

واکاوی و پهنه‌بندی انرژی باد بر اساس قابلیت حمل ماسه در راه‌آهن قم-تهران

محمد رضا راهداری^۱، حسن احمدی^۲، علی طویلی^{۳*}، محمد جعفری^۴، علی اکبر نظری سامانی^۵، محمد خسرو شاهی^۵ و شهروز شریفی^۶

۱- دانش‌آموخته دکترای بیابان‌زدایی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: atavili@ut.ac.ir

۴- دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۵- دانشیار، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۶- کارشناس ارشد، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۸

چکیده

با توجه به حاکمیت مناطق بیابانی در وسعت زیادی از ایران، بررسی و مطالعه رژیم بادی به منظور طراحی ایمن خطوط ریلی و همچنین حمل رسوبات بادی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این پژوهش به واکاوی رژیم بادی و قابلیت حمل ماسه با استفاده از روش فرایبرگر در ایستگاه‌های هواشناسی موجود در حاشیه راه‌آهن قم-تهران به طول ۱۷۸ کیلومتر پرداخته شده است. گلبادهای سالیانه نشان می‌دهند که در مجموع حاکمیت بادهای غربی و شمال‌غربی در حدود ۴۰٪، ۵۰٪، ۴۲٪ و ۵۷٪ به ترتیب در ایستگاه‌های هواشناسی تهران، شهریار، قم و فرودگاه امام خمینی حاکم است. بیشترین مقدار قابلیت حمل ماسه در ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام (DP=۵۷۴, UDI=۰/۸) در غرب منطقه و کمترین مقدار آن در ایستگاه قم (DP=۱۰۹, UDI=۰/۴۷) در جنوب منطقه است. از سوی دیگر علاوه بر ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام خمینی، ایستگاه‌های گرمسار (DP=۴۸۱)، سلفچگان (DP=۴۸۵) و ساوه (DP=۵۵۲) نیز در کلاس انرژی باد شدید قرار داشتند. ایستگاه‌های هواشناسی شهریار (DP=۲۱۵) و کهک (DP=۳۲۶) در کلاس متوسط و در نهایت ایستگاه‌های تهران (DP=۱۹۱) و قم در کلاس کم قرار دارند. با حرکت از ایستگاه ریلی نمک‌زار به سمت ایستگاه ریلی امام خمینی روند افزایشی قابلیت حمل ماسه مشاهده گردید و از سویی ارزیابی‌های میدانی بیانگر حساسیت بلاک ریلی نمک‌زار-سپر رستم به طول ۲۱/۳ کیلومتر نسبت به ورود ماسه به خط ریلی است. در پایان به مدیران راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران پیشنهاد می‌گردد با ارزیابی قابلیت حمل ماسه در حاشیه خطوط ریلی در مناطق بیابانی نسبت به کنترل ورود ماسه به این خطوط اقدام نمایند.

واژه‌های کلیدی: رژیم بادی، باد فرساینده، روش فرایبرگر، خطوط ریلی.

مقدمه

2009; Mujabar & Chandrasekar, 2013; Xie *et al.*,

2017). با توجه به اینکه خطوط ریلی متعددی از حاشیه یا داخل مجموعه رسوبات ماسه‌بادی عبور می‌کنند و یا در حال طراحی می‌باشند، در نتیجه توجه به خطرات ورود ماسه به این

ماسه‌های روان یک فاکتور تأثیرگذار در طراحی و احداث خطوط ریلی و پروژه‌های طولی در مناطق خشک بیابانی است و نقش مهمی در کاهش ایمنی آنها دارد (Shao & Lin)

است، به‌عنوان محیط بادی با انرژی کم، مناطقی که بین ۲۰۰-۴۰۰ واحد بردار است، به‌عنوان محیط بادی با انرژی متوسط و در نهایت مناطقی را که ارزش بیش از ۴۰۰ واحد بردار داشتند، به‌عنوان محیط‌های با انرژی بادی زیاد طبقه‌بندی کرد (Fryberger, 1979).

مطالعات متعددی بر مبنای شناسایی رژیم بادی و قابلیت حمل ماسه در مناطق بیابانی ایران انجام شده است، از آن جمله می‌توان به دشت یزد-اردکان اشاره نمود (Ekhtesasi, 2005). بررسی رژیم بادی در راه‌آهن شانگ‌های-تبت چین نشان داده که قابلیت حمل ماسه در این منطقه ۹۷۰ واحد بردار و نسبت همگنی ۰/۹ است که بیانگر شدت زیاد فرسایش بادی است و از سوی دیگر به مطالعه ماهانه رژیم بادی در منطقه پرداخته شده است (Zhang et al., 2011). در پژوهشی در کشور چین به بررسی خطرات ورود ماسه در بیابان گویی پرداخته شده است، به‌طوری‌که به‌منظور مطالعه دقیق‌تر رژیم بادی یک ایستگاه بادسنجی و رسوب‌سنجی تأسیس شده است (Cheng et al., 2015). Xie و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور ارزیابی رژیم بادی به بررسی قابلیت حمل ماسه در راه‌آهن شانگ‌های-تبت با توجه به ارتفاع ایستگاه‌های ریلی پرداختند؛ نتایج آنان بیانگر این مطلب بود که در مناطق مرتفع خطر ورود ماسه به ریل در فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد و در مناطق کم‌ارتفاع در فصل تابستان پاییز رخ می‌دهد. در ایران مطالعه‌ای در ارتباط با واکاوی رژیم بادی در خطوط راه‌آهن انجام نشده است اما در پژوهشی به شناسایی منشأ رسوبات وارده به راه‌آهن تهران-بندرعباس و تهران-کرمان در جنوب شهرستان بافق پرداخته شد و در نهایت به‌منظور کنترل ماسه‌های روان تلفیقی از روش‌های بیولوژیکی و مکانیکی را پیشنهاد نمودند (Ahmadi et al., 2002). در تحقیقی دیگر شناسایی فرسایش بادی در راه‌آهن مشهد-سرخس (ایستگاه گنبدلی) انجام شده است و در نهایت با توجه به کمبود بارش در منطقه روش‌های مکانیکی و شیمیایی را به‌منظور کنترل پیشنهاد نمودند (Naseri & Aziziabadi Farahani, 2018).

با توجه به اهمیت خطوط ریلی در سیستم حمل‌ونقل

خطوط و کنترل آنها از اهمیت زیادی برخوردار است (Chen et al., 2002; Zhang et al., 2010). فرایند احداث خطوط ریلی به‌طور اجتناب‌ناپذیری باعث تخریب پوشش گیاهی تنک منطقه و همچنین شکننده شدن محیط اکولوژیکی و در نهایت فعالیت بیشتر ماسه‌های روان در سطح زمین می‌شوند (Shen et al., 2004; Wang et al., 2004) و یا دشت‌های ریگی پایدار را نامتعادل و فرسایش‌پذیر می‌کنند. با توجه به عبور خطوط ریلی از مناطق بیابانی، مطالعات فرسایش بادی نقش تأثیرگذاری در ایمنی این خطوط ایفا خواهد نمود. به‌طوری‌که مطالعه در این حوزه به دانش طیف گسترده‌ای از رشته‌ها از جمله علوم جوی (اقلیم‌شناسی، سنجش‌ازدور و فیزیک ابر)، دینامیک سیالات، فیزیک خاک، هیدرولوژی، خاک‌شناسی، محیط‌زیست و همچنین علوم کشاورزی و مدیریت سرزمین نیازمند است (Shao, 2008).

