بررسی تأثیر فرم‌های هندسی مختلف کوهان بر عبور ماسه از خطوط در مناطق کویری راه‌آهن

جبارعلی ذاکری، استاد، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
علی فتحی، دانش آموخته کارشناس ارشد، شرکت حمل و نقل ریلی رجاء، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول:a.fathi2012@gmail.com
دریافت: 95/10/19- پذیرش:96/04/12

چکیده

هجوم ماسه‌های روان به خطوط موجود راه آهن باعث رسوب ماسه روی خطوط و مسدود شدن خط آهن، کندی سیرو بعضاً توقف قطارها، خروج از خط، صدمه زدن به ساختارو انعطاف خط ،خرابی علائم الکتریکی‌و ناوگان ریلی می گردد.رویکرد این تحقیق بازگذاشتن مسیر عبور ماسه با استفاده ازدال خط کوهاندار بوده است که در این زمینه به بررسی تاثیر فرم هندسی کوهان در عبور ماسه، بهینه کردن فرم‌موجود.تعیین فاصله بهینه فاصله ریل از کف دال و ارایه طرح بهینه جهت حرکت آسان ماسه پرداخته شده است. تحلیلهای سیالاتی درنرم افزار (به کمک مدلسازی عددی) براساس حداقل مقدار رسوب ماسه برروی دال، مشخصات دانه‌بندی و ویسکوزیته و میزان ضریب فشردگی ماسه با اعمال سرعت و جهت باد انجام شده است. در این راستا با استفاده از اصول مکانیک سیالات(آیرودینامیک)، محدودیتها و الزامات طراحی و بارگذاری تروارسهای راه‌آهن و همچنین دال های طراحی شده، باکمک نرم افزارRhaino شکلهای مختلف هندسی کوهان که دارای‌رفتار آیرودینامیک مناسبی بوده‌اند طراحی و شبیه سازی شده است، این شکلها در ابعاد، ارتفاع و حجم های مختلف نظیر مدل دایره ای، مدل کمینه شده و... طراحی شده و با نرم افزار Fluent شبیه سازی انجام شده است. پارامترهایی که‌در این تحقیق در مدلهای مختلف مورداستفاده قرار گرفته است، شامل Vf [1] (کسر نسبت حجمی) ، $Mass$(جرم ماسه رسوبی بر دال خط کوهاندار) و Q(دبی ماسه عبوری) و V (حجم فرم هندسی) بوده است که در نتیجه تحلیل های صورت گرفته شکل با فرم دایره ای مخروطی با ارتفاع 20 سانتی متر ($M\text{-}C_{20}$) به عنوان یکی از فرمهای هندسی دارای‌کارایی بهتر برای کوهان معرفی شده و مشخص شده است که مقاطع دایره ای شکل ماسه رابسیار سریعتر از سایر فرمهای بیضی ترکیبی کمینه شده($M\text{-}tmi_x$) و بیضی ترکیبی معمولی ($M\text{-}tmn_x$) خارج می کنندو با توجه به تحلیل صورت گرفته و بررسی نمودارها افزایش ارتفاع کوهان ها لزوماً باعث افزایش دبی ماسه عبوری در بازه زمانی تحلیل نشده است که لازم است در تعیین ارتفاع کوهان ها دقت مضاعف صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: دال خط، ماسه های روان، منطقه ماسه گیر، شبیه سازی جریان ماسه

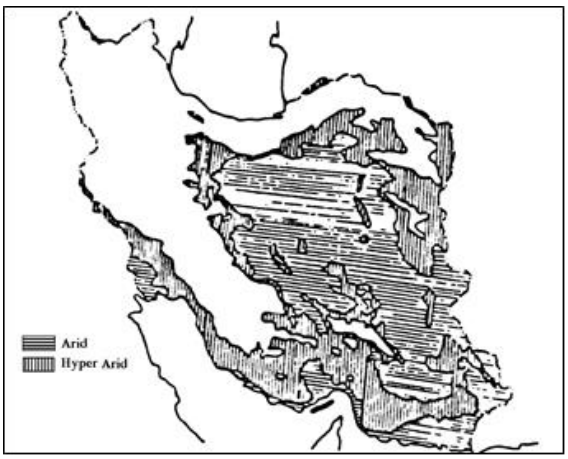
1-مقدمه

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 ازنیازمندی‌های اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد (حسنی،1390و فتحعلی1387). با توجه به اینکه حرکت ماسه های روان تهدید بزرگی برای بهره برداری از صنعت ریلی محسوب می شود، بعلت اثرات آن بر حرکت قطارها، آلودگی زیست محیطی، ایجاد مشکلات تنفسی برای مسافرین، ورود ماسه به دستگاههای تهویه قطارهای مسافری

و... مساله بسیارمهمی است بطوریکه در صورت ورود ماسه‌های روان به خطوط راه آهن که اثرات فنی و اجتماعی زیانباری خواهد داشت. برای پیشگیری و کمترکردن مشکلات فرارو، مطالعات وبرنامه‌های کوتاه مدت و بلندمدت زیادی ارائه گردیده ولی هیچکدام از اقدامات بطور کامل برای پیشگیری و یا رفع مشکل هجوم ماسه های روان به روی خط آهن و خسارات ناشی از آن موفق نبوده است. در ادامه در این تحقیق به بررسی و بهینه‌سازی فرم هندسی دال خط های کوهانداردرخطوط ماسه گیر راه آهن – که با رعایت استانداردهای اجرایی راه آهن، شرایط آیرودینامیکی همراه بوده است – به جای خطوط بالاستی سنتی که دارای مزایای بسیار زیادی است پرداخته شده است.

2-معضلات ورود ماسه به خطوط راه‌آهن، مناطق ماسه‌گیر راه‌آهن و اهمیت بررسی موضوع

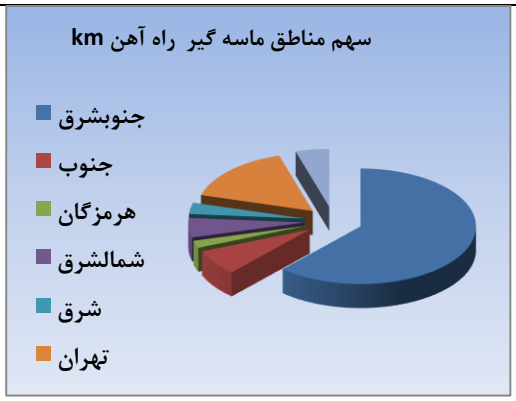
بیش از 80 درصد از سطح کشور را مناطق خشک و نیمه خشک در بر گرفته و بر اساس بر آورده های به عمل آمده حدود 20 درصد از سطح کشور یعنی بیش از 32/6 میلیون هکتار را نیز اراضی بیابانی و کویری تشکیل می دهند. مهمترین خسارات وارده ناشی از ورود ماسه به خطوط راه آهن شامل تقلیل سرعت قطارها، فرسودگی پیش از موعد اتصالات خط، تراورسها و ریل ، خرابی وسایل نقلیه ریلی و سامانه ارتباطات و علایم الکتریکی، خروج از خط، توقف حرکت قطارها، افت سرعت شده و هرازچندگاهی نیز باعث ایجاد سوانح ریلی و در نتیجه تاخیر و نارضایتی مسافرین در قطارها و صاحبان کالاها می‌شود(حسنی،1391). از جمله مشکلات دیگر این است که در تمامی طول این مسیرها قطارهای مسافری تردد می نمایند بطوریکه سالیانه در حدود2میلیون نفر مسافر از این مناطق عبور می کنند که با توجه به اینکه مساله ماسه های روان موجب کاهش سرعت قطارها شده است تاخیر قطارها در این مناطق زیاد می باشد که باعث نارضایتی مسافرین می گردد.



