

## تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تولید رسوب در حوضه آبخیز مندریجان

سیدحمید رضا صادقی<sup>۱</sup>، غلامرضا شجاعی<sup>۲</sup> و حمیدرضا مرادی<sup>۳</sup>

## چکیده

حفاظت خاک و جلوگیری از تولید رسوب لازمه حفظ و احیا منابع طبیعی تجدید شونده و توسعه همه جانبه آبخیزها می باشد. میزان و شدت تولید رسوب در یک منطقه عموماً تابع شرایط اقلیمی، پستی و بلندی، خاک و کاربری اراضی می باشد که در این میان نقش کاربری اراضی به دلیل تأثیر معنی دار انسان بر آن نسبت به دیگر عوامل مهم تر است. در این پژوهش جهت بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی با تولید رسوب، حوضه آبخیز مندریجان واقع در سراب حوضه آبخیز سد زاینده رود با مساحت ۲۳۰۰۰ هکتار انتخاب گردید. به منظور انجام پژوهش از آمار بارندگی ایستگاه کلیماتولوژی چادگان و ایستگاه رسوب سنجی مندریجان طی سالهای ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۱ و نقشه های کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده MSS سال ۱۹۷۹، TM سالهای ۱۹۹۰ و ۱۹۹۸ میلادی و هم چنین سنجنده ETM مربوط به سال ۲۰۰۲ استفاده شد. ارتباط بین تغییرات رسوب و بارش سالیانه با استفاده از میانگین متحرک ۵ ساله و روابط رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. سپس ارتباط بین تغییرات هر یک از کاربری ها با میزان رسوب مربوط به دوره های منطبق با تصاویر ماهواره ای با استفاده از روابط رگرسیونی ارزیابی شد. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد که علی رغم وجود تغییرات معنی دار در مقادیر بارش سالیانه در سطح اعتماد ۹۹ درصد، نقش کنترلی آن بر تولید رسوب به دلیل عدم هماهنگی روند و غیرهمزمانی تغییرات ایجاد شده در آن ها کم بوده حال آن که نتایج ارتباط رگرسیونی حاکی از نقش کنترل کنندگی بیش تر کاربری کشاورزی آبی بر تولید رسوب به شکل توان سوّم با ضریب تبیین ۰/۹۹ و خطای تخمین ۱۲ درصد بوده است.

واژه های کلیدی: تصویر ماهواره ای، تولید رسوب، حوضه آبخیز مندریجان، سد زاینده رود، کاربری اراضی

## مقدمه

تخریب خاک<sup>۱</sup> در نتیجه فعالیت انسان امروزه به-عنوان یک معضل اجتماعی مطرح بوده و نقش عامل انسانی در پیدایش و تسریع روند تخریب خاک در بسیاری از مناطق روشن گردیده است. امروزه عواملی همچون عدم استفاده صحیح از اراضی کشاورزی، شخم روی شیب‌های تند، چرای مفرط، جاده‌سازی، ساختمان-سازی، معدن‌کاوی و غیره باعث افزایش میزان رسوب و به تبع آن نابودی منابع طبیعی گردیده است، حال آن‌که اگر از زمین به میزان توان آن استفاده شود خطرات ناشی از فرسایش به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند (شریعت جعفری، ۱۳۷۶؛ صادقی و همکاران، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵).

میزان و شدت تولید رسوب در یک منطقه عموماً تابع شرایط اقلیمی، پستی و بلندی، خاک و کاربری اراضی<sup>۲</sup> می‌باشد که در این میان کاربری اراضی نسبت به دیگر عوامل موثرتر است. کاربری اراضی به هر دو مسأله استفاده از اراضی و مدیریت به کار رفته در آن‌ها بر می-گردد. فعالیت‌های استفاده از اراضی عوامل دیگر موثر بر فرآیند فرسایش خاک را نیز تحت تاثیر قرار داده و لذا مهم‌تر و موثرتر از سایر عوامل است (ترنس و همکاران، ۲۰۰۱).

کشور ایران نیز از تغییرات شدید در نوع کاربری اراضی مصون نمانده و کاهش وسعت اراضی جنگلی و مرتعی و تبدیل آن‌ها به کاربری‌های کشاورزی، تجاری و مسکونی و به تبع آن تشدید سیلاب و افزایش میزان تولید رسوب سالانه بر این امر دلالت دارد (کاشکی، ۱۳۸۰). لذا بررسی ارتباط بین تغییرات ایجاد شده در کاربری‌های مختلف و هر یک از پیامدهای آن در راستای مدیریت صحیح و بهینه آن‌ها ضروری بوده تا زمینه‌سازی لازم در راستای مدیریت جامع و همه جانبه آبخیز فراهم نموده تا ضمن بهره‌برداری بهینه از منابع موجود در آن میزان هدررفت آب و تولید رسوب به حداقل ممکن تقلیل یابد.

پژوهش‌های مختلف در نقاط مختلف جهان

دلالت بر ارتباط تولید رسوب با کاربری اراضی و تغییرات ناشی از آن داشته است. در همین راستا مورگان (۱۹۸۰) اظهار نمود که تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی باعث تشدید میزان رسوب رودخانه‌ها در انگلستان شد. داچ و همکاران (۱۹۹۰) میزان رسوب در آبخیزهای جنگلی تبدیلی به کشاورزی واقع در اسکاتلند را بسیار زیاد گزارش کردند. صادقی (۱۹۹۷) نیز اظهار داشت که میزان رسوب تولیدی در حوضه‌های آبخیز به خصوصیات کاربری اراضی وابسته بوده به نحوی که حداکثر و حداقل تولید رسوب در حوضه آبخیز کسلیان به ترتیب در حوضه‌های آبخیز کشاورزی و جنگل را گزارش نموده است. مرزوک و دمان (۱۹۹۸) با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۹۷۶ و تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۰ و ۱۹۹۶ به این نتیجه رسیدند که تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی باعث افزایش رسوب در کوهستان‌های مراکش شده است. آنسواندی (۱۹۹۹) افزایش مساحت مناطق جنگلی را موثرترین راه در کاهش فرسایش - دانسته به طوری که تغییرات عمده در کاربری‌های جنگل و باغ‌ها به مناطق مسکونی را دلیل عمده افزایش روان‌آب و رسوب در شمال اندونزی اظهار کرده است. واکا و همکاران (۲۰۰۰) تاثیر معنی‌دار در تولید رسوب در اثر تغییر کاربری‌های اراضی تحت پوشش اکالیپتوس، مناطق سوخته و مناطق متروکه چرا شده در ایتالیا را گزارش نمودند. وانیومی و همکاران (۲۰۰۲) اظهار نمودند که تغییرات جزئی در کاربری اراضی از جنگل به اراضی کشاورزی در بلژیک باعث تاثیر معنی‌دار روی تولید رسوب شده است. بروئر و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر تغییرات کاربری اراضی را با مدل‌سازی ارتباط خصوصیات فیزیکی خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز آ<sup>۳</sup> در آلمان معنی‌دار گزارش نمودند. لاوال (۲۰۰۴) اظهار داشت که تغییرات زیاد کاربری‌های اراضی تاثیر معنی‌داری بر تولید رسوب در بنین<sup>۴</sup> داشته است. سردا و لاسانتا (۲۰۰۵) تغییر کاربری مناطق علفزار اسپانیا به کاربری‌های کشاورزی و خصوصاً تبدیل به گیاهان غله‌ای

