راهکارهای حفاظت از خطوط راه آهن درمقابل بحران ناشی از هجوم شن‌های روان و ارایه راهکار بهینه جهت مدیریت بحران

هوشنگ صمدی پاکدل، دانشجوی دکتری، پژوهشگاه مهندسی بحرانهای طبیعی شاخص پژوه ، اصفهان، ایران

E-mail: hppakdel@yahoo.com

دریافت : ۱۳۹۶/۰۸/۰۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶

چکیده

در دنیای امروز حمل و نقل نقش کلیدی و مهمی را در فرآیند توسعه اقتصادی- سیاسی و اجتماعی به عهده دارد. در این میان صنعت ریلی به سبب مشخصه‌هایی نظیر کاهش مصرف سوخت، آلودگی زیست محیطی کمتر، ایمنی بالا ،مصرف زمین کمتر و حجم بالای انتقال کالا و مسافر از اولویت بیشتری نسبت به سایر شقوق حمل ونقلی برخوردار است. از این رو، تمرکز بر بهبود آن،لزوم پیشگیری از وقوع بحران از زمینه های تهدیدآمیز ازنیازمندی‌های اجتناب ناپذیر محسوب می‌گردد. از آنجا که ورود ماسه های روان به خطوط راه آهن باعث رسوب ماسه روی خطوط و مسدود شدن خط آهن ، خروج از خط، صدمه به انعطاف خط ،خرابی علائم الکتریکی و ناوگان ریلی و درواقع باعث بروز بحران می گرددر این تحقیق به بررسی راهکارهای سنتی و مدرن و یک راهکار ابداعی جهت کاهش ورود ماسه به خطوط ، تجمع کمتر ماسه روی خطوط راه آهن پرداخته شده است، علاوه بر راه حلهای موجود به راهکار ایجاد کانالهای عبور ماسه در خاکریزها همراه با اصلاح فرم هندسی کوهان ترواسهای راه آهن وارایه طرح بهینه کانالهای تعبیه شده جهت حرکت آسان ماسه، باز گذاشتن مسیر عبور ماسه جهت حرکت روان آنها از منطقه خطوط راه آهن پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: دال خط ، ماسه های روان، منطقه ماسه گیر، بحران، خاکریز، کانال

۱. مقدمه

برای تکمیل و بهبود شـــبکه های خطوط ریلی، عبور ریل از مناطق بیابانی اجتناب‌ناپذیر اســـت. از ســـوی دیگر هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری خط و ناوگان و زیان های ناشـــی از مسدود شدن ودرنتیجه تاخیردربهره برداری ازحرکت قطارها به اثر حرکت ماســـه‌های روان، خســـارات هنگفتی را ایجاد کرده است. این ضرورت توجه به شناخت مشکلات خطوط آهن در مناطق کویری و ارائه راهکارهای مناسب را بیش از پیش آشکار میســـازد. کشـــورهایی مانند چین، آمریکا و هندوســـتان نیز درگیرمشکلات ماسه‌های روان در مناطق بیابانی هستند[حسنی ، ۱۳۹۱]. در این کشـــورها تجربیات گســـترده ای به لحاظ شناخت شرایط حاکم بر مناطق کویری و رفتار ماسه‌های روان و نیز راه‌کارهای رویارویی با تأثیرات منفی مناطق بیابانی بر خط آهن به دست آمده است. ازجمله اثرات بحران ورود ماسه به خطوط راه آهن میتوان به اثر آنها برکندی و یا توقف حرکت قطارها ، آلودگی زیست محیطی ، ایجاد مشکلات تنفسی برای مسافرین،ورود ماسه به دستگاههای تهویه قطارهای مسافری و...اشـاره نمود. برای پیشـگیری وکمترکردن مشـکلات فرارو، مطالعات وبرنامه های کوتاه مدت و بلندمدت زیادی ارائه گردیده اســـت.روش هایی که تاکنون در ایران و در ســـطح بین‌المللی برای مقابله با بحران ماســـه های روان به کارگرفته شده، دردوطبقه اصلی سنتی ونوین تقسیم می شوند که ازمیان روش‌های ســـنتی می‌توان به مالچ پاشـــی ، نهال‌کاری و حفر خندق و از میان روش‌های نوین به تثبیت بیولوژیک و اسـتفاده از تراورس های کوهان‌دار اشـــاره کرد.لیکن در میان همه روش‌های عنوان شـــده، هیچ روشـــی به‌طورکامل وازدیدگاه روســازی خط ریلی،به حل مشـکلات موجود به ویژه صـلبیت لایه بالاســت و مســدودشــدن خط نپرداخته اســت[حســنی، ۱۳۹۱].

پس ازطبقه‌بندی مشکلات و شناخت وضعیت خطوط راه آهن ایران درمناطق کویری ونیز بررســی راهکارهای اســاســی برای کاهش مشکلات دراین مناطق،به معرفی سیستم های سنتی و نوین پرداخته شده است،روشهای مورد بررسی شامل تثبیت بوم‌زیستی(بیولوژیکی) ماسه : حفظ و ایجاد پوشش نباتی در روی سطح، تثبیت فیزیکی و مکانیکی ،روشهای تثبیت شیمیایی ماســـه،واریانت جدید،احداث گالری و تونل ،اســـتفاده از ماشین‌آلات مکانیزه ،روشهای مدرن اجرایی شامل استفاده از دال خط معمولی به جای خطوط ســـنتی بالاســـتی، اســـتفاده از تراورس کوهانـدار،**روش**خطوط جعبـه ای مـدولارTMT[1] ،اســـتفاده از دال خط کوهاندار و نیز مطالعه تجربیات ســـایر کشورها در این زمینه معرفی شده است.

دراین تحقیق به راه حل های پیشـنهادی نوین نظیر تعبیه کانال در خاکریزهای ریلی با انتخاب بهترین فرم هندســـی کوهان در دال خط های کوهاندارخطوط ماســـه گیر راه آهن به جای خطوط بالاســـتی ســـنتی که دارای مزایای بســـیار زیادی اســـت پرداخته شده است که هدف از این مطالعه شناسایی روشهای مطالعه شده در کشورهای مختلف،انتخاب بهینه ترین روشها ی موجود و ارایه ۲ راه حل پیشنهادی جهت اجرایی نمودن آن در سطح خطوط ریلی خصوصا در محور بم – زاهدان می باشد که بدان اشاره شده است، در این مطالعه بهترین گزینه گزینه ای اســـت که از بحران ماســـه های روان بکاهد بطوریکه با باز گذاشتن مسیر عبور ماسه رسوب ماسه روی خطوط آهن به کمترین میزان خود برسد.

