



شماره ۱۱۵، تابستان ۱۳۹۶

# پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

## بررسی تغییرات فصلی میزان فرسایش با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم

### • جمال مصفايي \*

(نویسنده‌ی مسئول) استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

### • محمدرضا اختصاصی

استاد گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه یزد

### • امین صالح‌پورجم

استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

\* Corresponding Email: jamalmosaffaie@yahoo.com

### چکیده

پدیده فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن مانعی اساسی در برابر توسعه‌ی کشور محسوب می‌شود. برای مهار مقرون به‌صرفه فرسایش، کسب اطلاع از وضعیت پویایی و شناخت زمان‌ها و مکان‌های حساس به فرسایش در داخل حوزه ضروری است. در این پژوهش سعی شد فرایند پویایی فرسایش خاک از نظر تغییرات زمانی (فصلی) و تغییرات مکانی (واحدهای سنگ‌شناسی)، از طریق اندازه‌گیری مستقیم در حوزه آبخیز ورتوان، بررسی گردد. بدین منظور، پس از تهیه نقشه واحدهای سنگ‌شناسی حوضه، تله‌های رسوبگیر روی دامنه‌های هر واحد، نصب و در پایان هر فصل، رسوبها موجود در تله‌ها جمع‌آوری و پس از خشک کردن توزین شد. نتایج نشان دادند که فرسایش در این حوزه ماهیت پویایی داشته و دارای تغییرات زمانی و مکانی زیادی است. حداکثر میزان فرسایش مربوط به فصل پاییز بوده (۷۱ درصد) و به ترتیب در فصل‌های بهار (۱۹ درصد) و زمستان (۱۰ درصد) کاهش یافته و در فصل تابستان هیچ رسوبی در تله‌ها تجمع نیافته است. همچنین، میانگین وزن رسوبها تجمع‌یافته به ترتیب در واحدهای توف پلاژیوکلازدار (۱۷۸/۲ گرم)، شیل ذغالی (۳۴/۴ گرم)، گلسنگ قرمز (۲۹/۹ گرم)، آندزیت (۲۱/۷ گرم)، توف (۱۶/۷ گرم)، ماسه‌سنگ شمشک (۱۴/۹ گرم)، ماسه‌سنگ قرمز (۹/۸ گرم)، آهک شیلی (۹/۵ گرم) و نهایتاً آهک اوربیتولین‌دار (۶/۵ گرم) کاهش یافته است. با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان با اعمال روش‌های مدیریتی مکانی (تمرکز اقدامات مهار فرسایش در مکان‌های حساس) و یا زمانی (حفظ پوشش گیاهی و مهار شخم در فصول حساس) میزان فرسایش حوضه را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تله رسوبگیر، دینامیک فرسایش، تغییرات زمانی، حوزه آبخیز ورتوان

## Seasonal variation of the erosion rate using direct measurement

• **J. Mosaffaie**

(Corresponding Author) Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

• **M.R. Ekhtesasi**

Professor; Faculty of natural resources, Yazd University.

• **A. Salehpour Jam**

Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

### Abstract

Soil erosion and its consequences are the major obstacles for development of country. Understanding the erosion dynamics and recognizing sensitive times and places to erosion within the catchment are very important for erosion control. This study attempts to investigate the dynamic process of soil erosion in terms of temporal (seasonal) and spatial (geological rock units) changes, via direct measurement of erosion in Vartavan catchment. For this purpose, after mapping the precise lithological units, sediment trappers were placed on the slopes of each unit and the sediments of trappers were collected and after drying were weighed at the end of each season. The study confirmed the dynamic nature of erosion in this watershed and results showed that erosion has great temporal and spatial variations. Seasonal variation of erosion revealed that autumn has the maximum rate of erosion (71%) and then decreases respectively during the spring (19%) and winter (10%), until reaches the minimum rate in summer. The mean weight of accumulated sediment is also reduced respectively in units of plagioclase tuff (178.2 gr), black shale (34.4 gr), red mudstone (29.9 gr), andesine (21.7 gr), tuff (16.7 gr), sandstone (14.9 gr), red sandstone (9.8 gr), shale limestone (9.5 gr) and eventually orbitolina limestone (6.5 gr). These results can be applied for watershed management programs and the amount of erosion can be reduced using temporal (preservation of vegetation and control of plowing at critical seasons) or spatial (focus on erosion control measures in sensitive places) management.

**Keywords:** sediment trapper, erosion dynamic, temporal variation, Vartavan catchment

### مقدمه

فرسایش خاک سبب هدررفت خاک سطحی، کاهش ظرفیت آب خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، تخریب منابع آب، تخریب مراتع و اراضی کشاورزی، پر شدن مخازن سدها از رسوب و سایر مسائل فراوان زیست محیطی می شود (قایمیر و همکاران، ۲۰۱۳). وجود عوامل طبیعی زمینه ساز فرسایش در ایران باعث شده اند که ایران توان بالایی را برای فرسایش آبی داشته باشد (مصفايي و طالبی، ۲۰۱۴). فرسایش تشدیدي نیز با توجه به حضور انسان و رفع نیازهای او از طبیعت رخ داده و روزبه روز بر شدت آن افزوده می شود. بنابراین، آگاهی از تغییرات زمانی و مکانی آن در هر محدوده ای به منظور اعمال مدیریت های پایدار اهمیت بسیاری دارد (حسینعلی زاده و همکاران،

۲۰۱۳؛ مصفايي و همکاران، ۲۰۱۵).