3. Aar  
4. Benin

1. Land Degradation  
2. Land Use

حاکی از آن است که حدود ۵۰ درصد از ریزش در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی و تقریباً ۵۰ درصد از ریزش‌های جوی به صورت برف رخ می‌دهد اقلیم منطقه بر اساس تقسیم‌بندی کوپن معتدل یا سرد با تابستان‌های خنک می‌باشد. بر اساس تحلیل داده‌های هیدرومتری سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۱ ایستگاه مندریجان (شکل ۱)، حجم روان آب سالیانه، حداکثر دبی روزانه و ضریب روان آب متوسط آن به ترتیب ۱۵/۲ میلیون مترمکعب، ۳۳ مترمکعب بر ثانیه و ۰/۷۶۱ گزارش شده است. منطقه مورد نظر دارای کاربری‌های اصلی کشاورزی با وسعت ۴۹/۷ درصد و کشت غالب گندم و جو و مرتع متوسط با گستره تقریبی ۳۱/۳ درصد و ده تیپ گیاهی بوده و مابقی به ترتیب مناطق سنگلاخی و صخره‌ای، باغ و روستا با سطح نسبی حدود ۱۷/۸، ۰/۵ و ۰/۸ درصد اختصاص دارد. حوضه آبخیز مندریجان، ضمن قرارگیری در تقسیمات تکتونیکی سنندج - سیرجان، غالباً روی شیست‌های آهکی واقع شده است. در محدوده مورد مطالعه رسوبات از قدیم به جدید به صورت شیست‌های آهکی و اسلیت ژوراسیک زیرین، آهک اربیتولین‌دار کرتاسه زیرین و رسوبات عهد حاضر می‌باشد. هم‌چنین خاک‌های منطقه بر اساس قابلیت نفوذ در گروه‌های B و C طبقه‌بندی شده‌اند (شجاعی، ۱۳۸۴). شکل ۱ سیمای کلی و موقعیت حوضه آبخیز مندریجان را نشان می‌دهد.

### روش پژوهش

به منظور انجام پژوهش حاضر در ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی موجود در منطقه شامل کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع متوسط، مرتع ضعیف و هم‌چنین خاک لخت و رخنمون سنگی مربوط به هر یک از تصاویر سنجنده‌های MSS سال ۱۹۷۹، TM سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۸ و ETM سال ۲۰۰۲ پس از اعمال تصحیحات هندسی لازم روی تصاویر، از روش چشمی همراه با پردازش رقومی و تکمیل برداشت‌های صحرائی به صورت تلفیقی و با روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد (رضایی، ۱۳۸۲).

در طول دوره ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۹ را باعث تغییرات معنی‌دار رسوب دانستند. نتایج به دست آمده از پژوهش رومپایی و همکاران (۲۰۰۷) از طریق مدل‌سازی پویا در خصوص تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تولید رسوب در جمهوری چک طی دهه نود دلالت بر کاهش حدود ۷۵ درصد رسوب ناشی از افزایش ۱۵۰ درصد وسعت اراضی مرتعی داشته است. هم‌چنین افزایش چندین ده برابری میزان رسوب‌گذاری در یک دریاچه در نواحی غربی کانادا و ناشی از گسترش کاربری کشاورزی توسط کولوک و بور (۲۰۰۷) گزارش شده است.

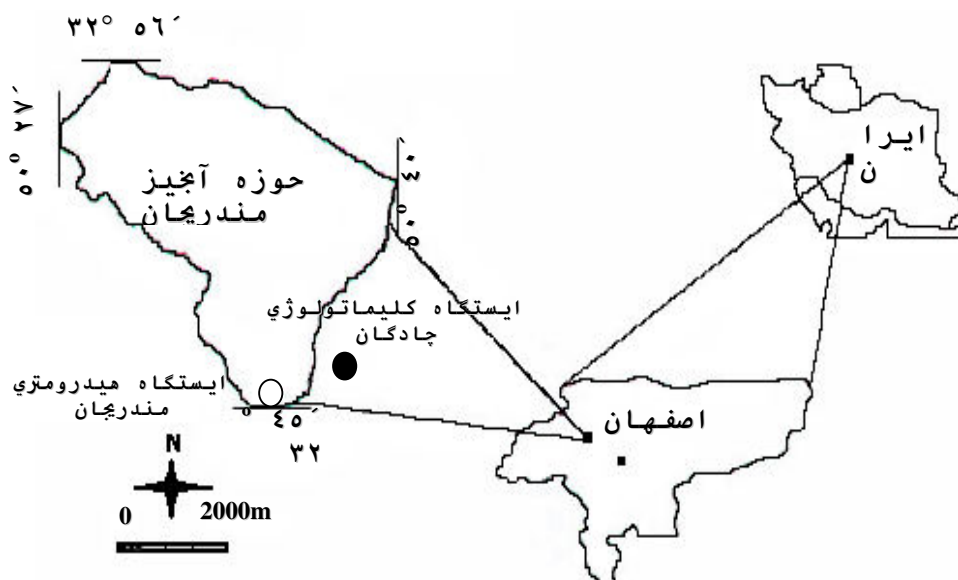
در ایران نیز چپی (۱۳۷۷) تبدیل مراتع متوسط و حتی مراتع فقیر و مخروبه به اراضی زیر کشت را باعث تاثیرگذاری معنی‌داری روی تولید رسوب در حوضه آبخیز چهل‌گزی سد قشلاق سنندج دانست. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۰) در حوضه آبخیز قره کهریز اراک تفاوت میانگین فرسایش و رسوب در کاربری زراعت آبی و مرتع در سطح اعتماد ۹۰ درصد و کاربری دیم و زراعت آبی در سطح اعتماد ۹۵ درصد را معنی‌دار دانست.

