



بررسی عوامل محیطی مؤثر بر میزان فرسایش آبی

مطالعه موردی: حوزه آبخیز منطقه طالقان، زیر حوزه ورکش

نادیا کمالی^۱، حسن احمدی^۲، احمد صادقی پور^{۳*}، پریا کمالی^۴

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر برخی از عوامل محیطی بر میزان فرسایش، تعیین مهمترین آنها و شناخت روابط حاکم بین میزان فرسایش در واحدهای کاری و عوامل محیطی (خصوصیات خاک، شیب، جهت، ارتفاع، مقاومت سنگ، رخساره و درصد پوشش گیاهی) می باشد. به منظور تهیه نقشه واحدهای کاری به روش ژئومرفولوژی ابتدا شیب، جهت، طبقات ارتفاعی، سنگ شناسی و رخساره‌های ژئومرفولوژی تهیه و از تلفیق آنها نقشه واحدهای کاری تهیه شد. سپس نمونه برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی - سیستماتیک در ۱۰ پلات همراه با تعیین درصد تاج پوشش گیاهی در هر واحد کاری صورت گرفت. اندازه پلاتهای نمونه برداری با توجه به نوع و پراکنش گونه‌های گیاهی به روش حداقل سطح تعیین شد. به منظور بررسی خصوصیات خاک منطقه، در هر واحد کاری ۵ پروفیل حفر گردیده و از عمق ۵۰-۰ سانتی متری نمونه برداری صورت گرفت سپس ویژگی‌هایی خاکشناسی شامل بافت، درصد آهک، درصد ماده آلی، درصد سنگ سنگریزه، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه گیری شد.

میزان فرسایش آبی در هر واحد کاری به روش E.P.M تعیین گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که از میان عوامل محیطی مورد بررسی به ترتیب ماده آلی، رخساره فرسایشی، درصد پوشش گیاهی و درصد آهک به عنوان مولفه اصلی اول ۳۳/۹۹۳ درصد و درصد سیلت، جنس سنگ و درصد رس به عنوان مولفه اصلی دوم ۱۷/۲۹۵ درصد و در مجموع از میان عوامل مورد بررسی ۵۱/۲۸۸ درصد از میزان تغییرات فرسایش در حوزه آبخیز ورکش طالقان را توجیه می کنند.

واژه‌های کلیدی:

طالقان، واحد کاری، روش E.P.M، خصوصیات خاک، آنالیز مولفه‌های اصلی

۱. دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران nkamali@ut.ac.ir

۲. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران ahmadi@ut.ac.ir

*۳. عضو هیات علمی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان email:asadeghipur@alumin.ut.ac.ir

۴. دانشجوی کارشناس ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس paria.kamali@gmail.com



Investigation on Environmental Factors Influencing Water Erosion

Case Study: Taleghan Basin, Varkesh Sub-basin

Kamali N, Ahmadi H, Sadeghipur A, Kamali P

Abstract

The purpose of the current study is to investigate the effects of some environmental factors on erosion value, to determine the most important governing factors and the relation between erosion of working units and environmental factors (soil characteristics, slope, aspect, elevation, lithology, geomorphology faces and vegetation cover percentage). We used the geomorphology method to prepare a working units map. This map was derived by overlaying slope, aspect, elevation, lithology and geomorphology face maps. In order to study plant cover, random-systematic sampling in each working unit was conducted in ten plots. Regarding the species type and distribution, the area of each plot was determined based on the minimal area method. Canopy cover of species was determined in each plot. Furthermore, five profiles were sampled within the working units to study soil characteristics at depths of 0-50 cm. Subsequently, the texture, percent of lime, organic matter, gravel, pH and EC were measured. Erosion value was determined in each working unit by the E.P.M. method. Statistical analysis was performed using Principal Components Analysis (PCA) through the PC-ORD4 software program. The results showed that among environmental factors, the vegetation cover, lime percentage, face and organic matter were the first set of factors that determined the change in erosion value by 33.99%. The second set of factors that included loam, stone resistance and clay percentage play contributed to the change by 17.295%. These two sets of factors altogether explain 51.288% of the erosion value variation in Varkesh Basin.

Keywords:

Varkesh Basin, Working unit, E.P.M, Soil properties, Principal Components Analysis

مقدمه

تغییر آب و هوا، تخریب پوشش گیاهی به همراه فعالیت‌های مخرب انسانی باعث افزایش فرسایش و تخریب خاک در مناطق مختلف کره زمین گردیده است (راوی و همکاران ۲۰۱۰). فرسایش خاک یکی از مشکلات مهم قرن بیست و یکم به خصوص در مناطق خشک به شمار می‌رود، که نتیجه آن عدم امنیت غذایی و پیامدهای متفاوت زیست محیطی است (فیلد و همکاران ۲۰۰۹). در این میان شناخت عوامل مؤثر در افزایش تخریب خاک به منظور درک صحیح تر از فرآیند فرسایش و تخریب خاک در مناطق متفاوت آب و هوایی به منظور جلوگیری و کاهش روند تخریب امری ضروری است (تورنبل و همکاران ۲۰۰۸، اکین ۲۰۰۹). یکی از مهمترین مشکلات مطالعات فرسایش و رسوب، کمبود داده و اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. این مسئله در کشورهای در حال توسعه حادثتر بوده و کشور ما ایران، نیز از جمله آنها است. ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب در کشور ما به تعداد کافی موجود نبوده و یا اغلب در خروجی حوزه‌های آبخیز بزرگ قرار دارند. بنابراین نبود اطلاعات و آمار مناسب، سبب استفاده از مدل‌های تجربی شده است (رضایی ۱۳۸۰). محققان مختلف تحقیقات متفاوتی در زمینه شناسایی فاکتورهای مؤثر بر فرسایش انجام داده‌اند. کنتراس و همکاران (۲۰۰۸) شناخت عوامل مؤثر بر فرسایش را در جلوگیری از تخریب و فرسایش بسیار ضروری می‌دانند. ویریلینگ و همکاران (۲۰۰۸) خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی را از عوامل بسیار مؤثر در میزان فرسایش آبی می‌دانند. بوداک و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی عوامل مختلف محیطی، عامل‌های شیب، جهت و بافت خاک را مهمترین عامل مؤثر در فرسایش می‌دانند. فاکس و همکاران (۲۰۰۸) پیشنهاد می‌کنند که توپوگرافی (شیب و جهت)، خصوصیات خاک و پوشش گیاهی از عوامل بسیار مهم در میزان فرسایش پذیری خاکها بوده و باید در برآورد فرسایش خاک مد نظر قرار گیرند. مارتین روزالس و همکاران (۲۰۰۷) تخریب پوشش گیاهی به خصوص در شیب‌های زیاد را عامل مؤثر در فرسایش در خاک‌هایی که ساختمان نامناسب دارند می‌دانند. میر و همکاران (۲۰۰۹) جنس سنگ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را مؤثر در فرسایش آبی می‌داند. به طور کلی دو دسته عوامل محیطی و مدیریتی بر شدت وقوع فرسایش آبی اثر دارند (ویریلینگ و همکاران ۲۰۰۸، گراسیا ۲۰۱۰). هدف تحقیق حاضر بررسی میزان نقش پاره‌ای از عوامل محیطی در فرسایش آبی است.

