Modeling of Wind Deflation from Desert Pavement Surface
(Case Study: Desert Pavement of Bardsir)

***S. H. Mousavi**

****E. Parizi**

*****A. Ahmadi**

Desert pavement is prominent features of many geomorphic surfaces in arid and semi-arid lands of world and has a significant effect on soil conservation against wind erosion. Therefore, the aim of this study was to simulate the estimation of wind erosion in the surface of desert pavements in Bardsir district of Kerman using statistical methods. In this regard, the most important parameters of erosion of desert pavements such as total depositional weight, depth of deposition under 2 mm, depth of deposition over 2 mm, surface depositional weight, and surface coverage, along with 5 transects and 15 points via field sampling method were measured. Then, by analyzing them, simple and multiple regression analyzes were performed by analyzing and modeling the components. The results show that there is a maximum significant relationship between the depth of depositional components over 2 mm and the surface deposition mass for all linear, grade 2, and grade 3 relationships, which R square of the models is 0.918, and their Std. error of estimate is 0.182, 0.189 and 0.198, respectively. Also, the results of multiple modeling include the maximum significant relationship between total depositional weight, depth depositional depth below 2 mm, depth of deposition depth of 2 mm, and surface depositional weight with each other, with a coefficient of explanation of 1 and an estimated error of 0 000 on the surface and the level of significance is 0.99. Finally, in order to estimate the amount of erosion from the surface of the plain, models have been designed and presented as useful tools for environmental managers and planners, and represent the trend and behavioral pattern of the landscape of the desert pavements. The results represent the environmental management of desert pavement system from viewpoint of the condition and function of wind deflation. It shows the present situation than the ideal and desirable situation.

Keywords: Desert Pavement Wind Deflation Wind Process Modeling Regression Analysis Bardsir.

***** Assistant Professor of Geomorphology, University of Kashan, Kashan, Iran.

PhD Candidate, University of Tehran, Tehran, Iran.**

******* Faculty Member of Geography Department at University of Bozorgmehr Ghaenat, Ghaen, Iran

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۸، پیـاپی ۶۶، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹۶

الگوسازی تخمین فرسایش کاوشی باد از سطح سنگ‌فرش بیابان
(مطالعهٔ موردی: دشت ریگی بردسیر)

سید حجت موسوی*: استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
اسماعیل پاریزی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
عبدالمجید احمدی: عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه بزرگمهر قائنات، قائن، ایران

وصـول: ۱۳۹۲/۰۲/۱۷ پـذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۵ ، صص ۳۸-۲۱

چکیده

دشت‌های ریگی، یکی از مهم‌ترین اشکال ژئومورفیک مناطق خشک و نیمه‌خشک، تأثیر جالب توجهی در حفاظت از خاک در برابر فرسایش کاوشی باد دارند؛ بر این اساس، هدف از این پژوهش، الگوسازی تخمین فرسایش کاوشی باد در سطح دشت‌های ریگی منطقهٔ بردسیر کرمان با بهره‌گیری از روش‌های آماری است. در این راستا، ابتدا مهم‌ترین پارامترهای فرسایشی سنگ‌فرش بیابان نظیر وزن کل رسوب عمقی، وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر، وزن رسوب سطحی و درصد پوشش سطحی، در امتداد ۵ ترانسکت و ۱۵ نقطه، به روش نمونه‌برداری میدانی اندازه‌گیری و سپس با تحلیل از طریق آزمون‌های آماری آنالیز رگرسیون ساده و چندگانه، رابطه‌سنجی و الگوسازی شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین ارتباط معنادار بین مؤلفه‌های وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی برای تمامی روابط خطی، درجه ۲ و درجه ۳ وجود دارد؛ به طوری که ضریب تبیین تمامی این الگوها، ۰/۹۱۸ بوده و به ترتیب دارای خطای برآورد ۰/۱۸۲، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۹۸ هستند. همچنین نتایج الگوسازی چندگانه، دربردارندهٔ بیشترین ارتباط معنادار پارامترهای وزن کل رسوب عمقی، وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی با یکدیگر با ضریب تبیین ۱ و خطای برآورد ۰/۰۰۰ در سطح معناداری ۰/۹۹ است. درنهایت برای تخمین میزان مواد فرسایش‌یافته از سطح دشت ریگی، الگوهایی طراحی و ارائه شده که به منزلهٔ ابزارهایی سودمند در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان محیطی، بیانگر روند و گرایش رفتاری چشم‌انداز سنگ‌فرش بیابان هستند. این نتایج، مدیریت محیط سیستم دشت‌های ریگی را از منظر وضعیت و عملکرد فرآیند رفت‌وروب بادی نمایان ساخته که نمایانگر وضع موجود نسبت به وضع ایده‌آل است.

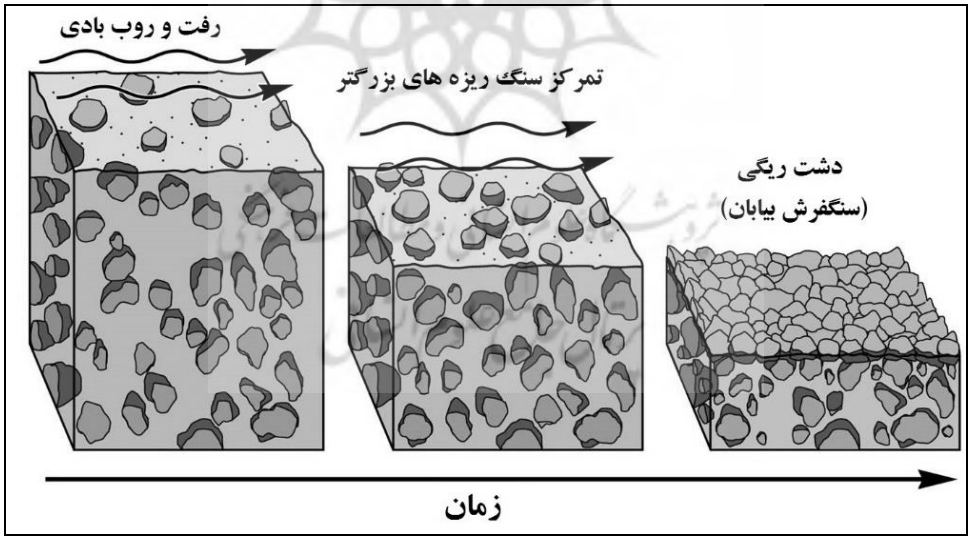
واژه‌های کلیدی: دشت ریگی، فرسایش کاوشی، فرآیند بادی، الگوسازی، آنالیز رگرسیون، بردسیر.

*نویسنده مسؤول: hmousavi15@kashanu.ac.ir

مقدمه

فرسایش به منزلهٔ یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی جهان، ممکن است تأثیر برگشت‌ناپذیری بر بهره‌برداری خاک داشته باشد. این معضل در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر بسیار زیادی بر کاهش کیفیت خاک، به‌ویژه خاک‌های کم‌عمق دارد؛ به طوری که در این مناطق، عامل بخش چشمگیری از فرآیندهای بیابان‌زایی است (Schlesinger et al,1990; Ravi et al, 2010).

به دلیل اینکه اندازه‌گیری مستقیم مقدار فرسایش خاک اغلب دشوار، زمان‌بر و پرهزینه است، بنابراین استفاده از شاخص‌های فرسایش خاک، می‌تواند ابزاری جایگزین برای برآورد میزان فرسایش و همچنین مبنایی برای ارزیابی تأثیر این فرآیندها در کیفیت خاک و سلامتی اکوسیستم باشد (Lal et al, 1999; Rostagno and Degorgue, 2011: 224). در این‌باره میزان رسوبات جابه‌جاشده از سطح دشت ریگی[1] با فرآیندهای بادی، می‌تواند یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها و عوامل ارزیابی مقدار فرسایش خاک در نظر گرفته شود (شکل ۱)؛ زیرا در مناطق تحت استیلای سیستم‌های مورفوژنز بادی بین مقدار مواد فرسایش‌یافته از سطح دشت ریگی و تل‌ماسه‌های بادی مجاور آن، ارتباط معناداری وجود دارد؛ بنابراین با تخمین میزان فرسایش رسوبات از سطح دشت ریگی، می‌توان به برآوردی از فرسایش خاک و حجم مناطق ریگزار همجوار پی برد (برای نمونه: McFadden, 1996: 101؛ Jianjun, 2001: 357؛ Wood, 2005: 205؛ Adelsberger, 2009: 178؛ Rostagno and Degorgue, 2011: 224).