۲. بحران ورود ماسه به خطوط راه آهن ، مناطق ماســـه گیر راه آهن و اهمیت بررســـی موضوع

بیش از ۸۰ درصـد از سـطح کشـور را مناطق خشـک و نیمه خشـــک در بر گرفته و بر اســـاس بر آورده های به عمل آمده حدود ۲۰ درصـد از سـطح کشـور یعنی بیش از ۳۲/۶ میلیون هکتار را نیز اراضی بیابانی و کویری تشکیل می دهند.مهمترین خسارات وارده ناشی از ورود ماسه به خطوط راه آهن شامل

تقلیل سرعت قطارها، فرسودگی پیش از موعد اتصالات خط، تراورسها و ریل ، خرابی وسایل نقلیه ریلی و سامانه ارتباطات و علایم الکتریکی ،خروج از خط ، توقف حرکت قطارها ،افت سرعت شده و هراز چندگاهی نیز باعث ایجاد سوانح ریلی و در نتیجه تاخیر و نارضایتی مسافرین در قطارها و صاحبان کالاها می شود[حسنی، ۱۳۹۱] .از جمله مشکلات دیگر این است که در تمامی طول این مسیرها قطارهای مسافری تردد می نمایند بطوریکه سالیانه در حدود۲میلیون نفر مسافر از این مناطق عبور می‌کنند که با توجه به اینکه مساله ماسه های روان موجب کاهش سرعت قطارها شده است تاخیر قطارها در این مناطق زیاد است که باعث نارضایتی مسافرین و ایجاد بحراندرمسیرریلی می گردد.

۳. اثر توفان ماسه برسیستمهای سیر و حرکت قطارها

٤. توفان ماسه از جمله اثرات توفان ماسه بر سیستمهای سیر و حرکت قطارها و مسافرین کاهش سرعت سیر قطار و یا حتی توقف آن،کاهش ظرفیت باربری خطوط آهن، طولانی شدن سیر قطارها،خارج شدن احتمالی قطار از خط، آلوده شدن فضای داخل واگنها و نیاز به نظافت مکرر،عدم جذب مسافر و کالا،به خطر افتادن سلامت مسافرین و مامورین بعلت ورود ماسه از طریق تهویه به داخل کوپه، افزایش مانور به لحاظ شکستگی در آلات ناقله و واگنها، کاهش شدید دید در منطقه(۳ کیلومتراست. از جمله اثرات سوء مناطق کویری بر آسایش و رفاه مسافرین و پرسنل قطار ، ناراحتی مسافرین بعلت ایجاد طول موج های پایین بعلت وجود ماسه روی ریل که این موضوع با ایجاد سر وصدا و لرزش موجبات ناراحتی مسافرین را فراهم می نماید،تقلیل سرعت و کندی سیر موجب تاخیر در رسیدن به مقصد، کارایی کم نیروی انسانی و حتی ماشین آلات در شرایط آب و هوایی بیابانی، مسدود شدن خط و توقف قطارهای مسافری،ایجاد سر و صدا و جرقه روی ریل و ناراحتی مسافرین و مامورین،ورود گرد و غبار ناشی از طوفان ماسه به داخل کوپه های مسافرین و اذیت و آزار مسافرین خصوصاً مسافرین دارای بیماریهای قلبی و ریوی،منظره خشک و بیابانی اطراف خط آهن مناطق بیابانی که می تواند تاثیر نامطلوبی بر مسافرین و مامورینی که دائماً از این مسیرها عبور می نمایند داشته باشد، هر چند برای مسافرین توریستی و تفریحی شاید بخشهایی از منطقه جذبه ویژه ای داشته باشد[احمدی، ۱۳۸۹و باقری، ۱۳۸۲].اثرات مخرب ماسه بر راه آهن را می توان در دسته های زیر مورد بررسی قرار داد: اثرات مخرب ماسه بر روسازی، قطارها و آلات ناقله اثرات مخرب ماسه بر علائم و ارتباطات وتاسیسات ،اثرات مخرب ماسه بر آسایش و رفاه مسافرین و مامورین قطارها، اثر طوفان ماسه های روان بر سیستمهای سیر و حرکت، عوارض اجتماعی طوفان ماسه های روان

نام ناحیه	طول منطقه ماسه گیر km .
جنوبشرق	۳۳۰
جنوب	۳۸
هرمزگان	۱۱
شمالشرق	۲۹
شرق	۱۷
تهران	۸۵
اصفهان	۲۵
مجموع (کیلومتر)	۵۳۵

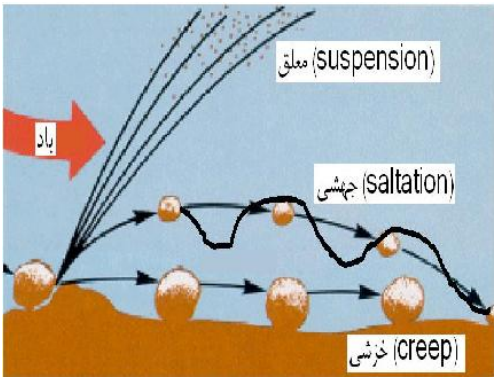
جدول ۱- طول خطوط ماسه گیر ریلی سهم مناطق ماسه گیر[دفتر مهندسی و نظارت زیربنایی راه آهن، ۱۳۸٤].