شکل 1. توزیع نواحی خشک در ایران

جدول 1. طول خطوط ماسه گیر ریلی سهم مناطق ماسه گیر(دفتر مهندسی و نظارت زیربنایی راه‌آهن،1390)

نام ناحیه	طول منطقه ماسه گیر km
جنوبشرق	330
جنوب	38
هرمزگان	11
شمالشرق	29
شرق	17
تهران	85
اصفهان	25
مجموع (کیلومتر)	535



2-اثر توفان ماسه بر سیستم‌های سیر و حرکت قطارها و آسایش و رفاه مسافرین و پرسنل قطار

شکل 2. ورود ماسه به خط آهن

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(3 کیلومتر) می باشد. 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 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 می‌نمایند داشته باشد، هر چند برای مسافرین توریستی و تفریحی شاید بخشهایی از منطقه جذبه ویژه ای داشته باشد(احمدی،1382و باقری ،1382).

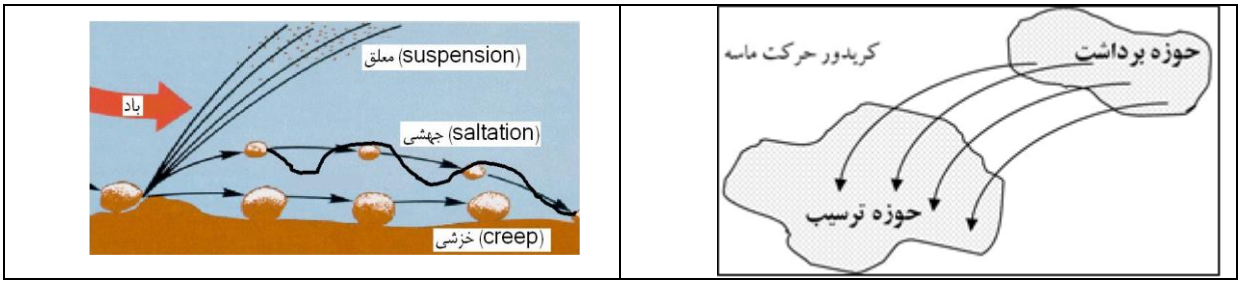
3-نحوه انتقال ذرات ماسه در مناطق بیابانی

شکل 3. طرح دال خط کوهاندار

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 2 تا 4 متر تخمین زده می‌شود. ب- حرکت انتقال ذرات بصورت جهشی (ذرات متوسط) ذرات متوسط (0/15 تا 0/25 الی 0/5 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 2 متر می رسد. ج- حرکت چرخشی - خزشی (ذرات درشت) ذراتی که درشت‌تر هستند (قطر متوسط بیش از 0/5 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 لایه‌های سطحی زمین صورت می گیرد. برداشت ماسه از یک ناحیه با عنوان حوزه برداشت و رسوب‌گذاری در ناحیه دیگر یعنی حوزه‌تر سیب اتفاق می افتد(انصاری،1385).

شکل 1. مراحل حرکت ماسه (حوزه برداشت به ترسیب) و انواع انتقال ذرات ماسه در مناطق بیابانی



4-راهکارهای اساسی جهت کاهش مشکلات راه آهن در مناطق کویری

1. روش‌های تثبیت بوم‌زیستی ماسه: حفظ و ایجاد پوشش نباتی در روی سطح خاک ، انواع گز، آکاسیا و .... .
2. روشهای تثبیت فیزیکی و مکانیکی: حفر خندق و خاکریز، بازگذاشتن زیر خطوط و...
3. روشهای تثبیت شیمیایی ماسه: مالچ آلی ، مالچ نفتی، مالچ پلی اتیلنی، لایه کنفی، استفاده از صفحات پلاستیکی با رنگ آلومینیومی، استفاده از مواد نانو.
4. احداث واریانت جدید: در این روش مسیر خط آهن در قسمتی که ورود ماسه‌های روان وجود دارد با احداث مسیری جدید جایگزین می گردد.
5. احداث گالری: شامل احداث تونل در محدوده مناطق ماسه گیر می باشد.
6. استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه شن‌روب دمنده و مکنده : این ماشینها شامل ماشین‌دمنده (دمیدن هوا با فشار زیاد) و ماشین مکنده (مکیدن ذرات ماسه) می باشند که در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می گیرند.
7. روشهای مدرن اجرایی : **روش‌الف**- استفاده از دال خط معمولی به جای خطوط سنتی بالاستی: در این روش از دال خط‌های معمولی (خطوط دال بدون بالاست) استفاده می‌شود، **روش‌ب**- 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. **روش‌ج**- خطوط جعبه ای مدولار TMT[۲] این خطوط که در مناطق بیابانی راه آهن استرالیا نیز استفاده می‌شود بصورت جعبه‌ای و لوله مانند طراحی شده اند(zakeri,2007)روش‌د - 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 ویژه‌ای 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

می‌کند. بطوری که با ارتفاع دهی لازم به ریل‌ها و ایجاد فضای خالی در زیر ریل، کانالهای عبوری جهت حرکت ماسه‌ها از روی دال و زیر ریل فراهم می‌شود. با اجرای تراورس کوهاندار دو هدف زیر قابل دستیابی است: الف- جلوگیری از انباشته شدن ماسه های روان در روی خطوط راه آهن ب- جلوگیری از وارد شدن ماسه‌های روان به درون بالاست و افزایش سختی خط ناشی از آن. در این مقاله در دو مورد تحلیل فرم هندسی کوهان‌های زیر ریل و ارتفاع این کوهان‌ها با کمک نرم‌افزار فلوئنت مطالعه صورت گرفته است(مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران 1391وفرقانی،1385وجهانگیریان،1387)

5-متدولوژی تحلیل حرکت ماسه های روان از دال خط کوهاندار

در این مقاله ابتدا مدلسازی اولیه فرمهای هندسی مختلف (دایره‌ای، ترکیبی مستطیل - نیم دایره‌ای با ارتفاعهای مختلف) بعلت نیاز به دقت بالا 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 (2فاز، 2 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 می‌باشد.