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه زیر حوزه ورکش از حوزه آبخیز طالقان رود است. وسعت این زیر حوزه ۳۱۰۰/۴۴ هکتار بوده و بین طول جغرافیائی $50^{\circ} 49' 05''$ و عرض‌های جغرافیائی $39^{\circ} 44' 50''$ و $30^{\circ} 15' 40''$ قرار دارد. متوسط بارندگی



منطقه ۶۴۸/۱۷ میلی متر، متوسط درجه حرارت ۷/۰۱ و حداکثر متوسط دمای ماهانه منطقه ۲۱/۶۴ درجه صد بخشی است. طول آبراهه اصلی ۹/۱۶ کیلومتر و طول حوزه ۲۶/۹۵ کیلومتر می باشد. نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شدند، همچنین با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه واحدهای سنگ شناسی منطقه بدست آمد؛ از روی عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ همراه با پیمایش صحرائی، رخساره‌های ژئومورفولوژی مشخص شدند و نقشه آن بدست آمد. در نهایت با تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، سنگ شناسی و رخساره‌های ژئومورفولوژی نقشه واحدهای کاری منطقه به دست آمد (شکل ۱) (احمدی ۱۳۷۸). میزان فرسایش در هر واحد کای با استفاده از روش E.P.M برآورد گردید. روش E.P.M یک مدل کمی بوده که در آن شدت فرسایش توسط چهار عامل شامل، ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، وضعیت فعلی فرسایش و شیب عرصه برآورد می شود، فاکتورهای مورد استفاده در این روش محدود بوده و به آسانی می توان آنها را ارزیابی کرد (کردان ۲۰۰۳). به منظور بررسی درصد پوشش گیاهی در هر واحد کاری، تعداد نمونه لازم جهت نمونه برداری از روش ترسیم (مقدم) تعیین گردید که با توجه به همگن بودن خصوصیات محیطی و پوشش گیاهی، اندازه گیری‌ها در ۱۰ پلات به روش تصادفی-سیستماتیک صورت گرفت. اندازه پلاتهای نمونه برداری با توجه به نوع و نحوه پراکنش گونه‌های گیاهی و کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه به روش حداقل مساحت تعیین و پلاتهایی به ابعاد ۱×۱ متر در نظر گرفته شد. به منظور بررسی خاک منطقه در هر واحد کاری ۵ پروفیل و از هر پروفیل ۵ نمونه از عمق ۰-۵۰ سانتی متری خاک (به دلیل عمق متوسط فرسایش آبراهه‌ای و شیاری در منطقه) حفر گردید (اوزکان و همکاران ۲۰۰۸). نمونه‌های خاک برداشت شده برای اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه برده شدند. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری بویوکوس (زرگر ۱۳۷۸) استفاده شد و با این روش درصد سیلت، رس و ماسه در نمونه‌ها مشخص شد. اسیدیته خاک (pH) در عصاره ۱:۱ با استفاده از pH متر و هدایت الکتریکی (EC) در عصاره ۱:۱ به وسیله هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری شد. درصد آهک خاک به روش کلسیمتری (جعفری ۱۳۸۲) تعیین شد و درصد کربن آلی به روش واکلی- بلک (جعفری حقیقی ۱۳۸۲) تعیین گردید. رده بندی خاک منطقه توسط رده بندی جدید (تاکسونومی خاک) صورت گرفت (جعفری و سرمیدان ۱۳۸۲). مطالعه جنس سنگهای منطقه مورد مطالعه با توجه به سازندهای موجود و نقشه زمین شناسی صورت گرفت (فیض نیا ۱۳۷۴). به منظور بررسی رابطه موجود بین میزان فرسایش و عوامل تعیین شده، تعیین مهمترین عامل یا عوامل مؤثر در تغییرات فرسایش از تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) و از نرم افزار PC-ORD 4