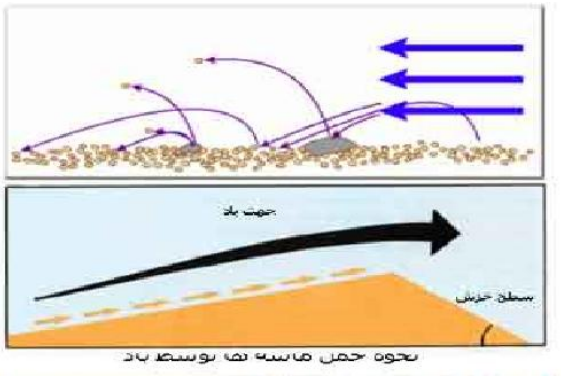
شکل ۱. ورود ماسه به خط آهن

۵. نحوه انتقال ذرات ماسه در مناطق بیابانی

باد قادر است ذرات موجود در سطح زمین را برداشته و با خود تا مسافتی حمل نماید. میزان حمل، مقدار جابجایی و سرعت ته نشست مواد بستگی مستقیم به قدرت (سرعت) باد و قطر ذرات دارد. یعنی هرچه سرعت باد بیشتر باشد می‌تواند ذرات را به ارتفاع بیشتر و به فاصله دورتر ببرد و همچنین دانه‌های درشت‌تری را با خود حمل کند.حمل مواد به وسیله باد نسبت به وزن دانه‌ها به سه طریق انجام می‌گیرد : الف- حرکت ذرات بصورت معلق (ذرات خیلی ریز) ارتفاع حرکتی این ذرات در حدود ۲ تا ٤ متر تخمین زده می شود. ب- حرکت انتقال ذرات بصورت جهشی(ذرات متوسط) ذرات متوسط(۰/۱۵ تا ۰/۲۵ الی ۰/۵ میلی متر) را از جا بلند کند بلکه بر اثر برخورد ذرات ماسه با یکدیگر به هوا پرتاب می‌شوند که به این نوع حرکت جهشی می‌گویند. وارتفاع حرکتی آنها تا ۲ متر میرسد. ج- حرکت چرخشی - خزشی (ذرات درشت) ذراتی که درشت‌تر هستند(قطر متوسط بیش از ۰/۵ میلی متر) اغلب به سبب وزن و درشی از جا کنده نشده و در هوا پراکنده نمی‌شوند بلکه وقتی سرعت باد به‌حد کافی برسد با چرخش و یا غلطیدن به سمت جلو حرکت می‌کنند. این عمل چرخش را Rotation می‌گویند و حرکت آن در لایه های سطحی زمین صورت می گیرد.برداشت ماسه از یک ناحیه با عنوان حوزه برداشت و رسوب گذاری در ناحیه دیگر یعنی حوزه ترسیب اتفاق می افتد[انصاری، ر، ۱۳۸۵]

شکل ۲. ورود ماسه و انباشت روی خطوط





شکل ۳. مراحل حرکت ماسه (حوزه برداشت به ترسیب) و انواع انتقال ذرات ماسه در مناطق بیابانی

٦. راهکارهای اساسی جهت کاهش مشکلات راه آهن در مناطق کویری

تعدادی از تحقیقات در این زمینه عبارتند از: بررسی تأثیر بادشکن‌های طبیعی در کنترل بیابان درایالت دآشین فرسایش بادی وتثبیت ماسه‌های روان درنینشیا وبررسی تأثیرپوشش گیاهی وروش‌های زیست محیطی برفرسایش ناشی ازماسه وباد درتونل باد آزمایشگاه انجمن علمی‌وتحقیقات مهندسی دانشگاه چین درمناطق ماسه‌ای شاپوتو درشمال چین ازمیان سایر کارهای انجام شده می‌توان به تجربیات گسترده کانال ایندی راگاندی،روش‌های تثبیت تپه‌های ماسه‌ای متحرک و نیزتحقیقات بخش جنگلداری ایالت راجستان بااحداث کمربندحفاظتی جاده‌ه اوراهآهند درهنداشاره کرد،سازمان حفاظت منابع طبیعی امریکا (NRPA) نیزبرای حفاظت از تپه‌های ماسه‌ای و ایجاد و نگهداری پوشش گیاهی،روش‌هاومعیارهای مختلفی را ارائه کرده است درکشورهای مختلف راهکارهای متفاوتی برای پیشگیری از مشکلات ماسه های روان در نظر گرفته شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره میگردد:

۱.روشهای تثبیت بوم‌زیستی(بیولوژیکی) ماسه : حفظ و ایجاد پوشش نباتی در روی سطح خاک ، انواع گز، آکاسیا و....

الف- کاشت درختچه ها:

تثبیت ماسه ها بوسیله کاشت نی، درخت و درختچه امکان‌پذیر ا ست. در ارزیابی ضخامت ما سه ر سوبگذاری شده، توجه به تراکم و نوع پوشش درختچه‌ها الزامی است، که رعایت این مهم نقش به سزایی درپیشگیری از ورود ماسه های روان به خطوط ریلی دارد.علاوه بر توپوگرافی منطقه، کاشت گیاه و درختچه های مخصوص مناطق بیابانی در میزان تجمع ماسه موثر است. به منظور تثبیت ماسه در منطقه شاپوتوچین، گیاهانی از قبیل آرتمیسیا اوردوزیکا[1]، خارشتر اسکوپاریوم[2] وکاراگاناکورشینسکی[3]کاشته شده است (شکل٤). بدیهی است که رابطه مستقیم و مثبتی بین درصد پوشش درختچه‌ها و ارتفاع ماسه تجمع یافته وجود دارد. بازای هر ۱۰٪ افزایش پوشش درختچه‌ای، ٤ میلیمتر از ضخامت رسوب ماسه کاسته می‌شود. علاوه بر تراکم پوشش درختچه، نوع و شکل آنها نیز موثر است. باید درختچه‌ها همزمان کاشته شوند تا در آینده ارتفاع و عرض مشابهی داشته باشند. کاشت ۳۰ درختچه در یک قطعه در صورتی که از جنس خارشتر باشد ۳۷ میلیمتر تجمع ماسه اگر اوردوزیکا باشد ۳/۲۹ میلیمتر تجمع ماسه را به همراه خواهد داشت

شکل٤. تثبیت ماسه‌های روان در سال ۱۹۸۱ بوسیله کاشت گیاهان خارشتر و اوردوسیکا و کاراگانا کورشینسکی

ب- کاشت درختان تاق و اسکنبیل و گز در دو طرف خط آهن:

این گیاهان به همراه سایر گیاهان برگ‌سوزنی که مناسب منطقه بودند توسط منابع طبیعی و سازمان مراتع و جنگل‌ها و با همکاری راه‌آهن در مسیرهای مورد نظ کاشته شد که پس از گذشت چندین سال و رشدآنها، تا حدود ۹۵٪ موثر واقع گردید و بازدیدهای اخیر بیانگر تثبیت شن‌های روان است ولی همچنان نیاز به مراقبت مانند واکاری، مراقبت از محدوده نهالکاری بوسیله سیم‌خاردار برای جلوگیری از ورود احشام و آسیب‌دیدگی درختچه‌ها و همچنین سایر صدماتی که می‌توان با تمهیدات لازم آن را به حداقل ممکن رساند.کاشت درختان تاق و اسکنبیل که با شرایط اقلیمی منطقه سازگار بوده و نیاز به مراقبت و نگهداری کمتری دارند تا حدود زیادی جوابگوی مشکلات حاکم بوده است. در حالی که درخت گز به دلیل نیاز به مراقبت بیشتر، در این مناطق نمی‌تواند بخوبی رشد نماید.

