

بررسی اثر متقابل رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران

* شیرین محمدخان: استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

انور مرادی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

فاطمه مرادی پور: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹)

چکیده

فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی از عوامل مهم تغییر مورفولوژی در سطح زمین است. هنگامی که رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای باهم برخورد می‌کنند، اثر انتقال رسوب بین دو سیستم می‌تواند به تغییر در یک یا هر دو سیستم منجر شود. با توجه به اینکه سطح گسترده‌ای از ایران تحت تأثیر فرسایش بادی و رودخانه‌ای است، بررسی اثر متقابل این دو فرآیند در راستای اهداف مدیریت یکپارچه‌ی سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی بسیار پر اهمیت است. روش اجرای این تحقیق، توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش برای اولین بار در کشور، ۳۰۴ سایت که در آنها رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای با هم تلاقی دارند، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، شناسایی و تجزیه و تحلیل شد. در هر سایت ویژگی‌های کلیدی مانند جهت رودخانه، جهت انتقال ماسه، زاویه‌ی تلاقی رودخانه‌ای - بادی، نوع تپه‌های ماسه‌ای و الگوی کانال رودخانه، مشخص و روابط بین هر یک از عوامل بررسی شد. براساس این داده‌ها، شش نوع مختلف از اثرات متقابل طبقه‌بندی می‌شود که تغییرات بین سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی را منعکس می‌کند. نتایج تحقیق نشان داد که بین نوع زاویه‌ی برخورد و نوع تپه ماسه‌ای، زاویه‌ی برخورد و نوع اثر متقابل، و الگوی کانال و نوع اثر متقابل، ارتباط معنی‌داری وجود دارد. این روابط نشان داد که الگوی کانال‌های رودخانه‌ای فعال، بیشترین مکان‌هایی هستند که سیستم‌های رودخانه‌ای یا بادی بر یکدیگر غالب می‌شوند، اما تعادل بین آنها پایدار نیست. همچنین بین تپه‌های ماسه‌ای و الگوهای کانال هیچ ارتباطی وجود نداشت. با این وجود، تحقیقات بیشتری در کشور لازم است تا چگونگی تأثیر فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی را بر همدیگر و تغییرات ژئومورفولوژیک ناشی از آنها بررسی کند. واژگان کلیدی: اثر متقابل رودخانه‌ای - بادی، تپه ماسه‌ای، رودخانه، ژئومورفولوژی، جهت باد/ رودخانه.

۱ - مقدمه

فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوایل قرن بیستم اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته‌است (Lu et al, 2001). فرسایش خاک به دلیل اثرات چندجانبه‌ی آشکار و پنهان زیست‌محیطی و اجتماعی، به سرطان زمین شهرت یافته و یکی از فرآیندهای پیچیده و خطرناک محیطی است (Ownegh, 2003). در اتصال بین سیستم‌های رسوبی رودخانه‌ای و بادی کنش و واکنش‌های زیادی رخ می‌دهد، اما هنوز مطالعات کمی در این زمینه صورت گرفته‌است. رودخانه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمولاً به‌عنوان منبع و مخزن رسوب‌های بادی عمل می‌کنند؛ اما به دلیل فرسایش بادی و رودخانه‌ای مرسوم، به طور جداگانه مطالعه شده‌اند.

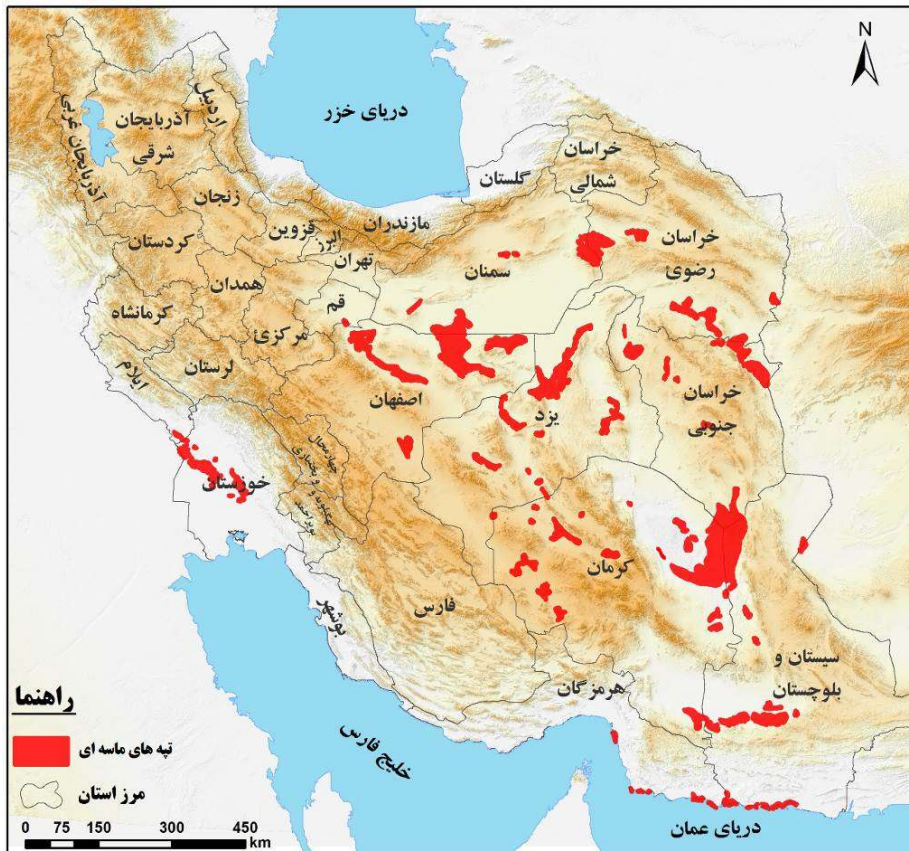
در مورد اثر متقابل^۱ (برهم کنش) فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی و تأثیر آن بر اکوسیستم‌های خشک، شناخت نسبتاً اندکی وجود دارد (Bullard and McTainsh, 2003 & Belnap et al, 2011). نقش سیستم‌های رودخانه‌ای در بیابان‌ها قابل توجه است؛ آنها از عوامل مهم تغییر و تحول چشم‌انداز در بسیاری از سیستم‌های خشک به شمار می‌رود (Wainwright and Bracken, 2011). فرسایش رودخانه‌ای و بادی از عوامل مهم در تغییر مناظر و شکل دادن سطح زمین، بیش از محدوده‌ی محلی به مقیاس‌های منطقه‌ای است. در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب، حرکت آب فرایند غالب در تغییر شکل سطح زمین است (Charlton, 2008)؛ حال آنکه در مناطقی با منابع آب محدود، باد می‌تواند فرایند غالب باشد (Amy, 2012). Bullard (۲۰۰۲) و Field و همکاران (۲۰۰۹) به‌طور خلاصه نشان دادند که تغییرات رطوبت می‌تواند اثر متقابل فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی را تحت تأثیر قرار دهد. بالاترین سطح از اثر متقابل رودخانه - بادی جایی رخ می‌دهد که در آن نه فرآیندهای رودخانه غالب است و نه فرآیندهای بادی (Liu and Coulthard, 2015). در سال‌های اخیر، اثرات متقابل معنی‌داری بین فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی در جهان مشاهده شده‌است (Warren, 2013 & Liu and Coulthard, 2015 Goudie, 2013 &). همچنین اثر متقابل رسوبات رودخانه‌ای - بادی در تحقیقات رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی نشان داده شده‌است (Mazzullo and Ehrlich, 1983 & Langford and (Chan, 1989 & Veiga et al, 2002 & Song et al, 2006 & Williams, 2009 & Bourke et al, 2009)؛ با این حال تعداد نسبتاً کمی از مطالعات ژئومورفولوژی، به صراحت بر مطالعه‌ی نوع اثر متقابل هم‌زمان بین سیستم‌های بادی و رودخانه‌ای فعال متمرکز بوده‌است (Frostick and reid, 1987 & Cooke et al, 1993 & Tooth, 2000 & Bull and (Kirkby, 2002 & Parsons and Abrahams, 2009 & Reid and Frostick, 2011 & Liu and Coulthard, 2015). تجزیه و تحلیل نوع اثر متقابل بین سیستم بادی - رودخانه‌ای، به درک بهتری از اثرات تغییر آب و هوا منجر می‌شود؛ علاوه بر این، چنین تجزیه و تحلیلی به بازسازی محیط‌های دیرینه نیز کمک می‌کند (Yang et al, 2002 & Al Farraj (and Harvey, 2004 & Simpson et al, 2008 & Jordan and Mountney, 2010). با توجه به مرور مطالعات پیشین در ایران، سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی عمدتاً به طور جداگانه مطالعه شده‌است؛ درحالی‌که فرآیندهای سطح زمین به ندرت مستقل از یکدیگر عمل می‌کند، بسیاری از نقاط که در آن فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی به صورت هم‌زمان عمل می‌کند، بر یکدیگر اثر متقابل دارد. بر اساس بررسی‌های انجام شده در طرح شناسایی کانون‌های فرسایش بادی (Tahmasebi Birgani et al, 2005)، به طور کلی تعداد ۱۳۸ منطقه از کشور با وسعت ۱۹۸۱۳۴۹۴/۷ هکتار (در ۱۷ استان) تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارد. از کل این مناطق ۶۴/۷۹ درصد در مرحله‌ی برداشت، ۹/۶۴ درصد در مرحله - ی حمل و ۲۵/۵۷ درصد مابقی در مرحله‌ی رسوب‌گذاری قرار دارد. همچنین مساحت تپه‌های ماسه‌ای ایران اندکی بیش از ۳۵ هزار کیلومتر مربع یا ۱/۲ درصد از خاک کشور است (Mahmoudi, 2002). مسلماً ویژگی‌های جریان در مناطق خشک و مرطوب، به شدت تابع ویژگی‌های اقلیمی این مناطق از جمله مدت و زمان وقوع بارش‌ها است. سیلاب‌هایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک رخ می‌دهد، معمولاً شدیدتر و مخرب‌تر از سیلاب‌های مناطق مرطوب است. طبیعتاً کاهش بارندگی سالانه در مناطق خشک، کاهش میزان رواناب را در پی دارد و با کاهش قابل توجه میزان بارندگی، تغییرات یا به عبارتی نامنظم بودن تولید رواناب در طی سال افزایش قابل توجهی می‌یابد (Tooth, 2000)؛ بنابراین، با