فرسایش پذیری که در واقع مجموع فرایندهایی است که میزان نفوذ باران و در نتیجه میزان مقاومت خاک به جدائی و حمل ذرات خاک را تنظیم می کند دارای چرخه فصلی است. نقش تأثیرات فصلی و مواد مادری در فرسایش آبی خاکهای فرسایش پذیر در تحقیقات قبلی به اثبات رسیده است (مصفايي و همکاران، ۲۰۱۵). از عوامل موثر بر فرسایش پذیری می توان به توزیع اندازه ذرات، پایداری ساختمان، محتوای مواد آلی، طبیعت کانی های رسی، تغییرات ظرفیت نفوذ، چگالی ظاهری، تخلخل، محتوی مواد آلی، پوسته پوسته شدن، مقدار آب خاک، زیست توده سطحی و زیرسطحی (لاشبرگ و ریشه)، مقدار گیرش گیاهی، قابلیت جذب باران به وسیله ی خاک، میزان رطوبت و دمای

جیفورد، ۱۹۸۴؛ بلیکین و همکاران، ۱۹۹۰). همچنین پژوهش‌های زیادی روی تغییرات مکانی فرسایش خاک به وسیله‌ی محققین مختلف در داخل و خارج از کشور انجام شده است (حسینعلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۳؛ ایوبی و حسینعلی‌زاده، ۲۰۰۷) اما در مورد تغییرات زمانی و فصلی آن در داخل کشور به نظر می‌رسد پژوهشی انجام نشده باشد و در خارج از کشور نیز اغلب با استفاده از شبیه‌سازی بارش و یا کاربرد الگوها صورت گرفته است (سردا، ۱۹۹۹؛ فریرا و پاناگوپولوس، ۲۰۱۲). در این پژوهش سعی شد فرایند پویای فرسایش خاک از نظر تغییرات زمانی (فصلی) و تغییرات مکانی (واحدهای سنگ‌شناسی)، از طریق اندازه‌گیری مستقیم میزان فرسایش در حوزه آبخیز ورتوان، بررسی شود. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان با اعمال روش‌های مدیریتی زمانی (حفظ پوشش گیاهی و مهار شخم در فصول حساس) و یا مکانی (تمرکز اقدامات مهار فرسایش در مکان‌های حساس) از میزان فرسایش کاست.

برای اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و مهار فرسایش، شناخت زمان‌های بحرانی و مکان‌های حساس به فرسایش در داخل حوزه آبخیز بسیار حائز اهمیت بوده و می‌توان با اعمال مدیریت صحیح و حفظ پوشش گیاهی در زمان‌های بحرانی و تمرکز اقدامات حفاظت خاک در مکان‌های حساس از میزان فرسایش حوضه کاست.