6-فرمهای هندسی کوهان براساس محدودیتها و الزامات مهندسی و مسایل سیالاتی و آیرودینامیکی

با توجه به مطالعه صورت گرفته مسایل آیرودینامیکی، مقاومت هوا، اصل برنولی و رابطه سرعت و فشار و مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه فرم هندسی کوهان میتواند تاثیر به سزایی در میزان عبور ماسه داشته باشد در ادامه به بررسی انواع فرمها و نتایج علمی و تجربی کاربرد آنها پرداخته شده است. فرمهای مورد بررسی در این مقاله شامل الف- فرمهای پهن ب- فرمهای پهن با زاویه نوک تیز ج- زوایای خمیده یا نیم دایره د- یک طرف نیم دایره و طرف دیگر زاویه تند (شبیه قطره آب در حال سقوط) بوده است. با توجه به شرایط گزینه د می تواند بهترین گزینه برای طراحی کوهان دال خط باشد، ولی بعلت اینکه در دال خط کوهاندارجهت حرکت بادها و به تبع آن حرکت ماسه‌ها دائماً یکسان نمی باشد و همچنین جهت خطوط راه آهن اجرا شده نیز غالباً در یک جهت نیست و تغییر می‌کند و حتی ممکن است نوع حرکت ماسه با توجه به سرعت باد، وزن مخصوص ماسه و... نیز متفاوت باشد این گزینه نمی‌تواند بهترین گزینه باشد، پس با توجه به بررسی شرایط وگزینه های فوق و مطابقت با شرایط آیرودینامیک شکل کوهان می تواند از گزینه (ج) یعنی "زوایای خمیده و یا نیم‌دایره" تبعیت نماید که این موضوع مبنای طراحی اولیه فرم هندسی کوهان های مدلسازی شده قرار گرفته است.

لازم به ذکر است علاوه بر مسایل آئرو دینامیک در مورد فرم هندسی کوهان محدودیتهای دیگری نیز وجود دارد. بطوریکه برای طراحی و عملیاتی نمودن دال خط کوهاندار فرم هندسی کوهان دارای محدودیت‌ها، شرایط و الزامات زیر می باشد:

الف- الزامات سازه‌ای:

این الزامات شامل تامین شدن شرایط باربری کوهان می باشد که با توجه به اعمال بار چرخ قطار به ریل و انتقال از ریل به کوهان ، کوهان می بایست تحمل بار وارده و ضربات ناشی از عبور قطارها (بارهای طولی، عرضی استاتیکی و دینامیکی) را داشته باشد که لازمست آیین نامه‌های مربوطه تماماً رعایت گردند.

ب- الزامات اجرایی:

ممکن است طرح تهیه شده و مراحل آزمایشگاهی و شبیه سازی خود را با موفقیت طی نموده باشد ولی اجرایی نباشد، شامل اجرای شیب ها ، قوسها و... کوهان و اجرای خم مناسب آرماتورها، رعایت حداقل پوشش بتن روی آرماتور و...که می‌بایست بدین موضوع دقت کافی مبذول گردد که لازمست آیین نامه های مربوطه تماماً رعایت گردند.

ج- الزامات ابعادی:

الزامات ابعادی در خصوص رعایت حداقل عرض و طول مفید نشیمنگاه برای پد ریل، ریل و پابند و... سایر اداوات احتمالی روی کوهان می باشد که با توجه به مباحث مطرح شده آیرودینامیک هر چقدر سطح برخورد با باد نرمتر باشد گزینه مقاومت کمتری در مقابل عبور باد خواهد داشت که این اصل می‌تواند با رعایت الزامات ابعادی سطح پیشانی دال خط را تا حد امکان کاهش دهد. در جدول شماره 2 منظور از W_T عرض بالایی تراورس و W_B عرض قسمت پایینی تراورس‌ها می‌باشد. و همانطور که از جدول مشخص است W_T بین 17 تا 24 سانتی متر تغییر نموده ($17 < W_T < 24$) و W_B بین 25 تا 31 و ارتفاع H بین 17 تا 20 سانتی متر در کشورهای مختلف تغییر نموده است که مخصوصاً از W_T , H در طراحی ابعاد کوهان کمک گرفته شده است. بنابراین با توجه به جداول فوق علاوه بر مسایل آیرودینامیکی، سازه ای و... به لحاظ ابعاد نیز می بایست سطح فوق الذکر روی کوهانها تامین گردد تا قابلیت استفاده از اتصالات موجود برای دال خط کوهاندار فراهم گردد. در جدول شماره 3 ابعاد اتصالات دارای سایز بزرگتر و برخی پرکاربردترها در راه‌آهن جهت رعایت ابعاد آنها در فرم کوهان ارایه شده است.(فتحی،1393)

د- الزامات هزینه ای و اقتصادی:

اجرای این کوهان نباید پیچیده و زمان بر و یا نیازمند تکنولوژی خاصی باشد که می بایست تلاش گردد هزینه اجرای آن منطقی و با شرایط کشور ایران مناسب باشد.

ه- الزامات ایمنی:

همچنین حفظ پایداری ناوگان تردد کننده روی مجموعه روسازی بسیار مهم می باشد و می بایست ارتفاع کوهان طوری طراحی گردد که قطار و در نتیجه مسافر و بار ایمنی داشته باشد ، چه در زمان سیر و چه در زمان خروج از خط احتمالی و سایر حوادثی که ممکن است برای ناوگان اتفاق افتد.

و- الزامات عملکردی:

در طراحی فرم هندسی کوهان باید توجه داشت که این نوع کوهان نیز باید مانند سایر تراورسها یا دال خط ها شرایط مورد نیاز برای قرارگیری در داخل مجموعه خط آهن را داشته باشد (جهانگیریان،1387).

جدول 2. محدودیتهای ابعادی هندسه کوهان (تراورسهای بتنی تک بلوکه موجود(ذاکری،1391)

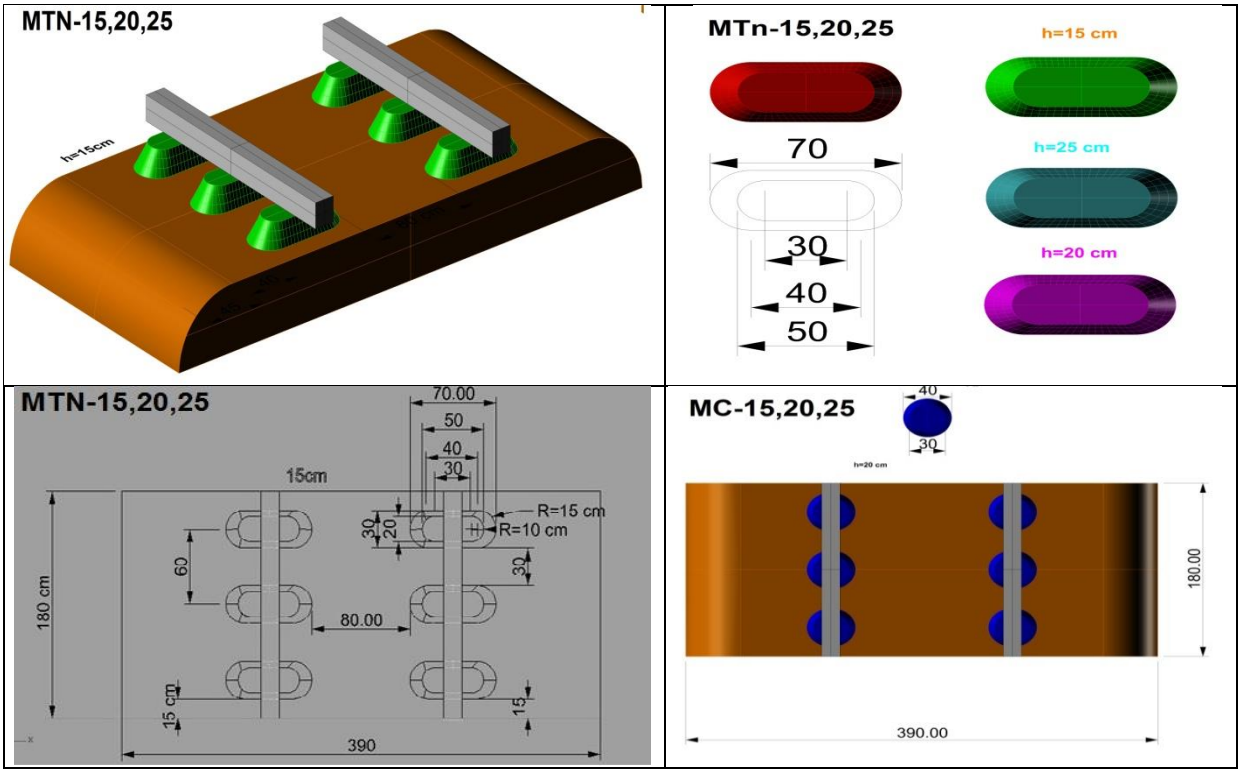
کشور	عرض خط (mm)	طول‌تراورس (mm)	ابعاد تراورس (mm)					
			محل قرار گیری ریل			وسط تراورس		
			H	W_B	W_T	H	W_B	W_T
چین	1435	2500	203	280	170	165	250	161
آلمان	1435	2600	214	300	170	175	220	150
هند	1673	2750	210	250	-	180	220	-
ژاپن	1435	2400	220	310	190	195	236	180
روسیه	1520	2700	193	274	177	135	245	182
امریکا	1435	2591	241	279	241	178	279	250