¹ Interaction

توجه به اینکه سطح گسترده‌ای از ایران تحت تأثیر فرسایش بادی و رودخانه‌ای است، بررسی اثر متقابل این دو فرآیند در راستای اهداف مدیریت یکپارچه سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی بسیار اهمیت دارد. پژوهش حاضر، اولین فهرست‌برداری از اثرات متقابل رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای در ایران با هدف تجزیه و تحلیل سیستماتیک از اثرات متقابل بین ژئومورفولوژی رودخانه‌ای و بادی و تعیین تسلط سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی در محیط‌های مختلف است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه شامل تپه‌های ماسه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور است که از تصاویر ماهواره‌ای لندست و گوگل ارث استخراج شده است (شکل ۱). پهنه‌ی وسیعی از بخش‌های مرکزی ایران در قلمرو شرایط اقلیمی خشک و بیابانی قرار دارد. توپوگرافی نسبتاً هموار و پست، خشکی محیط و استمرار و طول تونل باد در این ناحیه، به غلبه‌ی فرایند فرسایش بادی (ارگ‌ها) در این مناطق منجر شده است (Yamani, 2014). همچنین پهنه‌های وسیعی از شرق و جنوب شرق، سواحل مکران و جنوب غرب ایران نیز تحت تأثیر شرایط محیطی مذکور، فرآیند فرسایش بادی در آن غلبه یافته که در نتیجه‌ی آن، تپه‌های ماسه‌ای و در نهایت ریگ‌ها شکل گرفته است. در بخش جنوب غربی ایران، دو عامل مهم زمین‌ساخت و تغییر اقلیم بیانگر تحول و تکامل تپه‌های ماسه‌ای است (Maghsoudi et al, 2016). ورود سیستم‌های پرفشار و کم‌فشار به ایران نیز آثار متفاوتی ایجاد می‌کند، ولی آنچه بیش از همه موجب خشکی بیش از حد فلات ایران می‌شود، استقرار کمربند پرفشار جنب گرمسیری است. مساحت حاصل از نقشه‌ی بیابان‌های اقلیم‌شناسی و زمین‌شناسی نشان می‌دهد که بیابان‌های اقلیم‌شناسی، ۷۰۹۹۱ کیلومتر مربع از مساحت ایران را دربر گرفته؛ در حالی که مساحت بیابان‌های به دست آمده از عوامل زمین‌شناسی، ۲۰۸۰۴۱ کیلومتر مربع از گستره‌ی ایران است (Khosroshahi et al, 2011). با توجه به کیفیت اقلیم خشک در نواحی مرکزی، شرقی و جنوبی ایران، هر سال سیلاب‌های عظیم و پر قدرت، حجم فوق‌العاده زیادی از این رسوب‌ها را به سمت حوضه‌های بیابانی تخلیه می‌کند. این طغیان‌های شناخته شده، هر سال منبع تازه‌ای از ماسه را به بیابان‌ها می‌برد و در اختیار باد قرار می‌دهد (Mahmoudi, 2002).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی عرصه‌ی تپه‌های ماسه‌ای در کشور (منبع: نگارندگان).

۳- مواد و روش

روش تحقیق حاضر، توصیفی - تحلیلی است. ابتدا در زمینه‌ی اثرات متقابل رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای، چندین مرحله جستجوی تصویری در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران انجام شد. این امر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به میزبانی گوگل ارث (GE) و تصاویر لندست ۸ (USGS) صورت گرفت. سپس با استفاده از این تصاویر، ویژگی‌های سطحی و لندفرم‌های حاصل از فرایندهای رودخانه‌ای و بادی مشخص شد. این مطالعه بر بررسی تپه‌های ماسه‌ای و رودخانه‌ها - که ویژگی‌های هر دو به راحتی قابل شناسایی هستند - متمرکز شده است. در این مطالعه، صفحه‌های ماسه - ای و لندفرم‌های کوچک که رفتار آنها در تصاویر ماهواره‌ای (لندست، تصاویر گوگل ارث و ...) قابل شناسایی نبوده، بررسی نشده است. همچنین تپه‌های ماسه‌ای که پوشش گیاهی دارد نیز بررسی نشده است؛ زیرا وجود پوشش گیاهی به افزایش سطحی از فقدان قطعیت در تفسیر تصاویر ماهواره‌ای منجر می‌شود (Liu and Coulthard, 2015). برای تقویت پژوهش، از منابع کتابخانه‌ای از جمله کتاب‌ها و مقالات در دسترس نیز استفاده شد. جستجو در تصاویر ماهواره‌ای ابتدا از حاشیه‌ی مناطق خشک آغاز شد؛ زیرا احتمال تلاقی تپه‌های ماسه‌ای و رودخانه‌ها در آن مناطق بیشتر است. سپس مسیر رودخانه شناسایی و جهت جریان از بالا به پایین مشخص شد. برای پیدا کردن مکان‌هایی که در آن تپه‌های ماسه‌ای با رودخانه تلاقی دارد، مسیر رودخانه از بالادست به پایین دست دنبال شد. سپس اثرات متقابل در مقیاس محلی، مورد بررسی و ویژگی‌های آنها ثبت شد. با این وجود، در برخی از نقاط که انشعابات رودخانه زیاد است؛ به ویژه

جریان‌های پراکنده در بین تپه‌های ماسه‌ای، تنها یک نمونه در مقیاس منطقه‌ای ثبت شد. این جریان‌های کوچک، عمدتاً در همان منطقه قرار دارد و در تلاقی با روند فرسایش بادی محلی، رفتار مشابه ایجاد می‌کند؛ علاوه بر این برای کاهش فقدان اطمینان، هر جا سایت مورد بررسی در آن قرار دارد، خارج از اثر فعالیت‌های آشکار انسان است. در هر سایت چند مورد دیگر از متغیرهای اساسی از جمله نوع کانال، نوع تپه ماسه‌ای، جهت جریان کانال و جهت انتقال ماسه توسط باد ثبت شد. تجزیه و تحلیل این متغیرها نیز علل احتمالی اثر متقابل انواع مختلف رودخانه و تپه‌های ماسه‌ای را مشخص می‌کند. برای طبقه‌بندی نوع اثر متقابل بین تپه‌های ماسه‌ای و رودخانه‌ها، از روش طبقه‌بندی Liu and Coulthard (۲۰۱۵) استفاده شد که به شرح زیر است:

– طبقه‌بندی نوع اثر متقابل

معیارهای لازم برای طبقه‌بندی نوع اثر متقابل رودخانه – فرسایش بادی، باید در گستره‌ای از مقیاس منطقه‌ای و محلی به دقت در نظر گرفته شود. براساس روش مذکور، این طبقه‌بندی‌ها باید شامل موارد زیر باشد:

- ۱- جامع و فراگیر: طبقه‌بندی باید بسیاری از انواع اثر متقابل را در برگیرد که می‌تواند به صورت بصری شناسایی و به طور گسترده‌ای استفاده شود.
- ۲- عمل فرآیندها را منعکس سازد.
- ۳- ساده و در صورت امکان با طبقه‌بندی رودخانه و فرسایش بادی موجود سازگار باشد.

برای طبقه‌بندی، ابتدا یک بررسی هدفمند برای شناسایی مکانی که در آن فعالیت‌های رودخانه‌ای بر فرایندها و لندفرم‌های بادی تأثیر می‌گذارد (برای مثال اندازه‌ی تپه‌ها و الگو)، مکانی که در آن فعالیت‌های بادی به واکنشی در رژیم رودخانه (برای مثال تغییر کانال از جمله عرض، طول و محل) منجر می‌شود و مناطقی که دو سیستم به صورت توأم عمل می‌کند، انجام شد. شش حالت از متداول‌ترین اثر متقابل بین رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای، در جدول ۱ مشخص و در شکل ۲ (۱ تا ۶) نشان داده شده‌است.