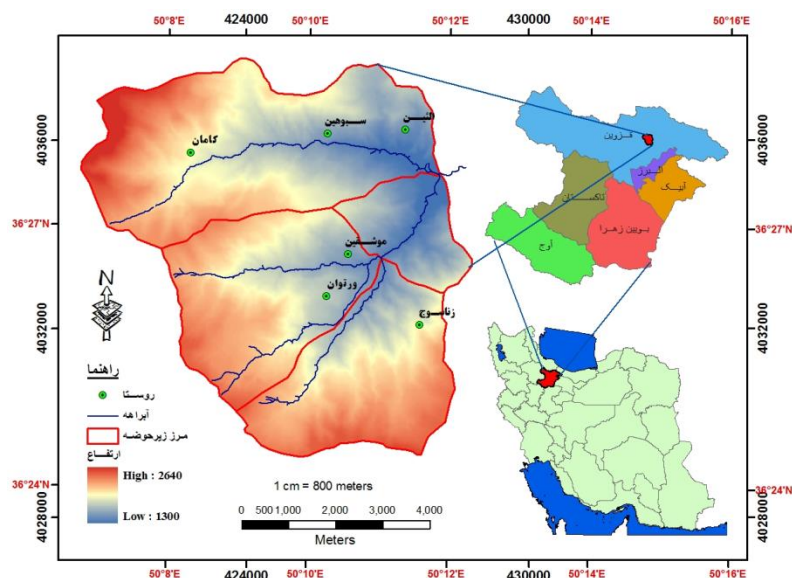
## مواد و روش‌ها

### منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه آبخیز ورتوان قزوین با مساحتی معادل ۴۸۱۱ هکتار، بین مختصات ۲۴/۰۳۶ تا ۲۹/۰۳۶ عرض شمالی و ۷/۰۵۵ تا ۱۲/۰۵۵ طول شرقی و در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شهر قزوین واقع شده است (شکل ۱). این حوضه دارای واحدهای سنگ‌شناسی متنوعی است که از فرسایش‌پذیری متفاوتی برخوردارند. نوع اراضی سطح حوزه عمدتاً کوهستانی بوده (البرز میانی)، ارتفاع حداقل این حوضه ۱۳۰۰ متر و ارتفاع حداکثر ۲۶۴۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد است. شیب متوسط حوضه ۲۲ درجه (۴۰ درصد) و جهت عمومی شیب، شمال شرقی است. متوسط بارش منطقه با استفاده از معادله شیب بارش طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۹، ۳۷۲ میلی‌متر و توزیع زمانی بارش عموماً از تمرکز بارش در زمستان (۳۶ درصد)، بهار (۳۲ درصد) و پائیز (۳۰ درصد)، و خشکی منطبق بر تابستان (۲ درصد) تبعیت می‌کند. دمای متوسط سالانه ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد (ایستگاه فلار-کامان در مجاورت حوزه)، گرم‌ترین ماه سال تیر با متوسط دمای ۲۵/۴ و سردترین ماه سال دی با متوسط دمای ۰/۴ درجه سانتی-گراد است. از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی دوارتن اصلاح شده، حوضه ورتوان دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد.

خاک، میزان نفوذ خاک اشاره نمود که بعضی از آنها نسبت به زمان تقریباً ثابت ولی بیشتر آنها در طول زمان متغیر و دارای چرخه فصلی می‌باشند (مصفا‌بی و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی بارش که عامل فرساینده خاک محسوب می‌شود نیز معمولاً در طی زمان ثابت نبوده و دارای تغییرات فصلی است. همیشه میزان روان‌آب در فصول مرطوب بزرگ‌تر از فصول خشک است، ولی ممکن است به دلیل حضور لایه‌های آب-گریز، میزان روان‌آب در فصول خشک بیشتر از فصول مرطوب باشد (سردا و همکاران، ۱۹۹۶). میزان روان‌آب و در پی آن فرسایش، به مقدار و فراوانی وقوع بارش‌ها که دارای نوسانها فصلی می‌باشد بستگی دارد. پوشش گیاهی با کمی تأخیر چرخه‌های مشابه بارندگی را دنبال می‌کند. حساس‌ترین زمان از نظر فرسایش اوایل فصل مرطوب است که در آن بارندگی زیاد است ولی پوشش گیاهی که بتواند خاک را محافظت کند، فقیر است. بنابراین، نقطه اوج فرسایش نسبت به نقطه اوج بارندگی‌ها زودتر اتفاق می‌افتد. با توجه به موارد بالا می‌توان عنوان نمود که پدیده فرسایش خاک نیز در طول زمان و مکان ثابت نبوده و دارای تغییرات مکانی و فصلی است و لذا ویژگی فرسایش‌پذیری و فرسایش را باید جزو خصوصیات پویا خاک محسوب کرد. بنابراین، می‌توان گفت که فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل پیچیده محیطی و یک فرایند پویا است و تغییرات زمانی و مکانی فرسایش خاک در داخل یک حوزه و یا روی یک شیب و حتی در بازه‌های خیلی کوچک می‌تواند بسیار متفاوت باشد (گرایسون و همکاران، ۲۰۱۲).

آزموده و همکاران (۲۰۱۰)، میزان روان‌آب و فرسایش حاصل از بارش شبیه‌سازی شده را روی سه کاربری اراضی زراعی، باغ و جنگل اندازه‌گیری کرده و نتیجه گرفتند که میزان روان‌آب و فرسایش در اراضی زراعی بیشتر از باغ و در باغ بیشتر از جنگل است. سردا (۱۹۹۸)، تغییرات فصلی فرسایش را تحت بارش شبیه‌سازی شده با توجه به پوشش گیاهی و جهت شیب بررسی کرد و نتیجه گرفت که حداکثر میزان رسوب مربوط به فصل پائیز بوده و به ترتیب طی فصول زمستان، بهار و تابستان کاهش می‌یابد. او همچنین نتیجه گرفت که شیب‌های شمالی به دلیل پوشش گیاهی مناسب، روان‌آب و رسوب‌دهی اندکی دارند ولی شیب‌های جنوبی و خالی از پوشش گیاهی روان‌آب و فرسایش زیادی ایجاد می‌کنند. فریرا و پاناگوپولوس (۲۰۱۲)، با استفاده از داده‌های فصلی فرساینده بارش و پوشش گیاهی و به کارگیری معادله جهانی فرسایش خاک، تغییرات فصلی فرسایش را بررسی و تأیید کردند و نتیجه گرفتند که پائیز به دلیل تأخیر پوشش گیاهی نسبت به بارش، ۵۶ درصد سهم فرسایش سالانه را به خود اختصاص داده است و بعد از آن میزان فرسایش به ترتیب طی فصول بهار، تابستان و زمستان کاهش می‌یابد. مرور منابع نشان می‌دهد که رفتار فصلی فرایندهای نفوذ و روان‌آب در مناطق نیمه‌خشک توسط محققین مختلف بررسی شده است (آچوری و