شکل ۱. مراحل ایجاد سنگ‌فرش بیابان[1] که حاکی از میزان ماسه‌های جابه‌جاشده با فرآیندهای بادی از سطح زمین است. (http://earthsci.org)

[1] Desert Pavements
[2] Erg

دشت ریگی، ویژگی برجستهٔ بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک کرهٔ زمین است (Rostagno and Degorgue, 2011: 224) و نقشی پویا در ژئومورفولوژی، آب‌شناسی و فرآیندهای اکولوژیک بازی می‌کند (Wood, 2005: 205).

دشت ریگی بالغ، نه‌تنها به عنوان نشانهٔ پایداری و ثبات (ثبات پویا، نه ایستا) در نظر گرفته می‌شود (Haff, 1996: 34)، بلکه بیشتر از آن به منزلهٔ شاخص سن سطحی یاد می‌شود (Kleber, 2012: 172).

مطالعات اخیر نشان داده که تجمع ماسه‌ها در ریگزارها و فرسایش مواد از نظر ژنتیکی با شکل‌گیری سنگ‌فرش بیابان مرتبط و همزمان است (McFadden, 1996: 101). این پدیدهٔ ژئومورفولوژیکی معمولاً در مناطقی که پوشش گیاهی پراکنده دارد و مانعی در مقابل باد وجود ندارد، تشکیل می‌شود (Simanton et al., 1984).

عواملی مانند پوشش گیاهی، قشر نمکی و چسبندگی ذرات بر اثر باران، ممکن است نقشی اساسی در شکل‌نگرفتن سنگ‌فرش بیابان داشته باشند. اصولاً در ایجاد دشت ریگی، نه‌تنها باد و آب دخیل هستند، بلکه عوامل دیگری نیز مانند حرکات عمودی خاک‌های سطحی در این امر مؤثرند (احمدی، ۱۳۸۷: ۱۳۵).

دشت‌های ریگی در بیشتر چاله‌های ایران که مشخص‌کنندهٔ فرسایش بادی هستند، مشاهده می‌شوند. یکی از دلایل شناسایی این مناطق، مکانیسم طبیعی آنها در ایجاد پوشش طبیعی محافظ برای سطوح زیرین است؛ به طوری که یک پوشش سنگی با تراکم ۴۵ تا ۵۰ درصد جورشدگی ضعیف، می‌تواند تا ۷۰ درصد اثر مربوط به فرسایش بادی را کاهش دهد (اختصاصی، ۱۳۸۳، ۲۴۶).

پژوهشگران در سطح بین‌المللی، مطالعات متعددی دربارهٔ دشت‌های ریگی انجام داده‌اند؛ برای نمونه Haff (۱۹۹۶: ۳۴) در مطالعه‌ای که با هدف مستندسازی ثبات دشت ریگی و نقش آن در بهبود اختلالات سطح زمین، طی یک دورهٔ ۵ ساله در درهٔ کالیفرنیا انجام داد، به این نتیجه رسید که رسوبات سطحی‌ای که حیوانات کوچک جابه‌جا می‌کنند، جزئی اصلی از فرآیند بهبود اختلالات سطح زمین است.

Wainwright و همکاران (۱۹۹۹: ۱۰۲۴) با انجام مجموعه‌ای از آزمایش‌های شبیه‌سازی‌شدهٔ بارش در حوضهٔ آریزونا به دنبال مشاهداتی بودند مبنی بر اینکه دشت ریگی، پس از ایجاد یک اختلال می‌تواند تثبیت شود و فرآیند برخورد قطرات باران در ایجاد و گسترش آن نقش دارد.

Jianjun و همکاران (۲۰۰۱: ۳۵۷) دربارهٔ نقش دشت ریگی در کنترل حرکت شن و ماسه در صحرای گبی بیان کردند که دشت ریگی مانع از شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای بزرگ می‌شود.

Haff (۲۰۰۲: ۱۴۵) در پژوهش خود در درهٔ مرگ امریکا استنباط کرد که اختلال در حال پیشرفت در دشت ریگی مربوط به اغتشاش زیستی است که به بارش‌های اخیر النینو برمی‌گردد. مشاهدات او نشان داد که تغییر در سطوح دشت ریگی، ممکن است نشانهٔ اولیهٔ تغییرات آیندهٔ بوم‌شناسی و محیط زیست بیابان باشد.

Wood (۲۰۰۵: ۲۰۵) در پژوهشی که در کالیفرنیا انجام داد، دریافت که دشت ریگی، توزیع فضایی پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک بیابان را نشان می‌دهد.

Farraj (۲۰۰۸: ۱۵۴) با مطالعهٔ سنگ‌فرش بیابان در جنوب غربی دریاچهٔ ایر در جنوب استرالیا، هفت مرحلهٔ شکستن سنگ، سقوط سنگ، تجمع خاک شنی بین قطعات سنگ، تکه‌تکه شدن سنگ‌ها، تکه‌تکه شدن دوبارهٔ همراه با بافت شنی، لومی و ماسه‌ای خاک، سطح تقریباً مسطح همراه با خاک شنی و گل و لای و تشکیل سطحی متشکل از سنگ‌های کوچک و گرد را برای توسعه و تکامل سنگ‌فرش بیابان برشمرد.

Adelsberger (۲۰۰۹: ۱۷۸) با مطالعهٔ دشت ریگی در مصر به وجود رابطهٔ معنادار بین ویژگی‌های دشت ریگی و ویژگی‌های ژئومورفیک منطقه پی برد.

Bockheim (۲۰۱۰: ۴۱۳) در مطالعهٔ سنگ‌فرش بیابان در کوه‌های Transantarctic به این نتیجه رسید که سنگ‌فرش بیابان در دو بخش با جنس‌های متضاد ماسهٔ سنگ – دلریتی و گرانیت – گنیس توسعه یافته و میزان تراکم سطحی رسوبات درشت‌دانه در این منطقه بین ۶۳ تا ۹۲ درصد است.

Rostagno and Degorgue (۲۰۱۱: ۲۲۴) در پژوهشی که در شمال شرق پاتاگونیا انجام دادند، رابطهٔ بین فرسایش خاک و تشکیل دشت ریگی را در سه سایت فوقانی، میانی و پایین سطح زمین ارزیابی کرده و بیان کردند که مقدار فرسایش خاک در موقعیت‌های بالایی، میانی و پایینی به ترتیب ۶۸/۲، ۶۳/۸ و ۵۶/۴ میلیمتر است و ارتباطی قوی بین وزن شن‌های سطحی و ضخامت لایهٔ باقی‌مانده وجود دارد.

Dietze and Kleber (۲۰۱۲: ۱۷۲) با مطالعهٔ الگوها و ویژگی‌های هندسی دشت ریگی دریافتند که فرآیندهای جانبی مانند جریان زمینی غیرمتمرکز باد و خزش ذرات در شکل‌گیری و توسعهٔ دشت ریگی نقش اساسی دارند.

عظیم‌زاده و اختصاصی (۱۳۸۳) با بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سرعت آستانهٔ فرسایش بادی در دشت یزد - اردکان به این نتیجه رسیدند که سرعت آستانهٔ فرسایشی[1] در دشت سرلخت با پوشش سنگ‌فرش ۷۰ تا ۹۰ درصد، ۱۲ تا ۱۴ متر بر ثانیه و در دشت سرآپانداژ با پوشش سنگ‌فرش ۴۵ تا ۷۰ درصد، ۷ تا ۱۲ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری است؛ به عبارتی آنها دریافتند که بین مقدار پوشش سنگ‌فرش و سرعت آستانهٔ فرسایشی رابطهٔ معناداری وجود دارد.

جوادی و همکاران (۱۳۸۴) دریافتند که پوشش سنگ‌فرش بیابان ضمن کاهش فرسایش‌پذیری خاک به صورت مستقیم، بر فرآیند فرسایش آبی نیز به طور غیرمستقیم با تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل ظرفیت نفوذپذیری، شدت نفوذ آب، سله‌بندی و خواص آب‌شناختی سطح خاک، تأثیر می‌گذارد.

عظیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) از روش کریجینگ به منظور برآورد درصد سنگ‌فرش بیابانی و سرعت آستانهٔ فرسایش بادی در منطقهٔ ابراهیم‌آباد مهریز بهره

[1] کمترین سرعت لازم را در ارتفاع مشخص که موجب جابه‌جایی ذرات خاک می‌شود، «سرعت آستانهٔ فرسایش» می‌نامند.

بردند و بیان کردند که بهره‌گیری از زمین‌آمار و روش کریجینگ معمولی، شیوهٔ مناسب و دقیقی برای تهیهٔ نقشهٔ عوامل مناسب در فرسایش بادی است؛ از جمله: توزیع پوشش سنگ‌فرش بیابانی و خطوط هم‌سرعت آستانهٔ فرسایش بادی.