۱- **رودخانه‌ی کاملاً غالب^۱:** زمانی که فرآیندهای رودخانه‌ای بر توسعه‌ی چشم‌انداز غلبه دارد، قدرت جریان رودخانه برای انتقال تمام ورودی رسوب از تپه‌ماسه‌ای بیشتر است (شکل ۲: ۱). از آنجا که رودخانه از شکل‌گیری ماسه‌های بادی جلوگیری می‌کند، موجودی ماسه‌ها در جهت باد در آن طرف رودخانه به حدی کاهش می‌یابد که هیچ تپه‌ماسه‌ای شکل نمی‌گیرد. کانال نیز به عنوان یک مرز از حرکت ماسه به سمت جلوتر ممانعت می‌کند.

۲- **رودخانه‌ی غالب‌تر^۲:** چنانچه تأثیر فرآیندهای رودخانه‌ای کاهش یابد، اثر متقابل با فرایندهای بادی متعادل‌تر می‌شود. در اینجا رودخانه‌ها از این قدرت برخوردارند که می‌توانند از عرصه‌ی تپه‌های ماسه‌ای عبور کنند، اما نمی‌توانند تمام ورودی رسوب را از سیستم بادی حذف سازند. در نتیجه اجازه می‌دهند برخی از ماسه‌های بادی به سمت جلوتر و آن سوی رودخانه جابجا شود؛ بنابراین، تپه‌های ماسه‌ای چشم‌انداز هر دو طرف رودخانه را در بر می‌گیرد. اما به دلیل کاهش رسوب، نوع تپه‌های ماسه‌ای واقع در آن سوی رودخانه – که در جهت باد است – تغییر می‌یابد (برای مثال از پشته عرضی به برخان)، یا کوچک‌تر می‌شود (شکل ۲: ۲).

¹ Fully fluvial dominant

² Mostly fluvial dominant

۳- **متعادل^۱**: نیروهای بین فرایندهای رودخانه‌ای و بادی تقریباً برابر است؛ به گونه‌ای که هیچ کدام به فرایند غالب تبدیل نشده‌است؛ بنابراین، به نظر می‌رسد چشم‌انداز در حالت تعادل است که در آن هر دو فرایند رودخانه و بادی بدون وقفه عمل می‌کند (شکل ۲: ۳). در اینجا رودخانه موفق می‌شود از میان تپه‌های ماسه‌ای با تغییر یا بدون تغییر عبور کند؛ در حالی که تپه‌های ماسه‌ای در هر دو طرف رودخانه، نشان‌دهنده‌ی توسعه‌ی موازی و برابر است؛ برای مثال، اندازه و الگوی تپه ماسه‌ای در هر دو طرف کانال مشابه است.

۴- **بادی غالب تر^۲**: در اینجا قدرت عمل فرایندهای بادی بیش از رودخانه است و تپه‌های ماسه‌ای تا حدی می‌توانند به سد کانال رودخانه و / یا انحراف مسیر کانال منجر شوند (شکل ۲: ۴). معمولاً اندازه و نوع تپه‌های ماسه‌ای در جهت مسیر باد و در هر دو طرف رودخانه بدون تغییر است.

۵- **بادی کاملاً غالب^۳**: چنانچه فرآیند بادی کاملاً غالب باشد، تپه‌های ماسه‌ای مسیر رودخانه را مسدود و منقطع می‌کند و در نتیجه، چشم‌انداز بادی غالب می‌شود (شکل ۲: ۵). چشم‌انداز تحت سلطه‌ی این نوع اثر متقابل را می‌توان به وضوح در مناطقی مشاهده کرد که در آن تپه‌های ماسه‌ای، رودخانه را به طور کامل مسدود کرده‌است.

۶- **متناوب^۴**: در جایی که رودخانه‌ها زودگذرند و جریان موقتی یا فصلی دارند، فرآیندهای غالب در سراسر تپه‌های ماسه‌ای می‌تواند بین بادی و رودخانه متناوب باشد؛ برای مثال، در فصل خشک هنگامی که جریان آب رودخانه کم یا صفر است، روند بادی می‌تواند در کانال رسوب‌گذاری کند. در برخی موارد، کانال با ویژگی‌های بادی مانند تپه‌های ماسه‌ای پوشیده می‌شود. هنگامی که فصل مرطوب‌تر فرا می‌رسد، سیل می‌تواند بخشی از ویژگی‌های بادی یا همه‌ی آن ویژگی‌ها را در کانال فرسایش دهد، یا تپه‌های ماسه‌ای به عنوان مانع عمل کند و مسیر رودخانه انحراف یابد (شکل ۲: ۶).

¹ Balanced

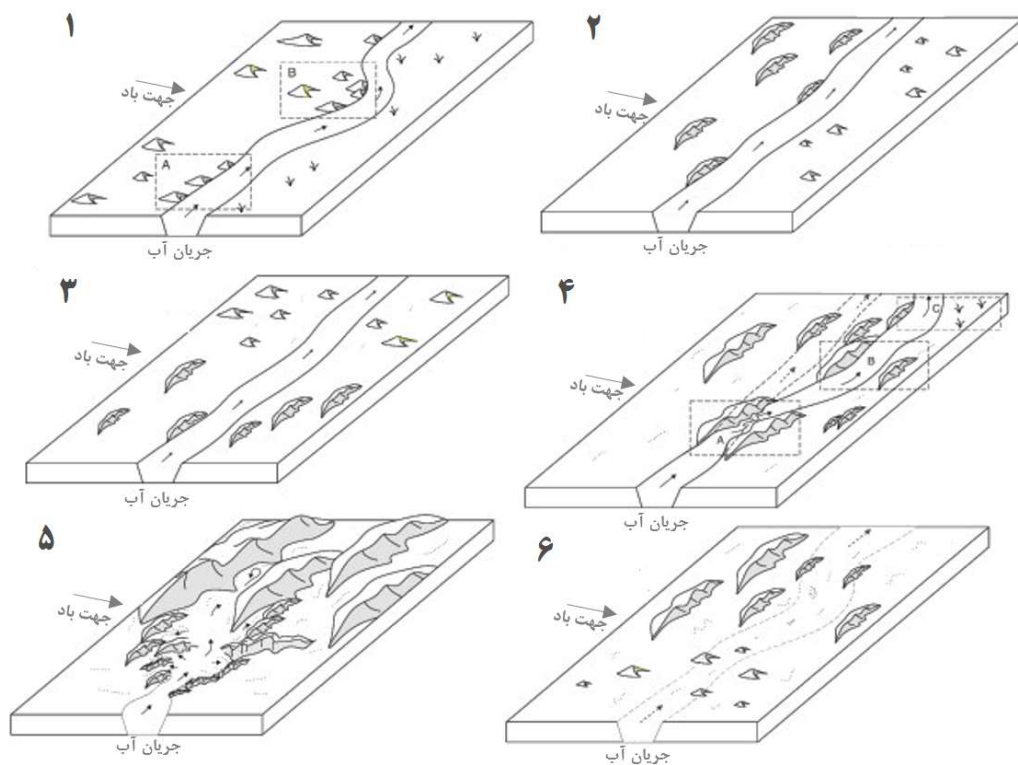
² Mostly aeolian dominant

³ Fully aeolian dominant

⁴ Alternating

جدول ۱: خلاصه‌ی طرح طبقه‌بندی اثرات متقابل رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای (Liu and Coulthard, 2015).

ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی	نوع اثر متقابل
تپه‌های ماسه‌ای فقط در یک طرف رودخانه واقع است و رودخانه به‌عنوان مانعی در برابر حرکت تپه‌های ماسه‌ای عمل می‌کند.	رودخانه‌ی کاملاً غالب
تپه‌های ماسه‌ای اینک در هر دو طرف رودخانه است، اما در جهت باد و در آن سوی رودخانه با توجه به کاهش ماسه‌های بادی کوچک‌تر هستند. رودخانه در میان رشته‌های ماسه‌ای با کمی تغییر یا بدون تغییر جریان دارد.	رودخانه‌ی غالب‌تر
رودخانه در میان رشته‌های ماسه‌ای جریان دارد. اندازه و نوع تپه‌های ماسه‌ای در هر دو طرف رودخانه مشابه است. هیچ تغییر مشخصی در عرض، طول، محل کانال و نوع اندازه‌ی تپه‌های ماسه‌ای وجود ندارد.	متعادل
رودخانه در میان تپه‌های ماسه‌ای جریان دارد، اما تغییرات قابل توجهی در عرض، طول، محل کانال و نوع اندازه‌ی تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود.	بادی غالب‌تر
تپه‌های ماسه‌ای، رودخانه را مسدود یا محدود کرده‌است. رودخانه در میان تپه‌های ماسه‌ای جریان دارد، اما مسیر آن توسط تپه‌های ماسه‌ای مسدود شده‌است و از ادامه‌ی جریان آن به جلوتر مانعت می‌کند.	بادی کاملاً غالب
سیستمی که در آن تناوب بین رودخانه‌ای و بادی غلبه دارد؛ به‌عنوان مثال، تپه‌های ماسه‌ای ممکن است بستر رودخانه‌ی خشک را بپوشاند، اما توسط جریان آب در طول فصول مرطوب که رودخانه جریان دارد، فرسایش یابد.	متناوب



شکل ۲: دیاگرام انواع مختلف اثر متقابل: (۱) رودخانه کاملاً غالب، (۲) رودخانه غالب‌تر، (۳) متعادل، (۴) بادی غالب‌تر، (۵) بادی کاملاً غالب، (۶) متناوب

(Liu and Coulthard, 2015)

- الگوی کانال

در هر مکان، الگوی کانال به گونه‌ای ثبت شد که این اطلاعات، رفتار و مشخصات مربوط به رودخانه را فراهم کند؛ برای مثال، رابطه‌ی بین شکل کانال و بار رسوب ممکن است برای مشخص کردن ورودی رسوبات بادی در سیستم‌های رودخانه‌ای با تغییر الگوی کانال مهم باشد (Leopold and Wolman, 1975 & Schumm, 1985). برخی از نمونه الگوهای کانال مختلف از جمله آنابرنچینگ^۱، آناستوموسینگ^۲ و ... به دلیل کمتر وقوع یافتن، در گروه «سایر» قرار گرفتند.