جدول ۱- خصوصیات مورد بررسی در محدوده واحدهای کاری

واحد کاری	رخساره	ارتفاع	رده خاک	شیب	جهت	سنگ شناسی	درصد پوشش	ضریب فرسایش با روش E.P.M	شدت فرسایش با روش E.P.M
۱-۱-۱-۱ (U1)	رخساره دامنه منظم	۲۷۵۰-۲۸۰۰	Entisol	۱۰-۲۰	جنوب شرقی	PEK	۵۸	۰/۰۸	خیلی کم
۱-۱-۱-۲ (U2)	رخساره دامنه منظم	۲۸۰۰-۲۸۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	E ₁	۳۰	۰/۴۵	متوسط
۱-۱-۱-۳ (U3)	رخساره دامنه منظم	۲۶۵۰-۲۷۰۰	Entisol	۱۰-۲۰	جنوبی	PEK	۴۵	۰/۳۶	کم
۱-۱-۱-۴ (U4)	رخساره دامنه منظم	۲۷۵۰-۲۸۰۰	Entisol	۱۰-۲۰	شمال شرقی	Pr	۵۲	۰/۰۷	خیلی کم
۱-۱-۱-۵ (U5)	رخساره دامنه منظم	۲۸۰۰-۲۸۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	PEK	۵۰	۰/۰۹	خیلی کم
۱-۱-۱-۶ (U6)	رخساره دامنه منظم	۲۵۰۰-۲۵۵۰	Inceptisol	۲۰-۴۰	جنوب شرقی	Ngc	۲۸	۰/۴۲	متوسط
۱-۱-۱-۷ (U7)	رخساره دامنه منظم	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Inceptisol	۱۰-۲۰	جنوبی	PEK	۴۰	۰/۲۳	کم
۱-۱-۲-۱ (U8)	بیرونزدگی سنگی	۲۸۵۰-۲۹۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	Ngc	۴۳	۰/۲۵	کم
۱-۱-۲-۲ (U9)	بیرونزدگی سنگی	۲۹۵۰-۳۰۰۰	Entisol	۱۰-۲۰	شمال شرقی	Ngc	۴۸	۰/۱	خیلی کم
۱-۱-۲-۳ (U10)	بیرونزدگی سنگی	۲۹۵۰-۳۰۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	E ₁	۴۴	۰/۰۹	خیلی کم
۱-۱-۲-۴ (U11)	بیرونزدگی سنگی	۲۹۰۰-۲۹۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب شرقی	Ngc	۴۰	۰/۱۸	خیلی کم
۱-۱-۲-۵ (U12)	بیرونزدگی سنگی	۲۸۰۰-۲۸۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب غربی	E ₁	۳۸	۰/۳۸	کم
۱-۱-۲-۶ (U13)	بیرونزدگی سنگی	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Inceptisol	۱۰-۲۰	غربی	Ngc	۳۵	۰/۳۴	کم
۱-۱-۳-۱ (U14)	واریزه تثبیت شده	۲۷۵۰-۲۸۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	EKV	۲۵	۰/۵۸	متوسط
۱-۱-۳-۲ (U15)	واریزه تثبیت شده	۲۷۵۰-۲۸۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب غربی	Ngc	۳۵	۰/۲۳	کم
۱-۱-۳-۳ (U16)	واریزه تثبیت شده	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوبی	EKV	۲۸	۰/۵۰	متوسط
۱-۱-۴-۱ (U17)	فرسایش سطحی	۲۸۰۰-۲۸۵۰	Entisol	۴۰<	غربی	PEK	۳۵	۰/۳	کم
۱-۱-۴-۲ (U18)	فرسایش سطحی	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	شمال غربی	PEK	۳۵	۰/۳۸	کم
۱-۱-۴-۳ (U19)	فرسایش سطحی	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۱۰-۲۰	غربی	Ngc	۲۹	۰/۳۲	کم
۱-۱-۴-۴ (U20)	فرسایش سطحی	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب غربی	Ngc	۳۱	۰/۵۰	متوسط
۱-۱-۴-۵ (U21)	فرسایش سطحی	۲۸۵۰-۲۹۰۰	Inceptisol	۵-۱۰	غربی	Ngc	۳۸	۰/۳۹	کم



پژوهش‌های فرسایش محیطی - شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱

۱-۱-۴-۶ (U۲۲)	فرسایش سطحی	۲۸۵۰-۲۹۰۰	Inceptisol	۲۰-۴۰	غربی	PEK	۲۹	۰/۶۸	متوسط
۱-۱-۴-۷ (U۲۳)	فرسایش سطحی	۲۹۰۰-۲۹۵۰	Inceptisol	۱۰-۲۰	شرقی	Ngc	۴۰	۰/۴	کم
۱-۱-۴-۸ (U۲۴)	فرسایش سطحی	۳۰۰۰-۳۰۵۰	Entisol	۱۰-۲۰	شمال غربی	Ngc	۴۲	۰/۳	کم
۱-۱-۴-۹ (U۲۵)	فرسایش سطحی	۳۰۵۰-۳۱۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	شمال غربی	PEK	۳۰	۰/۴۴	متوسط
۱-۱-۵-۱ (U۲۶)	فرسایش شیاری	۳۰۰۰-۳۰۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	غربی	PEK	۲۸	۰/۴۹	متوسط
۱-۱-۵-۲ (U۲۷)	فرسایش شیاری	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۱۰-۲۰	شمال شرقی	Ngm	۲۴	۰/۶۹	متوسط
۱-۱-۵-۳ (U۲۸)	فرسایش شیاری	۳۰۵۰-۳۱۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	شرقی	Ngm	۲۸	۰/۴۸	متوسط
۱-۱-۵-۴ (U۲۹)	فرسایش شیاری	۲۸۵۰-۲۹۰۰	Inceptisol	۲۰-۴۰	شرقی	PEK	۱۲	۰/۸۶	شدید
۱-۱-۶-۱ (U۳۰)	فرسایش آبراه‌های	۳۰۵۰-۳۱۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب شرقی	Ngm	۱۸	۰/۹	شدید
۱-۱-۶-۲ (U۳۱)	فرسایش آبراه‌های	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۴۰<	شرقی	Ngm	۹	۱/۵	خیلی شدید
۱-۱-۶-۳ (U۳۲)	فرسایش آبراه‌های	۳۱۰۰-۳۱۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب شرقی	PEK	۲۱	۰/۶۶	شدید
۱-۱-۶-۴ (U۳۳)	فرسایش آبراه‌های	۳۱۵۰-۳۲۰۰	Entisol	۴۰<	جنوبی	Ngm	۲۴	۰/۹۹	شدید
۱-۱-۶-۵ (U۳۴)	فرسایش آبراه‌های	۲۸۵۰-۲۹۰۰	Inceptisol	۲۰-۱۰	جنوبی	Ngm	۲۳	۱/۰۲	شدید
۳۵ (U۱-۱-۷-۱)	انحلال	۳۱۰۰-۳۱۵۰	Entisol	۴۰<	شمال شرقی	gy ₂	۷	۱/۰۷	خیلی شدید
۳۶ (U۱-۱-۷-۲)	انحلال	۲۸۰۰-۲۸۵۰	Inceptisol	۲۰-۴۰	جنوبی	Pr	۱۰	۱/۷	خیلی شدید
۳۷ (U۱-۱-۷-۳)	انحلال	۲۷۰۰-۲۷۵۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب شرقی	Pr	۱۱	۱/۰۵	خیلی شدید
۳۸ (U۱-۱-۸-۱)	لغزش	۳۱۵۰-۳۲۰۰	Entisol	۲۰-۴۰	جنوب غربی	PEK	۷	۱/۶	خیلی شدید
۳۹ (U۱-۱-۸-۲)	لغزش	۲۹۰۰-۲۹۵۰	Entisol	۴۰<	غربی	gy ₂	۹	۱/۰۷	خیلی شدید
۴۰ (U۱-۱-۸-۳)	لغزش	۲۹۵۰-۳۰۰۰	Entisol	۴۰<	جنوبی	gy ₂	۱۲	۱/۲	خیلی شدید