با توجه به بررسی سوابق و نظر به اختلاف تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تولید رسوب و هم‌چنین تأکید بیش‌تر در تبیین ارتباط بین کاربری اراضی و تولید رسوب، پژوهش حاضر در صدد مطالعه و بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و تولید رسوب در یکی از زیر حوضه‌های آبخیز سد زاینده‌رود در استان اصفهان بوده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه آبخیز مندریجان با مساحت ۲۳۰۰۰ هکتار یکی از ۲۸ زیر حوضه‌های سد زاینده‌رود می‌باشد که در حد واسط طول شرقی ۲۷° ۵۰ تا ۴۰° ۵۰ و عرض شمالی ۴۵° ۳۲ تا ۵۶° ۳۲ قرار گرفته است. ارتفاع حداکثر، متوسط و حداقل حوضه آبخیز به ترتیب ۳۶۴۲، ۲۴۳۰ و ۲۱۰۰ متر و شیب متوسط آن ۱۳/۳ درصد می‌باشد. متوسط بارش سالیانه منطقه نیز ۴۲۰ میلی‌متر برآورد شده است. هم‌چنین مطالعات انجام شده



شکل ۱: سیمای کلی و موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز مندريجان

شرایط طبیعی، پیچیدگی‌های خاص نقطه و دقت کار روی زمین انتخاب شد. سپس موقعیت هر یک از نقاط با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی<sup>۴</sup> کنترل و وضعیت و شرایط کاربری و طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس مطالعات پوشش گیاهی منطقه با تصویر مقایسه و پس از اطمینان از صحت نقشه‌ها و به‌کارگیری روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشینه درست‌نمایی و دستیابی به ضریب کاپا بیش از ۹۴ درصد، نهایتاً نقشه کاربری اراضی تهیه شد. سپس سایر نقشه‌ها با تکیه بر این نقشه و با استفاده از قابلیت سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۵</sup> و نرم‌افزار ILWIS استخراج گردید (راجان و شیباساکی، ۲۰۰۱).

در ادامه داده‌های روزانه بارش ایستگاه کليما تولوژی چادگان و رسوب‌سنجی مندريجان به‌مدت ۲۴ سال تهیه و پس از ویرایش به محیط Excel وارد و داده‌های روزانه بارش و رسوب به‌صورت سالانه تبدیل شده و مطابق با سال هریک از تصاویر ماهواره‌ای به چهار دوره تقسیم گردید. سپس ارتباط بین تغییرات رسوب و بارش سالیانه و هم‌چنین روند تغییرات آن‌ها با استفاده

در این رابطه ابتدا نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ با مراجعه به منطقه مطالعاتی و انتخاب نقاط تعلیمی و زمین مرجع کردن<sup>۱</sup> کردن نقشه با مختصات زمینی تهیه گردید. برای این منظور، ابتدا محدوده حوضه آبخیز مندريجان با انتخاب و ساخت باندهای ترکیبی قرمز، سبز و آبی ۲، ۳ و ۴ TM تعیین و سپس محدوده مورد مطالعه بر اساس تن رنگ، بافت، فیزیوگرافی و شکل بخش‌های همگن از نظر کاربری به صورت چشمی، تقسیم‌بندی و تفسیر رقومی آن نیز انجام شد. با انجام پردازش رقومی داده‌های تصویری با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده<sup>۲</sup>، آماده-سازی اطلاعات و طبقه‌بندی شبکه‌ای آن‌ها در ۶ طبقه در نرم‌افزار ILWIS صورت گرفت. پس از طبقه‌بندی NDVI و مقایسه آن با تصاویر در باندهای ۲، ۳ و ۴ با استفاده از دستور Geolink، طبقات تعیین شده با تصاویر مطابقت و کاربری‌ها تعیین شد. سپس با برداشت و کنترل نقاط شاهد بر اساس تغییرات طبقات ایجاد شده با مقدار DN<sup>۳</sup>، ۴۰ نقطه در هکتار با توجه به

4. Global Positioning System (GPS)  
5. Geographical Information System (GIS)

1. Georeference  
2. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)  
3. Digital Number

با توجه به جدول ۱ بیشترین و کمترین میزان رسوب تولیدی در حوضه آبخیز مندریجان به ترتیب ۵۰۴۵۲/۸۵ و ۱۷۲ تن مربوط به سالهای ۱۳۶۷ و ۱۳۸۱ بوده و نیز بیشترین و کمترین میزان بارش به ترتیب ۴۹۴/۹ و ۴۰/۸ میلی‌متر مربوط به سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۸۱ می‌باشد. همچنین با توجه به جدول ۲ در دوره اول بیشترین وسعت کاربری اراضی مربوط به کاربری مرتع با پوشش ضعیف و کمترین میزان وسعت مربوط به کاربری دیم با وسعت تقریبی صفر هکتار بوده است. همچنین در دوره دوم بیشترین میزان وسعت کاربری مربوط به کاربری مرتع با پوشش ضعیف و کمترین میزان وسعت مربوط به کاربری کشاورزی آبی بوده است. در دوره سوم بیشترین میزان وسعت مربوط به کاربری مرتع با پوشش ضعیف و کمترین میزان وسعت مربوط به کاربری کشاورزی آبی بوده است و در نهایت در دوره چهارم بیشترین میزان وسعت مربوط به کاربری مرتع با پوشش ضعیف و کمترین میزان وسعت مربوط به کاربری خاک لخت بوده است.