- الگوی تپه‌های ماسه‌ای

در طول بررسی، چهار دسته تپه‌های ماسه‌ای استخراج شد: تپه‌های عرضی، برخان، طولی و ستاره‌ای. این الگوی تپه‌های ماسه‌ای نه تنها به آسانی از تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص است، بلکه وضعیت رژیم باد و جهت انتقال ماسه غالب را نیز منعکس می‌سازد (Wilson, 1972 & Fryberger, 1979 & Hunter et al, 1983). تپه‌های ماسه‌ای که کمتر وقوع می‌یابد، یا آنهایی که به راحتی با تصاویر GE شناسایی پذیر نیست، می‌تواند توسط منابع منتشر شده مانند مقالات ثابت و به عنوان دسته پنجم (سایر) طبقه‌بندی شود که شامل مورب، پارابولیک و ... است (Rendell et al, 2003 & Han et al, 2007 & Maroulis et al, 2007).

- جریان رودخانه، جهت انتقال ماسه بادی و زاویه‌ی برخورد

جهت جریان رودخانه از نقطه جریان آن به نقطه‌ی خروج در مقیاس منطقه‌ی مورد مطالعه (همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده‌است)، اندازه‌گیری شد. این به ما اجازه می‌دهد که جهت جریان کلی را در سراسر منطقه‌ی مطالعه در مقایسه با جهت‌های خاص در نقاط مختلف ارزیابی کنیم.

جهت حمل ماسه یا جابجایی تپه‌های آن، توسط الگوی تپه و رژیم باد غالب در ناحیه‌ی مورد مطالعه شناسایی شده‌است؛ به‌عنوان مثال، مسیر جابجایی تپه‌های برخان تقریباً موازی با خط محور جهت باد است. داده‌ها برای تپه‌های ستاره به دلیل شکل‌گیری آنها توسط جهات مختلف بادی، کنترل نشده‌است؛ علاوه بر این در صورت وجود، اطلاعات مربوط به جهت باد از مطالعات موجود حاصل شد.

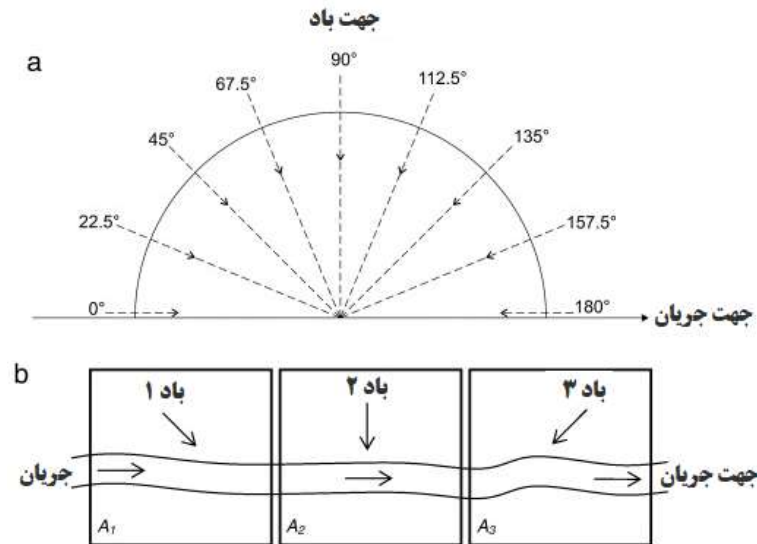
زاویه‌ی برخورد رودخانه و تپه‌های ماسه‌ای از ۰ تا ۱۸۰ درجه (شکل ۳)، در ۹ طبقه اندازه‌گیری شده‌است. برخی از تپه‌های ماسه‌ای مانند تپه‌های ستاره‌ای شکل، در چند جهت با رودخانه برخورد دارد که در این پژوهش، در طبقه‌ی زاویه‌ی برخورد چندگانه محاسبه شدند.

در نهایت، برای بررسی معناداری اثرات متقابل رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای، از آزمون کای اسکوئر^۳ (χ^2) در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. آزمون کای اسکوئر، آزمون یناپارامتریک است که توسط فیشر ارائه شده و کار اصلی آن، بررسی معناداری تفاوت بین فراوانی‌های مشاهده شده و مورد انتظار است.

¹ Anabranching

² Anastomosing

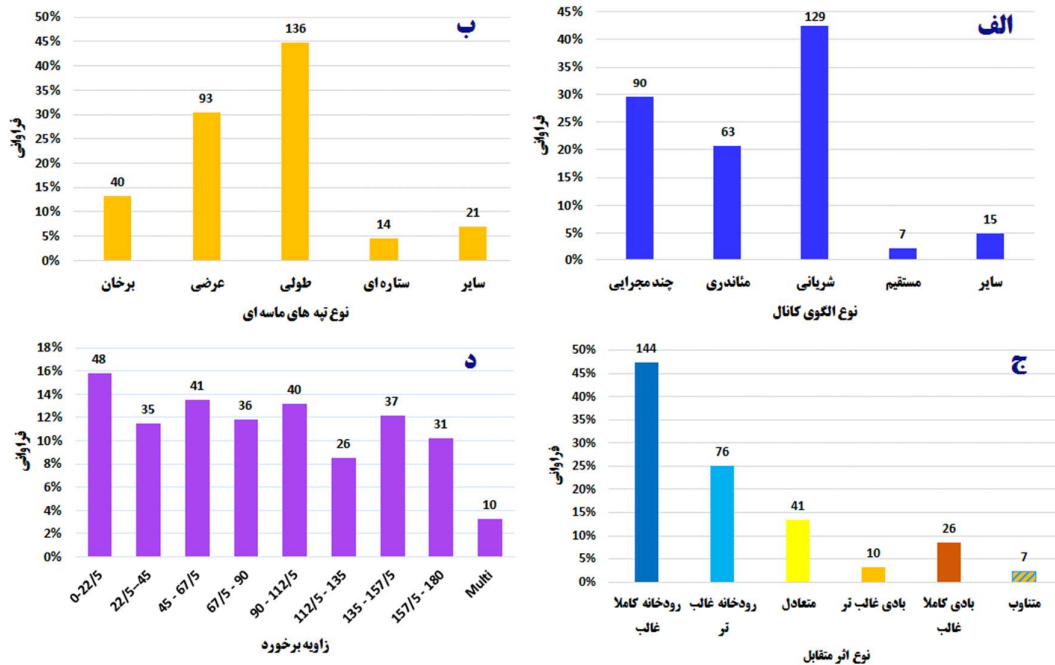
³ Chi-square



شکل ۳: تصویری از زوایای برخورد تپه‌های ماسه‌ای و رودخانه (Liu and Coulthard, 2015).

۴- یافته‌ها (نتایج)

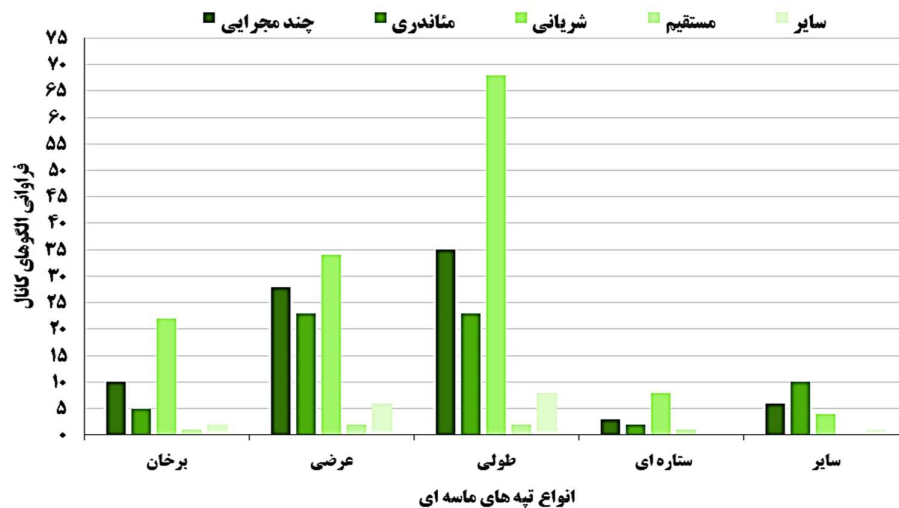
در مجموع در سراسر مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، ۳۰۴ سایت مورد مطالعه شناسایی شد که در آن رودخانه‌ها و تپه‌ها تحت تأثیر متقابل با یکدیگر قرار دارند (شکل ۴). اکثر این سایت‌ها در ایران مرکزی واقع شده‌است. بر مبنای طرح طبقه‌بندی Liu and Coulthard (۲۰۱۵)، توزیع طبقه‌بندی‌ها برای هر گروه در شکل ۵ ارائه شده‌است. برخی از طبقات، فراوانی کمی (کمتر از ۱۰) داشتند و برای تحلیل آماری کافی نبودند؛ بنابراین، این طبقات در برخی از تجزیه و تحلیل‌ها (آزمون کای اسکوئر) گنجانده نشده‌است.