۱- PEK: شیل‌های سیلتی رسی، ماسه‌های میکا دار پرکامبرین زیرین ۶- Ngm: مارن دارای املاح گچ و نمک نئوژن

۲- E₁: ماسه‌های آرکوزی ارغوانی رنگ، کوارتزیت سفید کامبرین و اردویسین ۷- gy₂: مارن دارای املاح گچ و نمک زیاد نئوژن

۳- Pr: آهک تیره خاکستری بیوژنیک همراه دولومیت پرنین

۴- EKV: گدازه بازالتی و توف‌های اسیدی و آگلومرای قلبایی انوسن

۵- Ngc: ماسه سنگ قرمز نسبتاً مقاوم و کنگلومرا با بافت درشت نئوژن



ادامه جدول ۱- خصوصیات مورد بررسی در محدوده واحدهای کاری

واحد کاری	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	ماده آلی (%)	آهک (%)	سنگ و سنگریزه (%)	سیلت (%)	رس (%)	شن (%)
۱-۱-۱-۱ (U1)	۰/۳	۷/۳	۱/۲	۱۲	۱۵	۶۲	۱۹	۱۹
۱-۱-۱-۲ (U2)	۰/۶	۷/۰	۰/۷	۱۵	۲۵	۱۰/۴	۲۷/۸	۶۱/۸
۱-۱-۱-۳ (U3)	۰/۳۲	۷/۷	۱/۰۵	۱۵	۲۸	۷۰	۱۸/۲	۱۱/۸
۱-۱-۱-۴ (U4)	۰/۳۰	۷/۳	۱/۵	۱۰	۳۲	۴۵	۴۰	۱۵
۱-۱-۱-۵ (U5)	۰/۹	۷/۷	۱/۱	۱۲	۲۰	۷۲	۸/۴	۱۹/۶
۱-۱-۱-۶ (U6)	۰/۴۲	۷/۸	۰/۸	۱۶	۱۰	۱۰	۳۲	۵۸
۱-۱-۱-۷ (U7)	۰/۵۶	۷/۵	۱/۰	۱۵	۱۵	۸۰	۱۰	۱۰
۱-۱-۲-۱ (U8)	۰/۶۳	۷/۰	۱/۰۸	۱۲	۱۹	۱۰	۲۵	۶۵
۱-۱-۲-۲ (U9)	۰/۶	۷/۳	۱/۵	۱۰	۲۷	۱۵	۳۰	۵۵
۱-۱-۲-۳ (U10)	۰/۲	۷/۸	۱/۳	۱۸	۲۵	۲۱/۳	۱۸/۲	۶۰/۵
۱-۱-۲-۴ (U11)	۰/۲	۷/۸	۱/۲	۲۲	۲۵	۲۰	۴۰	۴۰
۱-۱-۲-۵ (U12)	۰/۹	۷/۸	۱/۰۲	۲۴	۱۵	۲۴	۶/۸	۶۹/۲
۱-۱-۲-۶ (U13)	۰/۶۳	۷	۱/۲	۱۹	۲۵	۲۷/۸	۱۰	۶۲/۲
۱-۱-۳-۱ (U14)	۰/۹	۷/۸	۰/۹	۱۸	۲۸	۱۵	۴۰	۴۵
۱-۱-۳-۲ (U15)	۰/۹	۷/۷	۱/۱	۲۰	۱۵	۲۲	۱۸/۹	۵۹/۱
۱-۱-۳-۳ (U16)	۰/۲	۷	۰/۷	۱۹	۲۵	۲۰	۴۰	۴۰
۱-۱-۴-۱ (U17)	۰/۳۶	۷/۸	۱/۰۶	۱۳	۲۷	۶۰	۳۰	۱۰
۱-۱-۴-۲ (U18)	۰/۳۶	۷	۰/۹۸	۱۲	۳۰	۶۲	۲۸	۱۰
۱-۱-۴-۳ (U19)	۰/۳۶	۷/۳	۱/۱	۱۰	۲۸	۸/۶	۲۱/۴	۷۰
۱-۱-۴-۴ (U20)	۰/۳	۷/۷	۰/۷	۸	۲۸	۲۰	۲۲	۵۸
۱-۱-۴-۵ (U21)	۰/۳۴	۷/۳	۱/۰۳	۱۰	۲۳	۱۸/۳	۲۱/۲	۶۰/۵
۱-۱-۴-۶ (U22)	۰/۳۶	۷	۰/۹	۱۴	۳۵	۸۰	۱۰	۱۰
۱-۱-۴-۷ (U23)	۰/۳	۷/۷	۰/۷	۹	۳۰	۱۵	۱۵	۷۰
۱-۱-۴-۸ (U24)	۰/۹	۷/۳	۰/۸	۸	۲۵	۳۲	۱۲	۵۶
۱-۱-۴-۹ (U25)	۰/۴۲	۷/۸	۰/۷	۱۴	۲۸	۶۵	۲۵	۱۰
۱-۱-۵-۱ (U26)	۰/۷	۷/۷	۰/۹	۱۵	۲۸	۴۵	۳۵	۲۰
۱-۱-۵-۲ (U27)	۰/۹	۷/۷	۰/۸	۲۳	۲۵	۱۲	۵۸	۳۰
۱-۱-۵-۳ (U28)	۰/۹	۷	۰/۷	۲۸	۲۴	۲۸	۴۰	۳۲
۱-۱-۵-۴ (U29)	۰/۲	۷/۸	۰/۶	۱۲	۲۸	۷۰	۸/۶	۲۱/۴
۱-۱-۶-۱ (U30)	۰/۳۶	۷/۳	۰/۱	۲۵	۲۵	۳۰	۶۰	۱۰
۱-۱-۶-۲ (U31)	۰/۳۶	۷	۰/۵	۲۳	۳۵	۳۰	۵۵	۱۵
۱-۱-۶-۳ (U32)	۰/۳۶	۷/۳	۰/۶	۱۳	۲۳	۷۲/۲	۸/۲	۱۹/۶
۱-۱-۶-۴ (U33)	۰/۳	۷/۶	۰/۵	۲۵	۲۵	۳۳	۴۰	۲۷
۱-۱-۶-۵ (U34)	۰/۳۴	۷/۶	۰/۱	۲۸	۳۵	۲۸	۵۸	۱۴