شکل ۱- نقشه موقعیت آبخیز ورتوان در استان قزوین و کشور ایران

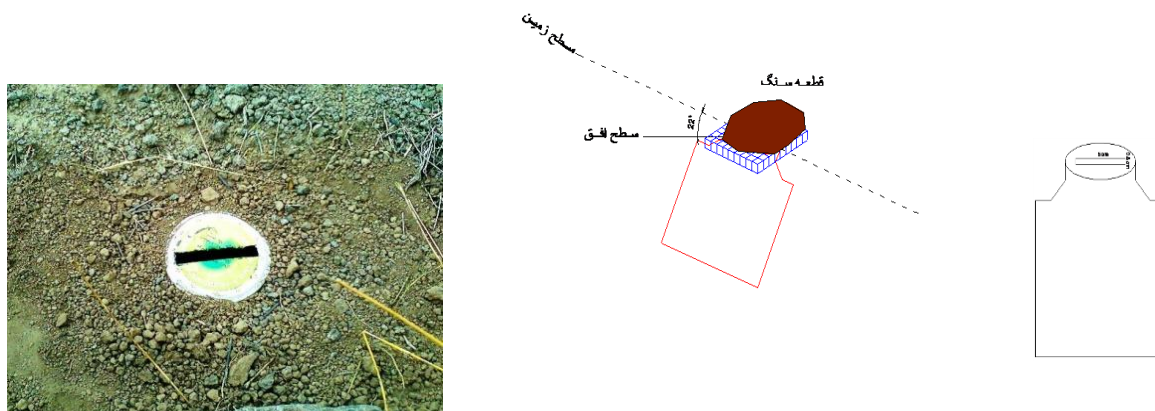
تا روان آب روی دامنه به حداکثر سرعت لازم برای برداشت و حمل ذرات رسیده برسد. برای تهیه تله‌های رسوب‌گیر از ظروف شیشه‌ای با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۶ سانتی‌متر استفاده شد. در تمامی این ظروف به ابعاد  $5 \times 0.5$  سانتی‌متر برش داده شد و مطابق با شکل ۲ روی خاک‌های حاصل از هر واحد سنگ‌شناسی نصب شد. برای جلوگیری از مسدود شدن دهانه ورودی تله رسوب‌گیر به وسیله‌ی بقایای گیاهی و خاشاک، یک شبکه توری مکعبی ( $10 \times 10$  سانتی‌متر و ارتفاع یک سانتی‌متر) از جنس گالوانیزه با ابعاد شبکه  $0.8 \times 0.8$  سانتی‌متر بر روی هر یک از تله‌ها قرار داده شد و نهایتاً نیز یک قطعه سنگ روی توری مکعبی قرار گرفت تا باعث مخفی ماندن توری و تله از دید افراد و توجه احشام شود (شکل ۲). میزان رسوبها جمع شده در این تله‌ها در انتهای هر فصل، برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد با استفاده از ترازوی با دقت  $0.1$  گرم توزین و در نهایت از لحاظ آماری با هم مقایسه شد. برای بررسی نرمال بودن وزن رسوبها تجمع یافته در تله‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت بین وزن مقادیر رسوب جمع شده در تله‌ها از آزمون مقایسه میانگین‌ها (تحلیل واریانس) استفاده شد.

### روش تهیهی نقشه واحدهای سنگ‌شناسی

ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی رقومی با مقیاس  $1/100000$  مربوط به منطقه تهیه و شناخت کلی از سازندها و واحدهای سنگی موجود در منطقه به دست آمد. در مرحله بعد با به‌کارگیری روش‌های مختلف سنجش از دور از قبیل تصاویر Google-Earth و تجزیه و تحلیل تصاویر ETM+ و ساخت ترکیبات مختلف رنگ‌مجازی و مهار و بازدیدهای گسترده صحرایی مرز واحدهای سنگ‌شناسی تدقیق شد.

### پایش فصلی فرسایش نسبی واحدهای سنگ‌شناسی

روش‌های زیادی برای تعیین اندازه‌گیری فرسایش وجود دارد که از جمله می‌توان به کاربرد الگوهای مختلف تجربی و پایه-فیزیکی برآورد فرسایش و رسوب، قطعه‌های فرسایشی، بررسی‌های چشمی از طریق عکس‌ها و مشاهده‌های صحرایی (کولینز و والینگ؛ ۲۰۰۲)، اندازه‌گیری بار رسوبی در انتهای زیر حوزه‌های اصلی (حکیم‌خانی و همکاران، ۲۰۰۹) اشاره کرد. در این پژوهش، از تله‌های رسوب‌گیر و شاخص‌های فرسایش برای تعیین فرسایش نسبی فصول مختلف استفاده شده است. بدین منظور، در هر واحد سنگ‌شناسی سه عدد تله رسوب‌گیر با زاویه عمود بر دامنه در شیب منطقه (۲۲ درجه) به‌گونه‌ای نصب شد که طول شیب بالادست حداقل ۲۲ متر باشد