شکل ۵: توزیع طبقات پارامترهای بررسی شده. تعداد هر طبقه در ستون بالای آن نشان داده شده است. الف) درصد الگوهای کانال رودخانه‌ها، ب) درصد انواع تپه‌های ماسه‌ای، ج) درصد انواع اثرات متقابل رودخانه و تپه ماسه‌ای، د) درصد مقادیر زاویه‌ی برخورد تپه‌های ماسه‌ای با رودخانه.

۴-۱- نوع تپه‌های ماسه‌ای و الگوی کانال

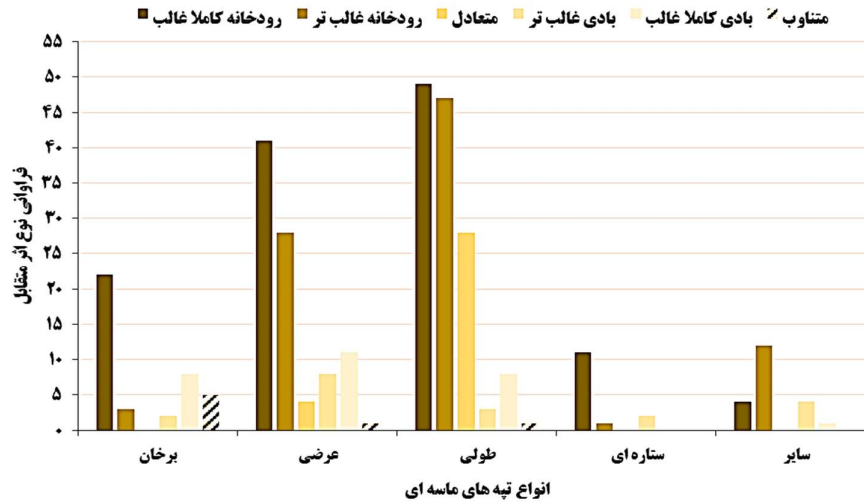
رابطه‌ی بین نوع تپه‌ماسه‌ای و الگوی کانال در شکل ۶ نشان داده شده است. اگرچه تپه‌های طولی در میان تمام تپه-ماسه‌ای‌ها از بیشترین میزان وقوع برخوردارند، توزیع مشابهی از الگوهای کانال را می‌توان برای هر طبقه مشاهده کرد. الگوهای کانال شریانی، بیشترین فراوانی را دارند و الگوهای کانال مستقیم و سایر، کمترین فراوانی. اجرای آزمون کای اسکوئر (χ^2) بر نمونه‌ها نشان داد که بین الگوی کانال و نوع تپه‌های ماسه‌ای هیچ ارتباط معناداری وجود ندارد ($\chi^2 = ۱۲/۵۹۲$, d.f = ۶, $p > ۰/۰۵$).



شکل ۶: فراوانی الگوهای کانال در تقابل با انواع مختلف تپه ماسه‌ای

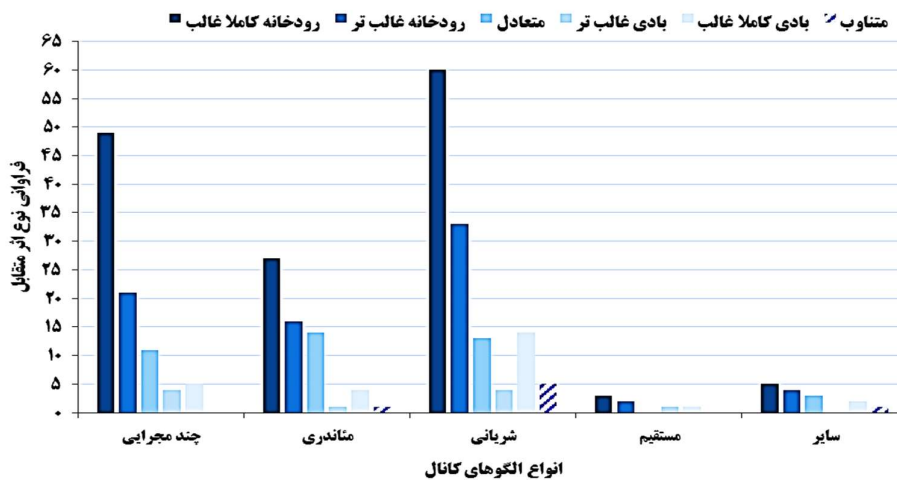
۲-۴- اثر متقابل با تپه ماسه‌ای، الگوی کانال

بین نوع اثر متقابل با تپه‌های ماسه‌ای، ارتباط معنی‌داری یافت نشد ($\chi^2 = 15/507, d.f = 8, p > 0/05$)؛ با این حال، توزیع کاملاً متفاوت از انواع اثرات متقابل را می‌توان بین انواع تپه‌های ماسه‌ای مختلف مشاهده کرد (شکل ۷)؛ به ویژه بین برخان و تپه‌های ماسه‌ای طولی. برای برخان هیچ نوع اثر متقابل متعادلی وجود ندارد. برعکس، برای تپه‌های ماسه‌ای طولی اثر متقابل متعادل، توزیع نسبتاً زیادی دارد. این توزیع معکوس بین تپه‌های ماسه‌ای طولی و برخان بر اثر متقابل از نوع متناوب نیز صادق است.



شکل ۷: فراوانی نوع اثر متقابل در هر کدام از تپه‌های ماسه‌ای

با این حال، بین اثرات متقابل و الگوی کانال (شکل ۸) رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد ($\chi^2 = 20/026, d.f = 12, p > 0/05$). در تمام الگوهای مختلف کانال، بیشترین فراوانی مربوط به اثر متقابل از نوع رودخانه‌ی کاملاً غالب و کمترین فراوانی، مربوط به نوع بادی کاملاً غالب و نوع متناوب است. در الگوهای کانال شریانی، فراوانی اثر متقابل از نوع بادی کاملاً غالب و متناوب نسبت به سایر الگوها بیشتر است.

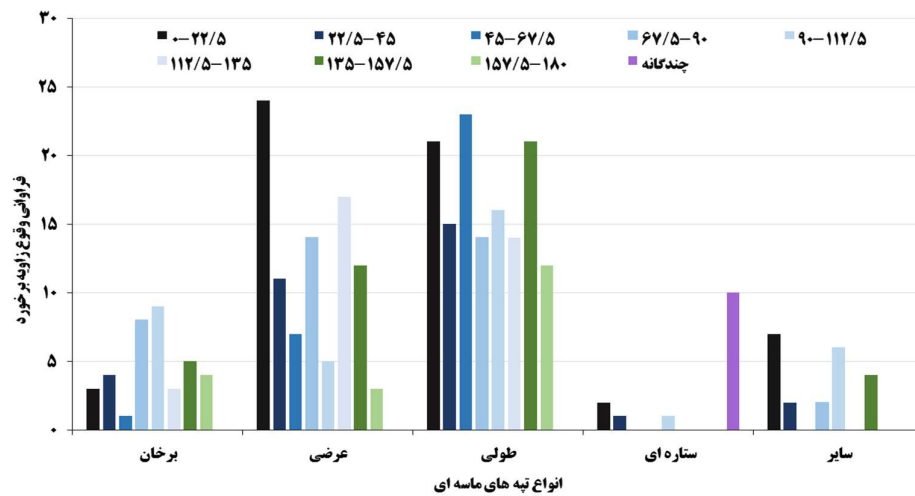


شکل ۸: فراوانی نوع اثر متقابل در هر کدام از تپه‌های ماسه‌ای

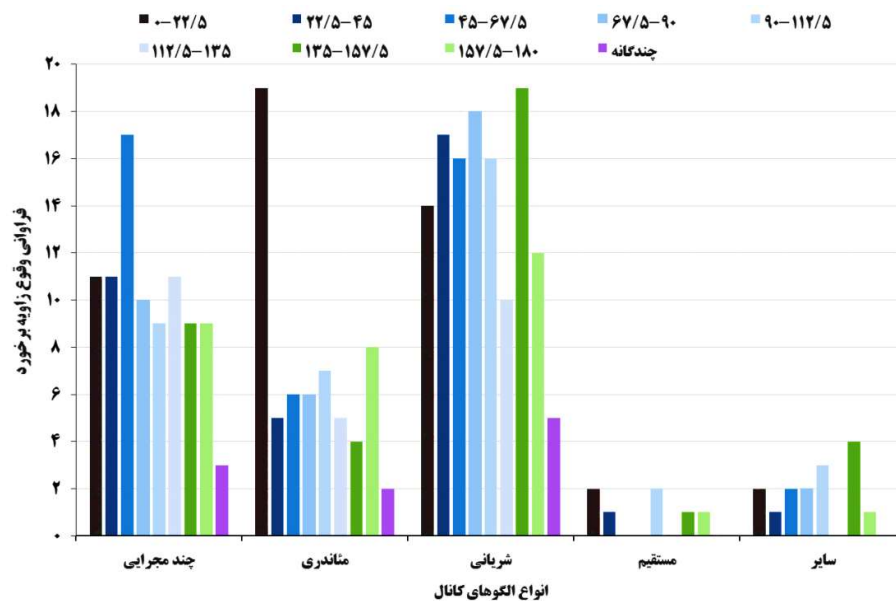
۳-۴- زاویه‌ی برخورد با تپه ماسه‌ای، الگوی کانال