در مطالعات مربوط به فرسایش دو نوع شاخص وجود دارد که شامل فاکتورهای فرسایش‌پذیری و فرسایش‌پذیری خاک می‌شود. باد به‌عنوان یک فاکتور فرسایش‌پذیری دارای جهت برداری، اندازه و نیرو هست. سرعت و قدرت باد یک عنصر کلیدی در توانایی فرسایش بادی است و مطالعات نشان داده که فرسایش بادی همبستگی مثبتی با سرعت باد دارد (Mesbahzadeh & Ahmadi, 2012). بررسی‌ها حکایت از این داشته که باد غالب در ریگ‌بلند کاشان می‌تواند رژیم بادی حرکت‌شن‌های روان را تحت تأثیر خود قرار بدهد (Nazari Samani et al., 2016; Nazari Rahdari, 2013; Samani et al., 2017).

فرسایش بادی به‌عنوان پدیده‌ای فراملی شناخته شده است (Jafari et al., 2006) که در مقیاس جهانی حدود ۲۸٪ از تخریب زمین را به خود اختصاص داده است (Webb et al., 2006) و از سوی دیگر باد پدیده‌ای دینامیک و پویا است که پرداختن به آن به‌ویژه با توجه به اطلاعات موجود در ایران کاری بسیار مشکل و طاقت‌فرساست (Nazari Samani et al., 2017). فرایبرگر با توجه به مطالعات خود در ایستگاه‌های مختلف جهان شاخص قابلیت حمل ماسه را مورد ارزیابی قرار داد و مناطقی را که کمتر از ۲۰۰ واحد بردار

جابجایی مسافر نقش مهمی را در جابجایی چندین میلیون تن بار در طول سال ایفا می‌کند. در این مسیر نه ایستگاه به نام‌های محمدیه، قم‌رود، سیر رستم، نمک‌زار، علی‌آباد، فرودگاه امام خمینی، اسلامشهر، تپه‌سفید و تهران قرار دارد (شکل ۱).

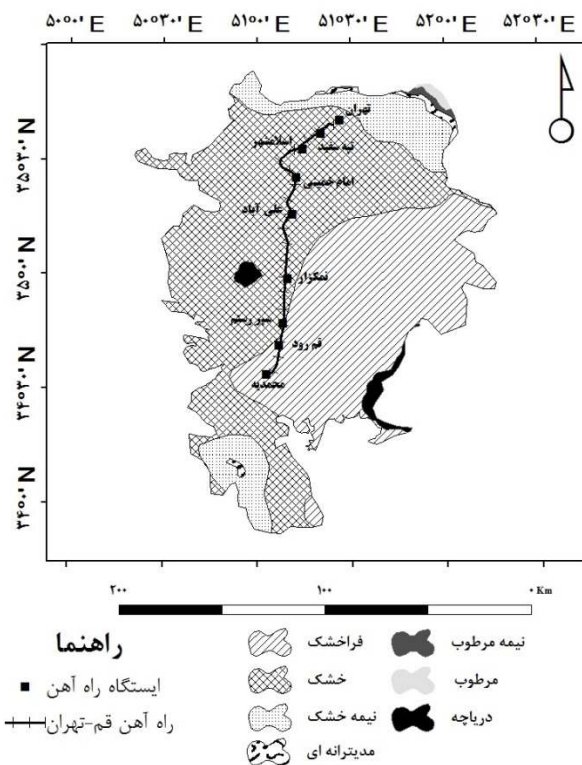
میانگین اطلاعات اقلیمی (۱۳۹۵-۱۳۸۶) در منطقه بیانگر این مطلب است که مسیر موردنظر از منطقه خشک عبور می‌کند و بیشترین میانگین سرعت باد سالانه در ایستگاه فرودگاه امام خمینی ۴/۶ و کمترین آن در ایستگاه قم حدود ۲/۸ متر بر ثانیه است (جدول ۱).

کشور و به‌منظور کنترل ماسه‌های روان در حاشیه این خطوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در نتیجه شناسایی و واکاوی رژیم بادی در این مناطق از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. از این رو در این تحقیق در یک دوره ده‌ساله پایش و ارزیابی قابلیت حمل ماسه در راه‌آهن قم-تهران با استفاده از روش فرایبرگر انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

خط راه‌آهن قم-تهران به طول ۱۷۸ کیلومتر از اهمیت ویژه‌ای در مرکز ایران برخوردار است، به‌طوری‌که علاوه بر



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و وضعیت ایستگاه‌های راه‌آهن

اقلیمی منطقه حاشیه خط راه‌آهن با توجه به شاخص دمارتن (شکل ۲) محاسبه و با استفاده از نرم‌افزار Surfer 15.3 درون‌یابی شد.

$$I = \frac{P}{t+10} \quad \text{رابطه}$$

روش تحقیق

در ابتدا به‌منظور شناسایی وضعیت راه‌آهن قم-تهران به رقوم‌سازی اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های موجود و همچنین خط ریلی و سایر اطلاعات مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار ArcGis 10.5 پرداخته شده است. در ادامه طبقه‌بندی

جدول ۱- میانگین اطلاعات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۶-۱۳۹۵)

میانگین اطلاعات بلندمدت اقلیمی			مختصات جغرافیایی		نام ایستگاه	
سرعت باد (متر/ثانیه)	بارش (میلی متر)	دما (درجه سانتی گراد)	عرض	طول		
۳/۴	۱۹۴	۱۸/۲	تهران	۳۵/۶۶	۵۱/۰۱	شهریار
۴/۶	۱۴۴	۱۷/۷	تهران	۳۵/۴۱	۵۱/۱۶	فرودگاه امام خمینی
۳	۲۰۸	۱۸/۴	تهران	۳۵/۶۹	۵۱/۳۰	تهران
۲/۸	۱۱۷	۱۸/۹	قم	۳۴/۷۷	۵۰/۸۵	قم
۴/۴	۱۶۸	۱۷/۵	قم	۳۴/۴۸	۵۰/۴۶	سلفچگان
۴/۲	۱۵۴	۱۷/۹	قم	۳۴/۴۰	۵۰/۸۶	کهنک
۴/۴	۱۶۶	۲۰/۱	مرکزی	۳۵/۰۸	۵۰/۳۷	ساوه
۳/۵	۹۴	۱۹/۸	سمنان	۳۵/۲۴	۵۲/۳۶	گرمسار

هشت گانه در ایستگاه مورد مطالعه است. در نهایت DP توانایی حمل ماسه در تمام جهت‌ها در زمان سالانه با توجه به مطالعات فرایبرگر (1979) به دست آمد. به منظور به دست آوردن برآیند برداری (رابطه ۴) در جهت‌های مختلف، بعد از تجزیه در امتداد محور طولی و محور عرضی، با توجه به اندازه برداری در هر یک از جهت‌ها به این مورد دست یافته شد. به منظور به دست آوردن نسبت برآیند برداری به برآیند جبری (UDI) از تقسیم این دو پارامتر که در مراحل قبل به دست آمده، استفاده شد (رابطه ۵).

$$UDI = \left(\frac{RDP}{DP_t} \right)$$

باید اشاره نمود که در این روابط RDP برابر با برآیند جبری قابلیت حمل ماسه، RDD برابر با برآیند برداری قابلیت حمل ماسه و UDI برابر با نسبت برآیند برداری به برآیند جبری است. به منظور انجام محاسبات قابلیت حمل ماسه به روش فرایبرگر از کلاس‌های سرعت باد استاندارد با توجه به جدول ۲ استفاده شده است. لازم به ذکر است که Fryberger (1979) در این روش پیشنهاد نمود از سرعت‌های بیشتر از ۴۰ نات صرف نظر شود، به دلیل اینکه از نظر آماری درصد بسیار ناچیزی را شامل می‌شوند.

