌زیست، ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲، NA10112432140

مکان‌یابی زمین‌لغزش و استقرار روستاهای گلی و عرب در شهرستان بجنورد، سید علیرضا آشفته، همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار با محوریت کاهش خطرپذیری در بلایای طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد با همکاری موسسه آموزش عالی خاوران، ۷ آذر ماه ۱۳۹۲، CIV-111

مطالعات زمین‌لغزش روستای گوگرد در محدوده شهرستان خوی، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی معماری و فضاهای شهری پایدار، دانشگاه فردوسی مشهد با همکاری گروه پژوهش‌های کاربردی پرمان، ۱ آذر ماه ۱۳۹۲، HN10107410733

مطالعات زمین‌لغزش و تثبیت زمین در محدوده شهرک طالقان، سید علیرضا آشفته و احمد ادیب، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز با همکاری پتروشیمی تبریز، ۲۷ و ۲۸ آذر ماه ۱۳۹۲، ۱۲۰۰۵۸۳

تحلیل ریسک در حفاری مکانیزه تونل‌ها به روش EPB، سید علیرضا آشفته و احمد ادیب، سی و چهارمین گردهمایی ملی علوم زمین و دومین کنگره





بین المللی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور با همکاری وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۳ تا ۵ اسفند ماه ۱۳۹۴، ۱۸، ۱۳۹۳، ۵۱۰۳۰

بررسی پتانسیل های فلزی محدوده بیدخان با استفاده از ژئوشیمی، سید علیرضا آشفته و احمد ادیب، کنفرانس ملی علوم معدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری و سازمان نظام مهندسی معدن استان مازندران با همکاری شرکت ذغالسنگ البرز مرکزی و شرکت کانی کاوان شرق، ۱۱ و ۱۲ شهریور ماه ۱۳۹۳، ۱۵۰۱

تحلیل خطر زمین لرزه و طیف طراحی مصلی امام خمینی(ره) تهران، سید علیرضا آشفته، احمد ادیب، مجید ملکی و غلامرضا طاهریان، همایش و نشست تخصصی مدیریت شهری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر با همکاری شهرداری اسلامشهر، ۴ و ۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲، ۱۹

مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی سازه های جنبی مجتمع فولاد قائنات، سید علیرضا آشفته، احمد ادیب، مجید ملکی و نیکنام شاکرمنظری، همایش و نشست تخصصی مدیریت شهری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر با همکاری شهرداری اسلامشهر، ۴ و ۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲، ۲۰

مطالعه ژئوتکنیک، ژئوفیزیک پل رسالت واقع در تقاطع بزرگراه رسالت و بزرگراه مدرس، سید علیرضا آشفته، رضا حسنی روشن، اعظم حاجیان، اولین همایش ملی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد با همکاری پژوهشگاه بین المللی زلزله، ۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۵۴۰۱۵۲HN

مهندسی پی و مقاومت مصالح طرح بهسازی لرزه ای پل مطهری واقع در تقاطع بزرگراه مدرس و خیابان مطهری، سید علیرضا آشفته، رضا حسنی روشن، اعظم حاجیان، اولین همایش مجازی ملی علوم زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان با همکاری انجمن علمی - پژوهشی کاشگران جوان زمین ارومیه، ۲۴ اسفند ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۵۶۰۲۶۲HN

مطالعات مهندسی پی و مقاومت مصالح طرح بهسازی لرزه ای پل بهشتی، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی با همکاری انجمن ژئوتکنیک، ۳۰ مهر ماه تا ۱ آبان ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۷۸۹۱۲۴۲OHN

مطالعات بستر طول محور قطار شهری تبریز، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی با همکاری انجمن ژئوتکنیک، ۳۰ مهر ماه تا ۱ آبان ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۴۳۰۱۲۵۹HN

مطالعات زمین شناسی مسیر تونل کمکی کانال ابوذر، سید علیرضا آشفته، همایش ملی علوم زمین و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میمه، ۱۴ اسفند ماه ۱۳۹۳، بدون کد مقاله

مطالعات ژئوتکنیک مسیر تونل کمکی کانال ابوذر، سید علیرضا آشفته، همایش ملی علوم زمین و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میمه، ۱۴ اسفند ماه ۱۳۹۳، بدون کد مقاله