۲.روشهای تثبیت فیزیکی و مکانیکی : حفر خندق و خاکریزو...:

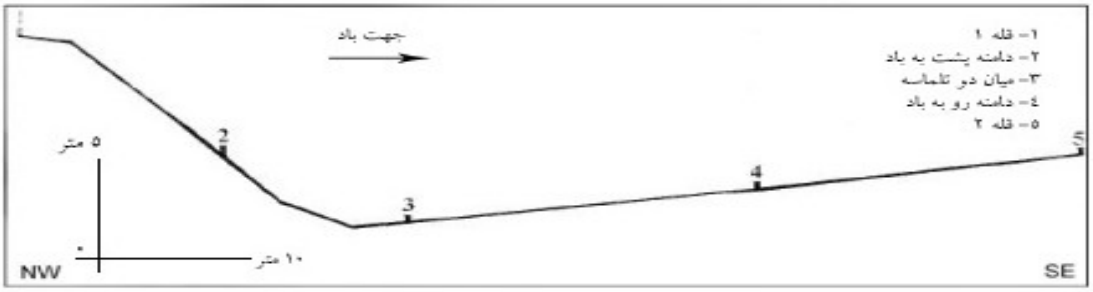
الف- اجرای روش تله خاک:

تله خاک مانند سطل است که برای برآورد تاثیر توپوگرافی تلماسه‌ها بکار برده می‌شود. به منظور اجرای تحقیقات در منطقه شاپوتو، پنج تله در قسمتهای مختلف تلماسه ها تعبیه شد (شکل ۵).

در هر ماه میزان تجمع ماسه درتله‌ها اندازه‌گیری می‌شود. ماههایی که در آنها بارندگی اتفاق می‌افتد، در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شوند.

ب- اقدامات حفاظتی تثبیت مکانیکی در سواحل رودخانه زرد چین

در منطقه شاپو[٤] واقع در حاشیه جنوب شرقی کشور چین بیابان تنگر موجود می باشد که در آن خطوط راه‌آهن در ساحل شمالی رود خانه زرد قرار دارد. در این منطقه ارتفاع تل ماسه‌های متحرک ۵۰ تا ۱۰۰ متر از سطح رودخانه بالاتر قرار گرفته اند. این تل ماسه‌ها به روی جلگه‌های ماسه‌ای بدون پوشش پراکنده اند و تحت تاثیر باد غالب شمال غرب و بادهای فرعی جنوب شرق تهاجم آنها بطرف جلو و به شکل زیگزاگ از شمال غرب به جنوب شرق بوده و سرعت حرکت میانگین سالانه آنها از ۳ تا ۵ متر است، [دفتر مهندسی و نظارت زیربنایی راه آهن، ١٣٨٤]. به منظور جلوگیری از پو شیده شدن خطوط راه‌آهن توسط ماسه‌ها اقدامات زیر بعمل آمده است:



شکل۵. موقعیت تله‌های ماسه در تلماسه‌ها

- ســـاخت کمربندهای حفاظتی در دو طرف خطوط راه‌آهن، عرض این کمربندها در ســـمت مواجهه با باد ۵۰۰ متر و در سمت دیگر ۳۰۰ متر است.
- ساخت چپرهای حصیری با استفاده از ساقه‌های گندم و برنج در ابعاد ۱×۱ متر روی سطح تل ماسه‌های متحرک. این چپرها در کاهش ســـرعت باد در ســـطح زمین و همچنین ســـرعت جابجایی ماسه‌ها بوسیله باد نقش موثری ایفا می‌کنند.
- کشت گونه‌های گیاهی مناسب در قسمت داخلی چپرها جهت تثبیت ماسه‌ها و استواری سطح تل‌ماسه‌ها (شامل گیاهان درمنه و کارا گانا و غیره)
- بر افراشتن موانع قائم ایستایی جهت انباشته شدن ماسه‌های روان و مرتفع کردن تل ماسه‌ها در سمت رو به باد تل‌ماسه‌ها که کند کردن سرعت حرکت ماسه‌ها را نیز در پی دارد
- مفروش کردن زمین با ســنگ ریزه ها که اثر ایســتایی خوبی بر ماسه‌های روان را دارد. این کار در طول خطوط راه‌آهن ایستگاه شــاپو به کار رفته اســت، [دفتر مهندســی و نظارت زیربنایی راه آهن، ۱۳۸٤].

ج- کاشـــت تراورس یا ســـپرکوبی(ایجاد دیوارهای مانع جهت کنترل حرکت ماســـه های روان): در این روش تخته یا تراورس بصورت عمودی در زمین در جهت باد کاشته می شود که این روش به علت اینکه سرعت زیاد شن‌های روان، جوابگو نبوده است بطوریکه که پس از گذشت یکسال، وزش باد و حرکت شن‌ها باعث پر شدن پشت تراورس‌ها گردید و مشکل جدید حمل ماســـه‌های تجمع یافته پشـــت این دیوارها بود. بنابراین مشکل به طور کامل برطرف نمی‌شد.

ه- احداث چاه با مجوز رسمی: اجازه احداث چاه و ایجاد یک تلمبه فعال آب به کشاورزان منطقه، باعث گسترش کشاورزی و سرسبزی مناطق ماسه‌گیر شده و به تغییر بوم زیست منطقه می‌انجامد که باعث تثبیت شنهای روان می‌گردد.[دفتر مهندسی و نظارت زیربنایی راه آهن، ۱۳۸٤] .

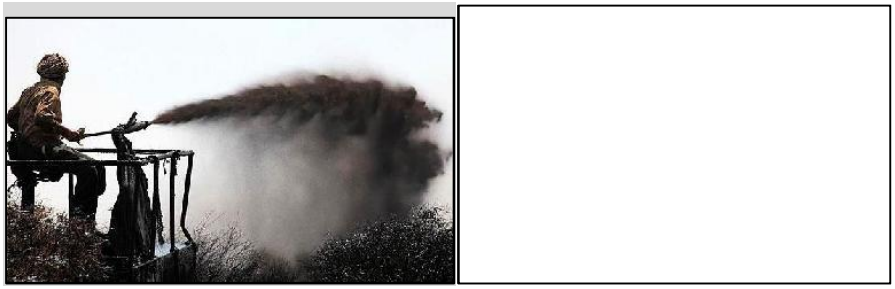
و-حفر خندق: این روش به همراه ماسه‌روبی تواما انجام می‌شده که نتایج حاصله چندان رضایتبخش نبوده است.