شکل ۹ نشان می‌دهد که تپه‌های عرضی و برخان از بیشترین احتمال برخورد با رودخانه در زوایای عمود برخوردار است (۶۷/۵ تا ۱۱۲/۵ درجه)؛ در حالی که تپه‌های طولی، کمترین احتمال برخورد را در این زوایا دارد. تپه‌های ستاره‌ای نیز بیشترین احتمال برخورد با رودخانه را در زوایای چندگانه دارد. آزمون کای اسکوئر، بیشتر از ارتباط معنی‌دار بین نوع تپه و زاویه‌ی برخورد ($\chi^2 = 26/296, d.f = 16, p > 0/05$) حمایت می‌کند.

در مقابل، بین الگوی کانال و زاویه‌ی برخورد رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد ($\chi^2 = 12/592, d.f = 6, p > 0/05$). اگرچه به نظر می‌رسد در شکل ۱۰، رودخانه‌های چند مجرای با تپه‌ها بیشتر در زاویه‌ی ۴۵ تا ۶۷/۵ درجه تلاقی می‌کنند، برخورد رودخانه‌های مماندیری با تپه‌ها بیشتر در زاویه‌ی ۰ تا ۲۲/۵ درجه است.



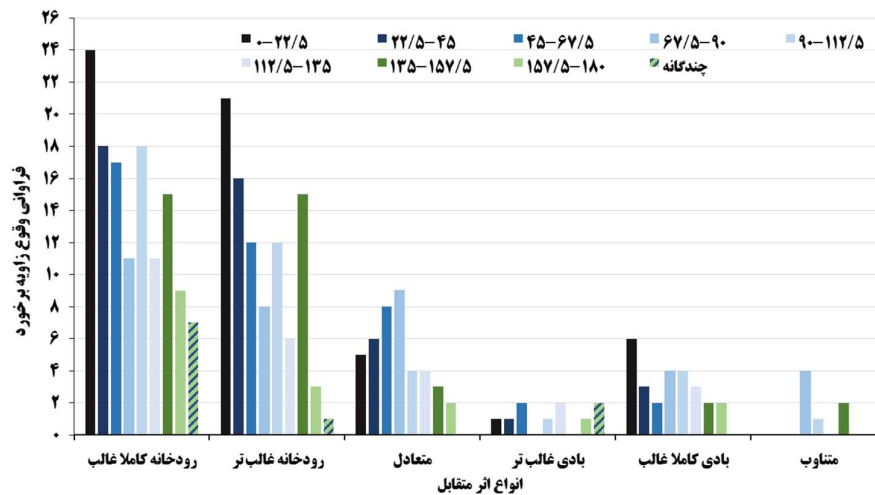
شکل ۹: فراوانی زاویه‌ی برخورد و انواع مختلف تپه ماسه‌ای



شکل ۱۰: فراوانی زاویه‌ی برخورد و انواع مختلف الگوی کانال رودخانه

۴-۵- نوع اثر متقابل با زاویه‌ی برخورد

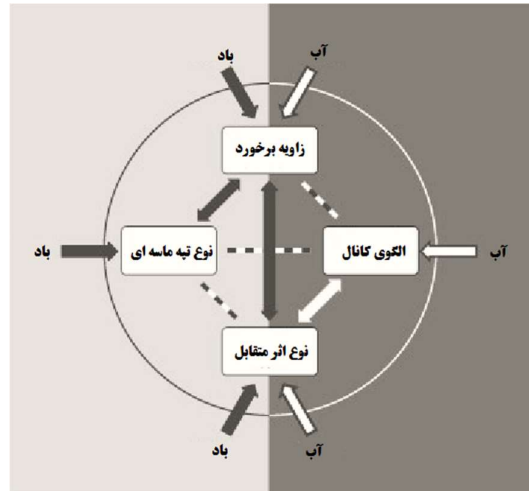
رابطه‌ی بین نوع اثر متقابل و زاویه‌ی برخورد (شکل ۱۱)، الگوی توزیع نامنظمی را نشان می‌دهد؛ با این حال، یک آزمون کای اسکوئر نشان می‌دهد که نوع تعامل به طور قابل توجهی با زاویه‌ی برخورد ارتباط دارد ($p > 0.05$, $d.f = 32$, $\chi^2 = 46/194$). با این وجود، نمی‌توان مشخص کرد که آیا نوع اثر متقابل توسط زاویه‌ی برخورد تعیین می‌شود یا برعکس، یا خیر این چنین نیست. اما در شکل ۱۱ می‌توان مشاهده کرد که اثرات متقابل کاملاً غالب / غالب تر رودخانه، توزیع مشابهی از زاویه‌ی برخورد دارد که برای زوایای ۰ تا ۴۵ درجه زیاد است، اما برای ۱۵۷/۵ تا ۱۸۰ درجه و چندگانه کم. از سوی دیگر در شرایط متعادل، رودخانه‌ها و تپه‌ها بیشتر در زاویه‌ی ۴۵ تا ۹۰ درجه تلاقی دارند.



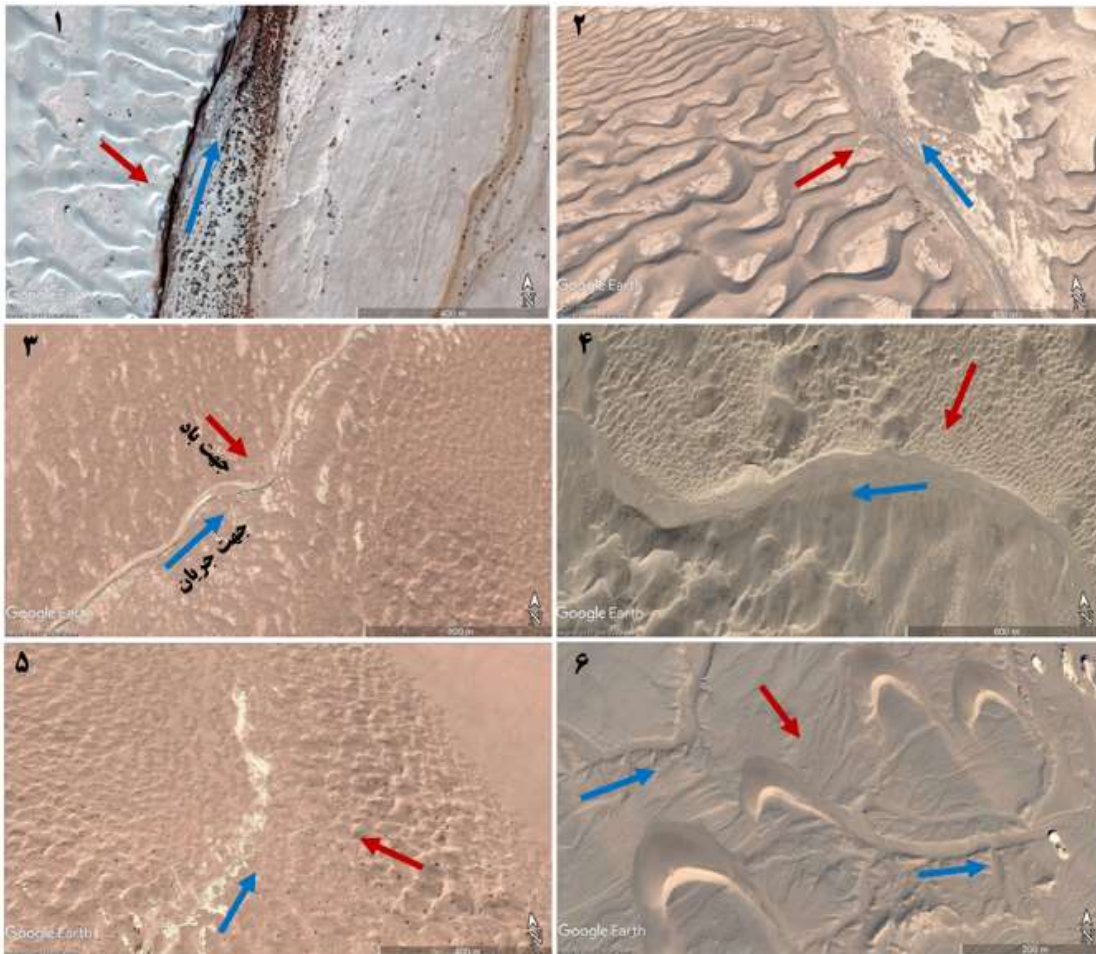
شکل ۱۱: فراوانی زاویه‌ی برخورد و انواع مختلف اثر متقابل