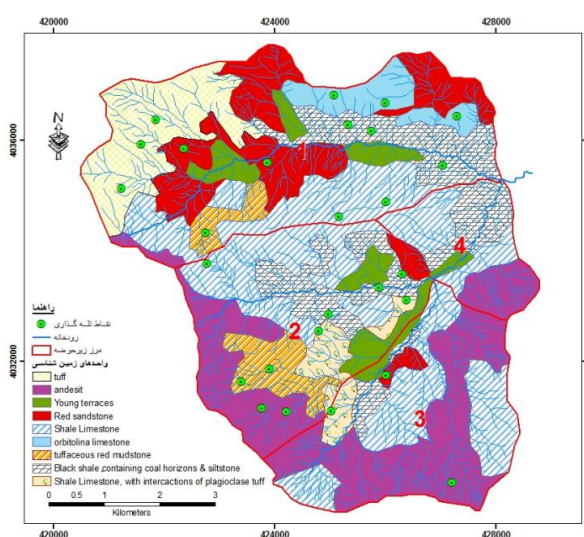
شکل ۲: تصویر و نمایی شماتیک از تله رسوبگیر

### نتایج

#### نقشه واحدهای سنگ‌شناسی و نقاط تله‌گذاری

با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در نهایت نه واحد سنگ‌شناسی شامل آندزیت، توف، گلسنگ قرمز، ماسه‌سنگ شمشک، آهک اوربیتولین‌دار، آهک

شیلی، شیل ذغالی، ماسه‌سنگ قرمز و توف‌های پلاژیوکلازدار در حوضه ورتوان شناسایی شدند که در شکل (۳) نقشه آنها به همراه نقاط تله‌گذاری ارائه شده است.



شکل ۳- نقشه‌ی نقاط تله‌گذاری و زمین‌شناسی با کاربرد روش پردازش تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup>

### پایش فصلی فرسایش

رسوب‌های تجمع یافته در تله‌های رسوبگیر در پایان هر فصل جمع‌آوری و پس از خشک کردن در هوای آزاد توزین شد که در جدول (۱) به تفکیک هر یک از واحدهای سنگ‌شناسی ارائه شده است. در شکل (۴) نیز نمودار میانگین وزن رسوب‌های تجمع یافته در تله‌های رسوبگیر ارائه شده است. نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که وزن رسوب‌های تجمع یافته در تله‌ها دارای توزیع نرمال است. نتایج تحلیل واریانس و سطوح

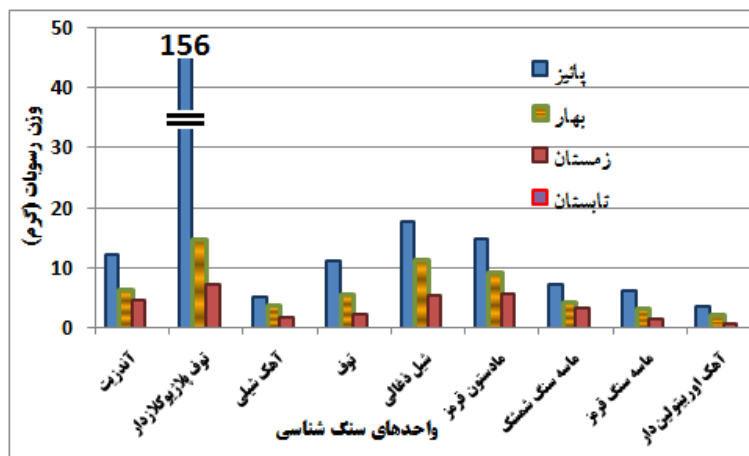
معنی‌دار بودن تفاوت بین مقادیر رسوب تجمع یافته در هر فصل و هر واحد سنگ‌شناسی نیز در انتهای جدول (۱) ارائه شده‌اند. میانگین وزن رسوبها در واحد توف پلاژیوکلازدار بسیار بالاتر از سایر واحدها می‌باشد که دلیل آن رسوبات تجمع یافته در تله‌های شماره ۴ و ۵ در فصل پاییز است که یک شرط غیرعادی را نیز در نمودار شکل (۳) ایجاد نموده است. این شرایط غیرعادی به دلیل ایجاد فرسایش شدید شیاری حاصل از رگبار بسیار شدید باران پاییزی روی دامنه‌های این واحد و بخصوص

میانگین وزن رسوبها کاهش یافته و نهایتاً کمترین مقدار رسوبها را در تله های موجود در واحد آهک اوربیتولین دار تجمع یافته است که بیانگر میزان کم فرسایش پذیری این واحد می باشد.