نتایج ارزیابی آنالیز واریانس داده‌های متوسط سالیانه بارش و رسوب در جدول ۴ خلاصه شده‌اند. همچنین نظر به تغییرات معنی‌دار بین داده‌های دوره‌ای بارش سالیانه از آزمون دانکن استفاده شده که نتایج به دست آمده در جدول ۵ آورده شده است.

از رسم مقادیر مربوطه روی محور مختصات، میانگین متحرک پنج ساله (موترجا، ۱۹۹۰) و برازش رگرسیون خطی در نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت. تغییرات مقادیر رسوب و بارش در داخل هر سری داده (درون گروهی) و سپس بین هر دوره مطالعاتی (بین گروهی) به‌طور جداگانه با توجه به نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها<sup>۱</sup> و سپس طبقه‌بندی آن‌ها با کمک آزمون دانکن صورت گرفت. در ادامه ارتباط بین وسعت هر یک از کاربری‌های اراضی با میزان رسوب در دوره‌های مورد مطالعه از طریق اعمال ارتباط رگرسیونی و برازش اشکال مختلف رگرسیون دو متغیره در راستای دستیابی به حداکثر ضریب تبیین<sup>۲</sup> و هم-چنین سطح معنی‌داری انجام پذیرفت. به‌منظور ارزیابی کارایی مدل‌های حاصل از خطای نسبی تخمین<sup>۳</sup> در مدل‌سازی و حد قابل قبول کمتر از ۴۰ درصد (موحد دانش، ۱۳۶۶؛ داس، ۲۰۰۰؛ لیو و لی، ۲۰۰۸) طبق رابطه ۱ استفاده شد.

$$RE = \left| \frac{S_o - S_e}{S_o} \right| \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه، RE درصد خطای نسبی،  $S_o$  مقدار مشاهده‌ای و  $S_e$  مقدار برآوردی رسوب سالیانه با استفاده از وسعت کاربری‌های مورد بررسی می‌باشد. در ادامه روند تغییرات هر یک از کاربری‌های اراضی با میزان رسوب تولیدی هر یک از دوره‌های مورد مطالعه بررسی و با نتایج حاصل از مدل‌سازی مقایسه و تاثیر و نقش هر یک از کاربری‌ها در تولید رسوب مشخص گردید.

## نتایج

مقادیر بارش و رسوب سالیانه و همچنین وضعیت آن‌ها نسبت به یکدیگر به‌انضمام میانگین متحرک ۵ ساله آن‌ها به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ و شکل ۲ نشان داده شده است. وضعیت تغییرات وسعت هر یک از کاربری‌ها نیز در جدول ۳ آورده شده است. روند تغییرات رسوب و بارش سالیانه از دیدگاه رگرسیون خطی در سال‌های مطالعاتی در شکل ۳ نشان داده شده است.

1. Analysis of Variance, ANOVA
2. Coefficient of Determination
3. Relative Error of Estimation

جدول ۱: آمار رسوب و بارش سالیانه‌ی حوضه آبخیز مندریجان

سال	بارش (m)	رسوب (T)
۱۳۵۸	۱۸۲/۳	۳۰۶۲/۹
۱۳۵۹	۱۷۱/۷	۱۷۸۷۵/۸
۱۳۶۰	۶۹/۲	۴۸۷۶/۷
۱۳۶۱	۱۱۴/۴	۲۳۹۷/۶
۱۳۶۲	۸۸/۵	۲۳۸۷/۸
۱۳۶۳	۱۶۷/۷	۱۸۰۶/۲
۱۳۶۴	۶۲/۱	۳۹۱/۵
۱۳۶۵	۱۶۵/۱	۶۱۰۱/۹
۱۳۶۶	۶۱	۷۹۸۰/۰
۱۳۶۷	۷۰/۹	۵۰۴۵۲/۹
۱۳۶۸	۳۰۶/۷	۵۹۱۷/۱
۱۳۶۹	۲۵۶/۷	۱۶۴۹/۱
۱۳۷۰	۳۱۹/۳	۱۵۰۹/۳
۱۳۷۱	۲۷۷/۴	۶۰۵۲/۵
۱۳۷۲	۴۹۴/۹	۱۶۲۲۶/۸
۱۳۷۳	۴۵۷	۸۸۷۶/۵
۱۳۷۴	۱۹۳/۷	۹۲۳/۲
۱۳۷۵	۳۶۹/۳	۱۰۶۳/۷
۱۳۷۶	۲۶۹/۲	۱۲۱۰/۷
۱۳۷۷	۳۴۶	۷۶۵/۹
۱۳۷۸	۲۲۳/۹	۲۹۸/۸
۱۳۷۹	۲۱۶	۲۸۴/۲
۱۳۸۰	۲۶۵	۱۷۶/۳
۱۳۸۱	۴۰/۸	۱۷۲/۰

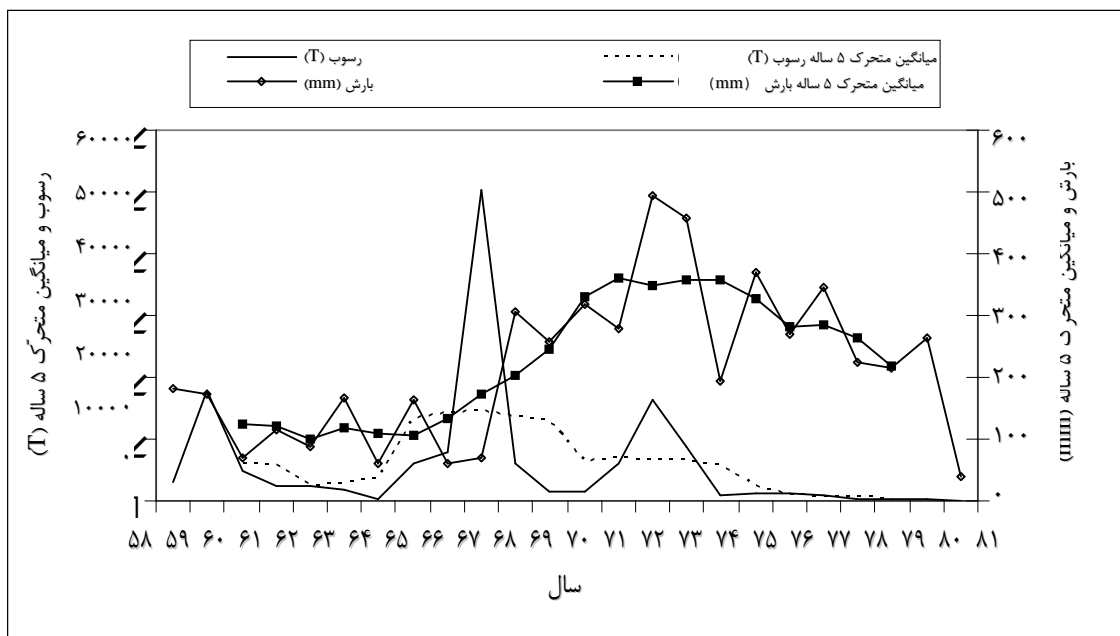
جدول ۲: میانگین داده‌های رسوب و بارش دوره‌های مطالعاتی و وسعت کاربری اراضی سال‌های منتهی دوره و مستخرج از

تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آبخیز مندریجان

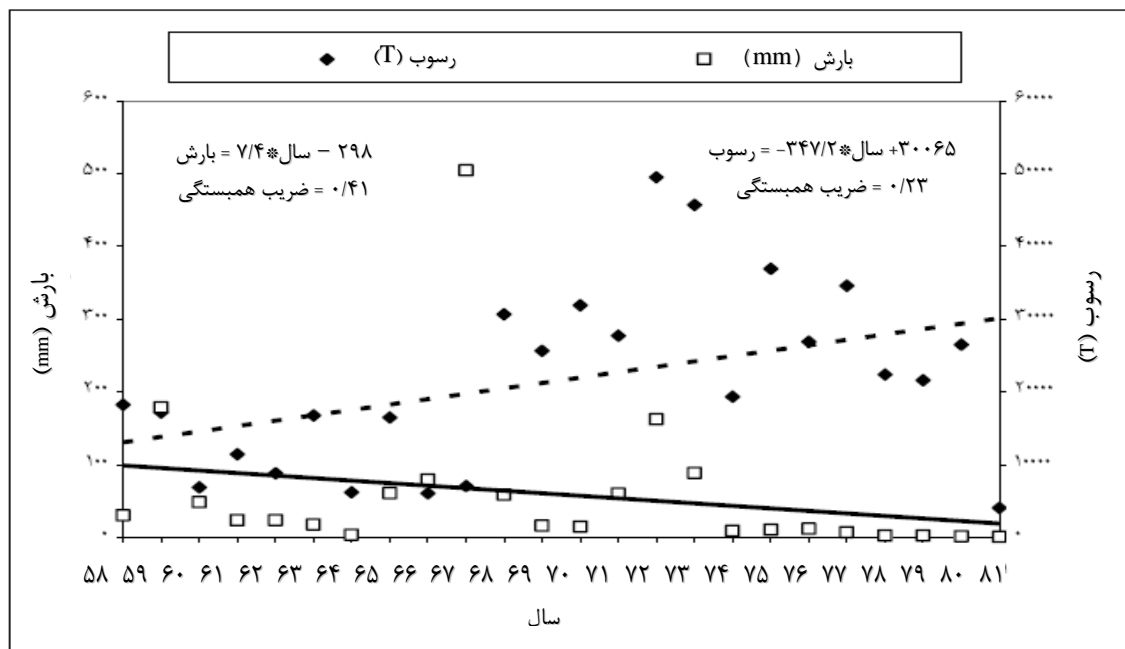
سال یا دوره	کاربری اراضی در سال‌های انتهایی دوره (ha)							
	میانگین بارش سالیانه (mm)	میانگین رسوب سالیانه (T)	رخنمون سنگی	خاک لخت	مرتع			
					کشاورزی	دیم	متوسط ضعیف	
۱۳۵۸	۱۸۲/۳	۳۰۶۲/۸	۱۱۱۵/۵	۴۰۴۱/۰	۱۱۴۶۹/۰	۴۹۸۰/۵	۰/۰	۱۳۹۴/۰
۱۳۵۸-۱۳۶۹	۱۳۹/۵	۹۲۵۷/۹	۱۱۱۵/۵	۲۴۷۵/۰	۱۲۸۵۹/۰	۲۵۱۶/۵	۲۱۷۴/۶	۱۷۹۵/۴
۱۳۶۹-۱۳۷۷	۲۴۰/۹	۴۵۷۸/۶	۱۱۱۵/۴	۲۴۷۵/۰	۱۰۳۷۶/۰	۵۴۳۵/۶	۲۳۰۵/۵	۱۲۹۲/۴
۱۳۷۷-۱۳۸۱	۱۸۶/۴۲۵	۲۱۵/۱۲۸	۱۱۱۵/۴۶۲	۱۱۷۵/۲۰۴	۱۱۸۶۲/۸۰۴	۵۶۲۴/۵۰۱	۱۷۲۸/۰۵۶	۱۴۹۳/۹۶۶

جدول ۳: تغییرات نسبی مساحت کاربری‌های مختلف اراضی در سال‌های منتهی دوره و مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای دوره‌های مورد مطالعه در حوضه آبخیز مندریجان

تغییرات مساحت (درصد)	کاربری اراضی	تغییر کاربری اراضی
۲۸/۸۰	کشاورزی آبی	
ایجاد کشت دیم	کشاورزی دیم	
-۴۹/۴۷	مرتع با پوشش متوسط	سال ۱۳۶۹ نسبت به سال ۱۳۵۸
۱۲/۱۱	مرتع با پوشش ضعیف	
-۳۷/۱۶	خاک با پوشش لخت	
-۲۸/۰۱	کشاورزی آبی	
۶/۰۲	کشاورزی دیم	
۸۹/۷۰	مرتع با پوشش متوسط	سال ۱۳۷۷ نسبت به سال ۱۳۶۹
-۱۹/۳۰	مرتع با پوشش ضعیف	
-۲/۵۱	خاک با پوشش لخت	
۱۳/۵۰	کشاورزی آبی	
-۲۵/۰۴	کشاورزی دیم	
۳/۴۷	مرتع با پوشش متوسط	سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۷۷
۱۴/۳۲	مرتع با پوشش ضعیف	
-۵۲/۵۱	خاک با پوشش لخت	