۵- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که بین سیستم‌های بادی و رودخانه‌ای ارتباط معنی‌داری وجود دارد. این نتایج با مطالعات Liu and Coulthard (۲۰۱۵) مطابقت دارد که در شکل ۱۲ خلاصه‌ی آن نشان داده شده‌است. در اینجا عوامل مرتبط با فلش‌های دوگانه، اثر متقابل معناداری را نشان می‌دهد و خط‌چین‌ها بیانگر فقدان ارتباط است؛ به‌عنوان مثال، نوع تپه ماسه‌ای با زاویه‌ی برخورد ارتباط خوبی دارد، اما با نوع اثر متقابل، فاقد ارتباط معنادار است. نمونه‌هایی از اثرات متقابل مورد بررسی در شکل ۱۳ نشان داده شده‌است.



شکل ۱۲: نمودار مفهومی نشان می‌دهد که اثرات متقابل و روابط معناداری بین سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی وجود دارد (Liu and Coulthard, 2015). این نمودار با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت دارد.



شکل ۱۳: نمونه‌هایی از اثرات متقابل مورد بررسی: (۱) رودخانه کاملاً غالب، (۲) رودخانه غالب تر، (۳) متعادل، (۴) بادی غالب تر، (۵) بادی کاملاً غالب، (۶) متناوب.

نتایج بررسی ۳۰۴ سایت توزیع شده در سطح مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، اثرات متقابل گسترده‌ای را بین رودخانه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای نشان داد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که در بسیاری از سایت‌ها، فرآیندهای بادی و رودخانه‌ای بر یکدیگر تأثیر قابل توجه و معنی‌دار و بعد از آن، بر لندفرم‌ها و ژئومورفولوژی محل نیز تأثیر دارد. چهار متغیر برای بررسی روابط احتمالی بین سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی از جمله نوع تپه‌های ماسه‌ای، نوع الگوهای کانال، زاویه‌ی برخورد و انواع اثر متقابل، تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که در سایت‌های تلاقی جریان‌های رودخانه‌ای و بادی، الگوهای خاص کانال، انواع تپه‌ها و زوایای اثر متقابل مختلفی وجود دارد؛ به‌عنوان مثال، رودخانه‌های شریانی (%۴۴، تپه‌های عرضی و برخان‌ها %۴۳). بین نوع زاویه‌ی برخورد و نوع تپه ماسه‌ای، زاویه‌ی برخورد و نوع اثر متقابل، الگوی کانال و نوع اثر متقابل نیز ارتباط معنی‌داری مشاهده شد. این روابط نشان داد که الگوی کانال‌های رودخانه‌ای فعال، بیشترین مکان‌هایی هستند که سیستم‌های رودخانه‌ای یا بادی بر یکدیگر غالب می‌شوند، اما تعادل بین فرایندهای رودخانه‌ای و بادی ماندگار نیست. بین تپه‌های ماسه‌ای و الگوهای کانال نیز هیچ ارتباطی وجود نداشت؛ علاوه بر این، تپه‌های طولی تمایل دارد که به طور موازی با جهت رودخانه جریان داشته باشد؛ در حالی که تپه‌های ماسه‌ای برخان بیشتر به صورت عمود بر جریان رودخانه جابجا می‌شود. در واقع، تپه‌های طولی کمتر پویا هستند و بسیاری از آنها ممکن است به صورت موازی با جهت کانال گسترش یابد. این نشان می‌دهد که ممکن است نوعی خودسازمانی بین نوع تپه‌های ماسه‌ای و جهت جریان رودخانه وجود داشته باشد؛ بنابراین، این مسئله مطرح می‌شود که آیا در اثرات متقابل بین تپه‌های ماسه‌ای و رودخانه‌ها، تحت تأثیر توپوگرافی موجود و جهت باد در ایران، خودسازمانی وجود دارد؟ علاوه بر این، تپه‌های طولی کمتر از تپه‌های عرضی فعال هستند و بیشتر رسوب‌های موجود که می‌توانند به رودخانه منتقل شوند، کاهش می‌یابند. بنابراین، این امر به ایجاد تعامل کمتر بین سیستم‌های رودخانه‌ای و بادی منجر می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات Liu and Coulthard (۲۰۱۵) و Goudie (۲۰۱۳) که نشان دادند بین فرایندهای رودخانه‌ای و بادی روابط معنی‌داری هست، مطابقت دارد. تمام نتایج پژوهش حاضر بر اساس تصاویر ماهواره‌ای از سیستم‌های پویا انجام شده است؛ بنابراین، تحقیقات بیشتری لازم است تا بررسی شود که چگونه فرآیندهای رودخانه‌ای و بادی در تحول یکدیگر، تغییرات لندفرمی و در نهایت ژئومورفولوژی محل اثر می‌گذارد.

منابع

1. Al Farraj, A., & A. M. Harvey., (2004). Late quaternary interactions between aeolian and fluvial processes: a case study in the northern UAE. *Journal of Arid Environments*. 56, 235–248.
2. Amy, E. D., 2012. Effects of river regulation on aeolian landscapes, Colorado River, southwestern USA, *Journal of Geophysical Research*, 117, 2-22.
3. Belnap, J.; Munson, S. M.; & J. P. Field, 2011. Aeolian and fluvial processes in dryland regions: the need for integrated studies, *Ecohydrology*, 4, 615–622.
4. Bourke, M. C.; Ewing, R. C.; Finnegan, D.; & H. A. McGowan, 2009. Sand dunemovement in the Victoria Valley, Antarctica, *Geomorphology*, 109 (3–4), 148–160.
5. Bullard, J. E., & I. Livingstone., (2002). Interactions between aeolian and fluvial systems in dryland environments. *Area*. 34 (1), 8–16.
6. Bullard, J.E., McTainsh, G.H. 2003. Aeolian–fluvial interactions in dryland environments: examples, concepts and Australia case study. *Progress in Physical Geography*. 27 (4): 471–501.

7. Bull, L. J., & M. J. Kirkby., (2002). Dryland river characteristics and concepts. In: Bull, L.J., Kirkby, M.J. (Eds.), *Dryland rivers: Hydrogeology and Geomorphology of SemiArid Channels*. John Wiley and Sons Ltd. *Chichester*. 2, 3–15.
8. Charlton, R., 2008. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*, Routledge, 275 p.
9. Cooke, R. U.; Warren, A.; & A. S. Goudie, 1993. *Desert Geomorphology*. UCL Press. 526 p.
10. Frostick, L. E., & I. Reid., (1987). *Desert sediment: Ancient and Modern*. Special Publication 35, Oxford, Blackwell Scientific. Geological Society of London. 401 p.
11. Field, J. P.; Breshears, D. D.; & J. J. Whicker, 2009. Toward a more holistic perspective of soil erosion: why aeolian research needs to explicitly consider fluvial processes and interactions, *Aeolian Research*, 1 (1–2), 9–17.
12. Fryberger, S. G., 1979. Dune forms and wind regimes. In: McKee, E.D. (Ed.), *a Study of Global Sand Seas*. USGS. Professional Paper. pp. 137-169.
13. Goudie, A. S., 2013. *Arid and Semi-arid Geomorphology*, Cambridge University Press, 468.
14. Han, G.; Zhang, G.; & y. Dong, 2007. A model for the active origin and development of source-bordering dunefields on a semiarid fluvial plain: a case study from the Xiliaohe Plain, Northeast China, *Geomorphology*, 86, 512-524.
15. Hunter, R. E.; Richmond, B. M.; & T. Rho Alpha, 1983. Storm-controlled oblique dunes of the Oregon coast, *Geological Society of America Bulletin*, 94 (12), 1450–1465.
16. Jordan, O. D., & N. P. Mountney., (2010). Styles of interaction between Aeolian, fluvial and shallow marine environments in the Pennsylvanian to Permian lower cutler beds, south-east Utah, USA. *Sedimentology*. 57, 1357–1385.
17. Khosroshahi, M.; Aldehie, K.; & H. M. Hamid, 2011. Comparison of Territory of Climatological and Tectonic Deserts in Iran, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18, 352-336. (In Persian).
18. Langford, R. P., 1989. Fluvial–Aeolian interactions: Part I, modern systems, *Sedimentology*, 36 (6), 1023-1035.
19. Leopold, L. B., & M. G. Wolman., (1957). River channel patterns: braided, meandering and straight. Geological Survey professional paper; No. 282-B. Washington. United States Department of the Interior. 85 p.
20. Liu, B., & T. J. Coulthard., (2015). Mapping the interactions between rivers and sand dunes: implications for fluvial and aeolian geomorphology. *Geomorphology*. 231, 246-257.
21. Lu, H.; Geollant, J.; Prosser, L.; & G. Moran, 2001. Prediction of sheet and rill erosion over the Australian continent: Incorporating, monthly soil loss distribution, Austoralia, National Land & Water Resource, Technical Report, No.31. 142 p.
22. Mahmoudi, F., 2002. Geographical Distribution of Iran's Significant Sand Dune. Tehran, Research Institute of Forests and Rangelands, 193 p. (In Persian).
23. Maghsoudi, M.; Shayan, S.; & A. Ahmadi, 2016. The Impact of Neolithic Construction and Climate Change on the Northwest Sands of Ahvaz, *Quantitative geomorphological researches*, 5(1), 180-160. (In Persian).
24. Mazzullo, J. M., & R. Ehrlich., (1983). Grain -shape variation in the St. Peter sandstone: a record of eolian and fluvial sedimentation of an early Paleozoic cratonic sheet sand. *Journal of Sedimentary Research*. 53, 18-36.
25. Maroulis, J. C.; Nanson, G. C.; Price, D. M.; & T. Pietsch, 2007. Aeolian–fluvial interaction and climate change: source-bordering dune development over the past ~100 ka on Cooper Creek, central Australia, *Quaternary Science Reviews*, 26 (3–4), 386–404.
26. Ownegh, M., 2003. Land Use planning and integrated management of natural hazard in Golestan in: seminar on flood hazard prevention and mitigation, 15-16 January, Gorgan.
27. Parsons, A. J., & A. D. Abrahams., (2009). *Geomorphology of Desert Environment*, seconded. Netherland. Springer Science+Business Media. 756 p.