در این رابطه I برابر با ضریب خشکی دمارتن، P برابر با میزان بارندگی سالانه (میلی متر) و t برابر با درجه حرارت سالانه (درجه سانتی گراد) است. برای انجام محاسبات مربوط به قابلیت حمل ماسه فرض بر این است که تپه‌های ماسه‌ای از ذرات ماسه با اندازه میانگین ۰/۳۰-۰/۲۵ میلی متر تشکیل شده است (Fryberger, 1979). چنین فرضی برای بیشتر مناطق بیابانی دنیا در نظر گرفته شده است (Ahlbrandt, 1979). سرعت آستانه با توجه به مطالعات Belly (1964)، برای میانگین ذرات ۰/۳۰ میلی متر و فاکتور زبری سطح، در ارتفاع ۱۰ متری برابر ۱۱/۶ نات برآورد شده است و با توجه به مطالعات Fryberger (1979) ۱۲ نات در نظر گرفته شده است. در این تحقیق نیز سرعت آستانه با توجه به آنالیز دانه‌بندی ذرات رسوب در حاشیه خطوط ریلی ۱۲ نات منظور گردید و برای انجام تحلیل‌های مربوطه از نرم‌افزارهای 8 WR Plot view و همچنین MATLAB 2015 استفاده شد.

$$DP \propto V^2(V - V_t) \times T \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه ۲ سرعت باد اندازه‌گیری شده با V نشان داده شده است و V_t سرعت آستانه در منطقه مورد مطالعه است (در این تحقیق ۱۲ نات) و T فراوانی کلاس‌های سرعت باد در جهت

$$RDP = \sqrt{(C^2 + D^2)} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$D = \sum_{i=1}^{8 \text{ or } 16} (DP_i) \cos \theta_i$$

$$C = \sum_{i=1}^{8 \text{ or } 16} (DP_i) \sin \theta_i$$

$$RDD = \text{Arc tan}\left(\frac{C}{D}\right)$$

جدول ۲- محاسبات فاکتور وزنی به روش فرایبرگر و کلاس‌های سرعت باد

فاکتور وزنی	(سرعت آستانه-سرعت باد)	^۲ (سرعت باد)	میانگین سرعت باد	کلاس سرعت باد (نات)
۲/۷۳	۱/۵	۱۸۲/۲۵	۱۳/۵	۱۱-۱۶
۲۵/۲۷	۷	۳۶۱	۱۹	۱۷-۲۱
۷۵/۰۳	۱۲/۵	۶۰۰/۲۵	۲۴/۵	۲۲-۲۷
۱۷۲/۰۹	۱۸/۵	۹۳۰/۲۵	۳۰/۵	۲۸-۳۳
۳۴۲/۳	۲۵	۱۳۶۹	۳۷	۳۴-۴۰

جدول ۳- ارزیابی قابلیت فرسایش بادی بر اساس محاسبات آماری توان حمل ماسه (Fryberger, 1979)

برآیند جبری	برآیند برداری / برآیند جبری	قابلیت فرسایش بادی
DP < ۲۰۰	UDI < ۰/۳	کم
۴۰۰ < DP < ۲۰۰	۰/۸ < UDI < ۰/۳	متوسط
DP > ۴۰۰	UDI > ۰/۸	زیاد

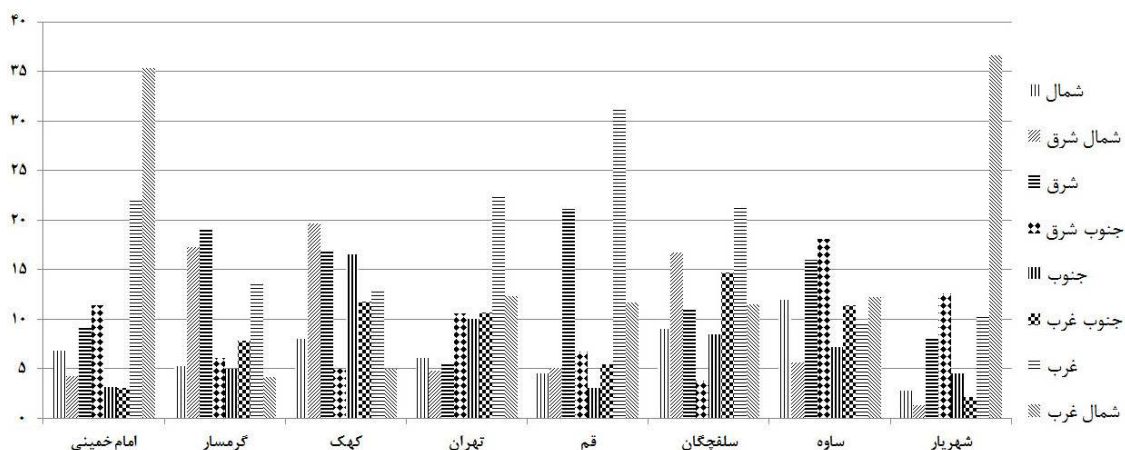
ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه بیانگر این مطلب است که ایستگاه‌های هواشناسی موجود در سمت غرب خط راه آهن قم-تهران دارای حاکمیت بادهای غرب و شمال غرب می‌باشند و از سوی دیگر ایستگاه هواشناسی تهران در قسمت شمال منطقه نیز این شرایط را دارد. ایستگاه هواشناسی ساوه در جنوب منطقه از یک سیستم بادی چندجهته برخوردار می‌باشد و در ایستگاه‌های هواشناسی گرمسار و کهک بادهای شرقی و شمال شرقی حاکم است. به طوری که به ترتیب بیشترین و کمترین درصد باد آرام در منطقه مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی شهریار (۲۱٪) و

با توجه به مطالعات Fryberger (۱۹۷۹) قابلیت حمل ماسه در سه کلاس کم، متوسط و شدید برای هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی طبقه‌بندی گردید و از سوی دیگر در محیط نرم افزار Arc Gis 10.5 و با استفاده از روش معکوس فاصله (IDW) به پهنه‌بندی قابلیت حمل ماسه در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی در

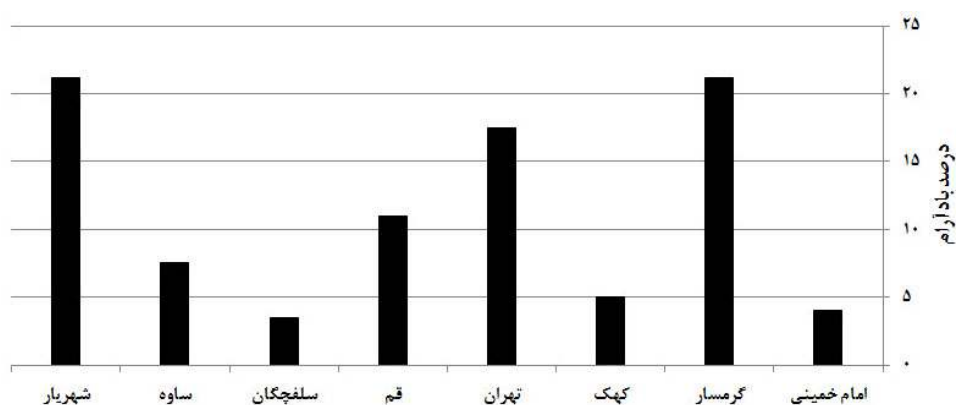
سلفچگان (۳/۵٪) است. همچنین باید عنوان نمود که میزان درصد باد آرام در ایستگاه‌های هواشناسی ساوه، کهک و فرودگاه امام کمتر از ۱۰٪ است (شکل ۳).