جدول 3. ابعاد اتصالات نوع وسلو و ارتجاعی پیچی (فتحی،1393)

نوع اتصالی	ابعاد (طول *عرض)cm	عرض تراورس(cm)
نوع وسلو	11*27	بتنی -14
نوع ارتجاعی پیچی	15*19	چوبی- 23

جدول 4. فرمهای هندسی مختلف کوهان به همراه ابعاد واندازه هندسی

ردیف	مدل کوهان	ارتفاع(cm)	ابعاد و اندازه هندسی(cm)
1	طرح دایره ای کامل (M-C15)	15	قطر دایره کف 40 و دایره بالا (زیر ریل)30 سانتی متر، ارتفاع 15سانتی متر
2	طرح دایره ای کامل (M-C20)	20	قطر دایره کف 40 و دایره بالا (زیر ریل)30 سانتی متر، ارتفاع 20 سانتی متر
3	طرح دایره ای کامل (M-C25)	25	قطر دایره کف 40 و دایره بالا (زیر ریل)30 سانتی متر، ارتفاع 25 سانتی متر
4	طرح ترکیبی معمولی (مستطیل - نیم دایره) M-20-(TN20)	20	کف: مستطیل با طول40cm و نیم دایره با شعاع 15وبالا مستطیل با طول 30 و نیم دایره با شعاع10
5	طرح ترکیبی کمینه‌شده(مستطیل - نیم دایره) (M-TMI20)	20	کف: مستطیل با طول40cm و نیم دایره با شعاع 12.5وبالا مستطیل با طول 30و نیم دایره با شعاع8
6	طرح ترکیبی کمینه‌شده(مستطیل - نیم دایره) (M-TMI20)	25	کف: مستطیل با طول40cm و نیم دایره با شعاع 12.5وبالا مستطیل با طول 30و نیم دایره با شعاع8



شکل 2. ابعاد و اندازه‌های فرم هندسی کوهان دایره ای M-C با ارتفاع 15و20و25 و بیضی ترکیبی معمولی M-TN20 و کمینه شده M-tmi20

8 در این زمینه با رعایت الزامات و شرایط اشاره شده در بندهای فوق فرمهای هندسی به همراه مشخصات در جدول شماره 4 ارایه شده است. در شکل شماره 5 نیز تصاویر این شکلها به همراه ابعاد واندازه و فواصل نمونه مدل شده ارایه شده است.

7-روش‌های سنجش رفتار جریان روی سطح اجسام

با توجه به لزوم مدلسازی جهت رفتار سنجی حرکت ماسه بر روی دال خط کوهاندار در ادامه روشهای مرسوم جهت شناسایی رفتار جریان روی سطح اجسام اشاره شده است:

تونل باد

تونل باد یک کانال می باشد که هوا با سرعت زیاد در آن جریان دارد و برای تست نمودن هواپیماها، خودروها و... به کار می رود. سرعت هوا در تونل باد می تواند تا ده برابر سرعت صوت نیز برسد.یکی از عملکردهای اصلی تونل باد دیدن رفتار جریان‌ها می‌باشد، بر همین اساس روش‌های مختلفی برای دیدن این رفتار ابداع شده که چند نمونه از این روشها شرح داده می شود:

نصب رشته های نازک روی سطح 3: با نصب رشته هایی روی سطح جسم میشود دید که جریان کجا جدا می شود و چطور رفتار می کند.

استفاده از دود: این روش که جزو شایع ترین روشهای موجود در تونل بادهای جهان هست استفاده از یک دود خاص هست. با قرار دادن دود در مسیر جریانی که از روی جسم میگذرد می شود. رفتار جریان را مشاهده نمود.

استفاده از مواد خاص روی جسم: مواد خاصی وجود دارن که با کشیدن آنها روی سطح جسم، شکل رفتار جریان قابل رویت خواهد بود.

روش لیزری PIV: در این روش دستگاه های خاص و بعضاً پرهزینه به کار میروند تا شکل جریان مشاهده شود. به این صورت که اشعه لیزر به صورت صفحه ای در چند لحظه به مقطع اتاقک آزمون تابیده شده و عکس گرفته میشود، در هر لحظه مکان ذرات سیال در میدان جریان مشخص شده و با قرار دادن تصاویر لحظه های مختلف مسیر ذرات رهگیری شده و

بردارهای سرعت و خطوط جریان استخراج می گردد.

تست تونل آب : برای دیدن جریان سیال گاهی از تونل های آبی هم استفاده میشود و با گذاشتن مجراهای مختلف روی جسم، سیال رنگی خارج شده و رفتار جریان به خوبی مشاهده می-شود(صنیعی نژاد،1387)

دینامیک سیالات محاسبه‌ای

تست کردن در تونل باد کار بسیار پیچیده ای می باشد و امروزه کم کم جای خود را به روش های دینامیک سیالات محاسبه ای **CFD**[5]می دهند. در این روش مدل به صورت کامپیوتری و با کمک هزاران معادله پیچیده ریاضی ساخته می شود.روش های کامپیوتری، جریان هوا را نیز مدل می کنند و به بررسی آن کمک فراوان می کنند.در این تحقیق از روش دینامیک سیالات محاسبه ای استفاده شده است(دهقانی سانیج،1393)