۱-۱-۷-۱ (U۳۵)	۰/۳۶	۷/۷	۰/۳	۳۳	۲۸	۳۴/۵	۵۰/۴	۱۵/۱
۱-۱-۷-۲ (U۳۶)	۰/۷	۷/۷	۰/۵	۳۵	۲۴	۴۶	۴۴	۱۰
۱-۱-۷-۳ (U۳۷)	۰/۹	۷	۰/۳	۳۸	۲۷	۴۵	۴۰	۱۵
۱-۱-۸-۱ (U۳۸)	۰/۸	۷/۷	۰/۳	۱۵	۲۷	۸۰/۶	۹/۴	۱۰
۱-۱-۸-۲ (U۳۹)	۰/۸	۷/۷	۰/۵	۳۲	۳۰	۹	۸۰/۶	۱۰/۴
۱-۱-۸-۳ (U۴۰)	۰/۹	۷/۸	۰/۴	۳۰	۲۷	۲۰	۶۰/۸	۱۹/۲

به منظور تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر فرسایش، آنالیز مولفه‌های اصلی بر روی داده‌ها انجام شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی بر روی ۱۵ فاکتور و در ۴۰ واحد کاری صورت گرفت بطور کلی ۳۳/۹۳۳ درصد از تغییرات فرسایش توسط مولفه اول و ۱۷/۲۹۵ درصد از این تغییرات توسط مولفه دوم قابل توجیه است (جدول ۳). در مجموع ۵۱/۲۸۸ درصد تغییرات فرسایش توسط دو مولفه اول و دوم قابل توجیه هستند (جدول ۳). بر اساس همبستگی متغیرها با مولفه‌ها، مولفه اصلی اول با متغیرهای ماده آلی، رخساره فرسایشی، درصد پوشش گیاهی و درصد آهک و همچنین مولفه اصلی دوم با درصد سیلت، جنس سنگ و درصد رس بیشترین همبستگی را دارند (جدول ۲).

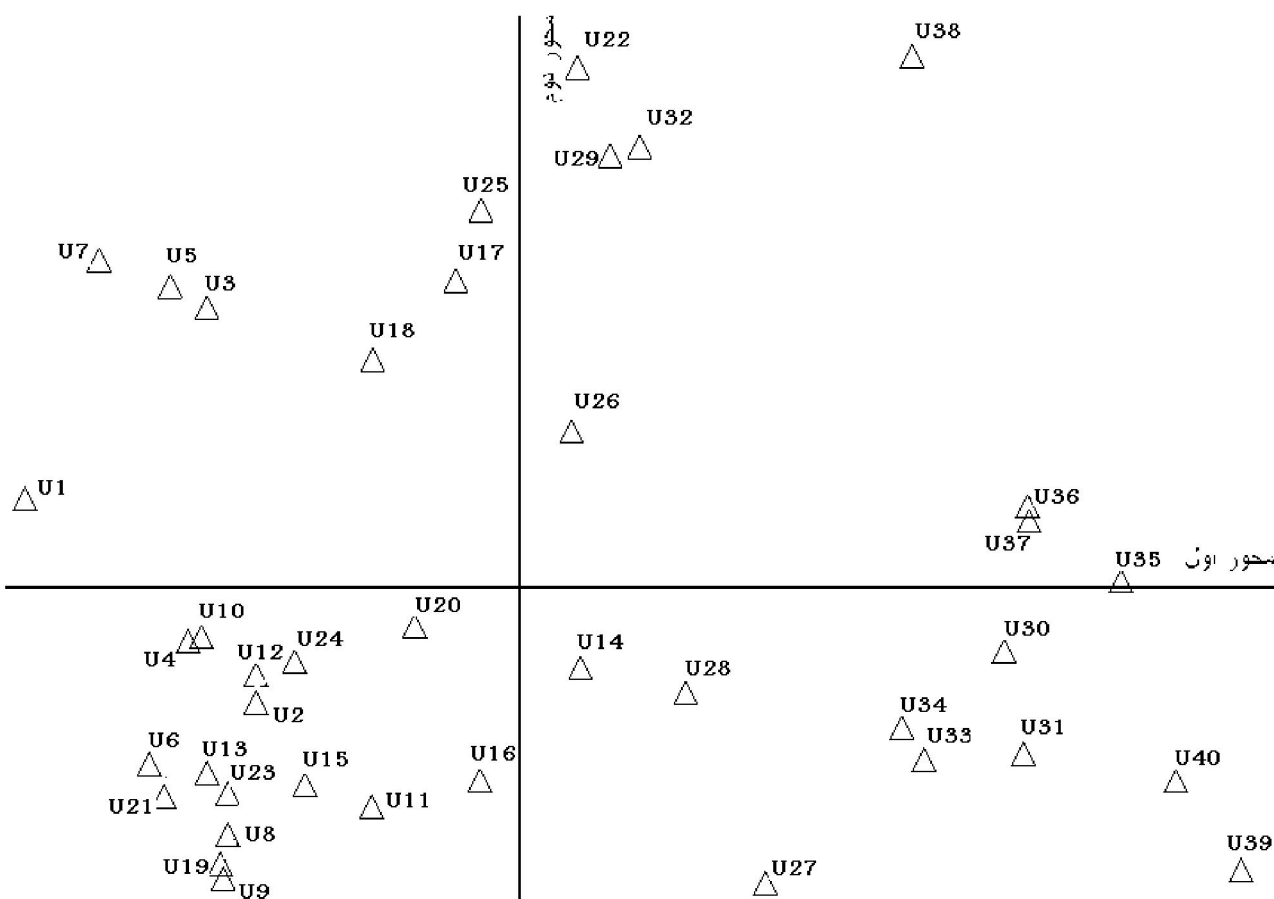
جدول ۲- نتایج آنالیز PCA عوامل محیطی در میزان فرسایش در واحدهای کاری