شکل ۲: نمودار روند تغییرات و میانگین متحرک پنج ساله رسوب و بارش سالیانه در حوضه آبخیز مندریجان



شکل ۳: نمودار روند تغییرات سری زمانی بارش و رسوب سالیانه در حوضه آبخیز مندریجان

جدول ۴: تجزیه واریانس مربوط به متغیر بارش و رسوب سالیانه دوره‌های مختلف در حوضه آبخیز مندریجان

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میزان F	سطح معنی‌داری
بارش	بین گروه‌ها	۱۹۲۵۸۵/۷	۲	۹۶۲۹۲/۸	۱۱/۴۴۹	۰/۰۰۰**
	درون گروه‌ها	۱۶۸۲۰۶/۲	۲۰	۸۴۱۰/۳	-	-
	کل	۳۶۰۷۹۱/۹	۲۲	-	-	-
رسوب	بین گروه‌ها	۲/۶۷*۱۰ <sup>۸</sup>	۲	۱۳۳۳۵۰۲۰۰	۱/۱۵۱	۰/۳۳۰
	درون گروه‌ها	۲/۳۲*۱۰ <sup>۹</sup>	۲۰	۱۱۵۸۴۴۸۲۹	-	-
	کل	۲/۵۸*۱۰ <sup>۹</sup>	۲۲	-	-	-

جدول ۵: نتایج آزمون دانکن مربوط به متغیر بارش در دوره‌های

مطالعاتی

گروه‌ها	تعداد	سطح معنی‌داری
دوره اول	۱۱	۱۳/۴۵
دوره دوم	۸	۳۴۰/۸۵
دوره سوم	۴	۱۸۶/۴۲
بین دوره‌ها	-	۰/۰۱۸*

\* نشان‌گر معنی‌دار بودن اختلافات در سطح ۵ درصد است.



## بحث

کشاورزی شدید، شخم و شیار و عملیات زراعی می‌باشد که در منطقه مطالعاتی به صورت گسترده و غیر اصولی صورت پذیرفته است.

بررسی تصاویر تهیه شده در سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۷۷ حاکی از آن می‌باشد که کاربری‌های مرتع با پوشش متوسط و کشاورزی دیم افزایش محسوسی داشته و لیکن کاربری‌های کشاورزی آبی، مرتع با پوشش ضعیف و خاک با پوشش لخت کاهش داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این دوره‌ی زمانی افزایش مساحت کاربری مرتع با پوشش متوسط به میزان ۸۹/۷۰ درصد و کاهش کاربری‌های کشاورزی آبی و دیم و به تبع آن کاهش عملیات زراعی در روند تولید رسوب در حوضه آبخیز تاثیر کاهندگی داشته است.

مطالعه دوره‌ی چهارم نسبت به دوره‌ی سوم نیز نشان می‌دهد که کاربری‌های کشاورزی آبی، مرتع با پوشش متوسط و مرتع با پوشش ضعیف افزایش مساحت داشته و لیکن کاربری‌های کشاورزی دیم و خاک با پوشش لخت کاهش مساحت داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کاهش کشاورزی دیم به میزان ۲۵/۰۴- درصد و خاک با پوشش لخت به میزان ۵۲/۵۱- درصد در جهت کاهش عملیات زراعی و زمین بدون پوشش و افزایش مساحت کاربری‌های مرتع با پوشش متوسط به میزان ۳/۴۷ درصد و مرتع با پوشش ضعیف به میزان ۱۴/۳۲ درصد باعث گردیده که در این دوره مطالعاتی روند نزولی در تولید رسوب همچنان در حوضه آبخیز مطالعاتی مشاهده شود. این نتایج حاکی از آن است که روند تغییرات کاربری‌های اراضی روی تولید رسوب در مقاطع زمانی مورد مطالعه یکسان نمی‌باشد. اما ذکر این نکته حائز اهمیت است که در اکثر مقاطع زمانی مورد مطالعه کاربری کشاورزی آبی و دیم کنترل‌کننده اصلی تولید رسوب در حوضه آبخیز مورد مطالعه بوده است. با توجه به تاثیرگذاری تغییرات کاربری اراضی روی میزان تولید رسوب، نتایج ارتباط رگرسیونی بین متغیر کاربری اراضی و رسوب از بین مجموعاً ۴۶ مدل به صورت مدل-های نهایی در جدول ۶ نشان داده شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود وضعیت توزیع کاربری‌های مختلف در هر یک از سال‌های یاد شده مشابه نبوده و وضعیت تغییر آنها نسبت به یکدیگر نیز مشابه نمی‌باشد. با توجه به نتایج جدول ۵ همان‌طور که مشاهده می‌گردد تغییرات بارش در طول دوره‌های مورد مطالعه در منطقه‌ی مطالعاتی معنی‌دار بوده و انتظار می‌رود که باعث تغییر در میزان رسوب تولیدی حوضه آبخیز نیز شده باشد و لیکن تغییرات رسوب در طول دوره‌های مورد نظر معنی‌دار نمی‌باشد. از این‌رو تغییرات بارش در منطقه به گونه‌ای می‌باشد که فقط نقش کنترل‌کنندگی محدودی می‌تواند در تولید رسوب در منطقه مورد مطالعه داشته باشد و تغییرات کاربری اراضی عامل موثر تلقی شده است که این نتیجه‌گیری با یافته‌های مورگان (۱۹۹۵)، یو و نیلم (۱۹۹۵)، ریه و همکاران (۲۰۰۱)، رومیایی و همکاران (۲۰۰۷) و کرلوک و بور (۲۰۰۷) در خارج از کشور و چپی (۱۳۷۷) و نیز ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۰) در ایران مطابقت دارد، به طوری که با مشاهده روند تغییرات رسوب در طول دوره‌های مورد نظر، تغییرات رسوب به گونه‌ای می‌باشد که روند افزایشی داشته است. همچنین دقت در نقشه‌های کاربری اراضی و نمودارهای ۲ و ۴ بیان‌گر این موضوع می‌باشد که تغییرات شدید صورت گرفته در کاربری‌ها نیز موثر می‌باشد. با توجه به این امر می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری‌ها در سال‌های مورد نظر تاثیر معنی‌داری روی تولید رسوب داشته است.