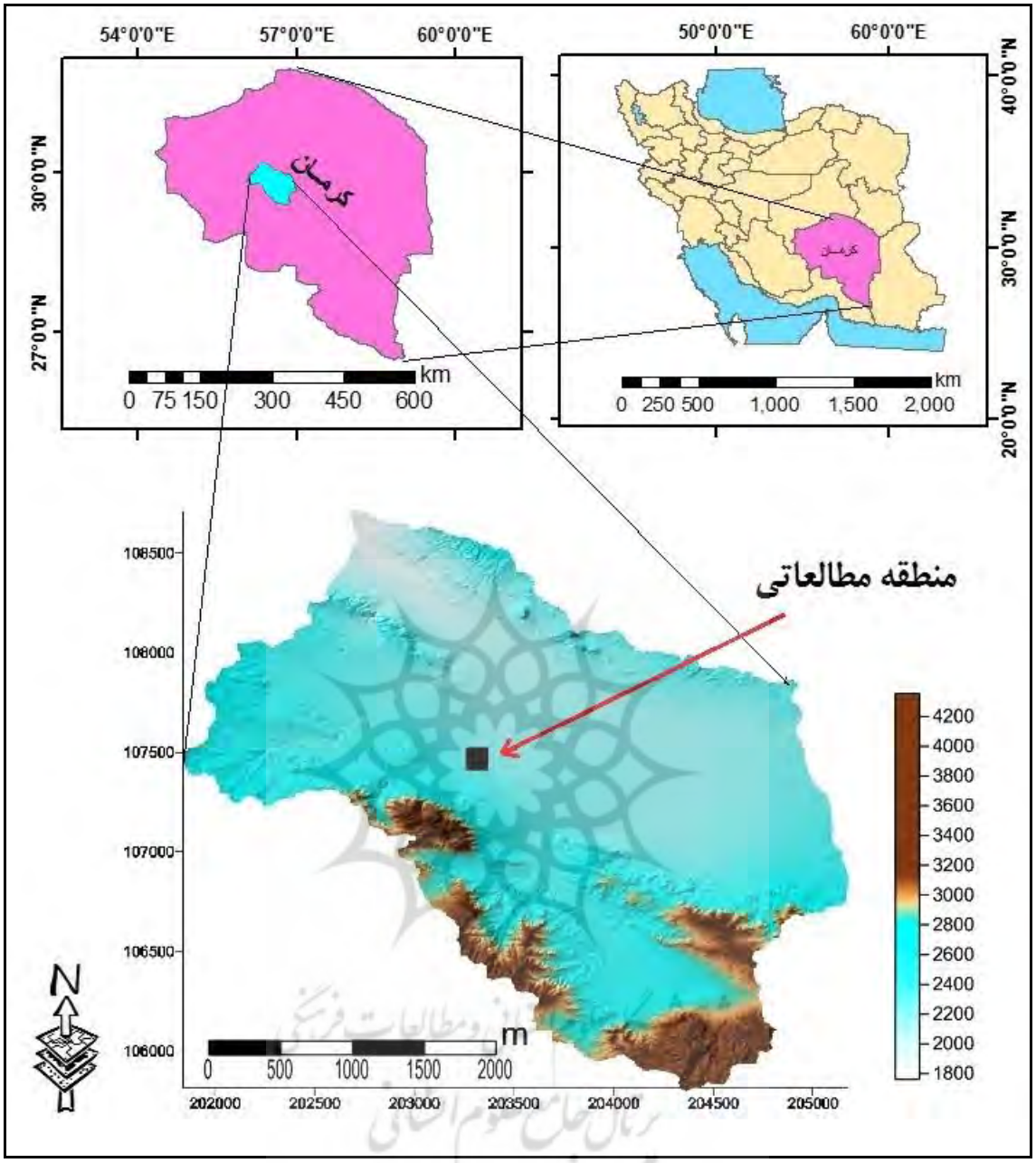
فتوحی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر سنگ‌فرش بیابان بر فرسایش‌پذیری خاک از روش‌های زمین‌آمار در بخشی از حوضهٔ یزد – اردکان، به این نتیجه رسیدند که در دشت‌سرهای پوشیده، کاهش پوشش سنگ‌فرش تا مرز ۲۰ درصد نقش حفاظتی چندانی برای خاک ندارد؛ به عبارتی ارتباط پوشش سنگ‌فرش و فرسایش‌پذیری خاک در دشت‌سر پوشیده معنادار نیست؛ در حالی که در دشت‌سرهای آپانداژ و لخت با سنگ‌فرش بیش از ۵۰ درصد، مقدار فرسایش‌پذیری خاک کم تا ناچیز است؛ به عبارتی در دشت‌سرهای آپانداژ و لخت، رابطهٔ معناداری بین سنگ‌فرش بیابان و فرسایش‌پذیری وجود دارد؛ این در صورتی است که اختلاط سنگ‌فرش با شخم زمین‌ها، میزان فرسایش‌پذیری خاک را تا۱۰ برابر مقدار طبیعی افزایش می‌دهد.

تازه و همکاران (۱۳۹۲) برای نخستین بار در ایران، مناسب‌ترین اندازهٔ پلات را برای نمونه‌برداری از سنگ‌فرش بیابان مطرح کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که چنانچه هدف نمونه‌برداری از سنگ‌فرش بیابان در دشت‌سر لخت باشد، ابعاد ۴۰×۴۰ سانتیمتر، در دشت‌سر آپانداژ ابعاد ۳۰×۳۰ سانتیمتر، در دشت‌سر پوشیده ابعاد ۲۰×۲۰ سانتیمتر و چنانچه نمونه‌برداری از سنگ‌فرش بیابان به طور کلی مطرح باشد، ابعاد ۴۰×۴۰ سانتیمتر، مناسب‌ترین ابعاد پلات هستند.

گستردگی فضایی دشت‌های ریگی در دورترین نقاط ایران، مسئلهٔ فرسایش کاوشی باد و نقش پوشش دشت ریگی در حفاظت از خاک و مواد سطحی، اهمیت مطالعهٔ این چشم‌انداز ژئومورفیک را در نواحی تحت استیلای فرسایش بادی مشخص می‌سازد؛ بنابراین هدف از این پژوهش، الگوسازی تخمین مقدار فرسایش کاوشی باد در دشت‌های ریگی در منطقهٔ بردسیر کرمان با بهره‌گیری از روش‌های آماری است؛ به عبارتی پژوهش حاضر سعی دارد با استفاده از روابط بین مؤلفه‌های درصد پوشش رسوبات سطح دشت ریگی و حجم رسوبات ریزدانه و درشت‌دانه تا عمق ۲۰ سانتیمتری، مقدار مواد فرسایش‌یافته از سطح دشت ریگی را در منطقهٔ بردسیر کرمان الگوسازی کند تا از طریق آن بتوان به برآوردی از میزان فرسایش کاوشی باد در منطقه دست یازید.

منطقهٔ مطالعاتی

منطقه بررسی‌شده با موقعیت ۵۶ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی در غرب شهرستان بردسیر واقع شده است. (شکل ۲). کمترین و بیشترین ارتفاع این منطقه به ترتیب ۲۱۵۳ و ۲۱۸۱ متر از سطح دریاهای آزاد است و از منظر ژئومورفولوژی بر روی یک دشت‌سر آپانداژ قرار دارد.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعاتی

روش پژوهش

پس از تعیین حدود منطقهٔ مطالعاتی از طریق تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، الگوی رقومی ارتفاعی و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه در بهمن‌ماه ۱۳۹۲، ابتدا در محدوده‌ای به ابعاد ۵۰۰ × ۵۰۰ متر، با استفاده از دستگاه GPS، ۵ ترانسکت ۵۰۰ متری در امتداد خط کنیک کوهستان در نظر گرفته و بر روی هر ترانسکت، موقعیت فضایی ۳ نقطه به فاصلهٔ ۲۵۰ متر از یکدیگر مشخص شد (جدول ۱).