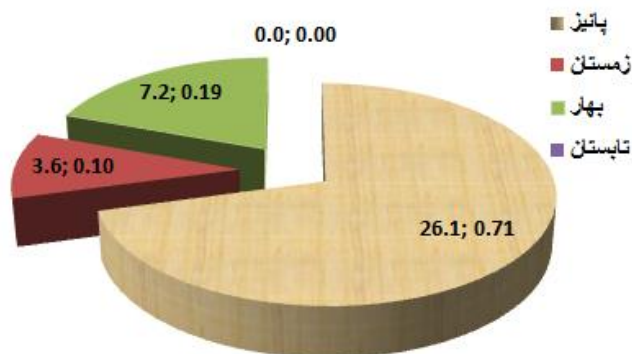
محل نصب این تله هاست که آثار فرسایش شدید در هنگام بازدید از منطقه نیز به خوبی مشهود بود. میانگین وزن رسوب های موجود در تله واحدهای شیل ذغالی و گل سنگ قرمز نیز تقریباً زیاد و در نتیجه فرسایش پذیری این واحدها نیز بالاست. اما در واحدهای آندزیت، توف، ماسه سنگ و آهک شیلی

جدول (۱) - وزن رسوبات تجمع یافته در تله های رسوبگیر

شماره تله	واحد سنگ	وزن رسوبات (gr)				مجموع	میانگین
		پائیز	زمستان	بهار	تابستان		
۱	آندزیت	۱۱/۳	برف	۷/۸	۰	۱۹/۱	
۲	آندزیت	۱۴/۸	۵/۳	۴/۷	۰	۲۴/۸	۲۱/۷
۳	آندزیت	۱۰/۷	۳/۹	۶/۷	۰	۲۱/۳	
۴	توف پلاژیوکلزدار	۷۱/۴	۸/۲	۱۹/۱	۰	۹۸/۷	
۵	توف پلاژیوکلزدار	۳۷۵/۴	۵/۵	۱۴/۳	۰	۳۲۸/۶	۱۷۸/۲
۶	توف پلاژیوکلزدار	۲۱/۲	۸/۱	۱۱/۴	۰	۴۰/۷	
۷	آهک شیلی	۷/۳	۲	۲/۳	-	۱۱/۶	
۸	آهک شیلی	۲/۹	۰	-	۰	۲/۹	۹/۵
۹	آهک شیلی	۵/۶	۳/۱	۵/۴	۰	۱۴/۱	
۱۰	توف	۱۳/۱	۱/۸	-	۰	۱۴/۹	
۱۱	توف	۱۳/۴	۲/۹	۵/۲	۰	۲۱/۵	۱۶/۷
۱۲	توف	۷/۴	برف	۶/۴	۰	۱۳/۸	
۱۳	شیل ذغالی	۱۹/۲	۸/۳	۱۳/۶	۰	۴۱/۱	
۱۴	شیل ذغالی	۱۸/۷	۳/۲	۱۲/۶	۰	۳۴/۵	۳۴/۴
۱۵	شیل ذغالی	۱۵/۳	۴/۴	۷/۸	-	۲۷/۵	
۱۶	گل سنگ قرمز	۱۵/۱	۵/۸	۱۰/۱	۰	۳۱	
۱۷	گل سنگ قرمز	۱۵/۷	۸	۹/۴	۰	۳۳/۱	۲۹/۹
۱۸	گل سنگ قرمز	۱۳/۹	۳/۴	۸/۳	۰	۲۵/۶	
۱۹	ماسه سنگ شمشک	۵/۷	۱/۲	۵/۷	۰	۱۲/۶	
۲۰	ماسه سنگ شمشک	۵/۹	۴/۶	۴/۵	۰	۱۵	۱۴/۹
۲۱	ماسه سنگ شمشک	۱۰/۳	۳/۸	۳/۱	۰	۱۷/۲	
۲۲	ماسه سنگ قرمز	۶/۱	۱/۲	۲/۴	۰	۹/۷	
۲۳	ماسه سنگ قرمز	۵/۵	۱/۹	-	۰	۷/۴	۹/۸
۲۴	ماسه سنگ قرمز	۷/۱	۱/۱	۴/۲	۰	۱۲/۴	
۲۵	آهک اوربیتولین دار	۰/۹	۱/۱	۳/۵	۰	۵/۵	
۲۶	آهک اوربیتولین دار	۴/۲	۰	۰/۴	۰	۴/۶	۶/۵
۲۷	آهک اوربیتولین دار	۵/۴	۱/۲	۲/۹	۰	۹/۵	
	میانگین	۲۶/۱	۳/۶	۷/۲	۰	۳۵/۷۵	
	سطح معنی داری تفاوت واحدها	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰	-	۰/۰۱	