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۷۷ نسبت به مقطع زمانی اول، کاربری کشاورزی آبی و مرتع با پوشش ضعیف افزایش داشته و کاربری مرتع با پوشش متوسط و خاک با پوشش لخت کاهش داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با توجه به نتایج به دست آمده وسعت کاربری دیم برای اولین بار به‌طور چشم‌گیری در منطقه مورد مطالعه پراکنش داشته است. با توجه به این موضوع و نیز افزایش کاربری کشاورزی آبی به میزان ۲۸/۸۰ درصد تاثیر معنی‌داری روی تولید رسوب و در این دوره پریود زمانی در منطقه مطالعاتی مشاهده می‌شود و این تاثیر به‌خاطر فعالیت‌های

جدول ۶: مدل‌های نهایی ارتباط متغیر کاربری اراضی و تولید رسوب در حوضه آبخیز مندریجان

متغیر	رابطه	مدل	ضریب تبیین	خطای تخمین (درصد)	سطح معنی‌داری
کشاورزی آبی و رسوب	۲	$S^2 = 5/9 \times 10^8 + 69811/01(I_f)^2 + 0/31(I_f)^3$	۰/۹۹	۱۲	۰/۰۴*
کشاورزی دیم و رسوب	-	----	----	----	----
مرتع متوسط و رسوب	۳	$S^3 = 9/6 \times 10^{11} - 3178/67(R_m)^2$	۰/۹۳	۳۴/۹	۰/۰۳*
مرتع ضعیف و رسوب	-	----	----	----	----
خاک لخت و رسوب	۴	$1/S = -0/02 + 8/05(B_s)$	۰/۹۰	۳۸/۹	۰/۰۴*

S رسوب (تن در روز)،  $I_f$  کشاورزی آبی (هکتار)،  $R_m$  مرتع با پوشش متوسط (هکتار) و  $B_s$  خاک با پوشش لخت (هکتار)

بخشی از حوضه آبخیز زاینده‌رود (مندریجان) می‌توان جمع‌بندی نمود که نتایج به‌دست آمده دلالت بر ارتباط تغییرات کاربری اراضی و تاثیر کنترل‌کنندگی آن روی تولید رسوب و تاثیرگذاری شدیدتر تغییرات کاربری کشاورزی آبی بر تولید رسوب در دوره‌های مورد مطالعه داشته است. در ضمن، از آنجایی که یافته‌های این پژوهش حاکی از تاثیرگذاری کم تغییرات معنی‌دار بارش بر تولید رسوب می‌باشد، لذا کارشناسان را بر آن می‌دارد که در سیاست‌های مدیریتی خود در حوضه آبخیز در جهت کاهش تولید رسوب و حفظ منابع آب و خاک توجه کافی داشته باشند. پیش‌بینی سیاست‌های دقیق و درست مدیریتی و اجرایی منابع منطقه مبتنی بر نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، انجام پژوهش‌های مشابه و استفاده از آمار طولانی‌مدت‌تر و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی بیش‌تر و با قدرت تفکیک بالاتر از پیشنهادها پژوهش حاضر است.

با توجه به روابط ارائه شده در جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری کشاورزی آبی، مرتع متوسط و خاک لخت با میزان رسوب تولیدی دارای ارتباط رگرسیونی معنی‌داری با ضریب تبیین بالا به- ترتیب ۹۹، ۹۳ و ۹۰ درصد و خطای تخمین پایین ۱۲، ۳۵ و ۳۹ درصد با شکل کلی روابط درجهٔ سوم، درجهٔ دوم و خطی معکوس می‌باشد. اما تغییرات کاربری کشاورزی دیم و مرتع ضعیف با میزان رسوب تولیدی دارای ارتباط رگرسیونی معنی‌داری نمی‌باشد و مدلی در این رابطه حاصل نگردید. این نتایج حاکی از تاثیر معنی- دار تغییرات کاربری اراضی روی تولید رسوب در حوضه آبخیز مورد مطالعه دارد که با نتایج کار داچ (۱۹۹۰)، لوال (۲۰۰۴) و سردا و لاسانتا (۲۰۰۵) هم‌خوانی دارد.

### جمع‌بندی

با توجه به پژوهش حاضر در راستای بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی با تولید رسوب در