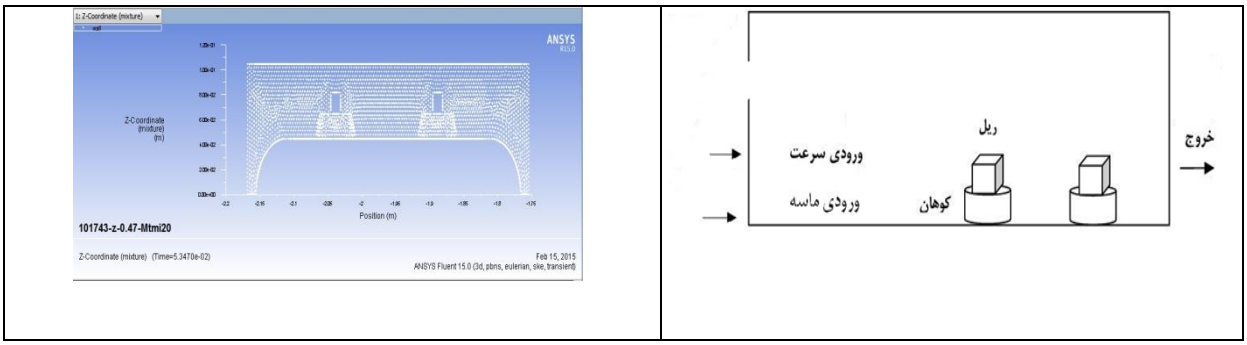
8-تحلیل فرمهای هندسی کوهان با نرم افزار اجزای محدود فلوئنت**Fluent** (روش عددی- روش **CFD**)

بعد از ساخت و مش بندی مدل در نرم افزار گمبیت[6] انتقال مدل ساخته شده به نرم افزار فلوئنت انتقال داده شده است. با بررسی اطمینان از صحت انتقال هندسه ساخته شده مساله مورد تحلیل در دو حالت 2 بعدی و 3 بعدی مورد حل و بررسی قرار گرفته است. عموماً مسائل مختلف سیالاتی را می توان به دو دسته کلی متغیر با زمان Unsteady و یا بدون تغییرات زمانی Steady تقسیم بندی کرد(جدیدی،1391) که مساله مورد بررسی یک مساله متغیر با زمان می‌باشد 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[7] با دو فاز کاری و مدل انتخابی مورد نظر از لحاظ آشفتگی در این مساله از مدل کا - اپسیلون استاندارد[8] جهت حل استفاده شده است که اطلاعات کاملتر در جدول شماره5ارایه 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 می‌باشد،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 584,000 مش برای هر مدل) و حل متغیر با زمان (Unsteady) زمان تحلیل جهت هر مدل بالغ بر 120 ساعت (5 شبانه روز) بوده است.

جدول 5. شرایط حل مساله در نرم افزار فلوئنت

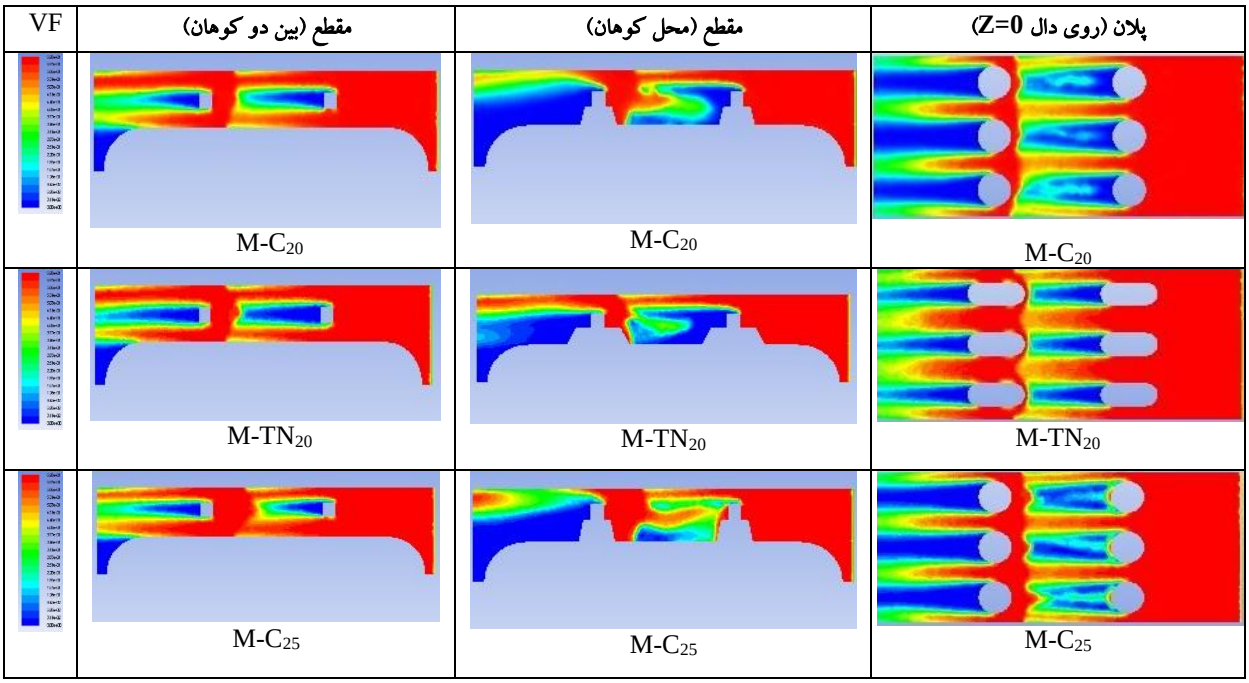
Solver	Pressure Based
Space	2D & 3D
Time	Transient-un steady
Velocity Formulation	Absolute
Unsteady Formulation	1St-Order Implicit

شکل 3. شرایط مرزی مدل (تصویر چپ) و شماتیک مدل اولیه جهت ورودی نرم افزار فلوئنت (تصویر راست)



جدول 6. تعریف شرایط مرزی در تحلیل با نرم افزار Fluent

پارامترها	مقدار	پارامترها	مقدار
دانسیته ماسه	2500 کیلوگرم بر متر مکعب	میزان ضریب فشردگی	1 (ذرات یکنواخت)
مقدار ویسکوزیته ماسه	0/001003کیلوگرم بر متر- ثانیه	سرعت ورودی ماسه	10m/s
قطر متوسط ذرات ماسه	0/0005 متر	Time step- گام زمانی	10^{-5} s



شکل 4. مقایسه شماتیکVf سه نوع فرم هندسی دایره با ارتفاع 20(M-C20)،دایره با ارتفاع25(M-C25) و بیضی ترکیبی با ارتفاع 20 (M-TN20)

همانطور که از شکل شماره 7 مشخص است برای مقدار Vf[9] (نسبت حجمی ماسه موجود به حجم سیال)در قسمت پلان فرم $M\text{-}c_{20}$ ماسه کمتری روی دال مشاهده می شود(رتبه اول) و در مقطع محل کوهان ها در رتبه دوم قرار گرفته و در مقطع بین دو کوهان نیز فرم $M\text{-}c_{20}$ شرایط مناسبی داشته است که این بررسی ظاهری است و جهت آنالیز دقیق نیاز به بررسی اعداد، جداول و نمودارها می باشد که در ادامه اشاره شده است.