زمین شناسی اقتصادی محدوده اکتشافی مس چاه موسی غرب طرود واقع در استان سمنان، سید علیرضا آشفته، همایش ملی زمین شناسی و اکتشاف منابع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، مرکز همایش های علمی همایش نگار با همکاری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور(مرکز منطقه جنوب خاوری)، شرکت ملی نفت ایران، ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۳، ۹۳۰۵۴۱۰۳۳۴GEO

عملیات ژئوفیزیک محدوده اکتشافی مس چاه موسی غرب طرود واقع در استان سمنان، سید علیرضا آشفته، همایش ملی زمین شناسی و اکتشاف منابع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، مرکز همایش های علمی همایش نگار با همکاری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور(مرکز منطقه جنوب خاوری)، شرکت ملی نفت ایران، ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۳، ۹۳۰۵۴۱۰۳۳۹GEO

زمین شناسی اقتصادی و ارزیابی ذخیره در محدوده کانسار مس اویرک - الموت، سید علیرضا آشفته، دومین کنفرانس ملی جغرافیا و زمین شناسی، موسسه اطلاع رسانی نارکیش با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه پیام نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه کردستان، ۲۹ مرداد ماه ۱۳۹۴، ۱۰۱۰۶۶۰۰۶۵HN

مطالعات ژئوفیزیک به روش IP & RS در محدوده کانسار مس اویرک - الموت، سید علیرضا آشفته، دومین کنفرانس ملی جغرافیا و زمین شناسی، موسسه اطلاع رسانی نارکیش با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه پیام نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه شهید چمران





اهواز، دانشگاه کردستان، ۲۹ مرداد ماه ۱۳۹۴، ۱۰۱۰۶۶۰۰۶۶HN

مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی در محدوده کانسار مس اوپرک - الموت، سید علیرضا آشفته، دومین همایش ملی علوم شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، دانشگاه جامع علمی و کاربردی با همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان نظام مهندسی ساختمان شورای مرکزی، ۱۶ بهمن ماه ۱۳۹۳، ۱۰۱۸۱۶۵۵۹CBG

معرفی مناطق امیدبخش معدنی با استفاده از ژئوشیمی و زمین‌آمار در محدوده زیرآب - سوادکوه، سید علیرضا آشفته، دومین همایش ملی علوم شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، دانشگاه جامع علمی و کاربردی با همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان نظام مهندسی ساختمان شورای مرکزی، ۱۶ بهمن ماه ۱۳۹۳، ۱۰۱۸۱۶۵۳۸CBG

تحلیل پایداری و قابلیت اعتماد شیب دیواره‌های معدن سطحی چغارت، سید علیرضا آشفته، دومین کنفرانس ملی سرب و روی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان با همکاری وزارت صنعت، معدن و تجارت استان زنجان و شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران و شرکت مجریان توسعه معادن آسیا(متما)، ۷ آبان ماه ۱۳۹۳، بدون کد مقاله

طراحی مدل بلوکی سه‌بعدی با استفاده از نرم‌افزار DataMine مطالعه موردی معدن مس سرچشمه کرمان، سید علیرضا آشفته، همایش کاربرد کامپیوتر در علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور با همکاری وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۹ دی ماه ۱۳۹۳، بدون کد مقاله

تحلیل سیستم تهویه زیرزمینی با تکنولوژی گاز ردیاب و CFD، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، دانشگاه گلستان با همکاری شرکت مهندسی عمران بنای تدبیر، ۲۷ آذر ماه ۱۳۹۳، ۲-۱۰۱۱۲۲۵۱۳۱۲HN

زمین‌شناسی مهندسی احداث مجتمع ساختمانی برج بهمن، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، دانشگاه گلستان با همکاری شرکت مهندسی عمران بنای تدبیر، ۲۷ آذر ماه ۱۳۹۳، ۱۰۱۱۲۲۵۱۳۱۲HN

زمین‌شناسی مهندسی احداث مجتمع تولید پلی‌اتیلن سنگین پتروشیمی دهدشت، سید علیرضا آشفته و قدرت‌الله محمدی، اولین کنفرانس ملی معماری و شهرسازی اسلامی، دانشگاه جامع علمی کاربردی با همکاری دانشگاه علمی کاربردی زاهدان(۲)، ۲۰ بهمن ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۷۰۵۰۷۶۱HN

مطالعه ماکروسکوپی سنگدانه‌ها برای ساخت بتن، قدرت‌الله محمدی و سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی معماری و شهرسازی اسلامی، دانشگاه جامع علمی کاربردی با همکاری دانشگاه علمی کاربردی زاهدان(۲)، ۲۰ بهمن ماه ۱۳۹۲، ۱۰۱۰۷۰۵۰۷۶۴HN