عامل	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم	مولفه پنجم	مولفه ششم
ارتفاع	۰/۱۸۶۲	۰/۱۰۸۷	-۰/۰۱۴۵	۰/۴۳۶۰	-۰/۴۵۱۶	-۰/۳۷۴۷
رخساره	۰/۴۰۴۰	-۰/۰۳۹۴	-۰/۰۷۲۷	۰/۰۱۸۸	-۰/۰۹۹۵	-۰/۱۶۵۶
شیب	۰/۳۰۲۴	۰/۱۵۰۸	-۰/۳۴۸۷	۰/۱۴۰۳	-۰/۰۶۵۹	-۰/۰۲۵۴
جهت	۰/۰۰۵۷	۰/۲۹۶۲	۰/۱۹۸۹	-۰/۲۶۹۳	۰/۱۶۷۷	-۰/۵۸۴۵
خاک سطحی	-۰/۰۵۸۴	۰/۰۶۶۷	۰/۴۳۴۹	۰/۶۶۹۶	-۰/۱۴۵۱	-۰/۰۲۵۴
ماده آلی	-۰/۴۱۵۰	-۰/۰۷۳۱	-۰/۰۶۱۷	-۰/۱۷۳۷	-۰/۰۵۳۱	۰/۱۰۰۲
هدایت الکتریکی	۰/۱۵۵۴	-۰/۰۵۷۳	-۰/۰۵۱۸۷	-۰/۲۵۰۰	۰/۱۱۶۸	۰/۰۸۰۳
آهک	۰/۳۳۹۴	-۰/۱۴۳۱	-۰/۱۵۵۶	-۰/۱۵۴۲	۰/۰۴۲۷	۰/۲۲۹۴
اسیدیته	۰/۰۴۷۰	۰/۱۵۳۵	-۰/۰۱۱۴	-۰/۱۵۶۳	-۰/۷۶۷۷	۰/۳۱۰۹
سنگ و سنگریزه	۰/۱۹۷۷	۰/۰۵۵۰	۰/۵۴۴۵	۰/۲۴۴۳	۰/۱۷۶۳	-۰/۱۳۱۳
سیلت	-۰/۰۸۷	۰/۵۸۷۱	۰/۰۵۸۹	۰/۰۳۹۹	۰/۰۸۰۶	۰/۱۵۹۲
رس	۰/۳۰۹۵	-۰/۳۱۳۸	۰/۱۰۳۸	۰/۰۷۲۰	۰/۱۶۲۲	۰/۲۷۵۱
شن	-۰/۲۴۴۳	-۰/۳۷۰۵	-۰/۱۴۰۲	-۰/۱۱۵۰	-۰/۲۰۳۰	-۰/۳۹۸۸
جنس سنگ	۰/۱۹۰۱	-۰/۴۷۸۸	۰/۱۲۵۹	-۰/۳۲۹۰	۰/۱۳۹۰	-۰/۱۶۴۸
پوشش گیاهی	-۰/۴۰۳۷	-۰/۰۷۳۱	-۰/۰۳۶۵	۰/۲۱۷۵	-۰/۰۲۲۷	۰/۱۳۸۰

جدول ۳- نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) عوامل محیطی برای میزان فرسایش در واحدهای کاری

مؤلفه	مقادیر ویژه	واریانس توجیه شده (%)	واریانس تجمعی توجیه شده (%)
۱	۵/۰۹۹	۳۳/۹۹۳	۳/۳۱۸
۲	۲/۵۹۴	۱۷/۲۹۵	۵۱/۲۸۸
۳	۱/۳۳۱	۸/۸۷۱	۶۰/۱۵۸
۴	۱/۳۱۳	۸/۷۵۶	۶۸/۹۱۵
۵	۱/۰۷۹	۷/۱۹۲	۷۶/۱۰۷
۶	۱/۰۳۴	۶/۸۹۵	۸۳/۰۰۱

نمودار مولفه‌های اصلی اول و دوم و توزیع مقادیر متفاوت فرسایش در شکل ۲ نشان داده شده است. ماده آلی، رخساره فرسایشی، درصد پوشش گیاهی و درصد آهک بر روی محور اول و خصوصیات درصد سیلت، جنس سنگ و درصد رس بر روی محور دوم قرار می‌گیرند.



شکل ۲- نمودار پراکنش واحدهای کاری در ارتباط با عوامل محیطی مؤثر در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آنالیز (PCA)

- با توجه به شکل میزان فرسایش در واحد کاری ۱-۱-۷-۱ (U35) بیشترین ارتباط را با خصوصیات محور اول (مستقیم با درصد آهک و رخساره و ارتباط معکوس با ماده آلی و پوشش گیاهی) دارد و با خصوصیات محور دوم (رابطه مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) دارای ارتباط بسیار ضعیفی است.

- میزان فرسایش در واحد کاری ۱-۱-۴-۶ (U22) دارای ارتباط بسیار قوی با خصوصیات محور دوم (مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) است و ارتباط بسیار ضعیفی با خصوصیات محور اول (مستقیم با درصد آهک و رخساره و ارتباط معکوس با ماده آلی و پوشش گیاهی) دارد.

- میزان فرسایش در واحدهای کاری ۱-۱-۷-۱ (U35)، ۱-۱-۷-۳ (U37) و ۱-۱-۷-۲ (U36) واحد کاری به ترتیب دارای ارتباط قوی با (مستقیم با درصد آهک و رخساره و ارتباط معکوس با ماده آلی و پوشش گیاهی) محور اول است و با خصوصیات محور دوم (مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) ارتباط بسیار ضعیفی دارد.