در نمودار شماره1 یکی از موارد مهم قابل استخراج همگرا شدن تمامی مدلها در زمان 3.8 صدم ثانیه به بعد می باشدکه نشان از مدلسازی مناسب صورت گرفته می باشد. جدول شماره 8 و نمودار شماره 3 نشان می دهد که مقدار VF در طرح $M\text{-}C_{20}$ مقدار آن کمتر از بقیه گزینه ها می باشد در نمودار شماره 2 نیز علاوه بر امکان کنترل همگرایی فرمهای هندسی نشان می‌دهد که فرم $M\text{-}C_{20}$ دبی خروجی مناسبی در مقایسه با سایر گزینه‌ها داشته است و بعد از همنوا شدن با سایر گزینه‌ها مجددا دبی خروجی ماسه از آن افزایش داشته است که نشان از عملکرد مناسب آن در عبور ذرات ماسه از دال خط کوهاندار دارد.مدل $M\text{-}tmi_{20}$ یک مدی کمینه شده با ارتفاع 20 سانتی متر می باشد که ابعاد کلی آن از حجم مدل $M\text{-}tn_{20}$ کمتر است که همانطور که از نمودارها مشخص است نسبت به سایر فرمها حجم ماسه بیشتری را در خود رسوب داده است.

9-خروجی تحلیلهای فرمهای هندسی

در ادامه با توجه به تحلیل صورت گرفته در نرم افزار

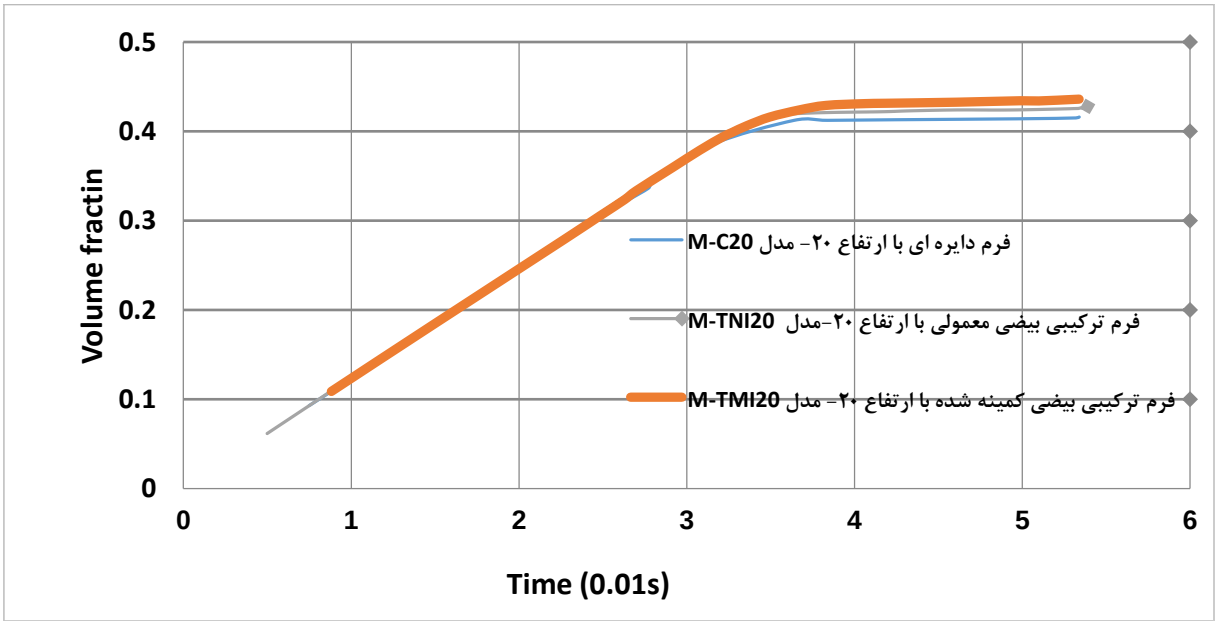
فلوئنت جدول 7 به عنوان خروجی از محاسبات هندسی و نرم افزار مذکور ارایه شده است:

تشریح متغیرهای مندرج در جدول 7 :

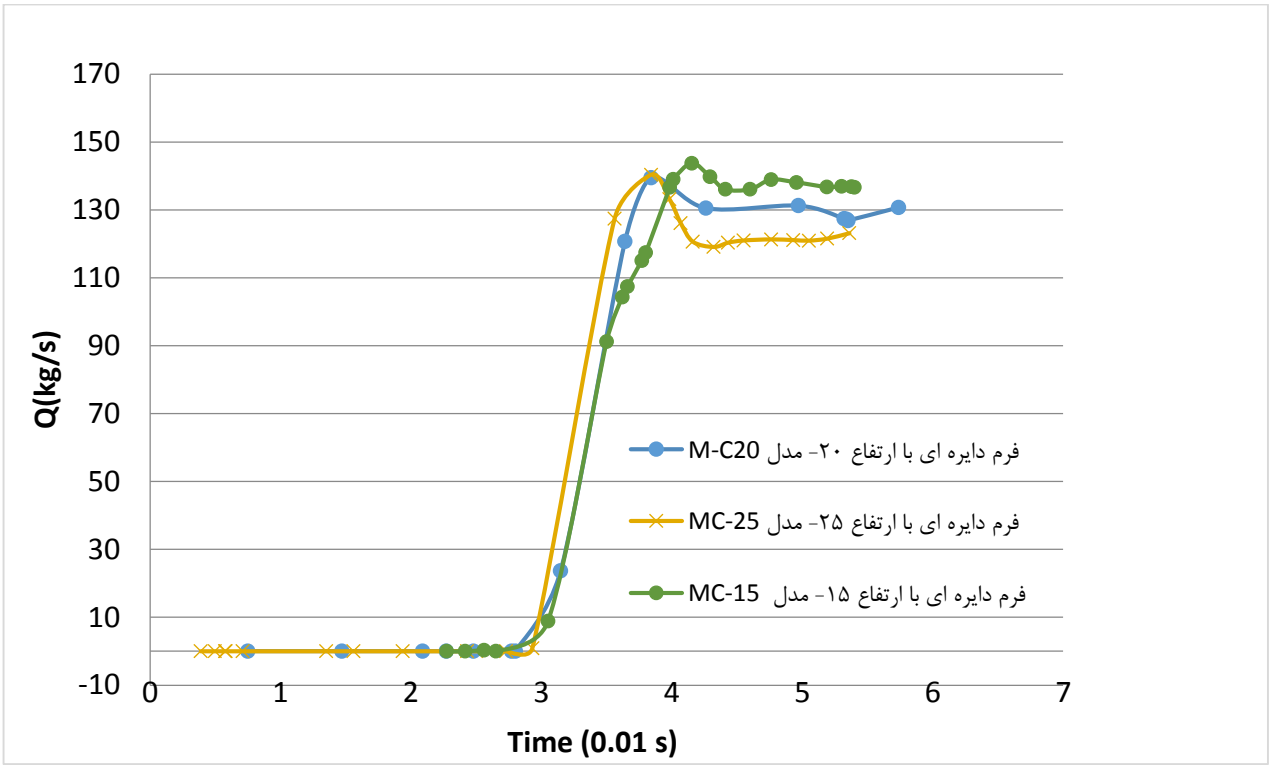
V_{Kohan}حجم کوهان (هزار سانتی متر مکعب)، Masجرم ماسه تجمیع شده روی دال خط کوهان دار به کیلوگرم، Vfنسبت حجمی ماسه موجود به حجم سیال مدلسازی شده که در سه حالت ماکزیمم- می نیمم و میانگین قابل اندازه گیری می باشد، V_C حجم دال کوهاندار (دال و کوهان)، V_g حجم کل مدل شبیه سازی شده (مجموع V_C و حجم هوا در مدل)،V_S حجم ماسه روان می باشد.