شکل ۴- نمودار میانگین وزن رسوب های تجمع یافته در تله های رسوبگیر



شکل (۵) - نمودار درصد میانگین وزن رسوبات فصول مختلف

### بحث و نتیجه گیری

در این مقاله جنبه پویای فرسایش خاک و تغییرات زمانی و مکانی آن در حوزه آبخیز ورتوان استان قزوین بررسی شد. نتایج نشان داد میزان فرسایش در طول یکسال یکنواخت نبوده و از فصلی به فصل دیگر متفاوت است. در حوضه ورتوان حداکثر میزان فرسایش پذیری در فصل پائیز بوده و به ترتیب در فصول بهار و زمستان، فرسایش پذیری خاک کاهش یافته تا اینکه در فصل تابستان به حداقل می رسد. در پائیز به دلیل تأخیر پوشش گیاهی نسبت به بارش، ذرات سطح خاک به صورت بدون محافظ در برابر ضربه قطرات باران و نیروی برشی روان آب قرار می گیرد و فرسایش بالای حوضه ورتوان در فصل پائیز را می توان به فرساینده گیاهی<sup>۱</sup> بیشتر باران های این فصل و نیز فرسایش پذیری<sup>۲</sup> خاک از لحاظ فقر پوشش گیاهی نسبت داد. این بخش از نتایج، با نتایج سردا (۱۹۹۸) و فریرا و پاناگوپولوس (۲۰۱۲) همخوانی دارد. تغییرات فصلی فرسایش علاوه بر توزیع فصلی حجم بارش، بستگی به

بر اساس شکل (۳)، در فصل پائیز حداکثر میزان فرسایش در تمام واحدهای سنگ شناسی وجود دارد و به ترتیب در فصلها بهار و زمستان، فرسایش واحدها کاهش یافته تا اینکه در فصل تابستان به صفر می رسد. ترتیب فرسایش پذیری حاصل با ترتیب توزیع حجم بارش در فصول مختلف حوزه ورتوان منطبق نیست که می تواند به دلیل بارش های رگباری و با شدت بالا در فصلها پائیز و بهار باشد در حالیکه عمده بارش فصل زمستان در منطقه که بیشترین حجم بارش فصلی را به خود اختصاص داده، به صورت برف است که از عکس العمل کند آبی برخوردار بوده و فرسایش چندانی را در این فصل ایجاد نمی کند. یکی دیگر از دلایل عدم انطباق ترتیب توزیع بارش فصلی با ترتیب فرسایش در فصول مختلف تغییرات پوشش گیاهی در فصول مختلف می باشد. فرسایش در فصل بهار که منطقه از لحاظ پوشش گیاهی تقریباً در اوج قرار دارد نسبت به فصل پائیز که پوشش گیاهی منطقه زوال یافته و خاک غیر مسلح در معرض فرسایش قرار دارد کمتر است.

۱- erosivity  
۲- erodibility

- ing of geostatistic and GIS (Case study Mehr watershed of Sabzevar). *Journal of the Iranian Natural Res.* 60(2):69-382. (In Persian).
- Azmoodeh, A., Kavian, A., Soleimani, K. and Vahabzadeh, Gh. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soils using rainfall simulator. *Journal of Water and Soil.* 24(3): 490-500.
  - Blackburn, W.H., Pierson, F.B. and Seyfried, M.S. 1990. Spatial and temporal influence of soil frost on infiltration and erosion of sagebrush rangelands. *Water Res. Bull.*, 26: 991-997.
  - Cerdà, A. 1996. Seasonal variability of infiltration rates under contrasting slope conditions in Southeast Spain. *Geoderma*, 526: 69. 217-232.
  - Cerdà, A. 1998. The influence of aspect and vegetation on seasonal changes in erosion under rainfall simulation on a clay soil in Spain. *Can. J. Soil Sci.*, 78: 321-330.
  - Cerdà, A. 1999. Seasonal and spatial variations in infiltration rates in badland surfaces under Mediterranean climatic 534 conditions. *Water Resour. Res.*, 35: 319-328.
  - Collins, A.L. and Walling, D.E. 2002. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology*, 261: 218-244.
  - Ferreira, V. and Panagopoulos, T. 2012. Predicting soil erosion at the Alqueva dam watershed: seasonal variations. *Recent Researches in Environment, Energy Systems and Sustainability*. ISBN: 978-1-61804-088-6. 99-104.
  - Ghimire, S.K., Higaki, D. and Bhattarai, T.P. 2013. Estimation of Soil Erosion Rates and Eroded Sediment in a Degraded Catchment of the Siwalik Hills, Nepal. *Land*, 2: 370-391.
  - Grayson, R., Holden, J., Jones, R.R., Carle, J.A. and Lloyd, A.R. 2012. Improving particulate carbon loss estimates in eroding peatlands through the use of terrestrial laser scanning. *Geomorphology*, 179: 240-248.
  - Hakimkhani, Sh., Ahmadi, H., Ghayoumian, J.,

عواملی نظیر وضعیت بارش، نوع بارش و وضعیت پوشش گیاهی نیز دارد. نبودن فرسایش در فصل تابستان به دلیل توزیع زمانی بارش منطقه و خشکی منطبق بر تابستان که تنها دو درصد بارش سالانه را به خود اختصاص داده، می باشد. فصل زمستان نیز با وجود اینکه بیشترین حجم بارش سالانه را به خود اختصاص داده است، ولی از فرسایش کمتری نسبت به پائیز و بهار برخوردار است که به دلیل نوع بارش به صورت برف و عکس العمل کند آبی آن می باشد. به جز فصل پائیز، ترتیب فصلها حاصل شده در این پژوهش با ترتیب حاصل از پژوهش های سردا (۱۹۹۸) و فریرا و پاناگوپولوس (۲۰۱۲) متفاوت است. رتبه بالاتر زمستان در پژوهش های قبلی به دلیل استفاده از شبیه ساز باران در آنها و استفاده از داده های واقعی بارش فصل زمستان در حوضه ورتوان است که عمدتاً به شکل برف است می باشد.