## منابع

- ابراهیمی، ن. ق.، داوودی راد، ع. ا. و قدوسی، ج. ۱۳۸۰. بررسی تاثیر بهره برداری‌های مختلف از اراضی در فرسایش و رسوب حوضه آبخیز قره‌کهریز اراک، مجموعه چکیده مقالات همایش ملی مدیریت اراضی- فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، بهمن ماه ۱۳۸۰، ۱۷۷-۱۹۰ ص.
- چیپی، ک. ۱۳۷۷. بررسی نوع و میزان فرسایش در رابطه با مدیریت بهره برداری از اراضی و تعیین سهم رسوبدهی به منظور بهینه‌سازی کاربری اراضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۵ ص.
- رضایی، خ. ۱۳۸۲. راهنمای کاربردی نرم‌افزار ILWIS، چاپ اول، انتشارات ناقوس، تهران، ۲۴۷ ص.
- شریعت‌جعفری، م. ۱۳۷۶. ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شیب‌های طبیعی، مرکز پژوهشات حفاظت آب و خاک، انتشارات سازه، ۱۲۴ ص.
- شجاعی، غ. ر. ۱۳۸۴. بررسی ارتباط بین کاربری اراضی با فرسایش خاک و تولید رسوب در بخشی از حوضه آبخیز زاینده- رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۲ ص.
- صادقی، س. ح. ر.، رضوی، س. ل. و رئیسیان، ر. ۱۳۸۵. مقایسه دیم‌زار و مرتع فقیر در تولید رواناب و رسوب در تابستان و زمستان، مجله پژوهش کشاورزی (آب، خاک و گیاه در کشاورزی)، ۱۱(۴): ۲۲-۱۱.
- صادقی، س. ح. ر.، شجاعی، غ. ر. و مرادی، ح. ر. ۱۳۸۴. ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوضه مندریجان در آبخیز سد زاینده‌رود، نشریه علمی-پژوهشی آب و آبخیز، ۱۷(۴): ۲۳-۱۷.
- کاشکی، م. ت. ۱۳۸۰. فرسایش آبی و نقش آن در بیابان‌زایی مناطق خشک، مطالعه موردی حوضه آبخیز کویر بجستان، خراسان، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی- فرسایش خاک و توسعه پایدار، بهمن ۱۳۸۰: ۳۹۸-۴۰۹.
- موحد دانش، ع. ا. ۱۳۶۶. مقدمه‌ای بر هیدرولوژی و هیدرولوژی آماری، جلد اول، انتشارات عمیدی، تبریز، چاپ اول، ۴۰۳ ص.
- Answandi, A., 1999. Application of ANSWERS for watershed management planning (a case in Cikapundug Watershed, North Bandug). The Tenth ICID Afro Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage, July 19-26, 1998, Bali, Indonesia, 1.11-A: 12.
- Breuer, L., Huismon, J. A. and Frede, H. G., 2004. Uncertainty in predicting changes of water fluxes due to land use change. Hydrology: Science and practice for the 21st century, In: Proceedings of the British Hydrological Society Conference held at Imperial College of London, July 12-16, 2004, 9p.
- Cerda, A. and Lasanta, T., 2005. Land use changes and soil erosion in the Central Spanish Pyrenees, The Asia valley experimental station. Geophysical Research Journal, 7(175): 238-244.
- Das, G., 2000. Hydrology and soil conservation engineering, Prentice-Hall of India, 489pp.
- Duck, R. W., Mcmanus, J. and Dearing, J. A., 1990. Relationship between catchment characteristics land use and sediment yield in the midland valley of Scotland. Soil Erosion on Agriculture Land, John Wiley and Sons Ltd, New York, 285-300p.
- Koroluk, S. L. and de Boer, D. H., 2007. Land use change and erosional history in a lake catchment system on the Canadian prairies, Catena, 70(2): 155-168.
- Lawal, O. M., 2004. Estimation of impact of land use changes on catchment hydrology and sediment load in Southern Benin. Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre. Master Thesis. 84 p.
- Liu, X. and Li, J., 2008. Application of SCS Model in Estimation of Runoff from Small Watershed in Loess Plateau of China. Chinese Geographical Sciences, 18(3): 235-241.
- Merzouk, A. and Dhman, H., 1998. Shifting land use and its implication on sediment yield in the Riff Mountains (Morocco). In: Proceedings of International Soil Conservation Organization, Bonn, Germany, 31(1): 333-340.

- Morgan, R. P. C. 1980. Soil erosion and conservation in Britain, *Progress in Physical Geography*, (4):24-47.
- Morgan, R. P. C. 1995. Soil erosion and conservation. John Wiley and Sons, New York, 198p.
- Mutreja, K. N. 1990. Applied Hydrology, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, India, 960p.
- Rajan, K.S. and Shibasaki, R. 2001. A GIS based integrated land use/cover changes model to Study Agricultural and Urban Land Use Changes, *In: Proceedings of 22nd Asian Conference on Remote Sensing*, November 5-9, 2001, Singapore, 6p.
- Riebe, C., Kirchner, J., Granger, D. and Finkel, R. 2001. Minimal climatic control on erosion rates in the Sierra Nevada, California. *Geology Journal*, 29(5): 447-450p.
- Rompaey, A. V., Krasa, J. and Dostal, T. 2007. Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery, *Land Use Policy*, 24(3): 576-583.
- Sadeghi, S. H. R. 1997. Study on the role of vegetation cover on soil conservation, *In: Proceedings 6th International Seminar on Rain Catchment*, Tehran, Iran.
- Terrence, J. T., George, R. F. and Kenneth, G. R. 2001. Soil erosion, John Wiley and Sons Inc., NY., 338p.
- Vacca, A., Loddò, S., Ollessch, G., Puddu, R., Serra, G., Tomassi, D. and Atu, A. 2000. Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, (4): 69-92.
- Vanyompaey, A. J., Govers, G. and Puttemans, C. 2002. Modelling land use changes and their impact on soil erosion and sediment supply to rivers. *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, (27): 481-494.
- Yu, B. and Neilm, D. 1995. Implications of decrease in rainfall erosivity since the 1920s in the wet tropics of Queensland, Australia, *Australian Journal of Soil and Water Conservation*, 8(3): 38-43.

## Impact of Land Use Changes on Sediment Yield in Mandarijan Watershed Basin

Sadeghi<sup>1</sup>, S. H. R. Shojaee<sup>2</sup>, Gh. and Moradi<sup>3</sup>, H. R.

### Abstract

Soil conservation and sediment yield prevention is necessary for preservation and rehabilitation of renewable natural resources and integrated development of watersheds. The rate and type of sediment yield is generally a function of climatic conditions, topography, soil and land use characteristics out of which the importance of land use because of effective role of human is more than others. In the present study, the relationship between land use changes and sediment yield was studied in Manderijan watershed located in upstream of Zayandehrood dam basin covering an area about 23000 ha. The precipitation and the sediment data belonging to the period of 1979 to 2002 were respectively collected from Chadegan climatological and Manderijan hygrometry stations. The satellite images of MSS 1979, TM 1990, TM 1998 and ETM 2002 were also applied to map land use during study period. The relationship between sediment yield and annual precipitation changes were evaluated using five-years moving average and regression analysis. The assessment of relationship between land use changes and sediment yield was also made using regression equations for the periods corresponded on the time of available satellite images. The results of the study revealed that despite of significant variation in annual precipitation at the confidence level of 99%, it's controlling role on sediment yield was found to be low owing to inconsistency of changes trend and their non synchronous variations. The analysis of regression equations was also verified the significant relationship in cubic form between irrigated agricultural land use and sediment yield with high determination coefficient of 0.99 and low estimation error of 12%.

**Keywords:** Land use, Mandarijan Watershed, Satellite image, Sediment yield, Zayandehrood Dam

---

1. Associate Professor, Former M.Sc. Student and Assistant Professor Respectively, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor

-----