جدول ۱. موقعیت ترانسکت‌ها و نقاط نمونه‌برداری (منبع: نویسندگان)

شمارهٔ ترانسکت	شمارهٔ نقطه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
	۱	۲۹ ۵۲ ۰۰	۵۶ ۳۲ ۰۵
۱	۲	۲۹ ۵۲ ۰۲	۵۶ ۳۲ ۰۷
	۳	۲۹ ۵۲ ۰۸	۵۶ ۳۲ ۰۷
	۱	۲۹ ۵۲ ۰۵	۵۶ ۳۲ ۰۹
۲	۲	۲۹ ۵۲ ۰۹	۵۶ ۳۲ ۰۷
	۳	۲۹ ۵۲ ۰۷	۵۶ ۳۲ ۰۵
	۱	۲۹ ۵۲ ۰۰	۵۶ ۳۲ ۰۴
۳	۲	۲۹ ۵۲ ۰۵	۵۶ ۳۲ ۰۰
	۳	۲۹ ۵۲ ۰۷	۵۶ ۳۲ ۰۶
	۱	۲۹ ۵۲ ۰۴	۵۶ ۳۲ ۰۴
۴	۲	۲۹ ۵۲ ۰۶	۵۶ ۳۲ ۰۰
	۳	۲۹ ۵۲ ۰۸	۵۶ ۳۲ ۰۷
	۱	۲۹ ۵۲ ۰۶	۵۶ ۳۲ ۰۶
۵	۲	۲۹ ۵۲ ۰۲	۵۶ ۳۲ ۰۲
	۳	۲۹ ۵۲ ۳۰	۵۶ ۳۲ ۰۷

سپس در موقعیت نقاط اشاره‌شده، از مؤلفه‌های فرسایشی دشت ریگی منطقه در محدوده‌هایی به وسعت یک پلات ۳۰×۳۰ سانتیمتر نمونه‌برداری شد؛ این‌گونه که نخست درصد سنگ‌ریزه‌های پوشش سطحی سنگ‌فرش بیابان با قطر بیش از ۲ میلیمتر از طریق شبکهٔ توری و در مرحلهٔ دوم، پس از گردآوری، وزن آنها از طریق ترازویی با دقت ۱۰ گرم تخمین زده شد. سپس، در موقعیت هر پلات گودالی به عمق ۲۰ سانتیمتر حفر و پارامترهایی نظیر وزن کل رسوب، وزن رسوبات بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوبات زیر ۲ میلیمتر اندازه‌گیری شد (شکل ۳). با تکمیل مراحل نمونه‌برداری برای تمامی نقاط پانزده‌گانه، ماتریس داده برای تجزیه و تحلیل و الگوسازی تخمین مقدار مواد فرسایش‌یافته با فرآیندهای روفت‌وروب بادی تشکیل شد (جدول ۲).

شکل ۳. تصاویری از روش و ابزار نمونه‌برداری میدانی در عرصهٔ طبیعی

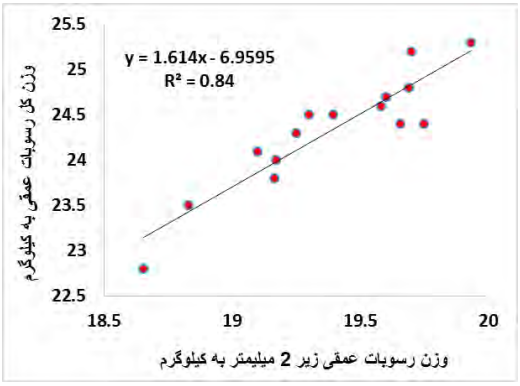
جدول ۲. آمار توصیفی مؤلفه‌های فرسایشی اندازه‌گیری‌شده و پایگاه داده (منبع: نویسندگان)

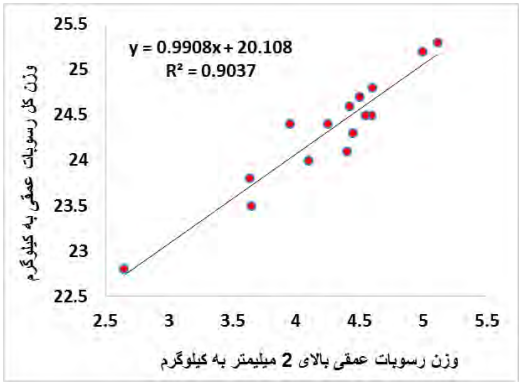
مؤلفه	دامنه	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی
درصد پوشش سطحی با ذرات بالای ۲ میلیمتر	۵۰	۴۰	۹۰	۷۵	۱۷.۴۲۳۳۰۱۳۱	۳۰۳.۵۷۱۴	۰.۵۸۰۱۱۹
وزن رسوبات سطحی به کیلوگرم	۱.۲۵	۰.۲۵	۱.۵	۰.۶۸۴۳۳۳	۰.۲۹۶۲۶۷۶۵۶	۰.۰۸۷۷۷۵	۰.۵۸۰۱۱۹
وزن رسوبات عمقی بالای ۲ میلیمتر به کیلوگرم	۲.۴۷	۲.۶۴۷	۵.۱۱۷	۴.۲۵۷۶	۰.۶۱۰۵۶۶۵۷۵	۰.۳۷۲۷۹۲	۰.۵۸۰۱۱۹
وزن رسوبات عمقی زیر ۲ میلیمتر به کیلوگرم	۱.۲۸	۱۸.۶۵۳	۱۹.۹۳۳	۱۹.۳۸۴۷۳	۰.۳۶۱۳۶۴۱۷۵	۰.۱۳۰۵۸۴	۰.۵۸۰۱۱۹۳۵۱
وزن کل رسوبات عمقی به کیلوگرم	۲.۵	۲۲.۸	۲۵.۳	۲۴.۳۲۶۶۷	۰.۶۳۶۳۵۸۶۸۹	۰.۴۰۴۹۵۲	۰.۵۸۰۱۱۹

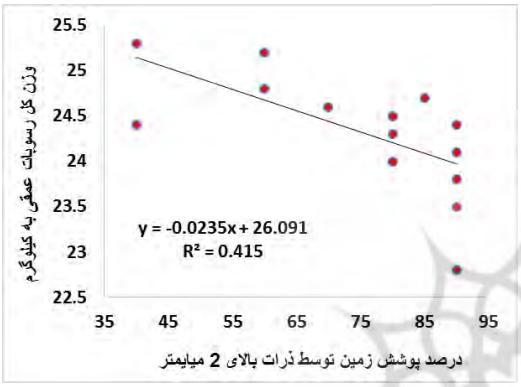
داده‌ها بر مبنای روش‌های آماری، نظیر تحلیل رگرسیون در محیط نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. برای این مهم، ابتدا بین وزن رسوب کل و وزن رسوبات بالای ۲ میلیمتر عمقی، تحلیل رگرسیون ساده و چندمتغیره برازش و الگوی آن طراحی شد؛ سپس رابطهٔ بین وزن و درصد سنگریزه‌های سطحی با وزن رسوبات عمقی بالای ۲ میلیمتر، بر اساس توابع ساده و چندگانهٔ آماری الگوسازی شد تا بتوان بر مبنای درصد و وزن رسوبات سطحی، نخست وزن رسوبات عمقی بالای ۲ میلیمتر و درنهایت وزن رسوب کل را تخمین زد. تخمین مقدار کل رسوب عمقی، برآوردی از مقدار رسوب فرسایش‌یافته با باد خواهد بود که از طریق طراحی و ارائهٔ الگوهای آماری موجود بین مؤلفه‌های فرسایشی دشت ریگی به دست می‌آید.

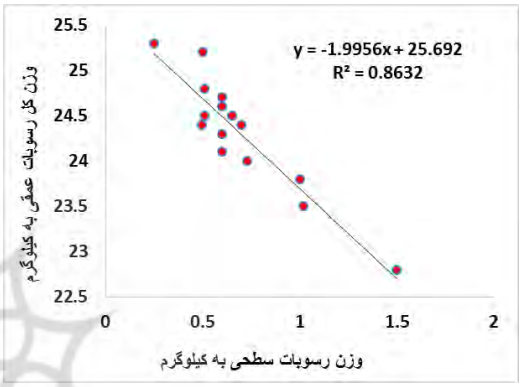
یافته‌ها و نتایج

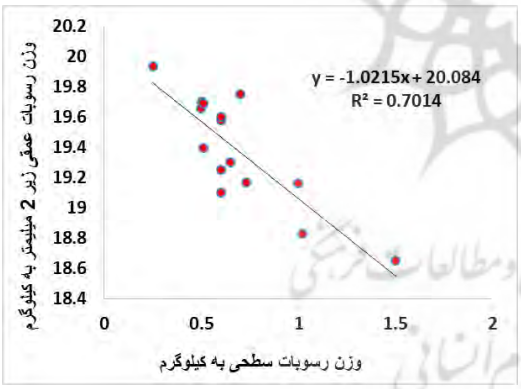
برای تخمین مقدار مواد ازدست‌رفته درنتیجهٔ فرآیندهای فرسایش بادی در دشت‌های ریگی منطقه بردسیر کرمان، بین مؤلفه‌های فرسایشی اندازه‌گیری‌شده، ابتدا رگرسیون ساده و سپس رگرسیون چندمتغیره برازش داده شد. نتایج به دست آمده از تحلیل رگرسیون ساده بین مؤلفه‌های مورفومتری دشت‌های ریگی منطقهٔ مطالعاتی در بردسیر کرمان در شکل (۴) و جدول (۳) آمده است.