نتایج آزمون مقایسه میانگین ها (تجزیه واریانس) نشان دادند که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین مقادیر رسوب های تجمع یافته در تله های هر واحد در سطح اطمینان یک درصد وجود دارد و میزان فرسایش در این حوزه دارای تغییرات مکانی زیادی است. بر اساس میانگین وزن رسوب های موجود در تله ها، میزان فرسایش پذیری خاک به ترتیب در واحدهای توف پلاژیوکلازدار، شیل ذغالی، گلسنگ قرمز، آندزیت، توف، ماسه سنگ شمشک، ماسه سنگ قرمز، آهک شیلی و نهایتاً آهک اوربیتولین دار کاهش می یابد. فرسایش کم واحدهای آهکی (آهک شیلی و آهک اوربیتولین دار) به دلیل شکستگی بلوکی آهک و وجود قطعات بزرگ سنگی در خاک این واحدهاست که پوشش محافظی را در برابر فرسایش ذرات ریز این واحدها ایجاد می کنند. از طرفی وجود درز و شکاف زیاد در واحدهای سنگی آهکی باعث نگهداشت آب در این خلل و فرج ثانویه شده و شرایط مناسب رطوبتی را برای استقرار پوشش گیاهی فراهم می آورد. فرسایش نسبتاً کم واحدهای ماسه سنگی (ماسه سنگ شمشک و ماسه سنگ قرمز) را نیز می توان به بزرگ بودن قطر میانگین ذرات خاک این واحدها و مقاومت وزنی ذرات در برابر نیروی برشی روان آب نسبت داد. در حالیکه در واحدهای ریزدانه نظیر گلسنگ قرمز و شیل ذغالی، ذرات مقاومت کمی را در برابر نیروی برشی روان آب داشته و در نتیجه میزان فرسایش در این واحدها بالاست. واحدهای آندزیت و توف نیز به دلیل قطر متوسط ذرات و همچنین شرایط مناسب مربوطه به بوم شناسی برای استقرار پوشش گیاهی از میزان فرسایش متوسطی برخوردارند. البته باید به خاطر داشت که ترتیب یاد شده تنها مربوط به توان فرسایش پذیری واحدهای سنگ شناسی است و از آنجا که مساحت هر یک از این واحدها در حوزه متفاوت می باشد لذا ترتیب مذکور، به منزله ترتیب سهم واحدهای سنگ شناسی در رسوب خروجی از حوزه نیست.

#### منابع

- Achouri, M. and Gifford, G.F. 1984. Spatial and seasonal variability of field measured infiltration rates on a rangeland site in Utah. *J. Range Manage.*, 37: 451-455.
- Ayoubi, Sh., and Hosseinalizadeh, M. 2007. Assessment spatial variability of soil erodibility by us-



15. Mosaffaie, J., Talebi, A. 2014. A Statistical View to the Water Erosion in Iran. Extension and Development of Watershed Managment 2 (5), 9-17.
16. Mosaffaie, J. 2015. Comparison of two methods of regional flood frequency analysis by using L-moments. Water Resources. 42 (3): 313-321.
17. Mosaffaie, J., Ekhtesasi, M. R., Dastorani, M. T., Azimzadeh, H. R., Zare Chahuki, M. A. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. Arabian Journal of Geosciences 8 (8): 5971–5979. DOI: 10.1007/s12517-014-1628-z.
18. Mosaffaie, J. 2016. Application of artificial neural network, multiple-regression and index-flood techniques in regional flood frequency estimation. International Journal of Water 10 (4): 328-342.
2009. Determining erosion types contributions to the sediment yield using sediment fingerprinting method (Case study: Margan watershed, Makoo). Iranian journal of soil and waters sciences, 19(1): 83-94.
13. Hosseinalizadeh, M., Ahmadi, H., Feiznia, S., Rivaz, F. and Naseri, M. 2013. Determination and comparison of soil redistribution rate by geostatistical simulation and prediction (Case Study: Kachik sub-catchments of Golestan Province). J. of Water and Soil Conservation, 20(5): 115-130. (In Persian).
14. Mosaffaie, J., Ownegh, M., Mesdaghi, M. and Shariatjafari, M. 2009. Comparing the efficiency of statistical and empirical landslide hazard zonation models in Alamout watershed. J. of Water and Soil Conservation, 16(4): 43-61. (In Persian).