۳. روشهای تثبیت شیمیایی ماسه:مالچ آلی ، مالچ نفتی، مالچ پلی اتیلنی ، لایه کنفی، استفاده از صفحات پلاستیکی با رنگ آلومینیومی ،استفاده از مواد نانو

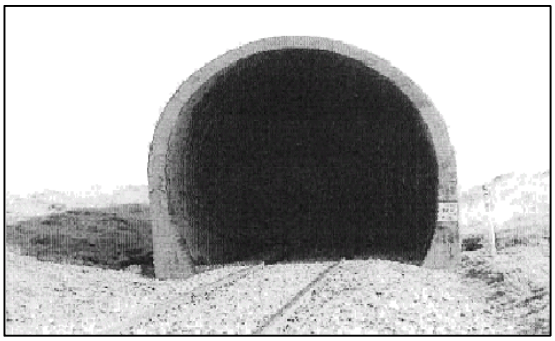
الف- مالچ پاشی: برای تثبیت شن‌های روان در کوتاه‌مدت استفاده می شود که این روش قبل از کاشت درختان مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی در منطقه هرمزگان جوابگو نبوده است

.

شکل ٦. سپرکوبی



شکل۷. مالچ پاشی



شکل۸. احداث تونل مصنوعی

شکل ۹. خطوط جعبه ای مدولار TMT

٤. احداث واریانت جدید:در این روش مسیر خط آهن در قسمتی که ورود ماسه های روان وجود دارد با احداث مسیری جدید جایگزین می گردد.

٥. احداث گالری:شامل احداث تونل در محدوده مناطق ماسه گیر می باشد.

الف- احداث تونل مصنوعی: این روش به دلیل صرف هزینه بالا مقرون به صرفه نبوده است و توسعه آن پیرای مسیرهای جدید یشنهاد نمی شود.

٦. استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه شن‌روب دمنده و مکنده :

این ماشینها شامل ماشین دمنده (دمیدن هوا با فشار زیاد) و ماشین مکنده(مکیدن ذرات ماسه) می باشند که در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می گیرند.

۷. روشهای مدرن اجرایی بازگذاشتن زیر خطوط :

الف- استفاده از دال خط معمولی به جای خطوط سنتی بالاستی:

شکل ۱۰. طرح دال خط کوهاندار

در این روش از دال خط های معمولی (خطوط دال بدون بالاست) استفاده می شود.

ب- استفاده از تراورس کوهاندار: در این روش ازخطوط با زیرسازی بالاست استفاده شده و به جای تراورسهای معمولی از تراورسهای کوهان دار استفاده می شود که نتایج مناسبی نیز داشته است.

ج- خطوط جعبه ای مدولارTMT[1] این خطوط که در مناطق بیابانی راه آهن استرالیا نیز استفاده می شود بصورت جعبه ای و لوله مانند طراحی شده اند از این خطوط در مناطق بیابانی کشورهای برزیل ، عربستان سعودی و افریقای جنوبی نیز استفاده شده است.

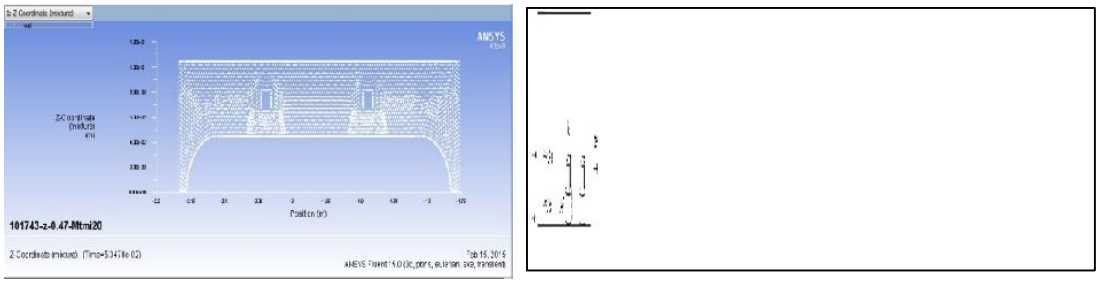
این خطوط دارای مزایای زیادی نسبت به خطوط سنتی راه آهن می باشند ،از جمله این مزایا می توان به بدون بالاست بودن آنها (عدم نیاز به زیرکوبی و مسطح سازی بالاست) ، بدون تراورس ، دارای تکیه گاه پیوسته ، دارای پد زیر ریل یکپارچه ، ثبات در عرض خط و طول خط ، یکپارچگی خط[5] ، کاهش تعمیرات و نگهداری، قابل انعطاف در طراحی برای بارهای محوری مختلف اعم از باری و مسافری و سرعتهای مختلف می باشد.

این سیستم دارای قابلیت استفاده در مناطق بیابانی ، تونلها، کنار سکوها،مناطق زلزله خیز بوده و ساخت و اجرای آن بسیار ساده می باشد.

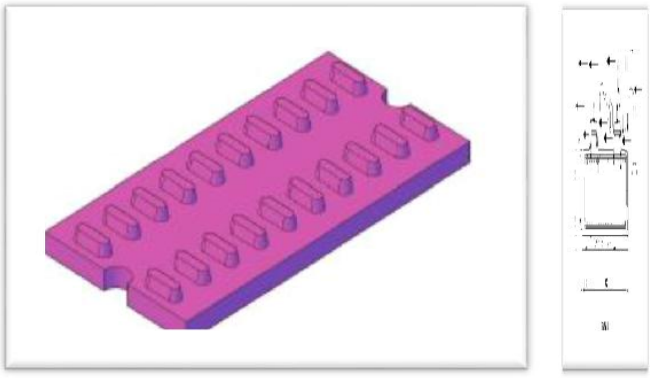
د – استفاده از دال خط کوهاندار:

جهت کاهش معضلات مناطق کویری بویژه دو مشکل اساسی صلبیت بالاست و مسدودی خط و نیز مطالعه تجربیات سایر کشورها در این زمینه, سیستم ترکیبی از خطوط بدون بالاست(دال خط) و تراورسهای کوهاندار با نام رویه بتنی دال خط کوهاندار معرفی شده است. دال کوهاندار سیستم روسازی ویژه ای است که با ترکیب تفکر حاکم بر روسازی های بدون بالاست و نیز راهکار کاربردی تراورسهای کوهاندار به عنوان روشی جهت عبور شنهای روان نظیر یک سیال از مقطع خط، به رفع اساسی معضل مناطق کویری کمک می کند. بطوریکه با ارتفاع دهی لازم به ریل ها و ایجاد فضای خالی در زیر ریل، کانالهای عبوری جهت حرکت ماسه ها از روی دال و زیر ریل فراهم می‌شود، این روسازی ضمن حذف لایه بالاست در روسازی به کمک خطوط بدون بالاست، مشکل صلبیت لایه بالاست بر اثر حرکت ماسه‌های روان از خط را نیز حل می‌کند در این سیستم همچنین با ارتفاعدهی مناسب به ریل‌ها توسط زائده‌های بتن آرمه موسوم به کوهان و ایجاد فضای عبور در هندسه روسازی، امکان عبور آزاد ماسه از خط فراهم شده است. دراین روش باارتفاع دهی لازم به ریل وایجادفضای خالی درزیرآن،کانال‌هایی برای حرکت ماسه ازروی دال وزیرریل فراهم می‌شود. برای جبران الاستیسیته دراین روسازی ازروش‌های رایج موجوددرسیستم‌های بدون بالاست معمولی نظیربهره‌گیری ازلایه‌های مختلف ارتجاعی درزیردال (فرش لاستیکی)بهره گرفته می‌شود. همچنین مشخصات سایر مصالح روسازی نظیر پابند و ریل باتوجه به شرایط بهره‌برداری وپارامترهای طراحی خطوط بین شهری کشور تفاوتی نخواهندداشت. ابعادکوهان نیزبه صورت مخروط ناقص بوده که به‌صورت بهینه بتواند جریان ماسه رسیده به مقطع روسازی راازخودعبور دهد. درمورد بلندی کوهان، باتوجه به ارتفاع اجرایی ممکن برمبنای طرح سازه‌ای،مقطع مربوطه نتیجه شده که برمبنای آن شدت بحرانی دبی‌های قابل عبورازمقطع قابل بررسی خواهد بود.