- میزان فرسایش در واحدهای کاری ۱-۱-۴-۶ (U22)، ۱-۱-۵-۱ (U26)، ۱-۱-۵-۴ (U29)، ۱-۱-۶-۳ (U32)، ۱-۱-۸-۱ (U38)، به ترتیب دارای ارتباط قوی با خصوصیات محور دوم (مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) است. همچنین دارای رابطه ضعیف با خصوصیات محور اول (مستقیم با درصد آهک و رخساره و ارتباط معکوس با ماده آلی و پوشش گیاهی) است.

- میزان فرسایش در واحدهای کاری ۱-۱-۴-۹ (U25)، ۱-۱-۴-۱ (U17) و ۱-۱-۴-۲ (U18) به ترتیب دارای ارتباط قوی با خصوصیات محور دوم (مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) است. همچنین دارای رابطه ضعیف با خصوصیات محور اول (مستقیم با ماده آلی و پوشش گیاهی و ارتباط معکوس با درصد آهک و رخساره) است.

- میزان فرسایش در واحدهای کاری ۱-۱-۴-۹ (U5)، ۱-۱-۴-۱ (U7) و ۱-۱-۴-۲ (U3) دارای ارتباط تقریباً برابری از نظر خصوصیات محورهای اول و دوم (مستقیم با درصد سیلت، ماده آلی و پوشش گیاهی معکوس با جنس سنگ، درصد رس، درصد آهک و رخساره) می باشد.

- میزان فرسایش در واحدکاری ۱-۱-۱-۱ (U1) دارای ارتباط قوی با (مستقیم با ماده آلی و پوشش گیاهی و ارتباط معکوس با درصد آهک و رخساره) محور اول است و با خصوصیات محور دوم (مستقیم با درصد سیلت و معکوس با جنس سنگ و درصد رس) ارتباط بسیار ضعیفی دارد.

- میزان فرسایش در واحدهای کاری ۱-۱-۱-۴ (U4)، ۱-۱-۲-۳ (U10)، ۱-۱-۲-۵ (U12)، ۱-۱-۴-۸

بحث

در تحقیق حاضر ارتباط میزان فرسایش در هر واحد کاری با فاکتورهای بررسی شده مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد از پانزده فاکتور بررسی شده هفت فاکتور در دو مولفه اصلی قرار گرفته و به عنوان عوامل دخیل در فرسایش شناخته شدند که ۵۱ درصد از تغییرات میزان فرسایش در واحدهای کاری را توجیه می‌کنند. درصد ماده آلی، رخساره فرسایشی، درصد پوشش گیاهی، درصد آهک، درصد سیلت، جنس سنگ و درصد رس مهمترین عوامل مؤثر بر فرسایش در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

جنس سنگ و رخساره فرسایشی در منطقه مورد مطالعه جزء عوامل تأثیرگذار بر فرسایش بودند. سادیکی (۲۰۰۷) جنس سنگ را از عوامل مؤثر بر فرسایش معرفی کرده و علت این امر را مقاومت متفاوت سنگ‌ها در مقابل فرسایش می‌داند از طرفی میزان فرسایش را در رخساره‌های مختلف فرسایشی متفاوت می‌داند که باید در تعیین میزان فرسایش مد نظر قرار گیرد. ازکان (۲۰۰۸) نیز میزان فرسایش را در اشکال مختلف و کاربری‌های مختلف مورد بررسی قرار داده و انواع مختلف استفاده از اراضی و رخساره‌های فرسایشی را در میزان فرسایش و ادامه روند آن مؤثر می‌داند، کروک و همکاران (۲۰۰۱) نیز انواع مختلف رخساره‌ها را در میزان فرسایش مؤثر دانسته‌اند. درصد پوشش گیاهی در مطالعه حاضر از جمله عوامل مؤثر بر فرسایش شناخته شد. کاستیلو و همکاران (۲۰۰۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافته و از بین رفتن پوشش گیاهی و فعالیت‌های مخرب انسانی را مؤثرترین عوامل در روند فرسایش در مناطق نیمه خشک به شمار می‌آورند. در منطقه مطالعه شده درصد پوشش گیاهی همچنین درصد ماده آلی از عوامل مؤثر بر فرسایش می‌باشند که می‌توان با مدیریت صحیح از جمله جلوگیری از چرای بیش از حد دام و شخم بی‌رویه اراضی مرتعی برای حفظ و نگهداری آن جهت جلوگیری از فرسایش اقدام نمود، همچنین برای حفاظت از خاک در رخساره‌های فرسایشی حساس و سنگ‌هایی با مقاومت کم باید مدیریت مناسب صورت بگیرد. یکی از عوامل مؤثر بر میزان فرسایش طبق مطالعه صورت گرفته، بافت خاک می‌باشد که به دلیل ارتباط نزدیک مقدار سیلت و فرسایش پذیری خاک است. ویشمایر و مانینگ (۱۹۷۱) نشان دادند که تغییر جزئی در درصد سیلت خاک غالباً با تغییر قابل توجهی در میزان فرسایش پذیری خاک همراه است، همچنین ریشتر و نگندانگ (۱۹۷۷) نشان دادند که خاکهایی که دارای ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت می‌باشند حساسترین خاک‌ها به فرسایش به شمار می‌روند، وجود یا عدم وجود رس از عوامل مؤثر در ثبات و فرسایش پذیری خاک‌ها به شمار می‌رود (احمدی ۱۳۷۸). میر و همکاران (۲۰۰۹) خصوصیات مختلف خاک از جمله درصد رس، درصد شن و ماسه همچنین میزان آهک را در فرسایش مؤثر می‌دانند، که نتایج تحقیق حاضر در مورد تأثیر بافت در فرسایش

موبداین مسئله می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که به طور کلی با افزایش میزان ماده آلی و پوشش گیاهی، از میزان فرسایش کاسته شد. بایرامون و همکاران (۲۰۰۳) و نیاکاتاوا و همکاران (۲۰۰۷)، هم نشان دادند که مواد آلی باعث افزایش ثبات خاکدانه ها شده و همچنین پوشش گیاهی از طریق ریشه، ساقه و شاخ و برگ مانع اثر عوامل فرساینده بر خاک می شود. ونته و پویزن (۲۰۰۵) شرایط محیطی مثل پوشش گیاهی، توپوگرافی و مقاومت سنگ را در فرسایش و حمل رسوب مهمترین عوامل دانستند.