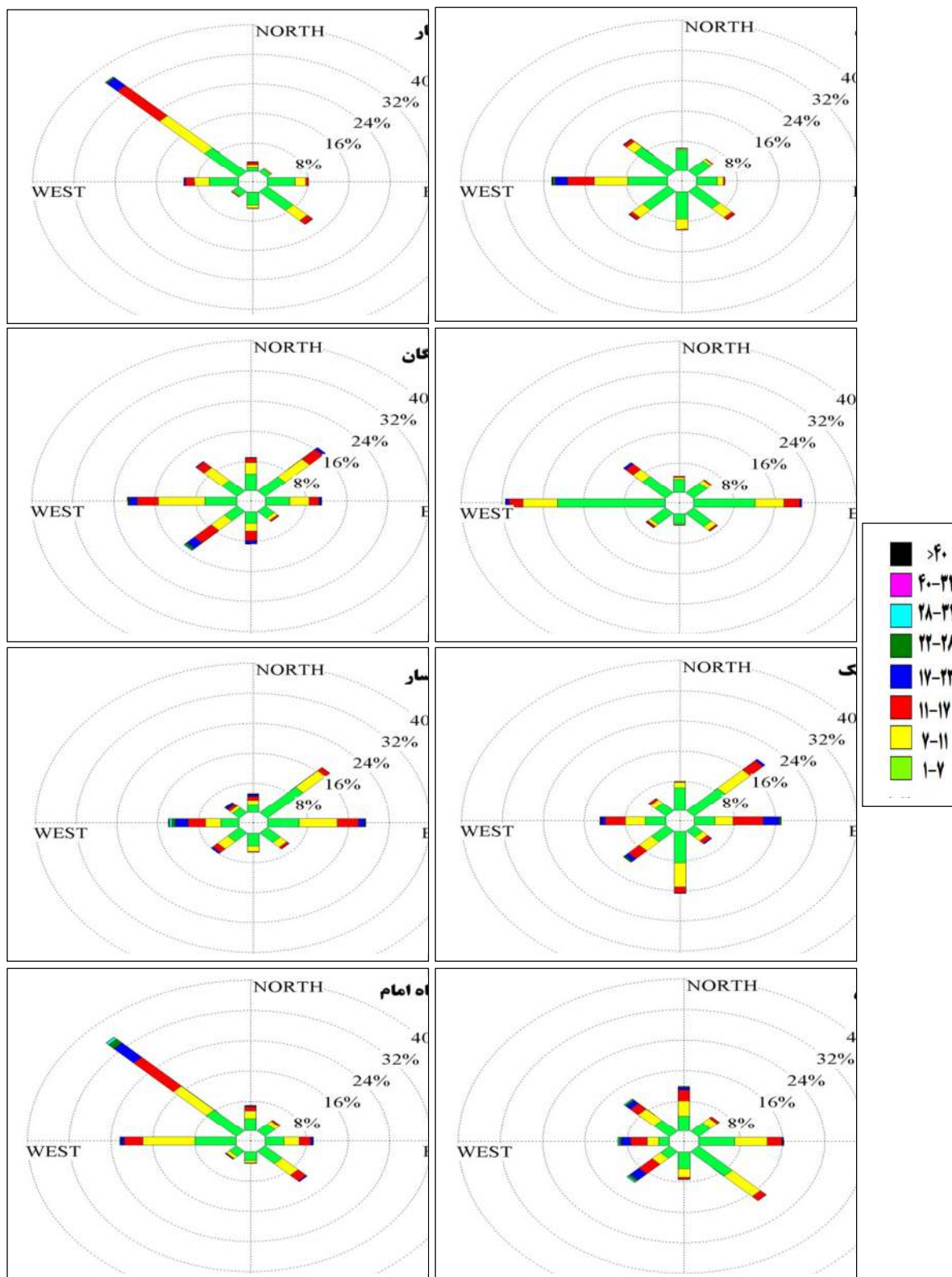
شکل ۲- مقایسه ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به تغییرات درصد جهت‌های باد (۱۳۸۶-۱۳۹۵)

در منطقه شناخته شده است و باد فرساینده در ایستگاه هواشناسی کهک مربوط به جهت شرق است. نتایج حاصل از درون‌یابی سرعت باد و قابلیت حمل ماسه در شکل ۶ قابل مشاهده است. با حرکت به سمت ایستگاه ریلی نمک‌زار خطوط هم سرعت باد، سرعت بیشتری را نشان می‌دهد، به طوری که در حواشی ایستگاه ریلی فرودگاه امام به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

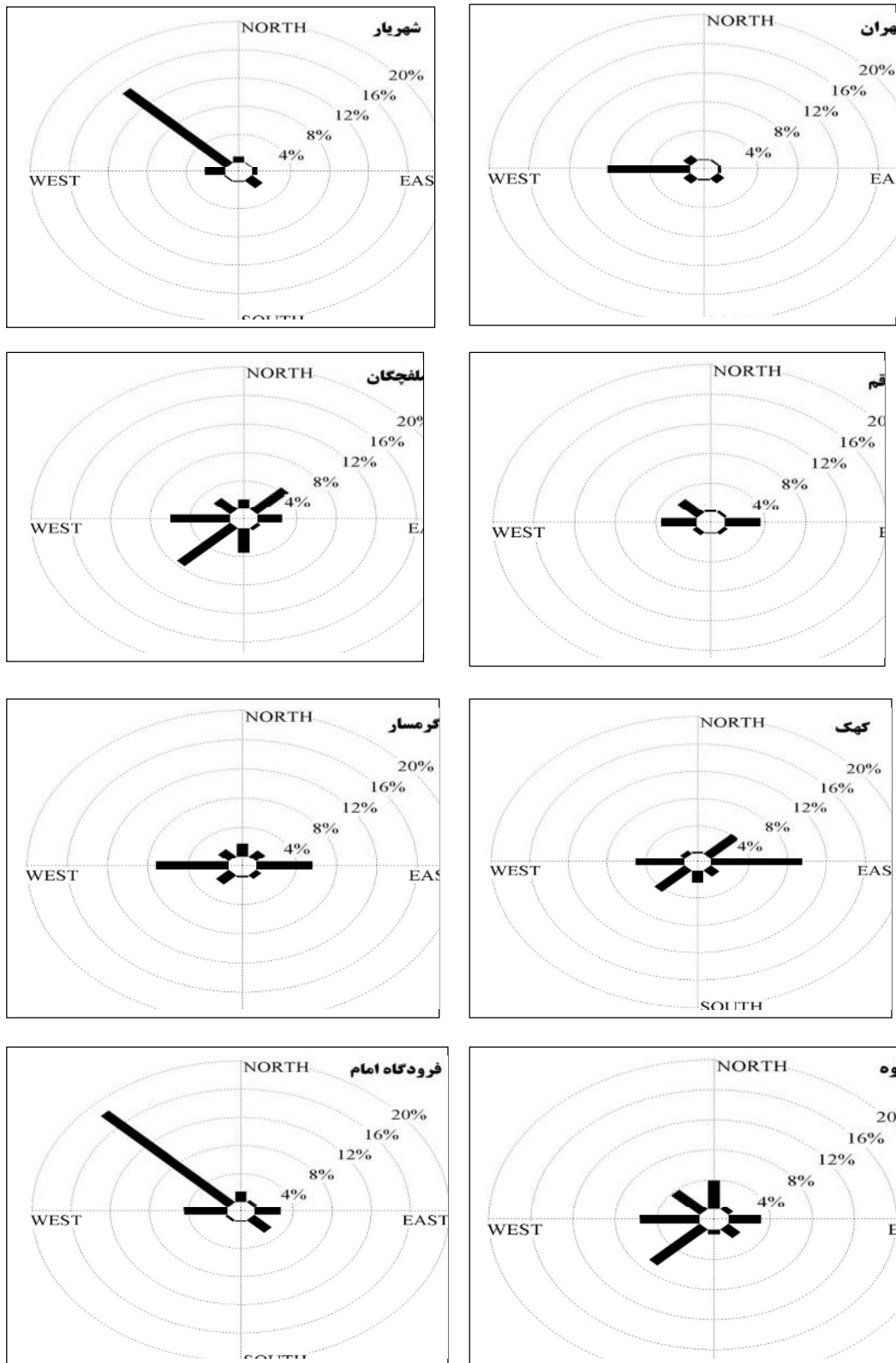
همان‌طور که در گلبادهای سالیانه قابل ملاحظه است در مجموع حاکمیت بادهای غربی و شمال‌غربی در حدود ۴۰٪، ۵۰٪، ۴۲٪ و ۵۷٪ را به ترتیب در ایستگاه‌های هواشناسی تهران، شهریار، قم و فرودگاه امام خمینی به خود اختصاص داده است (شکل ۴). گل‌توفان که بیانگر بادهای با سرعت بیشتر از سرعت آستانه است در شکل ۵ قابل مشاهده است و در کلیه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه هواشناسی کهک بادهای شمال‌غرب، جنوب‌غرب و غرب به عنوان باد فرساینده