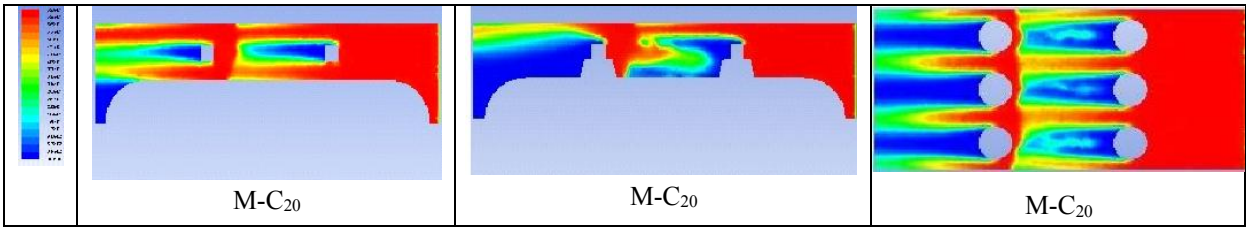
بعلت نیاز به دقت بالا طراحی مدل در نرم افزارمهندسی Rhino که یک نرم افزار طراحی مهندسی است انجام شده است ، سپس مش زدن فرمهای هندسی کوهان در نرم افزار Gambit انجام شده و برای انجام تحلیل، با تعیین مشخصات مصالح (ماسه وهوا و سطح رویه بتنی) ، انتخاب مدل تحلیل ، تعیین تعداد و نوع فازهای جریان (۲فاز، ۲ و سه بعدی) و تعیین شرایط مرزی (سرعت ورود ماسه) به نرم افزار Fluent منتقل شده است و تمامی نمودارها و جداول و تحلیلها خروجی این نرم افزار مهندسی می باشد.



شکل ۱۲. شرایط مرزی مدل (تصویر چپ) و شماتیک مدل اولیه جهت ورودی نرم افزار فلوئنت (تصویر راست)



شکل۱۱. مقطع سیستم پیشنهادی دال خط کوهاندار در برابر جریان ماسه‌های روان[فتحعلی، م، ۱۳۸۷وذاکری،ج، ۱۳۹۱].



شکل ۱۳. شماتیکVf فرم هندسی دایره با ارتفاع ۲۰(M-C20)

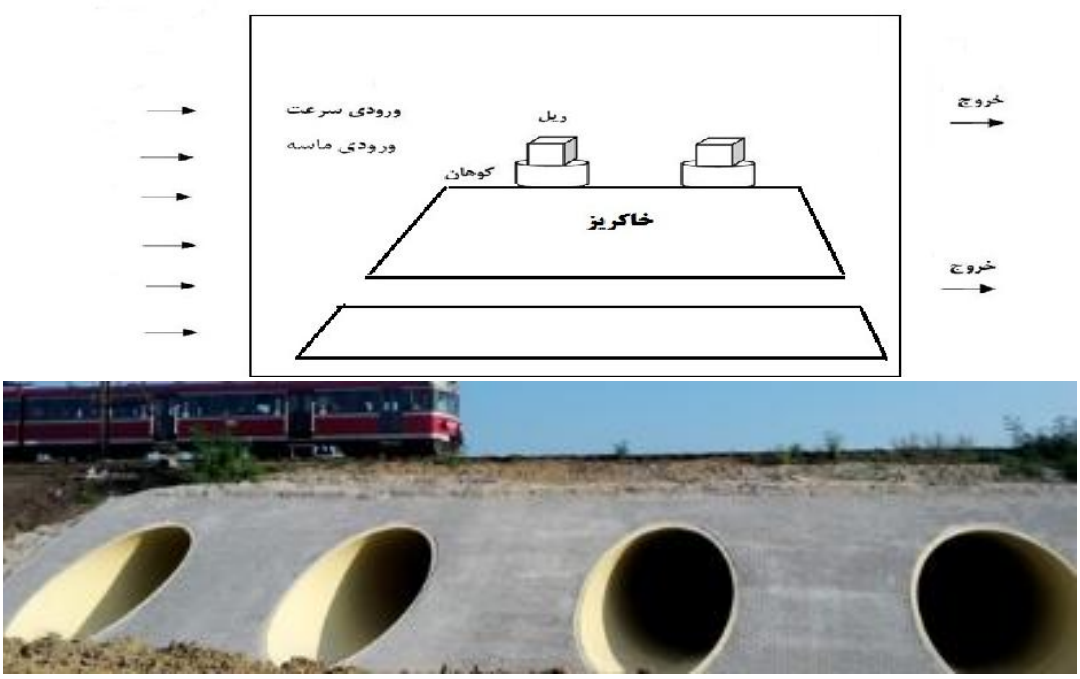
بعد از ساخت و مش بندی مدل در نرم افزار گمبیت[۲] انتقال مدل ساخته شده به نرم افزار فلوئنت انتقال داده شده است. مساله مورد تحلیل در دو حالت ۲ بعدی و ۳ بعدی مورد حل و بررسی قرار گرفته است. عموماً مسائل مختلف سیالاتی را می‌توان به دو دسته کلی متغیر با زمان Unsteady و یا بدون تغییرات زمانی Steady تقسیم بندی کرد [ذاکری، اسماعیلی و فتحی، ۲۰۱۱] که مساله مورد بررسی یک مساله متغیر با زمان است و در نتیجه برای حل آن از حل کننده متغیر با زمان یا به عبارتی Unsteady استفاده شده است. در این مساله از مدل اولرین[۳] با دو فاز کاری و مدل انتخابی مورد نظر از لحاظ آشفتگی در این مساله از مدل کا – اپسیلون استاندارد[٤] جهت حل استفاده شده است که اطلاعات کاملتر در جدول شماره۵ارایه شده است. مدل ساخته جهت شبیه‌سازی حرکت ماسه های روان به دلیل دو فاز بودن و نیاز به دقت زیاد جهت دنبال کردن دانه‌های ماسه با ابعاد کوچک و در نهایت سه بعدی بودن آن، یکی از مسائل پیچیده و زمان بر است،به نحوی که برای حل مدل سه بعدی این مساله و به علت شرایط خاص آن و بالا رفتن تعداد مش‌های مورد استفاده در هندسه مورد بررسی (بالغ بر ۸۰۰،۰۰۰ مش برای هر مدل) و حل متغیر با زمان (Unsteady) زمان تحلیل جهت هر مدل بالغ بر ۱۲۰ ساعت (۵ شبانه روز) بوده است.