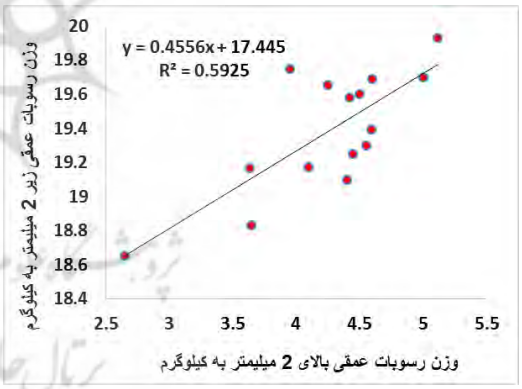

y = 1.614x - 6.9595
R² = 0.84
وزن کل رسوبات عمقی به کیلوگرم
وزن رسوبات عمقی زیر 2 میلیمتر به کیلوگرم

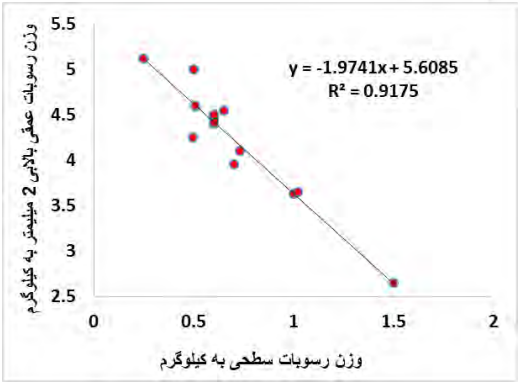

y = 0.9908x + 20.108
R² = 0.9037
وزن کل رسوبات عمقی به کیلوگرم
وزن رسوبات عمقی بالای 2 میلیمتر به کیلوگرم

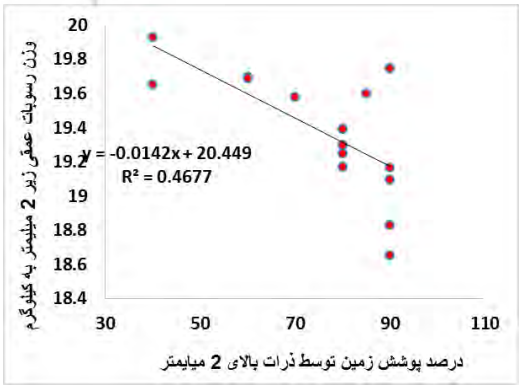

y = -0.0235x + 26.091
R² = 0.415
وزن کل رسوبات عمقی به کیلوگرم
درصد پوشش زمین توسط ذرات بالای 2 میلیمتر

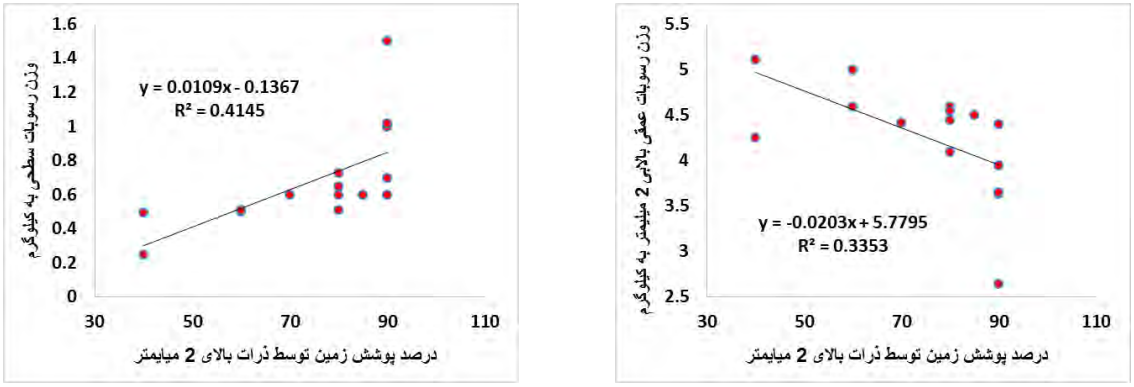

y = -1.9956x + 25.692
R² = 0.8632
وزن کل رسوبات عمقی به کیلوگرم
وزن رسوبات سطحی به کیلوگرم


y = -1.0215x + 20.084
R² = 0.7014
وزن رسوبات عمقی زیر 2 میلیمتر به کیلوگرم
وزن رسوبات سطحی به کیلوگرم


y = 0.4556x + 17.445
R² = 0.5925
وزن رسوبات عمقی زیر 2 میلیمتر به کیلوگرم
وزن رسوبات عمقی بالای 2 میلیمتر به کیلوگرم


y = -1.9741x + 5.6085
R² = 0.9175
وزن رسوبات عمقی بالای 2 میلیمتر به کیلوگرم
وزن رسوبات سطحی به کیلوگرم


y = -0.0142x + 20.449
R² = 0.4677
وزن رسوبات عمقی زیر 2 میلیمتر به کیلوگرم
درصد پوشش زمین توسط ذرات بالای 2 میلیمتر



شکل ۴. نتایج تحلیل رگرسیون سادهٔ خطی بین پارامترهای مورفومتری دشت‌های ریگی بردسیر (منبع: نویسندگان)

نتایج آنالیز رگرسیون سادهٔ خطی (شکل ۴)، بیشترین ارتباط معنادار مؤلفه‌های وزن کل رسوبات عمقی و وزن رسوبات عمقی بالای ۲ میلیمتر را با ضریب تبیین ۰/۹۰۴ نشان می‌دهد؛ به این معنی که ۹۰/۴ درصد تغییرات وزن کل رسوبات عمقی با مؤلفه وزن رسوبات عمقی بالای ۲ میلیمتر کنترل شده و ۹/۶ درصد باقی‌مانده سهم سایر متغیرهاست. سایر روابط سادهٔ خطی بین این پارامترها به شرح شکل (۴) بوده و ضرایب تبیین بیش از ۰/۷، نشانهٔ ارتباط معنادار قوی بین آنهاست. با وجود اینکه کمترین ضریب تبیین بین مؤلفه‌های وزن رسوبات با پارامتر درصد پوشش زمین توسط ذرات بالای ۲ میلیمتر وجود دارد، معناداری این روابط نیز پذیرفته است و الگوهای حاصل از آنها، از دقت برآورد خوبی برخوردارند.

جدول ۳. نتایج آنالیز رگرسیون سادهٔ روابط خطی، درجه ۲ و ۳ بین پارامترهای فرسایشی دشت‌های ریگی بردسیر (منبع: نویسندگان)

مؤلفه‌ها	نوع الگو	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	خطای برآورد	مقدار F	سطح معناداری	ضرایب الگو			
							b^0	b^1	b^2	b^3
وزن کل رسوب عمقی و وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	خطی	۰/۹۱۷	۰/۸۴۰	۰/۲۶۴	۶۸/۲۴۳	۰/۰۰۰	-۶/۹۶۰	۱/۶۱۴	---	---
	درجه ۲	۰/۹۱۷	۰/۸۴۰	۰/۲۶۴	۶۸/۲۴۳	۰/۰۰۰	-۶/۹۶۰	۱/۶۱۴	-۱۵/۴۹۴ *	....
	درجه ۳	۰/۹۲۹	۰/۸۶۲	۰/۲۵۵	۳۷/۵۹۵	۰/۰۰۰	-۱۸۱/۷۰۸	۱۵/۱۹۹	-۲۲۳۱/۲*	-۰/۰۱۲
وزن کل رسوب عمقی و وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	خطی	۰/۹۵۱	۰/۹۰۴	۰/۲۰۵	۱۲۱/۹۷۱	۰/۰۰۰	۲۰/۱۰۸	۰/۹۹۱	---	---
	درجه ۲	۰/۹۵۳	۰/۹۰۸	۰/۲۰۸	۵۹/۳۹۲	۰/۰۰۰	۲۱/۳۴۸	۰/۳۳۹	۰/۰۸۳	---
	درجه ۳	۰/۹۵۳	۰/۹۰۸	۰/۲۰۸	۵۹/۳۹۲	۰/۰۰۰	۲۱/۳۴۸	۰/۳۳۹	۰/۰۸۳	۰/۰۰۵۳۶۲
وزن کل رسوب عمقی و وزن رسوب سطحی	خطی	۰/۹۲۹	۰/۸۶۳	۰/۲۴۴	۸۲/۰۰۷	۰/۰۰۰	۲۵/۶۹۲	-۱/۹۹۶	---	---
	درجه ۲	۰/۹۳۲	۰/۸۶۹	۰/۲۴۹	۳۹/۸۷۷	۰/۰۰۰	۲۵/۹۷۰	-۲/۷۳۶	۰/۴۱۶	---
	درجه ۳	۰/۹۳۲	۰/۸۶۹	۰/۲۶۰	۰/۳۷۰	۰/۰۰۰	۲۵/۹۷۷	-۲/۷۶۸	۰/۴۵۹	-۰/۰۱۷