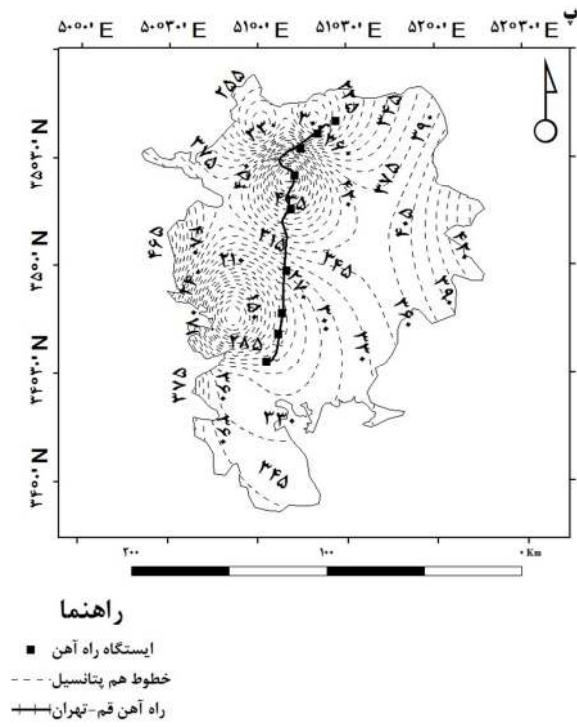
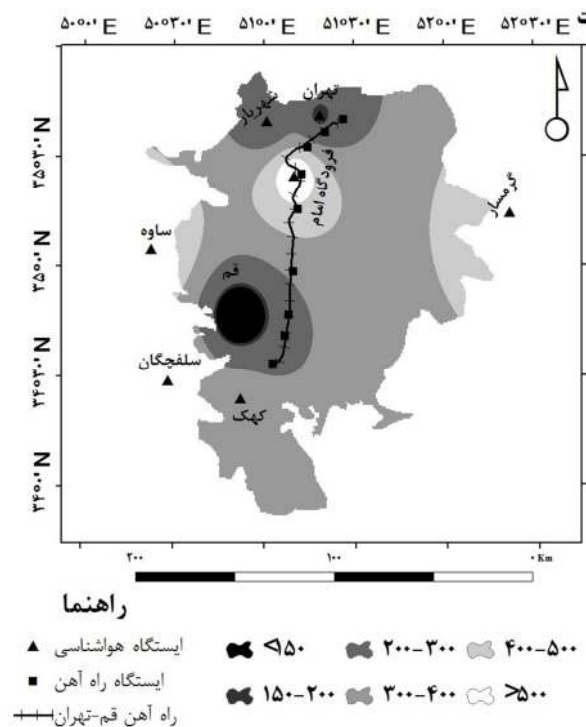
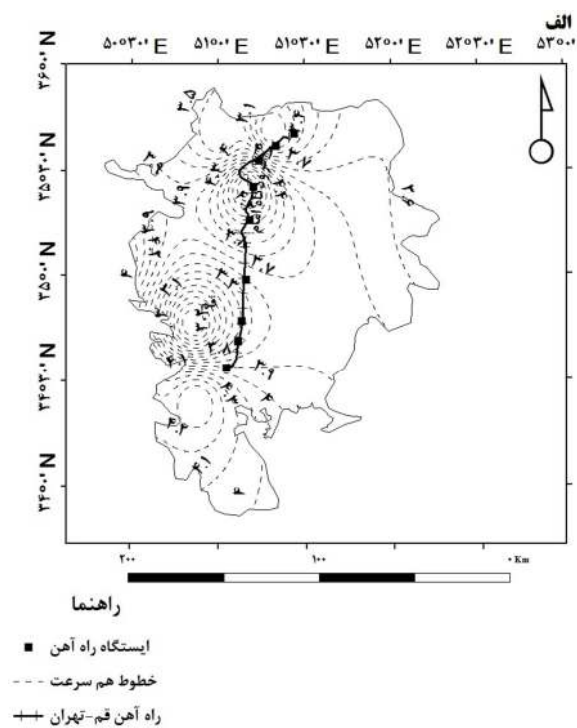
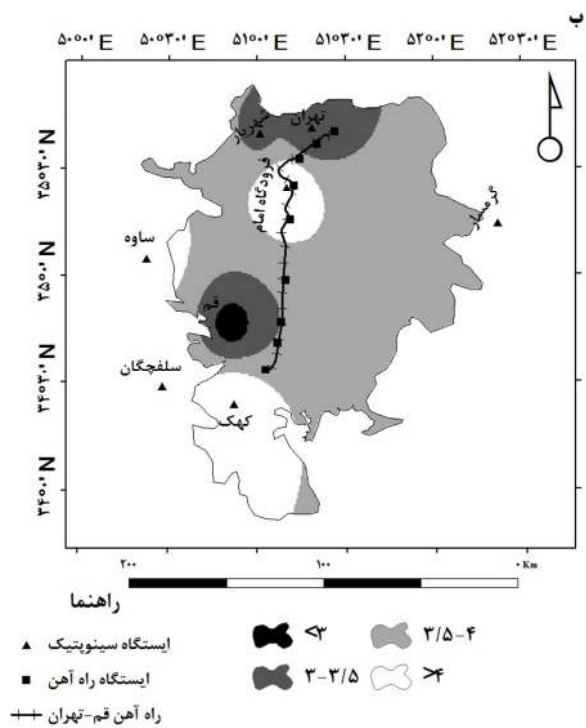
شکل ۳- تغییرات درصد باد آرام در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۴- گلباد سالیانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه (۱۳۸۶-۱۳۹۵)



شکل ۵- گلباد سالیانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه (۱۳۸۶-۱۳۹۵)