در جدول شماره 7 ترتیب فرمهای هندسی مورد مطالعه نمایش داده شده است که نشان می دهد فرم دایره ای $M\text{-}C_{20}$ موفق تر از بقیه عمل نموده است و هر چند که با فرم $M\text{-}C_{15}$ نیز فاصله زیادی ندارد ولی معیار دیگری نیز که مهم است حجم فضای موجود قبل از رسیدن ماسه به محل مسدودی خط می‌باشد که در مدل $M\text{-}C_{20}$ (مقدار5 سانتی متر ارتفاع بیشتر) قطعا زمان زیادتری صرف این موضوع خواهد گردید که نشان می دهد عملکرد مخروط دایره ای$M\text{-}C_{20}$ با ارتفاع 20 سانتی متر به مراتب بهتر خواهد بود. اولویتهای بعدی نیز در جدول شماره7 ارایه شده است که قابل بررسی می باشد.

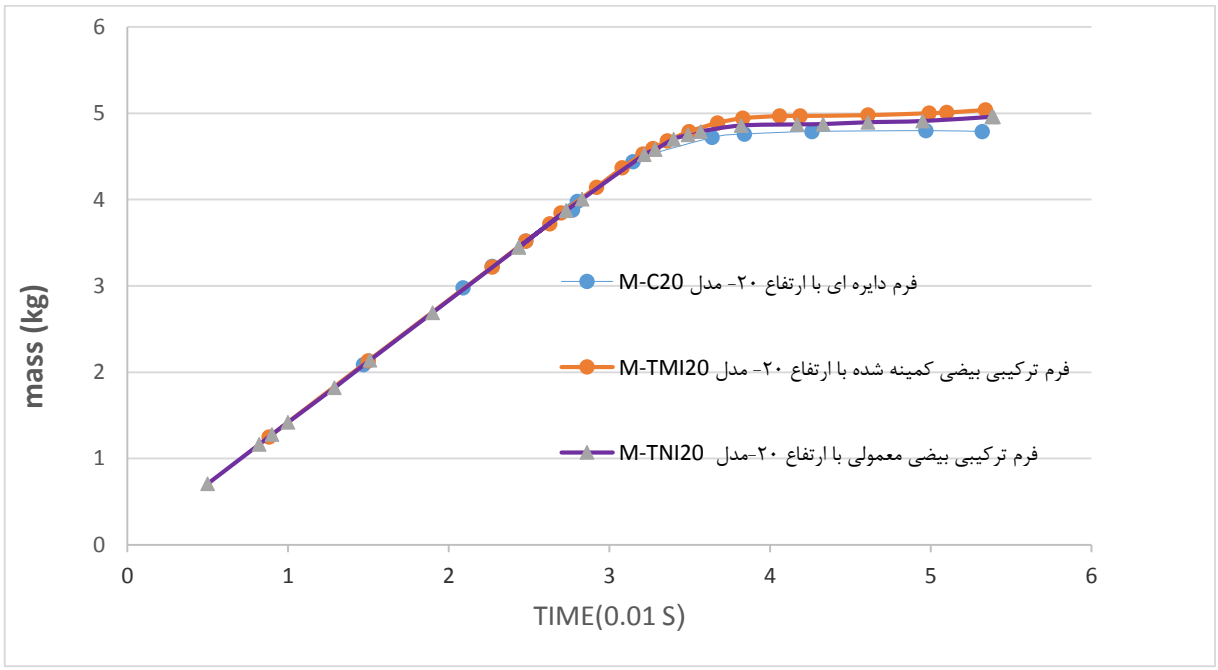
مهمترین پارامتر قابل مقایسه برای این فرمهای هندسی اندازه Mass (جرم ماسه رسوب نموده) می‌باشد به عبارتی مقایسه میزان جرم ماسه رسوب نموده روی دال در زمان مدلسازی می باشد، امتیاز مقایسه ای برای $M\text{-}C_{20}$ عدد 100 را به خود تخصیص داده است‌که نشان می دهد این فرم هندسی ماسه بسیار اندکی را در خود نگه داشته و بقیه را عبور داده است ،به عبارتی دبی رسوب ماسه روی دال خط کوهاندار کمتر از سایر حالتها بوده است.گزینه های بعدی $M\text{-}C_{15}$ با امتیاز 91، گزینه $M\text{-}TN_{20}$ با امتیاز 85 و گزینه $M\text{-}C_{25}$ با امتیاز 79 می‌باشند. آنچه نباید نادیده گرفته شود اینست که زمانی مسدوی خط راه آهن اتفاق می افتد که ارتفاع زیر زیل که بطور مثال در $M\text{-}C_{20}$ ارتفاع 20 سانتی است و حدود 75٪ ارتفاع ریل از ماسه پرشود یعنی در حالت بحرانی حدود 33 سانتی متر ماسه روی دال رسوب نماید و این مقدار برای مدل $M\text{-}C_{25}$ مقدار38 سانتی متر می باشد (5 سانتی متر بیشتر) و ممکن است عنوان شود که در طرح $M\text{-}C_{25}$ ممکن است مسدودی خط دیرتر اتفاق بیفتد در حالیکه با در نظر گرفتن اینکه در مدل $M\text{-}C_{25}$ دبی رسوب ماسه بیشتر، هزینه ساخت بیشتر، طراحی و اجرای کوهان مشکل‌تر، سطح ایمنی بعلت افزایش ارتفاع کمترو مشکلات تعمیرات و نگهداری بیشتراست که می-توان نتیجه گرفت طرح $M\text{-}C_{20}$ می‌تواند مفیدتر، اقتصادی‌تر و کارایی بیشتری در بخش خطوط ماسه گیر ریلی داشته باشد.



نمودار 1. مقایسه VF میانگین فرمهای هندسی محتلف (دایره، بیضی ترکیبی)



نمودار 2. مقایسه دبی (Q) خروجی از دال مدلسازی شده برای فرمهای هندسی مختلف (دایره‌ای با ارتفاع مختلف)



نمودار 1. مقایسه جرم ماسه رسوب نموده (Mass) روی دال خط با کوهان بیضی ترکیبی معمولی، کمینه شده و دایره با ارتفاع **20** سانتی متر

جدول 7. مقایسه فرمهای مختلف هندسی کوهان (محاسبات وگزارشهای نرم افزار فلونئت) به ترتیب اولویت

فرم هندسی/ معیارها	vf-m	V_{kohan}	v_c(cm3)	v_g(cm3)	v_s(cm3)	Mas (kg)	امتیاز نهایی فرم هندسی (از 100)
M-C_{20}	0.426	19	2,081,220	7,843,500	2,454,731	4.91	100
M-C_{15}	0.425	15	2,057,220	7,843,500	2,459,169	4.94	91
M-TN_{20}	0.434	21	2,093,220	7,843,500	2,495,622	4.96	85
M-C_{25}	0.435	24	2,111,220	7,843,500	2,493,542	4.98	79
M-tmi_{20}	0.436	19	2,081,220	7,843,500	2,512,354	5.04	61
M-tmi_{25}	0.44	23.5	2,108,220	7,843,500	2,523,523	5.05	58

۱۰- نتیجه‌گیری

فرم هندسی مناسب کوهان همانطور که از مطالعات آیرودینامیکی در مورد شکل هواپیماها و شبیه سازی های انجام شده و اشکال طبیعی و بررسی اصل برنولی مشخص شد تاثیر بسیار زیادی بر حجم و سرعت عبور ماسه دارد، بنابراین هر چه مساحت تصویری پیشانی کوهان نرم ترو انحناء بیشتری داشته باشد حجم عبور ماسه بیشتر و در نتیجه رسوب ماسه بر روی سطح دال کمتر خواهد بود، یکی از پارامترهای مهم دیگر حجم کوهان می باشد که تاثیر زیادی بر عبور ماسه داشته است، بطوریکه طبق جدول شماره 7 و نمودارهای موجود، حجم کم مدل های شبیه سازی شده نظیر Mc_{20} و Mc_{15} باعث عبور بهتر ماسه از دال خط کوهاندار شده است.