28. Rendell, H. M.; Clarke, M. I. L.; Warren, A.; & A. Chappell, 2003. The timing of climbing dune formation in southwestern Niger: fluvio-aeolian interactions and the role of sand supply, *Quaternary Science Reviews*, 22 (10–13), 1059–1065.
29. Reid, I., & E. L. Frostick., (2011). Channel form, flows and sediments of endogenous ephemeral rivers in deserts. In: Thomas, D. S. (Ed.), arid zone Geomorphology, Process, Form and Change in Drylands, third ed. John Wiley and Sons Ltd. pp. 301–332.
30. Schumm, S. A., 1985. Patterns of alluvial rivers. Colorado, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 13 (1), 5–27.
31. Simpson, E. L.; Hilbert-Wolf, H. L.; Simpson, W. S.; Tindall, S. E.; Bernard, J. J.; Jenesky, T. A.; & M. C. Wizevich, 2008. The interaction of aeolian and fluvial processes during deposition of the Upper Cretaceous capping sandstone member, Wahweap Formation, Kaiparowits Basin, Utah U.S.A. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol.* 270, 19–28.
32. Song, Y.; Yan, P.; & L. Liu, 2006. A review of the research on complex erosion by wind and water, *Journal of Geographical Sciences*, 16 (2), 231–241.
33. Tahmasebi Birgani, A. M.; Sardari, F.; Jarani, M.; & H. Ahmadi et al, 2005. Identification of the critical wind erosion centers of the Iran, a demonstration of the team's expertise in crisis management, 1st National Conference on Wind Erosion, Yazd city. (In Persian).
34. Tooth, S., 2000. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research, *Earth-Science Reviews*, 51 (1–4), 67–107.
35. Veiga, G. D.; Spalletti, L. A.; & S. Flint, 2002. Aeolian/fluvial interactions and high-resolution sequence stratigraphy of a non-marine low stand wedge: the Avilé Member of the Agrio Formation (Lower Cretaceous), central Neuquén Basin, Argentina, *Sedimentology*, 49, 1001–1019.
36. Warren, A., 2013. A History of Dune Sand, Dunes. John Wiley and Sons, 146 p.
37. Williams, M. A. J., 2009. Late Pleistocene and Holocene environments in the Nile basin, *Global and Planetary Change*, 69 (1–2), 1–15.
38. Wilson, I. G., 1972. Aeolian bed forms-their development and origins, *Sedimentology*, 19 (3–4), 173–210.
39. Wainwright, J., & L. J. Bracken., (2011). Runoff generation, overland flow and erosion on hillslopes. In: Thomas, D.S. (Ed.), arid zone Geomorphology, Process, Form and Change in Drylands, third ed. John Wiley and Sons, Chichester. pp. 145-161.
40. Yamani, M., 2014. Lut Thermal Cyclonic and the Effect of Them on Wind Landforms Theory, *Geography and Environmental Planning*, 25(1), 121-140. (In Persian).
41. Yang, X.; Jaekelc, Z. D.; Owend, L. A.; & J. Han, 2002. Late Quaternary palaeo-environment change and landscape evolution along the Keriya River, Xinjiang, China: the relationship between high mountain glaciation and landscape evolution in foreland desert regions, *Quaternary International*, 97–98, 155–166.

Investigating the interaction between rivers and sand dunes in arid and semi-arid regions of Iran

Shirin mohammad khan*: Assistant Professor of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran

Anvar Moradi: Ph.D Candidate in Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran

Fatemeh Moradi pour: Ph.D Candidate in Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran

Article History (Received: 24/06/2018

Accepted: 21/10/2018)

Extended abstract

1- Introduction

Fluvial and aeolian processes are important factors in changing the surface of morphology in the Earth. When rivers and sand dunes meet, the transportation of sediment between them can lead to one of the systems or both of them change. With their connection between river sediment and wind systems there would be lots of reactions, but very little has been studied. According to the previous studies in Iran, river and wind systems have been studied separately. Whereas ground-level processes rarely interact with each other, there is so many important proofs that river and wind processes simultaneously are interacting. The interaction between these two processes is important for maintaining the purposes of an intergrated management of fluvial and aeolian systems, considering the wide vastness of Iran's effect by wind and river erosion. This research is the first inventory of interactions between rivers and sand dunes with the aim of systematically analyzing of the interactions between fluvial and aeolian geomorphology and determining the dominance of Fluvial and aeolian systems in different environments.

2- Methodology

The method of this research is descriptive-analytical. This study is a visual search of the interactions between rivers and sand dunes using satellite imagery hosted by Google Earth (GE) as well as Landsat 8 (USGS) images in the arid and semi-arid regions of Iran. Using these images, surface and landforms from fluvial and aeolian processes can be identified. Because of this reason, this study focuses on the interactions between sand dunes and rivers, where the characteristics of both are easily reconized. To intensify this research, library resources including books and articles have also been used. The search of methodology started at the margins of dryland areas visually identified within Google Earth. Than Identifiable river courses were (bieng traced up and down the streams to find places where aeolian dunes interact with river courses. Interactions were identified at a regional scale. In this research, 304 sites, where rivers and sand dunes met, are identified and analyzed by using imagery satellites for the first time in the country. The classification scheme of Liu and Coulthard (2015) has been used to classify the types of interactions between the sand dunes and rivers. At each site a key word has been used to classify the types of interactions between the sand dunes and rivers. At each site key attributes such as river direction, sand transport direction, fluvial aeolian meeting angle, sand dune type, and river channel pattern were identified and their relationships between each factor was investigated. Based on the data, six different types of interactions between rivers and sand dunes were classified, that reflected changes between the fluvial and aeolian systems.

3- Results

According to the data from 304 sites in arid and semi-arid regions of the country, although longitudinal sand dunes are most occurring among all the sand dunes, a similar distribution of channel patterns can be observed for each level. Braided channel patterns have the highest frequency and straight channel patterns and others have the lowest frequency. In all of different channel patterns, the most frequent interaction is fully fluvial

* Corresponding Author: shirin_mohammadxan@yahoo.com

dominant and the less frequent one which is the type of mostly aeolian dominant and balanced. In braided channel patterns, the frequency of interactions from types of mostly aeolian dominant and balanced more than other patterns. In balanced conditions, rivers and dunes connect more in the angles of 45 to 90 degrees

4- Discussion & Conclusions

Four variables changes has been analyzed to seek possible relationships between fluvial and aeolian systems, including dune type, channel pattern, meeting angle and the interaction. The results showed that there is a significant relationship between the type of meeting angle and the type of sand dune, the meeting angle and the type of interaction, the channel pattern and type of interaction. These relationships have shown that active river channel patterns are most common where aeolian or fluvial systems are dominated, but the balance between them is not sustainable. There was also no relationship between sand dunes and channel patterns. The results of this study are in line with Liu and Coulthard (2015) studies that show significant relationships between fluvial and aeolian processes. The results of a survey of 304 distributed sites in the arid and semi-arid regions of Iran showed an extensive interaction between rivers and sand dunes. According to the results, it can be said that in many sites, wind and river processes have a significant impact on each other and then on the landforms and geomorphology of the site. Nevertheless, more research is required to investigate how each fluvial and aeolian processes affect each other, as well as geomorphologic changes caused by them in Iran.

Keywords: Fluvial–aeolian interaction, Dunes, River, wind/river direction, Geomorphology.