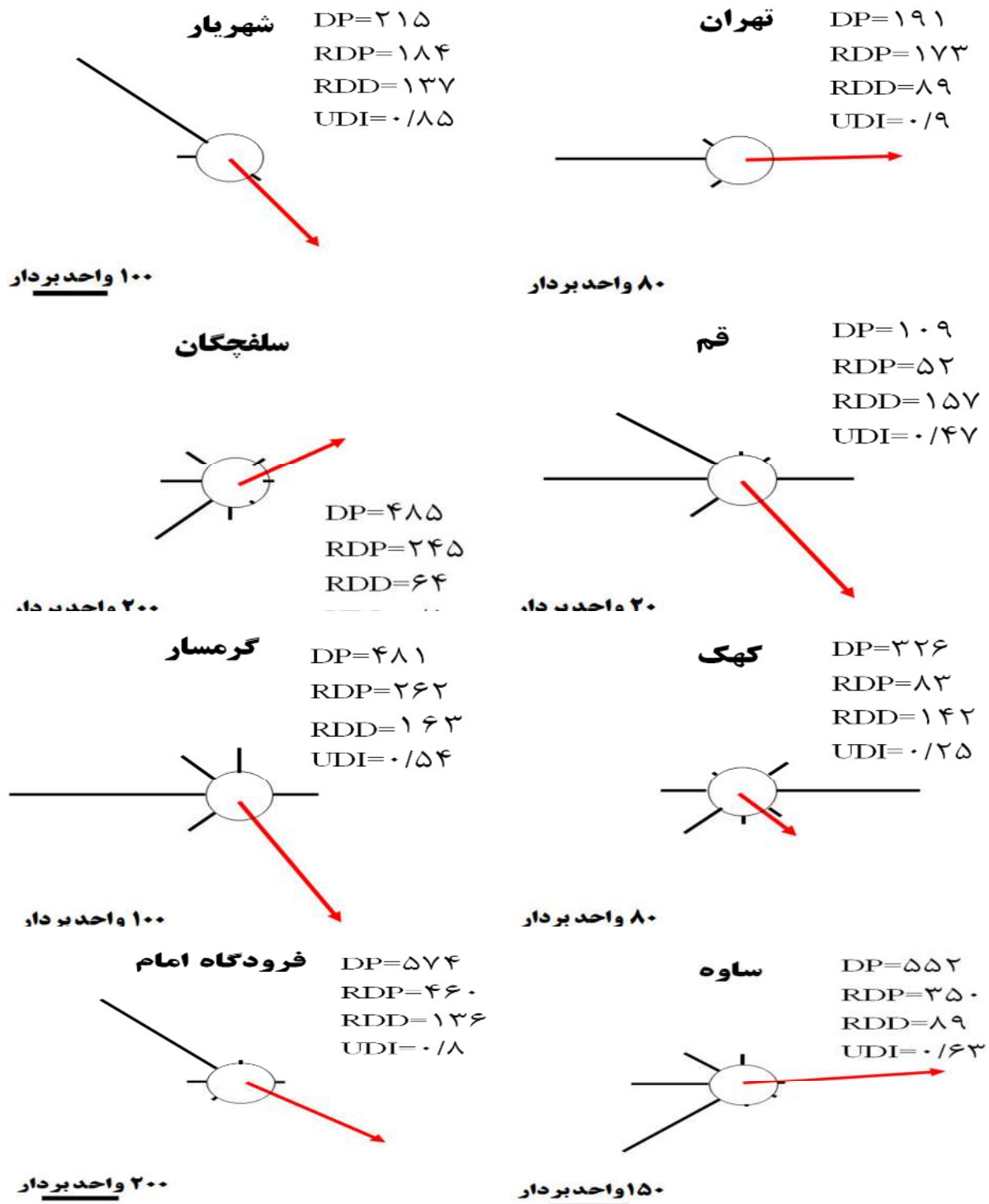
شکل ۶- درونیابی سرعت باد (الف و ب) و قابلیت حمل ماسه (پ و ت) در منطقه مورد مطالعه

مقدار در ایستگاه فرودگاه امام (۵۷۴) در غرب و کمترین مقدار آن در ایستگاه قم (۱۰۹) در جنوب منطقه است. از سوی دیگر

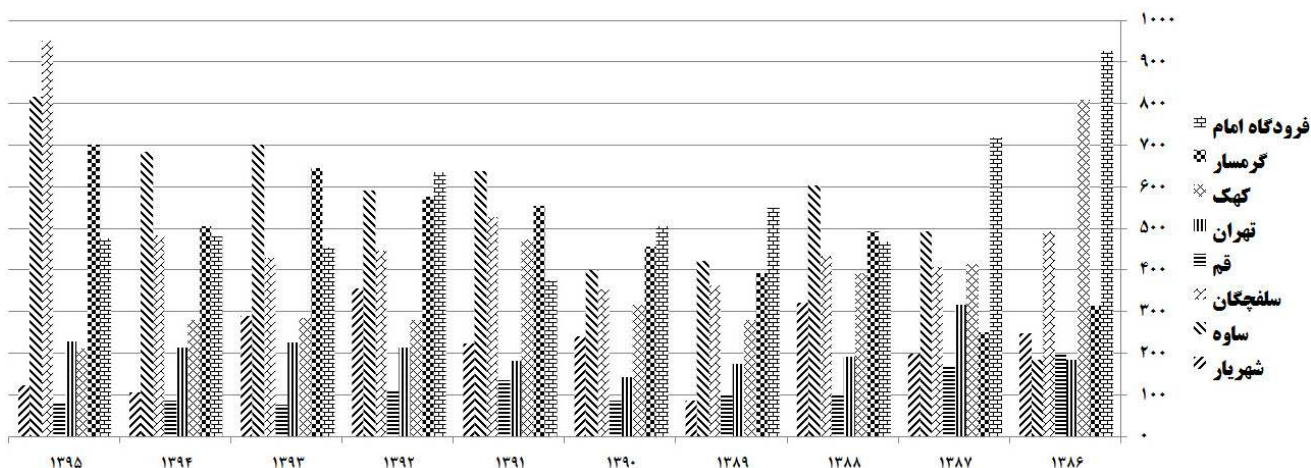
گلماسه ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در منطقه در شکل ۷ قابل مشاهده است و بیانگر این مطلب است که بیشترین

ایستگاه‌های ساوه، سلفچگان و گرمسار از نظر کمی قابلیت حمل

ماسه را در حدود ۵۵۲، ۴۸۵ و ۴۸۱ واحد بردار دارد.



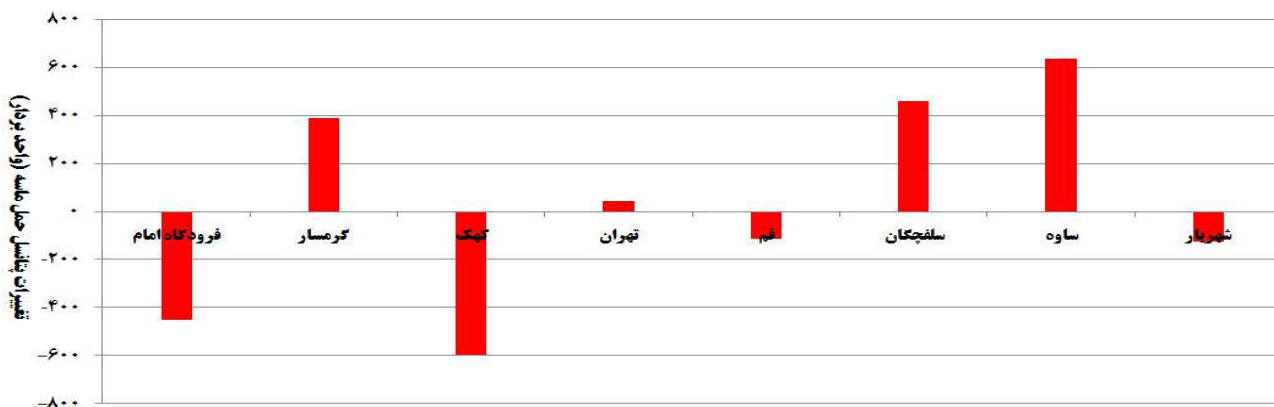
شکل ۷- گلماسه سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه (۱۳۸۶-۱۳۹۵)



شکل ۸- روند تغییرات قابلیت حمل ماسه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در یک دهه اخیر (۱۳۸۶-۱۳۹۵)

در ابتدا (۱۳۸۶) و انتهای (۱۳۹۵) دوره آماری ده‌ساله با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به جدول ۴ ایستگاه‌های فرودگاه امام خمینی، سلفچگان، ساوه و گرمسار در کلاس زیاد قرار داشته‌اند و از سوی دیگر با توجه به نسبت برآیند برداری به برآیند جبری ایستگاه‌های شهریار و تهران در کلاس زیاد (شدید) قرار گرفته‌اند.