یکی از بهترین های فرم های هندسی که از نرم افزار فلوئنت با شبیه سازی عددی شناسایی گردید فرم های هندسی $Mc_{20,15}$بود که حجم ماسه کمتر روی دال رسوب نموده است و این تحقیق نشان داده است که مقاطع دایره ای شکل در مرحله اول ورود ماسه به خطوط، ماسه را بسیار سریعتر از سایر فرمها خارج می کنند (زمان کمتری صرف عبور از عرض خط راه آهن می‌شود) و با توجه به تحلیل صورت گرفته افزایش ارتفاع کوهان ها لزوما باعث افزایش دبی ماسه عبوری نمی شود. در رتبه بعدی فرم های هندسی مناسب، فرم هندسی Mtn_{20} می باشد که حجم ماسه کمتری روی دال رسوب نموده است. با افزایش ارتفاع کوهان مقدار رسوب ماسه روی خط (دبی رسوب ماسه) افزایش می‌یابد واین لزوماً به معنای زودتر مسدود شدن خط نمی باشد چون فضای بیشتری جهت رسوب ماسه وجود دارد.بیشترین رابطه معنی دار مربوط به رابطه حجم کوهان با دبی عبوری و vf می‌باشد که با کاهش مقادیر حجم، vf کاهش و حجم عبور ماسه افزایش یافته است. بیشترین اغتشاش را در نواحی پشت کوهان‌ها (در امتداد عرض خط) اتفاق افتاده است که به علت اینکه در این نواحی حرکت ماسه‌ها بصورت نامنظم بوده به شکلی که این نامنظمی باعث رسوب ماسه در این محلها شده است که این شبیه سازی با نمونه های واقعی تصاویر اخذ شده از مناطق ماسه گیری ریلی بسیار شبیه می باشد،عمده علت رسوب ماسه‌ها در این نواحی سرعت کم سیال در آن محلها و سرعت زیادتر سیال در نواحی بین کوهان ها و سطح پیشانی کوهانها می‌باشد، در نهایت به عنوان بهینه ترین گزینه با در نظر گرفتن زمان عبور ماسه، حجم رسوب ماسه و زمان پر شدن دال و مسدودی خط می‌توان گزینهMc_{20} را پیشنهاد نمود که ضروری است برای آزمایش نهایی از روشهای ساخت نمونه آزمایشی در خطوط ماسه گیر اقدام نمود تا بتوان در راستای توسعه این خطوط در راه آهن گام برداشت.

11-پی‌نوشت‌ها

1-Volume Fraction
2 -Tubular Modular Track
3- Tufts
4- Smoke
5- Computational fluid dynamics
6 -Gambit
7- Eulerian
8- Standard K – Epsilon
9 -Volume fraction

12-مراجع

-احمدی ،ح. و همکاران-، (1389)، "بررسی روشهای کنترل فرسایش بادی برای حفاظت راه آهن (مطالعه موردی: منطقه بافق)"، دانشگاه چمران.

-انصاری ، ر. ،(1385)، "جدیدترین متدهای تثبیت شن، اداره کل راه آهن جنوب شرق"، همایش مشکلات راه آهن در مناطق کویری.

-باقری، الف. ، (1382)، "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.

-جهانگیریان، ع.، (1387)، "بررسی اثر دیوارهای حائل در برابر توفانهای شن با استفاده از حل عددی جریان"، مرکز تحقیقات راه آهن ج.ا.ا .

-حسنی، م.، (1390)، "فناوری های تثبیت شن های روان و خطوط ریلی"، گروه نظارت خط و سازه-های فنی اداره کل راه آهن جنوب شرق-، ص. 35.

-حسنی ،ا.،1391، "گزارش مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، پژوهشکده حمل و نقل. صص. 44 – 48.

-دفتر مهندسی و نظارت زیربنایی راه آهن، "مجموعه مقالات بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری، راه آهن جمهوری اسلامی ایران.

-دهقانی سانیج ، م ، (1393)، "شبیه سازی عددی با نرم افزار فلوئنت"، انتشارات ناقوس.

-جدیدی، م.، (1391)، "شرائط مرزی و پارامترهای آشفتگی در نرم افزار"FLUENT-، گروه دینامیک سیالات محاسباتی دانشگاه صنعتی اصفهان.

-ذاکری، ج. ع.، (1391)، "معرفی روسازی نوین دال خط‌کوهاندار برای حل مشکل راه آهن مناطق کویری"، مجله علمی پژوهشی عمران – مدرس، دوره دهم ، شماره2 تابستان. صص. 7-14.

-صنیعی نژاد ،م.، (1387)، "مقدمه ای بر شبیه سازی جریانهای آشفته و مدل-سازی آنها"، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.

-فتحعلی، م.، (1387)،"روسازی دال خط‌کوهاندار‌برای حل‌مشکل راه آهن‌مناطق کویری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی خطوط راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران.

-فتحی،ع،(1393)،"شبیه سازی عددی دال خط کوهاندار در مسیرهای بیابانی ریلی"،مرکز تحقیقات راه آهن ج.ا.ا.

-فرقانی، م. ، (1385)، "بررسی مشکلات راه آهن در مناطق کویری"، پایان نامه کارشناسی، مهندسی خطوط راه آهن، دانشگاه علم و صنعت.

-مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران، (1391)، مایع غیر نفتی (مالچ غیرنفتی پلیمری) مهارکننده شن های روان.

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

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

-Zakeri J. A. (2004), "Track defects in desert area and methods for determining corrective measures" CD- Proceedings of the 6th International Conference on Railway Engineering, Commonwealth Institute, London.

-Zakeri J. A. (2012), "Investigation on Railway Track Maintenance in sandy-dry Areas" structure and infrastructure engineering, Volume (8) Issue 2 February, pp. 135-140.

-Zakeri J. A. (2007), "Requirements of Railway Route Design in Desert Areas". CD- Proceedings

–Zakeri, J. A. (2005), "Special sleeper design for reducing railway track maintenance costs", research Report No. 10341, Iran University of Science & Technology.

of 8th International conference on Railway Engineering, London.

-Zakeri J. A., Morteza Esmaeili, Masoud Fathali (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 November, pp. 567 - 574.

-Zakeri J. A., Rauf Abbasi (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 26 (12) (2012), pp.3885-3892.

[1] Volume Fraction
[2] Tubular Modular Track
[3] Tufts
[4] Smoke
[5] Computational fluid dynamics
[6] Gambit
[7] Eulerian
[8] Standard K – Epsilon
[9] Volume fraction