پیزومتر کردن گمانه به روش کاساگرانده در ایستگاه میدان صنعت از خط هفت متروی تهران، سید علیرضا آشفته و قدرت‌الله محمدی، کنفرانس پژوهش‌های نوین در علوم فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور و موسسه حامیان زیست‌اندیش محیط آرمانی با همکاری استانداری اردبیل و سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، ۳ خرداد ماه ۱۳۹۵، ۰۰۵۱۰۰۲۲-۱۶ibsnS

رسوب‌شناسی ماسه‌های ساحلی با روش ترسیمی و لحظه‌ای، سید علیرضا آشفته و قدرت‌الله محمدی، اولین همایش تخصصی و ملی کاربرد سیالات درگیر در علوم زمین، دانشگاه زنجان با همکاری مرکز مطالعات فلوئید اینکلوژن دانشگاه مونتانا لئوبن اتریش، ۹ تا ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴، ۱۵

تشریح پتروگرافی رسوبات آبرفتی شمال ساختگاه سد باروق، قدرت‌الله محمدی، امیر موسوی و سید علیرضا آشفته، اولین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان با همکاری، ۴ تا ۶ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲، ۱۲T۱۵۲۸TIAUConfP

تشریح پتروگرافی رسوبات آبرفتی سد حاجیلر خاروانا در شهرستان ورزقان(شمال غرب ایران)، سید علیرضا آشفته، نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن ایران، دانشگاه بیرجند، انجمن علمی کرونا با همکاری وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان نظام مهندسی معدن خراسان جنوبی، ۷ تا ۹ آبان ماه ۱۳۹۲، ۲۰۰۱۹۱

اثرات زیست‌محیطی و ژئوشیمی سرب و روی معدن انگوران زنجان، سید علیرضا آشفته، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن ایران، دانشگاه کاشان و انجمن مکانیک سنگ ایران با همکاری سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و سازمان نظام مهندسی معدن ایران، ۷ تا ۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵، ۰۰۱۱smec۱۰





برآورد میزان بار رسوب در مخزن ایستگاه سیرا ورودی سد امیرکبیر، سید علیرضا آشفته، اولین همایش ملی محیط‌زیست طبیعی، دانشگاه پیام نور استان گیلان و پژوهشکده محیط‌زیست جهاد دانشگاهی گیلان با همکاری دانشگاه گیلان و جهاد کشاورزی گیلان، ۱۰ اسفند ماه ۱۳۹۴، ۱۵neconf-۰۰۶۸۰۰۴۸

برآورد میزان بار رسوب در مخزن سد دهستان پشتکوه، سید علیرضا آشفته، نوزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، دانشگاه پیام نور و انجمن زمین‌شناسی ایران با همکاری سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت زرآما، ۲۶ تا ۲۷ آذر ماه ۱۳۹۴، ۱۰۱۰۳۱۰۱۸۲HN

جایگاه تحقیق و توسعه در فناوری، تولید ملی و درون‌زایی با نگاهی به بخش معدن، سید علیرضا آشفته، اولین نشست و همایش تخصصی صنعت درون‌زا و برون‌گرا، کمیسیون صنعت و معدن مجمع عالی بسیج مستضعفین با همکاری سازمان بسیج مهندسین صنعتی، ۲۴ شهریور ماه ۱۳۹۴، بدون کد مقاله

توسعه معدن با مدیریت جهادی، راهکار برون‌رفت از اقتصاد نفتی و تحقق اقتصاد مقاومتی، سید علیرضا آشفته، دومین کنفرانس بین‌المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی، دانشگاه پیام نور (واحد شهرکرد) با همکاری جهاد دانشگاهی تهران، ۱۸ خرداد ماه ۱۳۹۵، ۰۱۲۴۰۱۰۱-۲۰۱۶icaefm

صنعت انرژی خورشیدی راهی برای اشتغال معدنچیان بیکار زغال‌سنگ (کوچک‌سازی صنعت زغال‌سنگ)، سید علیرضا آشفته، سومین کنفرانس بین‌المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی، دانشگاه پیام نور (واحد شهرکرد) با همکاری جهاد دانشگاهی تهران، ۲۲ آبان ماه ۱۳۹۵، ۱۷HN-۰۰۵۱۰۰۷۵