همان‌طور که در شکل ۸ قابل مشاهده است تغییرات قابلیت حمل ماسه در ایستگاه‌های فرودگاه امام خمینی، شهریار و کهک نسبت به ابتدای دوره آماری کاهشی و در سایر ایستگاه‌ها افزایشی است. البته افزایش قابل توجهی در ایستگاه‌های گرمسار، ساوه و سلفچگان در یک دهه اخیر قابل مشاهده است. از سوی دیگر در شکل ۹ مقدار قابلیت حمل ماسه در هر یک از ایستگاه‌ها



شکل ۹- افزایش و کاهش قابلیت حمل ماسه در منطقه مورد مطالعه در یک دهه اخیر

جدول ۴- وضعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به قابلیت فرسایش بادی (۱۳۸۶-۱۳۹۵)

ایستگاه	برآیند جبری قابلیت حمل ماسه		نسبت برآیند برداری به برآیند جبری	
	کیفی	کمی	کیفی	کمی
شهریار	متوسط	۲۱۵	زیاد	۰/۸۵
فرودگاه امام خمینی	زیاد	۵۷۴	متوسط	۰/۸
تهران	کم	۱۹۱	زیاد	۰/۹
قم	کم	۱۰۹	متوسط	۰/۴۷
سلفچگان	زیاد	۴۸۵	متوسط	۰/۵
کهنک	متوسط	۳۲۶	کم	۰/۲۵
ساوه	زیاد	۵۵۲	متوسط	۰/۶۳
گرمسار	زیاد	۴۸۱	متوسط	۰/۵۴

بحث

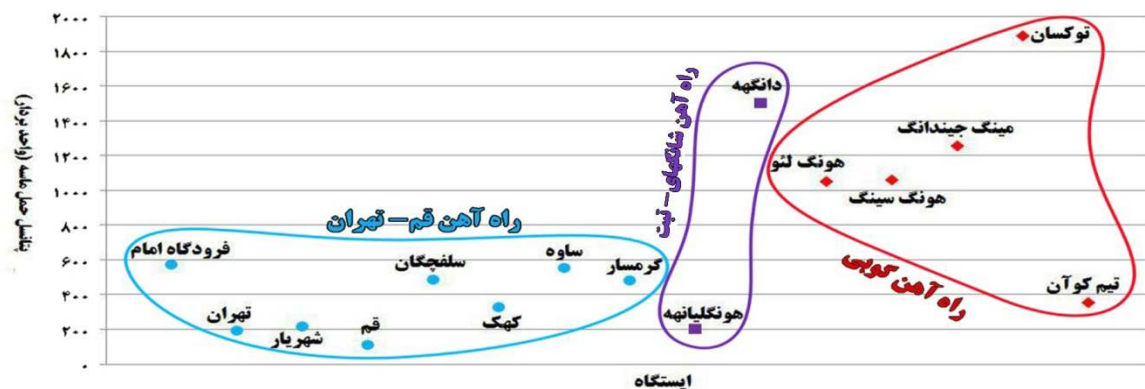
با توجه به اهمیت سیستم حمل و نقل ریلی در کشور و عبور راه آهن قم-تهران از مسیر بیابان مرکزی ایران، لزوم واکاوی رژیم بادهای فرساینده برای تشریح فرایند فرسایش بادی از اهمیت خاصی برخوردار است (Abbasi et al., 2018). مطالعات میدانی نشان داده است که حواشی ایستگاه ریلی سپرستم دارای تجمع رسوبات بادی است و از آنجایی که نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی به این منطقه ایستگاه قم است؛ از این رو پیشنهاد می گردد که فعالیت های تثبیت ماسه های روان را به گونه ای طراحی و اجرا نمود که عمود بر جهت باد ماسه آور و یا همان جهت شمال غرب در این ایستگاه ریلی باشد. با حرکت به سمت ایستگاه های ریلی سپرستم، نمک زار، علی آباد و فرودگاه امام روند افزایشی سرعت باد قابل مشاهده است، به طوری که در حاشیه ایستگاه فرودگاه امام به حداکثر میزان خود می رسد. از سوی دیگر این تحلیل در ارتباط با قابلیت حمل ماسه نیز صحیح است. کاهش قابل ملاحظه قابلیت حمل ماسه در سال های اخیر در ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام قابل مشاهده است که می تواند ناشی از تغییرات اقلیمی در منطقه باشد. نکته جالب توجه این است که در سال های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ مقدار قابلیت حمل ماسه در ایستگاه هواشناسی امام خمینی بسیار زیاد است و بلافاصله بعد از آغاز شروع به کار فرودگاه بین المللی امام خمینی این

میزان کاهش چشم گیری می یابد. از سوی دیگر با توجه به روند افزایشی مقدار قابلیت حمل ماسه در قسمت های جنوبی و غربی منطقه (ایستگاه هواشناسی ساوه) توجه بیشتر به عملیات تثبیت ماسه های روان قطعاً نقش تأثیرگذاری در کنترل فرسایش بادی خواهد داشت. اگرچه مطالعات اندکی در ارتباط با رژیم بادی در خطوط ریلی در جهان انجام شده است اما معدود مطالعات انجام شده مبین آن است که دو خط راه آهن شانگهای-تبت (Xie et al., 2017) و گویی (Cheng et al., 2015) خطرات بسیار زیادی را به سیستم حمل و نقل ریلی در کشور چین وارد کرده است (Zhang et al., 2011; Xie et al., 2015). مقایسه شرایط دو منطقه مذکور با خط ریلی مورد مطالعه در این تحقیق بیانگر این مطلب است که شرایط رژیم بادی در این مناطق بسیار خطرناک تر از مسیر راه آهن قم-تهران در مرکز ایران است (شکل ۱۰).

همان گونه که فعالیت های بیولوژیک، مکانیکی و شیمیایی متعددی در مسیر راه آهن شانگهای-تبت به منظور کنترل ورود ماسه به خطوط ریلی انجام شده است و تأثیرات مثبتی را نیز داشته است (Zhang et al., 2011)، قطعاً این فعالیت های کنترلی در خط راه آهن قم-تهران نیز اثرهای مثبتی را در جهت کاهش ورود ماسه به خطوط ریلی خواهد داشت. از سوی دیگر با توجه به میزان بارش اندک در مناطق بیابانی ایران، توصیه می گردد که عملیات تثبیت از طریق فعالیت های مکانیکی و شیمیایی انجام

(Azizabadi Farahani, 2018).