تحلیل ها و شبیه سازی صورت گرفته نشان می دهد فرم دایره ای $M\text{-}C_{20}$ موفق عمل نموده است مهمترین پارامتر قابل مقایسه برای این فرمهای هندسی اندازه Mass (جرم ماسه رسوب نموده) است، به عبارتی مقایسه میزان جرم ماسه رسوب نموده روی دال در زمان مدلسازی می باشد که این مدل کمترین جرم ماسه رسوب شده را داشته است.

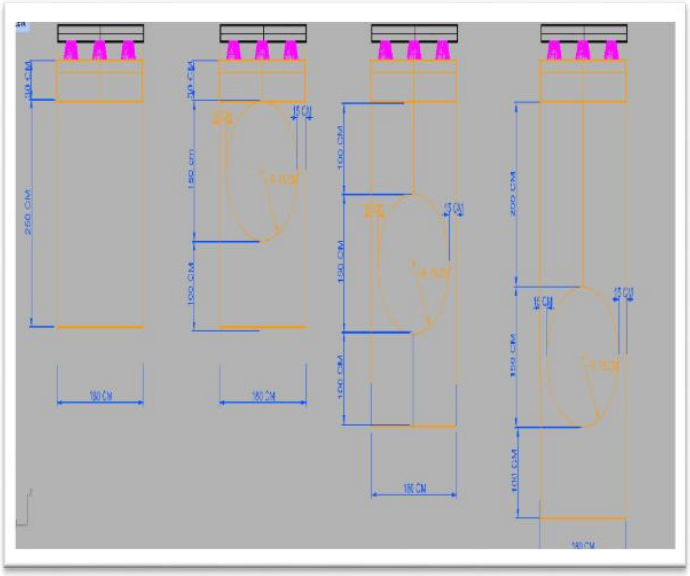
ه- اجرای کانال در خاکریزهای خطوط ریلی(راه حل ابداعی) : در این طرح کانالهایی با مقطع دایره در خاکریز خطوط راه اهن تعبیه شده تا ماسه براحتی بتواند از انها عبور نموده و از تجمع ماسه روی خطوط ریلی پیشگیری شود.

جدول ۲. فرمهای هندسی مختلف کوهان به همراه ابعاد واندازه هندسی

یف	مد کوها	تفا (cm)	بعا ند هندس (cm)
ا	طرح دایره ای کامل ($M\text{-}C_{20}$)	۲۰	قطر دایره کف ۴۰ و دایره بالا (زیر ریل) ۳۰ سانتی متر، ارتفاع ۲۰ سانتی متر



شکل ١٤. مقطع سیستم پیشنهادی تعبیه خاکریز در برابر جریان ماسه‌های روان



شکل۱۵. مدلهای چهارگانه تعبیه کانال در خاکریز راه آهن

در این روش این کانال باعث ایجاد بستری روان جهت عبور ماسه ها از خطوط ریلی و عدم نشست ماسه روی خطوط و مسدود شدن خطوط خواهد شد و به عنوان یک پیشنهاد مدرن قابل بررسی خواهد بود ، تحلیلهای صورت گرفته با نرم افزار Fluentحاکی از اینست که این روش کارایی مناسبی را خواهد داشت. رویکرد مد نظر در این روش بازگذاشتن مسیر عبور ماسه بوده است.فواصل مختلف کانالها از سطح ریل(از صفر تا ۲ متر)وشکل هندسی کوهانی که دارایرفتار آیرودینامیک مناسبی بوده اند طراحی و شبیه سازی شده است،با توجه به بهینه بودن مقاطع دایره ای در مسایل آیرودینامیک شکل کانالها دایره ای و با قطر ۱,۵ متر در نظر گرفته شده است ،این کانالها در فواصل مختلف از سطح روی خاکریز قرارداده شده است(از ۰ تا ۲ متر از زیر دال)، مشخص شده که مقاطع دایره ای شکل ماسه رابسیار سریعتر از سایر فرمهای مورد مطالعه عبور می دهند و در این طرح از این مزیت استفاده شده است.

برای این طرح نیز با استفاده از نرم افزار **Fluent** تحلیل**mass flow rate (kg/s)**(نرخ عبور ماسه از سطح انتخاب شده) مقدار ماسه عبوری از آن مقطع اندازه گیری شده و با توجه به بررسیهای صورت گرفته بیشترین مقدار عبوری از مدل ٤ (M4-P2) بوده است که بیانگر این است که بیشترین حجم ماسه را مدل M4 عبور داده است و تحلیل **M.W.A**(**Mass weighted average**)میانگین وزن روی سطح و **A.W.A** (**Area-weighted- average**) نیز صورت گرفته که حاکی از شرایط مناسب مدل فوق الذکر بوده است.در این مدل پیشنهادی فاصله کانال از سطح زیر دال کوهاندار ۲ متر میباشد.

۷. جمع بندی و نتیجه گیری

روش‌هایی که تاکنون در ایران و در سطح بین‌المللی برای مقابله با بحران ماسه های روان به کارگرفته شده،دردوطبقه اصلی سنتی ونوین تقسیم می‌شوندکه ازمیان روش‌های سنتی می‌توان به مالچ پاشی نهال‌کاری و حفر خندق و از میان روش‌های نوین به تثبیت بیولوژیک و استفاده از تراورس‌های کوهان‌دار اشاره کرد.لیکن در میان همه روش‌های عنوان شده، هیچ روشی به‌طورکامل وازدیدگاه روسازی خط ریلی،به حل مشکلات موجود به ویژه صلبیت لایه بالاست و مسدودشدن خط نپرداخته است.