عوامل مختلفی در پدیده فرسایش در طبیعت دخیل هستند که شناخت این عوامل و تعیین مهمترین آنها را در شناخت مکانیسم و کنترل فرسایش کمک می نماید و در نهایت کنترل فرسایش موجب حفظ منابع خاک و آب شده و این مهم بطور غیر مستقیم سبب جلوگیری از هدر رفت منابع مالی، حفظ منابع طبیعی برای آیندگان و حرکت در جهت توسعه پایدار خواهد شد.

منابع

- ۱- احمدی، حسن. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، چاپ دوم، تهران. انتشارات دانشگاه تهران ۶۸۸ صفحه.
- ۲- جعفری، محمد و فریدون سرمدیان. ۱۳۸۲. مبانی خاکشناسی و رده بندی خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- جعفری حقیقی، مجتبی، ۱۳۸۲. روشهای تجزیه خاک، نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی، انتشارات ندای ضحی.
- ۴- رضایی، علی. ۱۳۸۰. شبکه عصبی مصنوعی و مدل سازی فرسایش خاک. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، بهمن ۱۳۸۰، صفحه ۵۳۳-۵۲۴.
- ۵- زرگر، اکبر. ۱۳۷۴. الگوی ریاضی برآورد میانگین سالانه ارتفاع رواناب کل آبخیز در دامنه شمالی کوه های الوند همدان. چاپ اول، تهران، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع. ۳۲ صفحه.
- ۶- رضایی، علی. ۱۳۸۰. شبکه عصبی مصنوعی و مدل سازی فرسایش خاک. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، بهمن ۱۳۸۰، صفحه ۵۳۳-۵۲۴.
- ۷- فیض نیا، سادات. ۱۳۷۴. مقاومت سنگها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، صفحه ۹۵-۱۱۶.

8- Bayramun, U., O. Denguz, O. Bapkan, M. Parlak, 2003. Soil Erosion Risk Assessment with ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area, Turk J Agriculture. 27) 105-116.

9- Bodoque, J.M., A. Díez-Herrero., 2005. Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots: Two examples from Central Spain. Catena

64 (2005) 81–102.

- 10- Castillo, V.M., Mosch, W.M., Conesa García, C., Barberá, G., Navarro Cano, J.A., López-Bermúdez, F., 2007. Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo. *Catena* 70, 416–427.
- 11- Castro, G., Romero, P., Gomez, J.A., Fereres, E., 2006. Rainfall redistribution beneath an olive orchard. *Agric. Water Manage.* 86, 249–258.
- 12- Cerdan, O., (2003). Long-term Soil Erosion Plot Data to evaluate the PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) Approach. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 00439, 2003, European Geophysical Society.
- 13- Contreras, S., Cantón, Y., Solé-Benet, A., 2008. Sieving crusts and macrofaunal activity control soil water repellency in semiarid environments: evidences from China. *Geoderma* 145, 252e258.
- 14- Croke, J., Mockler, S., 2001. Gully initiation and road-to-stream linkage in a forested catchment, southeastern Australia. *Earth Surf. Process. Landf.* 26, 205–217.
- 15- Field, J.P., Breshears, D.D., Whicker, J.J., 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.
- 16- Fox, D.M., F. Maselli, P. Carrega, 2008. Using SPOT images and field sampling to map burn severity and vegetation factors affecting post forest fire erosion risk. *Catena* 75, 326–335.
- 17- García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. *Catena* 81 (1), 1e11.
- 18- Martín-Rosales, W., Pulido-Bosch, A., Vallejos, A., Gisbert, J., Andreu, J.M., Sanchez-Martos, F., 2007. Hydrological implications of desertification in southeastern Africa. *Hydrological Sciences Journal* 52 (6), 1146e1161.
- 19- Mayor, A.G., Bautista, S., Bellot, J., 2009. Factors and interactions controlling infiltration, runoff, and soil loss at the microscale in a patchy Mediterranean semiarid landscape. *Earth Surface Processes and Landforms* 34, 1702e1711.
- 20- Nyakatawa, E.Z., V. Jakkula, K.C. Reddy, J.L. Lemunyon, B.E. Norris Jr., 2007. Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2.0 model, *Soil & Tillage Research* 94, 410–419.
- 21- Okin, G.S., Parsons, A.J., Wainwright, J., Herrick, J.E., Bestelmeyer, B.T., Peters, D.C., Fredrickson, E.L., 2009b. Do changes in connectivity explain desertification? *Bioscience* 59 (3), 237–244.
- 22- Ozcan A. U., G. Erpul, M. Basaran, H. E. Erdogan, 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—C, ankırı, Turkey. *Environ Geol* 53, 1731–1741.
- 23- Ravi, Sujith., David D. Breshears, Travis E. Huxman, Paolo D'Odorico.,. Land degradation in drylands: Interactions among hydrologic–aeolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology* 116 (2010) 236–245
- 24- Sadiki, Abdelhamid., Ali. Faleh., 2007. Assessing soil erosion and control factors by the radiometric technique in the Boussouab catchment, Eastern Rif, Morocco. *Catena* 71 (2007) 13–20.
- 25- Turnbull, L., Wainwright, J., Brazier, R.E., 2008. A conceptual framework for understanding semi-arid land degradation: ecohydrological interactions across multiple-space and time scales.

Ecohydrology 1 (1), 23–34.

- 26- Vente, J, J. Poesen, 2005. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews* 71, 95–125
- 27- Vrieling, Anton., Steven M. de Jong, Geert Sterk, Silvio C. Rodrigues., 2008. Timing of erosion and satellite data: A multi-resolution approach to soil erosion risk mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 10 (2008) 267–281