شود و در برخی مناطق عملیات تثبیت به صورت ترکیبی و به شکل بیومکانیکی باشد (Ahmadi *et al.*, 2002; Naseri &



شکل ۱۰- مقایسه قابلیت حمل ماسه در خطوط ریلی جهان با توجه به انرژی باد در ایستگاه‌های هواشناسی

- Chen, Y. N., Li, W. H., Yang, S. Q. and Xu, H. Y., 2002. Environmental hazards in Xinjiang line of new Eurasian continental bridge. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 45 (Supplement1): 35-40
- Cheng, J. J., Jiang, F. Q., Xue, C. X., Xin, G. W., Li, K. C. and Yang, Y. H., 2015. Characteristics of the disastrous wind-sand environment along railways in the Gobi area of Xinjiang, *Journal of Atmospheric Environment*, 102: 344-354.
- Ekhtesasi, M. R., 2005. Morphometry and morphodynamic facies wind erosion in Yazd-Ardakan and to determine the procedure to be applied in desertification assessment models. Ph.D. Thesis, Natural Resource Faculty, University of Tehran.
- Fryberger, S. G., 1979. Dune forms and wind regime (A study of global sand seas). 1052: 137-169.
- Jafari, M., Panahi, F., Ahmadi, H., Abassi, H. R., Mosavi, M., Zare Chahouki, M. A. and Tavili, A., 2006. Assessment of soil criteria indices for desertification studies in Ghom province. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 13(3): 278-283.
- Mesbahzadeh, T. and Ahmadi, H., 2012. Investigation of sand drift Potential (Case study: Yazd-Ardakan plain). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 919-928.
- Mujabar, P. S. and Chandrasekar, N., 2013. Coastal erosion hazard and vulnerability assessment for southern coastal Tamil Nadu of India by using remote sensing and GIS. *Journal of Natural Hazards*, 69 (3): 1295-1314.
- Naseri, H. R. and Azizabadi Farahani, A., 2018. wind and erosion effects on Sarakhs-Mashhad railway (Gonbadli station). 4th national conference of wind

تجزیه و تحلیل رژیم بادی و همچنین قابلیت حمل ماسه بیانگر این مطلب است که ایستگاه‌های سپرستم، نمک‌زار، علی‌آباد و فرودگاه در صورت فراهم شدن منابع ماسه بیشترین خطرات را در ارتباط با ورود ماسه خواهند داشت. از سوی دیگر با توجه به بازدهی‌های میدانی و تجمع رسوب در حاشیه ایستگاه سپرستم و از آنجایی که ایستگاه هواشناسی قم به این ایستگاه ریلی نزدیک‌تر است؛ از این رو بر اساس جهت‌نمایی حمل ماسه می‌توان با به‌کارگیری عملیات کنترلی عمود به جهت شمال‌غرب (باد ماسه آور) نتایج مساعدی را در زمینه کنترل ورود ماسه به این خط ریلی گرفت. بنابراین در مطالعات آینده می‌توان تأکید بیشتری به تغییرات ماهانه قابلیت حمل ماسه در راه‌آهن قم-تهران داشت.

منابع مورد استفاده

- Abbasi, H., Gohardoust, A., Khaksarian, F. and Ganjali, M., 2018. Morphologic characteristics of aeolian deposits and erosive winds in Sistan plain, *Journal of Desert Management*, 5(10): 28-42.
- Ahlbrandt, T. S., 1979, Textural parameters of eolian deposits. *A study of global sand seas*, 1052: 21-51.
- Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Feiznia, S. and Ghanei Bafghi, M. J., 2002. Control methods of wind erosion for railroads protection (case study: Bafgh refion), *Iranian Journal of Natural Resources*, 55 (3): 327-339.

- Tang, X. Y., 2004. Approaches to prediction of impact of Qinghai-Tibet Railway construction on alpine ecosystems alongside and its recovery. *Journal of Chinese Science Bulletin*, 49 (8): 834-841.
- Wang, G. X., Yao, J. Z., Guo, Z. G., Wu, Q. B. and Wang, Y. B., 2004. Changes in permafrost ecosystem under the influences of human engineering activities and its enlightenment to railway construction. *Journal of Chinese Science Bulletin*, 49 (16): 1741-1750.
- Webb, N. P., McGowan, H. A., Phinn, S. R. and McTainsh, G. H., 2006. AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Journal of Geomorphology*, 78(3): 179-200.
- Xie, S., Qu, J. and Pang, Y., 2017. Dynamic wind differences in the formation of sand hazards at high- and low-altitude railway sections. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 169: 39-46.
- Zhang, K. C., Qu, J. J., Liao, K. T., Niu, Q. H. and Han, Q. J., 2010. Damage by wind-blown sand and its control along Qinghai-Tibet Railway in China. *Journal of Aeolian Research*, 1: 143-146.
- Zhang, K. C., Qu, J. J., Niu, Q. H. and Han, Q. J., 2011. Characteristics of wind-blown sand and dynamic environment in the section of Wudaoliang-Tuotuo river along the Qinghai-Tibet railway. *Journal of Environmental Earth Sciences*, 64(8): 2039-2046.
- erosion and dust storm, Iran (Yazd), 7-8 March: 258-269.
- Nazari Samani, A. A., Abassi, H. R., Ahmadi, H. and Rahdari, M. R., 2017. Quantitative modeling of sand dunes' height and distance using geomorphometric studies in central deserts of Iran. *Iranian Journal of Rangeland and Dessert Research*, 24(1): 210-223.
- Nazari Samani, A. A., Tavakoli, A., Ghasemieh, H., Mashhadi, N. and Rahdari, M. R., 2017. Integration of anemometers data and geomorphology of sand dunes in Kashan Erg. *Iranian Journal of Rangeland and Dessert Research*, 24(1): 67-79.
- Nazari Samani, A. A., Khosravi, H., Mesbahzadeh, T., Azarakhshi, M. and Rahdari, M. R., 2016. Determination of sand dune characteristics through geomorphometry and wind data analysis in central Iran (Kashan Erg). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(18): p.716.
- Rahdari, M. R., 2014. Classification of sand dunes base on the geomorphometric characteristics. M.Sc. Thesis, Natural Resource Faulty, University of Tehran, Iran.
- Shao, L. and Lin, B. L., 2009. Environment impact assessment of desert railway based on fuzzy comprehensive evaluation. *Journal of the China Railway Society*, , 31(5): 84-89.
- Shao, Y., 2008, *Physics and modelling of wind erosion*. Springer Science & Business Media, Germany.
- Shen, W. S., Zhang, H., Zou, C. X., Cao, X. Z. and

Analysis and zoning of wind energy based on sand drift potential in Qom-Tehran railway

M. R. Rahdari¹, H. Ahmadi², A. Tavili^{3*}, M Jafari², A. A. Nazari Samani⁴, M. Khosroshahi⁵ and Sh. Shariff⁶

1-Former Ph.D. Student in Combat Desertification, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3*-Corresponding author, Associated Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: atavili@ut.ac.ir

4- Associated Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

5- Associated Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iran

6-Senior Expert, Islamic Republic of Iran Railways, Tehran, Iran

Received:05/12/2018

Accepted:12/19/2018

Abstract

Due to vast desert area in Iran, wind regime studies are important for the railway safe design as well as aeolian sediment transport. In this study wind regime and sand drift potential (DP) were calculated with Fryberger method in nine meteorological stations located near to the Qom – Tehran railway (178 km). For this reason, hourly wind speed and direction data were analyzed. Annual wind roses showed that West and Northwest winds were predominantly about 40%, 50%, 42% and 57% at the stations of Tehran, Shahriyar, Qom, and Imam Khomeini airport, respectively. The highest amount of sand drift potential was at the Imam Airport station (DP= 574, UDI=0.8) in the west and its lowest value was at Qom station (DP= 109, UDI= 0.47) in the south of the region. The drift potential (DP) for aeolian deposits was generally high (DP >400) in the Garmsar (DP= 481), Salafchegan (DP= 485), Saveh (DP= 552) and Imam Khomeini airport (DP=574) climatological stations. DP was relatively moderate (200 > DP > 400) at the Shariyar and Kahak stations in the northwest and south of study area, respectively; and weak (DP < 200) in the Tehran and Qom climatological stations. There was an increasing trend in the transport of sand when moving from Namakzar railway station to the Imam Khomeini railway station. Also field evaluations indicated the sensitivity of the Separ Rostam-Namakzar block to entry of sand, which was 21.3 kilometers long. Finally, it is suggested to railway directors of the Islamic Republic of Iran to proceed with the assessment of sand drift potential near railways station for control of sand deposition.

Keywords: Wind regime, erosive wind, Fryberger method, railways.