دراین تحقیق پس ازطبقه‌بندی مشکلات وشناخت وضعیت خطوط راه آهن ایران درمناطق کویری ونیز بررسی راهکارهای

اساسی برای کاهش مشکلات دراین مناطق،به معرفی سیستم های سنتی و نوین دال خط کوهان دار پرداخته شد،روشهای مورد بررسی شامل تثبیت بوم‌زیستی(بیولوژیکی) ماسه : حفظ و ایجاد پوشش نباتی در روی سطح، تثبیت فیزیکی و مکانیکی ،روشهای تثبیت شیمیایی ماسه،واریانت جدید،احداث گالری و تونل ،استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه ،روشهای مدرن اجرایی شامل استفاده از دال خط معمولی به جای خطوط سنتی بالاستی، استفاده از تراورس کوهاندار،**روش**خطوط جعبه ای مدولارTMT[1] ،استفاده از دال خط کوهاندار و نیز مطالعه تجربیات سایر کشورها در این زمینه معرفی شده است. راه حل ابداعی و پیشنهادی در این تحقیق اجرای کانال در خاکریزهای خطوط ریلی است که در این طرح کانالهایی با مقطع دایره در خاکریز خطوط راه اهن تعبیه شده تا ماسه براحتی بتواند از انها عبور نموده و از تجمع ماسه روی خطوط ریلی پیشگیری شود ،در نهایت به عنوان بهینه ترین گزینه با در نظر گرفتن زمان عبور ماسه ، حجم رسوب ماسه و زمان پر شدن کانال و سطح دال و مسدودی خط می توان گزینه استفاده از احداث کانال در خاکریز همراه با تراورسهای کوهان دارا پیشنهاد نمود که ضروری است برای آزمایش نهایی ازروشهای ساخت نمونه آزمایشی در خطوط ماسه گیر اقدام نمود تا بتوان در راستای توسعه این خطوط در راه آهن گام برداشت.

۸ مراجع

- احمدی، ح. (۱۳۸۹) "بررسی روشهای کنترل فرسایش بادی برای حفاظت راه آهن (مطالعه موردی: منطقه بافق)"، دانشگاه چمران

- انصاری، ر.(۱۳۸۵) "جدیدترین متدهای تثبیت شن، اداره کل راه آهن جنوبشرق، همایش مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، راه آهن.

- باقری ، اعظم (۱۳۸۲) "نگرشی بر اقلیم و ترابری با تاکید بر درجه حرارت و باد در محدوده مطالعاتی محور راه آهن – کرمان – زاهدان"، مجموعه مقالات بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری ، راه آهن ج.ا.ا

- جدیدی، م. (۱۳۹۱) " شرائط مرزی و پارامترهای آشفتگی در نرم افزار Fluent"، اصفهان: گروه دینامیک سیالات محاسباتی دانشگاه صنعتی اصفهان

- جهانگیریان، ع. (۱۳۸۷) "بررسی اثر دیوارهای حائل در برابر توفانهای شن با استفاده از حل عددی جریان"، مرکز تحقیقات راه آهن ج.ا.ا

- حسنی، الف. (۱۳۹۱) "گزارش‌مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، پژوهشکده حمل و نقل.ص ٤٤ – ٤٨.

- حسنی، م. (۱۳۹۱) "فناوری های تثبیت شن های روان و خطوط ریلی"، گروه نظارت خط وسازه های فنی اداره کل راه آهن جنوبشرق، ۳۵ص.

- دفتر مهندسی و نظارت زیر بنایی راه آهن (۱۳۸٤) " مجموعه مقالات بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، راه آهن جمهوری اسلامی ایران

- دهقانی سانیج، م. (۱۳۹۳) "شبیه سازی عددی با نرم افزار فلوئنت"، تهران: انتشارات ناقوس

- ذاکری، ج. (۱۳۹۱) "معرفی روسازی نوین – دال خط‌کوهاندار– برای حل مشکل راه آهن مناطق کویری"، مجله علمی پژوهشی عمران – مدرس، دوره دهم، شماره۲ تابستان.ص. ۷–۱٤.

- صنیعی نژاد، م. (۱۳۸۹) " مقدمه ای بر شبیه سازی جریانهای آشفته و مدلسازی آنها"، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

- فتحی، ع. (۱۳۹٤) "بررسی تاثیر فرمهای هندسی مختلف کوهان برعبور ماسه از خطوط در مناطق کویری راه آهن، مجله علمی پژوهشی حمل و نقل، وزارت راه و شهرسازی

- فتحعلی، م. (۱۳۸۷) "روسازی دال خط‌کوهانداربرای حل‌مشکل راه آهن‌مناطق کویری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی خطوط راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران

- فرقانی، م. (۱۳۸۵) " بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، پایان نامه کارشناسی، مهندسی خطوط راه آهن، دانشگاه علم و صنعت

- دانشگاه تهران. مرکز تحقیقات بین المللی بیابان (۱۳۹۱) "مایع غیرنفتی (مالچ غیرنفتی پلیمری) مهارکننده شن های روان"، تهران، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان.

- Zakeri J. A., Esmaeili, M. and Fathali, M. (2011) "Evaluation of humped slab track performance in desert railways", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Volume 225, Issue 6, pp. 567 - 574.

- Zakeri J. A. and Abbasi, R. (2012) "Field investigation of variation of loading pattern of concrete sleeper due to ballast sandy contamination in sandy desert areas", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 26, No. 12, pp. 3885~3892

Etihad Rail (2009) "Geomorphologic study and computer modelling of sand dunes", Etihad Rail.

- Zakeri, J. A. (2012) "Investigation on railway track maintenance in sandy-dry areas", Structure And Infrastructure Engineering, Vol. 8, Issue 2, pp. 135-140.

- Zakeri, J. A. (2005) "Special sleeper design for reducing railway track maintenance costs",

Research Report No. 10341, Tehran: Iran University of Science & Technology.

- Zakeri, J. A. (2007) "Requirements of railway route design in desert areas", Proceedings of -

8th International Conference on Railway Engineering, London

- http://www.tubulartrack.co.za/index.php/2014/01/third-balloon-on-heavy-haul-coal-line-ermelo

	هوشنگ پاکدل صمدی درجه کارشناسی در رشته عمران – خط و ابنیه فنی راه اهن را در سال ۷۰ از دانشگاه علم و صنعت ایران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی) HSE ایمنی، بهداشت، محیط زیست) در سال ۹۲ از دانشگاه تهران اخذ نموده ودر سال ۹۵ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت بحران از پژوهشگاه مهندسی بحرانهای طبیعی شاخص پژوه اصفهان گردیده است زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان « تبین مدیریت بحران ماسه های روان در خطوط راه اهن مناطق کویری ، مطالعه موردی مسیر راه اهن بم – زاهدان ، بوده است