وزن کل رسوب عمقی و پوشش سطحی	خطی	۰/۶۴۴	۰/۴۱۵	۰/۵۰۵	۹/۲۲۳	۰/۰۱۰	۲۶/۰۹۱	−۰/۰۲۴	---	---
	درجه ۲	۰/۷۳۸	۰/۵۴۵	۰/۴۶۳	۷/۱۹۶	۰/۰۰۹	۲۲/۳۷۱	۰/۰۹۹	−۰/۰۰۱	---
	درجه ۳	۰/۷۴۰	۰/۵۴۷	۰/۴۶۳	۷/۲۴۳	۰/۰۰۹	۲۴/۳۴۲	/۲۹۶* ۰	۰/۰۰۱	−۷/۸۴۹E-۶
وزن رسوب عمقی زیر ۲ و بالای ۲ میلیمتر	خطی	۰/۷۷۰	۰/۵۹۳	۰/۲۳۹	۱۸/۹۰۳	۰/۰۰۱	۱۷/۴۴۵	۰/۴۵۶	---	---
	درجه ۲	۰/۷۷۰	۰/۵۹۳	۰/۲۴۹	۸/۷۳۸	۰/۰۰۵	۱۷/۶۵۰	۰/۳۴۸	۰/۰۱۴	---
	درجه ۳	۰/۷۷۰	۰/۵۹۳	۰/۲۴۹	۸/۷۳۸	۰/۰۰۵	۱۷/۶۲۲	/۵۸* −۱۶	۰/۳۸۶	۰/۰۰۱
وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی	خطی	۰/۸۳۷	۰/۷۰۱	۰/۲۰۵	۳۰/۵۳۴	۰/۰۰۰	۲۰/۰۸۴	−۱/۰۲۱	---	---
	درجه ۲	۰/۸۴۷	۰/۷۱۸	۰/۲۰۷	۱۵/۲۴۴	۰/۰۰۱	۲۰/۳۴۲	−۱/۷۰۹	۰/۳۸۷	---
	درجه ۳	۰/۸۴۷	۰/۷۱۸	۰/۲۱۷	۹/۳۱۶	۰/۰۰۲	۲۰/۳۲۹	−۱/۶۵۱	۰/۳۰۹	۰/۰۳۰
وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر و پوشش سطحی	خطی	۰/۶۸۴	۰/۴۶۸	۰/۲۷۴	۱۱/۴۲۴	۰/۰۰۵	۲۰/۴۴۹	۰/۰۱۴	---	---
	درجه ۲	۰/۷۰۵	۰/۴۹۷	۰/۲۷۷	۵/۹۳۲	۰/۰۱۶	۱۹/۴۴۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۲	---
	درجه ۳	۰/۷۰۵	۰/۴۹۷	۰/۲۷۷	۵/۹۲۱	۰/۰۱۶	۱۹/۷۶۷	۰/۰۰۳	−۴/۲۸۷*	−۱/۲۴۰E-۶
وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی	خطی	۰/۹۵۸	۰/۹۱۸	۰/۱۸۲	۱۴۴/۶۵۰	۰/۰۰۰	۵/۶۰۹	−۱/۹۷۴	---	---
	درجه ۲	۰/۹۵۸	۰/۹۱۸	۰/۱۸۹	۶۶/۹۷۱	۰/۰۰۰	۵/۶۲۸	−۲/۰۲۷	۰/۰۳۰	---
	درجه ۳	۰/۹۵۸	۰/۹۱۸	۰/۱۹۸	۴۰/۸۲۲	۰/۰۰۰	۵/۶۴۸	−۲/۱۱۷	۰/۱۵۱	−۰/۰۴۷
وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و پوشش سطحی	خطی	۰/۵۷۹	۰/۳۳۵	۰/۵۱۷	۶/۵۵۸	۰/۰۲۴	۵/۷۷۹	−۰/۰۲۰	---	---
	درجه ۲	۰/۷۰۴	۰/۴۹۵	۰/۴۶۹	۵/۸۸۴	۰/۰۱۷	۱/۸۲۶	۰/۱۱۰	−۰/۰۰۱	---
	درجه ۳	۰/۷۱۲	۰/۵۰۷	۰/۴۶۳	۶/۱۶۶	۰/۰۱۴	۳/۹۶۵	/۶۱۵* −۸	۰/۰۰۱	−۹/۰۷۲E-۶
وزن رسوب سطحی و پوشش سطحی	خطی	۰/۶۴۴	۰/۴۱۴	۰/۲۳۵	۹/۲۰۲	۰/۰۱۰	−۰/۱۳۷	۰/۰۱۱	---	---
	درجه ۲	۰/۶۹۳	۰/۴۸۱	۰/۲۳۱	۵/۵۵۸	۰/۰۲۰	۱/۱۰۰	−۰/۰۳۰	۰/۰۰۰۳	---
	درجه ۳	۰/۷۰۱	۰/۴۹۱	۰/۲۲۸	۵/۷۹۱	۰/۰۱۷	۰/۵۴۸	/۴۵۳* ۱۴	۰/۰۰۰۲	۲/۶۵۹E-۶

* حد اغماض برای متغیرهای ورودی حاصل شده است[1].

[1] The tolerance limit for entering variables is reached.

نتایج آنالیز رگرسیون سادهٔ روابط خطی، درجه ۲ و ۳ (جدول ۳)، حاکی از وجود بیشترین ارتباط معنادار در سطح احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱، بین مؤلفه‌های وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی برای تمامی روابط خطی، درجه ۲ و درجه ۳ است که ضریب تبیین این الگوها ۰/۹۱۸ بوده و به ترتیب دارای خطای برآورد ۰/۱۸۲، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۹۸ هستند. در مقابل کمترین روابط معنادار ساده بین مؤلفهٔ درصد پوشش سطحی با سایر پارامترها در سطح احتمال خطای ۵ درصد وجود دارد؛ این در حالی است که کلیهٔ روابط اشاره‌شده دارای معناداری در سطوح اطمینان ۹۹ درصد (۰/۰۱ ≥) یا ۹۵ درصد (۰/۰۵ ≥) هستند.

برای الگوسازی هرچه دقیق‌تر برآورد مقدار مواد فرسایش‌یافته از سطح دشت ریگی، علاوه بر آنالیز رگرسیون ساده، از روش‌های رگرسیون چندگانه نیز استفاده شده است. رگرسیون چندگانه، اطلاعاتی دربارهٔ الگو به منزلهٔ یک کل فراهم می‌آورد و سهم نسبی هریک از متغیرهای الگو را نشان می‌دهد. همچنین از تحلیل رگرسیون چندگانه، می‌توان برای کنترل آماری متغیرهای مستقل هنگام بررسی توانایی الگوی پیش‌بینی بهره گرفت. نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه به روش درجا بین مؤلفه‌های فرسایش دشت‌های ریگی مطالعاتی، الگوهای متعددی را نشان می‌دهد که الگوها و ارتباطات موجود برای هر مؤلفه در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول ۴. خلاصهٔ الگوهای آنالیز رگرسیون خطی چندگانه به روش درجا بین مؤلفه‌های فرسایشی دشت‌های ریگی بردسیر (منبع: نویسندگان)

متغیر وابسته	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیلی	خطای برآورد	متغیر مستقل	ضرایب غیراستاندارد		مقدار Beta	سطح معناداری
						مقدار B	خطای استاندارد		
وزن کل رسوب عمقی	۱	۱	۱	۰/۰۰۰	درصد پوشش سطحی	-۱/۷۳۶E-۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰
					وزن رسوب سطحی	۱	۰/۰۰۰	۰/۴۶۶	
					وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	۱	۰/۰۰۰	۰/۹۵۹	
					وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	۱	۰/۰۰۰	۰/۵۶۸	
					مقدار ثابت	-۸/۱۲۸E-۱۴	۰/۰۰۰	---	
وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	۱	۱	۱	۰/۰۰۰	درصد پوشش سطحی	۶/۰۸۳E-۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰
					وزن رسوب سطحی	-۱	۰/۰۰۰	-۰/۸۲۰	
					وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	-۱	۰/۰۰۰	-۱/۶۹۰	
					وزن کل رسوب عمقی	۱	۰/۰۰۰	۱/۷۶۱	
					مقدار ثابت	-۱/۱۶۴E-۱۳	۰/۰۰۰	---	

وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	۱	۱	۱	۰/۰۰۰	درصد پوشش سطحی	۱/۳۰۴E-۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۴	
					وزن رسوب سطحی	-۱	۰/۰۰۰	-۰/۴۸۵	
					وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	-۱	۰/۰۰۰	-۰/۵۹۲	۰/۰۰۰
					وزن کل رسوب عمقی	۱	۰/۰۰۰	۱/۰۴۲	
					مقدار ثابت	-۴/۸۱۸E-۱۵	۰/۰۰۰	---	
وزن رسوب سطحی	۱	۱	۱	۰/۰۰۰	درصد پوشش سطحی	-۲/۷۴۲E-۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۳	
					وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	-۱	۰/۰۰۰	-۲/۰۶۱	
					وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	-۱	۰/۰۰۰	-۱/۲۲۰	۰/۰۰۰
					وزن کل رسوب عمقی	۱	۰/۰۰۰	۲/۱۴۸	
					مقدار ثابت	-۲/۷۴۲E-۱۳	۰/۰۰۰	---	
درصد پوشش سطحی	۰/۷۰۱	۰/۴۹۱	۰/۳۵۲	۱۴/۰۲۷۶	وزن رسوب سطحی	۲۳/۱۷۸	۳۴/۳۶۳	۰/۳۹۴	۰/۵۱۴
					وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر	-۲۹/۸۳۲	۲۶/۰۵۳	-۰/۶۱۹	۰/۲۷۶
					وزن کل رسوب عمقی	۷/۹۱۲	۲۱/۸۵۵	۰/۲۸۹	۰/۷۲۴
					وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر	---	---	---	---
					مقدار ثابت	۴۴۴/۹۳۵	۴۳۲/۱۶۲	---	۰/۳۲۵

الگوهای رگرسیون چندمتغیره به روش درجا (جدول ۴)، نمایانگر بیشترین ارتباط معنادار پارامترهای وزن کل رسوب عمقی، وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی با یکدیگر با ضریب تبیین ۱ و خطای برآورد ۰/۰۰۰ در سطح احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ است. در مقابل، کمترین ارتباط معنادار متعلق به درصد پوشش سطحی با سایر مؤلفه‌ها، با ضریب تبیین ۰/۴۹۱ و خطای برآورد ۱۴/۲۷۶ در سطح احتمال خطای بیش از ۰/۰۵ و معناداری ۹۰ درصد است؛ این در حالی است که الگوهای طراحی‌شده براساس روش رگرسیون چندمتغیرهٔ درجا برای تخمین رسوب ازدست‌رفته در سطح دشت‌های ریگی بردسیر از سطح معناداری زیادی برخوردار بوده و دقت لازم را برای تخمین مقدار فرسایش حاصل از رفت‌وروب بادی از سطح دشت‌های ریگی بردسیر دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی ساختار و عملکرد چشم‌اندازهای ژئومورفیک در ارتباط با تحلیل روابط خطی و غیرخطی بین فرم و فرآیند، یکی از مهم‌ترین اصول و مبانی ژئومورفولوژی سیستمی است. چشم‌انداز بررسی‌شده در پژوهش حاضر، دشت‌های ریگی منطقهٔ بردسیر کرمان است. دشت ریگی، یک ژئوفرم بادی بوده که در تشکیل آن عوامل و فرآیندهای متعددی مؤثر است و مهم‌ترین آنها رفت‌وروب بادی رسوبات با قطر کمتر از ۲ میلیمتر است که باد بسته به سرعت آستانهٔ فرسایشی، توانایی جابه‌جایی آنها را به صورت غلتشی، جهشی و معلق دارد. فرآیند رفت‌وروب بادهای غالب به صورت نیروی محرک، سبب ورود انرژی و خروج مواد از سیستم دشت ریگی می‌شود و فرآیندهایی نظیر مشخصات رسوب‌شناسی مواد (سختی، جنس و اندازه ذرات)، ویژگی‌های اکولوژیکی (تراکم و نوع پوشش گیاهی) و میزان رطوبت خاک به صورت نیروی مانع در برابر رفت‌وروب بادی واکنش نشان داده و مقاومت اکوسیستم را افزایش می‌دهد. درنتیجه برآیند این نیروها باعث جابه‌جایی رسوبات با قطر کمتر از ۲ میلیمتر از نواحی با مقاومت کمتر شده و این فرآیند منجر به تجمع مواد رسوبی با قطر بیش از ۲ میلیمتر در سطح زمین می‌شود. ادامهٔ چنین فرآیندی برابر است با پوشش کامل سطح زمین از رسوباتی که باد توانایی جابه‌جایی آنها را ندارد. مرحله نهایی تکامل این فرآیند، سیستم سنگ‌فرش بیابان است که نشانهٔ پایداری، ثبات و خودتنظیمی اکوسیستم در برابر تنش‌های فرسایش بادی است و مانع از ادامه جابه‌جایی رسوبات سطحی می‌شود.

این پژوهش با بهره‌گیری از نمونه‌برداری‌های میدانی از مؤلفه‌های فرسایشی دشت‌های ریگی بردسیر کرمان و روش‌های آماری به الگوسازی مقدار مواد حمل‌شده از سطح زمین پرداخته است؛ بنابراین روابط موجود بین مؤلفه‌های فرسایشی دشت‌های مطالعاتی در قالب پارامترهای وزن کل رسوب عمقی، وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر، وزن رسوب سطحی، درصد پوشش سطحی، در امتداد ۵ ترانسکت و ۱۵ نقطه نمونه‌برداری و با بهره‌گیری از تحلیل رگرسیون ساده و چندگانه بررسی شده است. نتایج در بردارندهٔ دو گروه عمدهٔ روابط بین این مؤلفه‌هاست:

الف: دستهٔ اول، ارتباطاتی با ضریب تبیین بسیار زیاد در سطح معناداری ۰/۹۹ است که شامل روابط چندگانه بین پارامترهای وزن کل رسوب عمقی، وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی با ضریب تبیین ۱ و درصد احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ بوده و روابط ۱ تا ۴ موجود در جدول (۴) را دربر می‌گیرد. همچنین روابط سادهٔ خطی، درجه ۲ و درجه ۳ بین مؤلفه‌های وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر و وزن رسوب سطحی برای تمامی روابط نیز، بخشی از این گروه است که ضریب تبیین این الگوها برای همهٔ آنها ۰/۹۱۸ بوده و خطای برآورد برای روابط ساده خطی، درجه ۲ و درجه ۳ به ترتیب ۰/۱۸۲، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۹۸ است.

ب: دستهٔ دوم شامل روابطی با ضریب تبیین متوسط و سطح معناداری ۰/۹۵ است. این گروه دربردارندهٔ تمامی روابطی است که بین مؤلفهٔ درصد پوشش سطحی با سایر پارامترها – چه در قالب روابط ساده و چه در قالب روابط چندگانه ° وجود دارد؛ برای نمونه

نتایج رگرسیون چندگانه نشان می‌دهد که کمترین ارتباط معنادار متعلق به درصد پوشش سطحی با سایر مؤلفه‌ها، با ضریب تبیین ۰/۴۹۱ و خطای برآورد ۱۴/۲۷۶ در سطح احتمال خطای کمتر از ۰/۱ است.

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر دربردارندهٔ معادلاتی است که با بهره‌گیری از آنها، به‌راحتی و با دقت بسیار می‌توان مقدار مواد فرسایش‌یافته با رفت‌وروب بادی را از سطح دشت‌های ریگی بردسیر تخمین زد. مناسب‌ترین الگوها شامل روابط (۱) تا (۴) است.

$$dst = 20.108 + 0.991dsm \quad (۱)$$

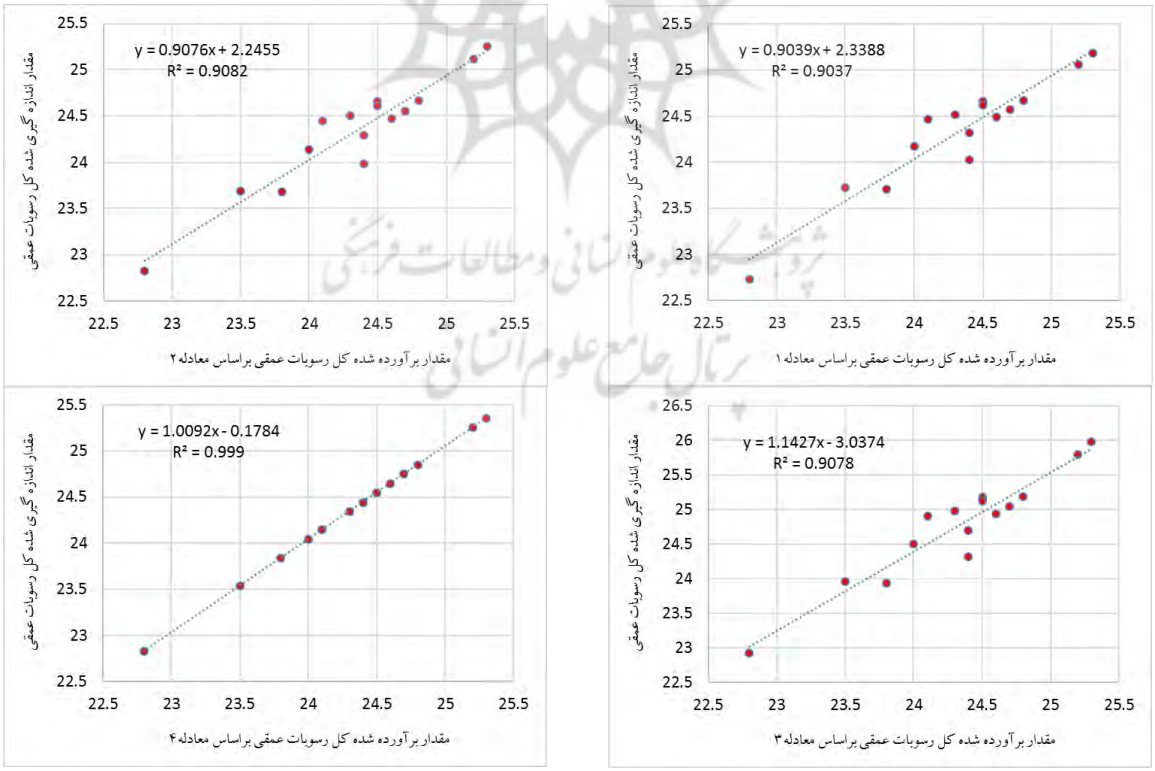
$$dst = 21.348 + 0.339dsm + 0.083dsm^2 \quad (۲)$$

$$dst = 21.348 + 0.339dsm + 0.083dsm^2 + 0.005362dsm^3 \quad (۳)$$

$$dst = (-8.128E-14) + dsl + dsm + dss - (1.736E-17 \times scp) \quad (۴)$$

در این روابط dst: وزن کل رسوب عمقی، dsm: وزن رسوب عمقی بالای ۲ میلیمتر، dsl: وزن رسوب عمقی زیر ۲ میلیمتر، dss: وزن رسوب سطحی و scp: درصد پوشش سطحی است.

برای ارزیابی دقت این الگوها، ابتدا مقدار کل رسوبات عمقی براساس روابط (۱) تا (۴) برآورد و سپس بین مقدار اندازه‌گیری و برآوردشدهٔ مقدار کل رسوب عمقی، رگرسیون خطی برازش داده شد که نتایج حاصل از آن در شکل (۵) آمده است. ضرایب تعیین بیش از ۰/۹ در تمامی روابط حاکی از دقت زیاد الگوهای پیشنهادی در تخمین مقدار کل رسوب عمقی و همچنین برآوردی از رسوب فرسایش‌یافته از سطح سنگ‌فرش بیابان در منطقهٔ مطالعاتی است.



شکل ۵. نتایج ارزیابی دقت الگوهای پیشنهادی (روابط ۱ تا ۴) که منتج از برازش رگرسیون خطی بین مقدار اندازه‌گیری و برآوردشدهٔ مقدار کل رسوب عمقی است

درمجموع نتایج پژوهش حاضر در مرحلهٔ نخست، مدیریت محیط سیستم دشت‌های ریگی را از منظر وضعیت و عملکرد فرآیند رفت‌وروب بادی نمایان می‌سازد که این وضعیت، نشان‌دهندهٔ وضع موجود نسبت به وضع مطلوب و ایده‌آل است. در درجهٔ دوم، برای تخمین میزان رسوب فرسایش‌یافته از سطح دشت ریگی، الگوهایی طراحی و ارائه شده که به منزلهٔ ابزاری سودمند در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان محیطی، بیانگر روند و گرایش رفتاری چشم‌انداز سنگ‌فرش بیابان هستند. مسلماً اگر وضعیت سیستم دشت ریگی در جهت پایداری، ثبات و خودتنظیمی باشد، مطلوب و سودمند خواهد بود؛ اما اگر وضعیت سیستم دشت ریگی در جهت توسعه و پیشرفت رفت‌وروب بادی باشد، نامطلوب و زیان‌بار است که منجر به گسترش بیابان و بیابان‌زایی در منطقه می‌شود.

منابع

احمدی، ح (۱۳۸۷). ***ژئومورفولوژی کاربردی (بیابان- فرسایش بادی)***، جلد دوم، چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اختصاصی، م. ر. (۱۳۸۳). ***بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد – اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند برای کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی***، پایان‌نامهٔ دکتری، تهران: دانشگاه تهران، دانشکدهٔ منابع طبیعی.

تازه، م و همکاران (۱۳۹۲). «تعیین مناسب‌ترین اندازهٔ پلات برای نمونه‌برداری از سنگ‌فرش بیابان»، ***مجلهٔ پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی***، شمارهٔ ۴، ۷۲-۶۱.

عظیم‌زاده، ح.ر. و اختصاصی، م.ر. (۱۳۸۳). «فرسایش بادی: بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سرعت آستانهٔ فرسایش بادی (مطالعهٔ موردی: دشت یزد - اردکان)»، ***مجلهٔ منابع طبیعی ایران***، شمارهٔ ۲، ۱۱-۱.

عظیم‌زاده، ح.ر. و همکاران (۱۳۸۴). ***کاربرد زمین‌آمار به روش کریجینگ در تخمین درصد سنگ‌فرش بیابانی و سرعت فرسایشی باد***، اولین همایش ملی فرسایش بادی، ۴-۶ بهمن‌ماه، یزد: دانشگاه یزد.

فتوحی، ف. و همکاران (۱۳۹۰). «اثر سنگ‌فرش بیابان بر فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از زمین‌آمار»، ***مجلهٔ علوم و مهندسی آبخیزداری ایران***، شمارهٔ ۱۶، ۱۲-۱.

Adelsberger, K.A., Smith, J.R., (2009), Desert pavement development and landscape stability on the Eastern Libyan Plateau, Egypt, Journal of Geomorphology: 107, p: 178˚194.

Bockheim, J.G., (2010), Evolution of desert pavements and the vesicular layer in soils of the Transantarctic Mountains, Journal of Geomorphology: 118, p: 433˚443.

Dietze, M., Kleber, A., (2012), Stone pavements are widespread landforms of arid environments, Journal of Geomorphology: 139-140, p: 172-187.

Farraj, Asma Al., (2008), Desert pavement development on the lake shorelines of Lake Eyre (South), South Australia, Journal of Geomorphology: 100, p: 154˚163.

Haff, P.K, (2001), Desert Pavement: An Environmental Canary, http://duke.edu/.

Haff, P.K., Werner, B.T., (1996), Dynamical Processes on Desert Pavements and the Healing of Surficial Disturbances, Journal of Quaternary Research, Volume 45, Issue 1, P: 38˚46.

Jianjun, Qu., Ning, Huang., Guangrong, Dong., Weimin, Zhang., (2001), The role and significance of the Gobi Desert pavement in controlling sand movement on the cliff top near the Dunhuang Magao Grottoes, Journal of Arid Environments: 48, p: 357˚371.

W.M., Virginia, R.A., Whitford, W.G., (1990), Biological feedbacks in global desertification. Journal of Science: 247, p: 1043˚1048.

Simanton, J.R., Rawitz, E., Shirley, E.D., (1984), Effects of rock fragments on erosion of semiarid rangelands. In: Nichols, J.D., Brown, P.L., Grant, W.J. (Eds.), Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments: Soil Science Society of America Special Publication, No. 13, p: 65˚72.

Wainwright, J., Parsons, A., Abrahams A., (1999), Field and Computer Simulation Experiments on the Formation of Desert Pavement, Journal of Earth Surf. Process. Landforms: 24, p: 1025-1037.

Wood, Y.A., Grahama, R.C., Wellsb, S.G., (2005), Surface control of desert pavement pedologic process and landscape function, Cima Volcanic field, Mojave Desert, California, Journal of Catena: 59, p: 205˚230.

Lal, R., Mokma, D., Lowery, B., (1999) Relation between soil quality and erosion. In: Lal, R. (Ed.), Soil Quality and Soil Erosion, Soil and Water Conservation Society. CRC Press, New York, p: 237˚258.

McFadden, L.D., McDonald, E.V., Wells, S.G., Anderson, J.Q., Kirk, Forman, S.L., (1996), The vesicular layer and carbonate collars of desert soils and pavements: formation, age and relation to climate change, Journal of Geomorphology: 24, p: 101˚145.

Ravi, S., Breshears, D.D., Huxman, T.E., D'Odorico, P., (2010). Land degradation in drylands: interactions among hydrologic˚aeolian erosion and vegetation dynamics. Journal of Geomorphology: 116, p: 236˚245.

Rostagno, C. M., Gabriela, D., (2011), Desert pavements as indicators of soil erosion on aridic soils in north-east Patagonia (Argentina), Journal of Geomorphology: 134, p: 224˚231.

Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huenneke, L.F., Jarrell,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی