



## ارتباط بین الگوهای پوشش گیاهی با میزان رسوبدهی حوضه با استفاده از مدلسازی هیدرولوژی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد فریمان)

راضیه معتمدی<sup>۱</sup>، فرزانه ناصری<sup>۲</sup>، محمود آذری<sup>۳\*</sup>، محمدتقی دستورانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی

<sup>۳\*</sup> نویسنده مسئول: استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد،

<sup>۴</sup> استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،

پست الکترونیک نویسنده مسئول: m.azari@um.ac.ir

### چکیده

مطالعه ساختار سیمای چشم‌انداز بر اساس اصول اکولوژی و سنج‌های سیمای سرزمین، ابزار مناسبی برای بیان کمی خصوصیات مکانی هر کاربری زمین محسوب می‌شود. ارزیابی اثرات سنج‌های چشم‌انداز از قبیل الگو، سیمای و موقعیت مکانی انواع مختلف اراضی بر خصوصیات هیدرولوژی و رسوب، اطلاعات ارزشمندی را برای تصمیم‌گیری مناسب و دستیابی به اهداف مدیریت جامع آبخیز فراهم می‌کند. این مطالعه به منظور بررسی ارتباط سنج‌های سیمای سرزمین و میزان رسوبدهی و تعیین مهمترین سنج‌ها در حوضه آبخیز سد فریمان انجام گردید. در مطالعه حاضر پس از تهیه نقشه کاربری اراضی و استخراج سنج‌های چشم‌انداز، از مدل SWAT جهت تعیین میزان رسوب هر یک از زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه استفاده گردید، پس از آن روش تحلیل مولفه‌های اصلی و رگرسیون گام‌به‌گام به منظور تعیین ارتباط بین سنج‌های سیمای سرزمین و میزان رسوبدهی زیرحوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد دو سنج میانگین اندازه لکه (AREA - MN) و شاخص تنوع سیمپسون (SIDI) با ضریب همبستگی ۷۱ و ۷۶ درصد بیشترین همبستگی را با میزان رسوبدهی زیرحوضه‌ها داشته‌اند. نتایج به دست آمده ضرورت توجه به توسعه کاربری‌های مختلف و ارتباط آن با فرایندهای فرسایش خاک در برنامه‌ریزی‌های منابع طبیعی و کاربری زمین را نشان می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** رسوبدهی، سنج‌های سیمای سرزمین، مدل SWAT، سد فریمان.

### مقدمه

تغییرات پوشش اراضی از جمله مهم‌ترین تغییرات سطح زمین می‌باشند که اثرات قابل توجهی بر روی فرایندهای محیطی می‌گذارند. از این رو کمی‌کردن الگوهای سیمای سرزمین نقش مهمی در درک اساس سیمای سرزمین دارد. سنج‌های سیمای سرزمین<sup>۱</sup> ابزارهای کمی‌ساز وضعیت چشم‌انداز و بیان اشکال مختلفی از الگوهای سیمای سرزمین هستند که تنوع و گوناگونی آنها موجب کاربرد آنها در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مطالعات زمین شده است. این سنج‌ها در سه سطح، چشم‌انداز، کلاس و لکه قابل اندازه‌گیری هستند و قادرند اطلاعات زیادی در مورد ساختار و تغییرات اجزای تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین ارائه نمایند و روابط بین الگوهای پوشش گیاهی و فرایندهای هیدرولوژیکی از قبیل رواناب، فرسایش خاک و میزان رسوبدهی را به خوبی نشان دهند. تغییر ساختار و الگوهای مکانی کاربری اراضی از جمله، وسعت، توزیع، شدت و فراوانی دخالت‌های بشری در حوضه آبخیز، عامل مهمی در درک شناخت فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز می‌باشد. از این رو بررسی ارتباط سنج‌های موثر بر فرایندهای هیدرولوژی ضروری می‌باشد. با معرفی سنج‌های سیمای سرزمین در سال‌های اخیر، تحلیل ارتباط بین





سیمای سرزمین و ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه تسهیل شده است با این وجود این ارتباط برای زیرحوضه‌های مختلف با شرایط اقلیمی گوناگون متنوع است که نیازمند تحقیقات منطقه‌ای می‌باشد. در ارتباط با برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه‌ها مدل‌های هیدرولوژیکی متعددی وجود داد. اما دامنه کاربرد مدل هیدرولوژیکی نیمه‌فیزیکی و نیمه‌توزیعی SWAT<sup>۲</sup> به مراتب وسیع‌تر از سایر مدل‌هاست. این مدل شبیه‌سازی فرسایش خاک و بار رسوب را با استفاده از معادله اصلاح‌شده جهانی فرسایش خاک<sup>۳</sup> انجام می‌دهد. در ادامه به چند مورد از این مطالعات در رابطه با بررسی الگوهای پوشش اراضی و فرایندهای هیدرولوژیکی اشاره می‌شود.

(میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳ پرداختند که پس از تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین و استخراج سنج‌ها در دو سطح کلاس و سیمای، از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، جهت انتخاب سنج‌های مناسب در تحلیل تغییرات سیمای سرزمین استفاده شد. در نهایت ۵ سنج شامل، مساحت کلاس (CA)، تعداد لکه (NP)، شاخص بزرگترین لکه (LPI)، نسبت چولیدگی لبه (PAFRAC) و شاخص تنوع شانون (SHADI)، به عنوان سنج‌های بهینه انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. (Zhou and Li, 2015). ارتباط شاخص‌های الگوی چشم‌انداز و فرایندهای هیدرولوژیکی را با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در حوضه Yanhe چین بررسی کردند. در این تحقیق هفت سنج موثر بر میزان رسوبدهی و رواناب تعیین شد. همبستگی بین میزان رسوب با سنج TCA<sup>۴</sup> و IJI<sup>۵</sup> بین ۰/۳ تا ۰/۵ و همبستگی شاخص تنوع شانون با میزان رسوبدهی سالانه منفی گزارش شد. در مطالعه‌ای دیگر، (Shi et al, 2014) اثرات کاربری اراضی و پارامترهای فیزیوگرافی موثر بر رسوب را در چین مطالعه کردند. بدین منظور با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی ارتباط بین رسوب ویژه و متریک‌های سرزمین و ۱۹ ویژگی ژئومورفیک حوضه تعیین شد. نتایج تحقیق نشان داد که درصد مساحت اراضی کشاورزی بیشترین تاثیر را در تولید رسوب داشته است. (Van Rompaey et al, 2007) اثر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک و رسوبدهی در کشور چک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج سناریوهای مختلف نشان داد که با تغییر کاربری زراعت به مرتع میزان رسوب ۵۰-۳۷ درصد کاهش داشته است. نتیجه کلی نشان می‌دهد که اثر پراکنش مکانی پوشش گیاهی به مراتب مهم‌تر از درصد تغییر آن می‌باشد. (et al, 2008) (Bakker) واکنش فرسایش خاک و تولید رسوب به تغییر کاربری اراضی را در چهار منطقه از اروپا مورد بررسی قرار دادند و اثر معنی‌دار پراکنش کاربری اراضی بر رسوبدهی نسبت به سایر عوامل شیب، فرسایش‌پذیری خاک و فاصله از رودخانه را گزارش نمودند.

با توجه به اهمیت کمی کردن الگوی پراکنش پوشش گیاهی و تجزیه و تحلیل آن برای درک تغییر و تحولات سیمای سرزمین هدف از این مطالعه، بررسی ارتباط سنج‌های سیمای سرزمین و میزان رسوبدهی و تعیین مهمترین سنج‌ها در ۲۸ زیرحوضه-آبخیز سد فریمان می‌باشد. بدین منظور از مدل هیدرولوژیکی SWAT برای محاسبه میزان فرسایش و رسوب حوضه و از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و رگرسیون گام به گام جهت تعیین ارتباط بین سنج‌های سیمای سرزمین و میزان رسوبدهی حوضه استفاده گردید.

## روش تحقیق

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز سد فریمان در محدوده عرض جغرافیایی ۳۵° ۳۳' ۰۱" تا ۳۵° ۴۱' ۱۰" و طول جغرافیایی ۵۴° ۳۴' ۵۹" تا ۱۱° ۴۴' ۵۹" در استان خراسان رضوی واقع شده است (حیات‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). متوسط بارندگی ۲۶۲/۹۲ میلی‌متر در سال و اقلیم حوضه بر اساس روش دومارتن، سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. طبق گزارشات منابع طبیعی حوضه سد فریمان، از جمله

Soil and Water Assessment Tool<sup>2</sup>

MUSLE<sup>3</sup>

Total Core Area (TCA)<sup>4</sup>

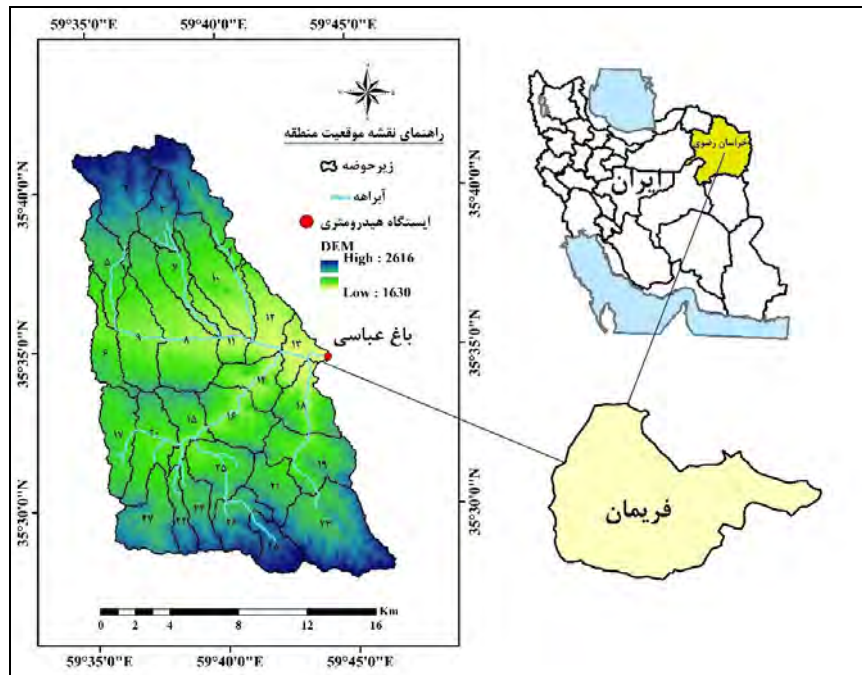
(IJI) Interspersion and juxtaposition index<sup>5</sup>



حوضه‌های با شدت فرسایش‌پذیری متوسط تا بالا می‌باشد. جدول ۱ مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شکل ۱ نقشه موقعیت حوزه آبخیز سد فریمان در استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

طول آبراه اصلی (km)	شیب متوسط حوضه (%)	ارتفاع حوضه (m)			مساحت (km <sup>2</sup> )
		حداکثر	متوسط	حداقل	
۲۳/۵۵	۱۶/۹۲	۲۶۱۶	۲۱۲۳	۱۶۳۰	۲۷۸/۸



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه آبخیز سد فریمان در استان خراسان رضوی

## مدل SWAT

مدل SWAT، مدلی نیمه‌توزیعی و پیوسته-زمانی است که برای پیش‌بینی تاثیر مدیریت اراضی بر هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز پیچیده و بزرگ با خاک، کاربری اراضی و شرایط مختلف مدیریتی طراحی شده است (Arnold et al, 1998). در شبیه‌سازی سیستم آبخیز با استفاده از مدل SWAT، مرحله زمینی مربوط به فرآیندهای سطح زمین و ورود آب، رسوب و عناصر شیمیایی به آبراه اصلی هر زیرحوضه است. مرحله آبی فرآیندهای آبراه‌ها و کانال‌های جریان از جمله حرکت آب، رسوب و مواد شیمیایی را شبیه‌سازی می‌کند (Gassman et al, 2007؛ Neitsch et al, 2011). در این مدل فرسایش و بار رسوب برای هر واحد پاسخ هیدرولوژیکی با استفاده از معادله اصلاح شده جهانی فرسایش خاک MUSLE تعیین می‌گردد. همچنین SWAT قابلیت ارائه نتایج در بازه‌های زمانی سالانه، ماهانه، روزانه و ساعتی را نیز دارا می‌باشد (Arnold et al, 2012). برای شروع کار با مدل، ابتدا مدل ارتفاع رقمی به افزونه Arc SWAT 2012 در نرم‌افزار Arc GIS 10.3.1 معرفی شد و با تعریف آستانه ۴۵۰ هکتار، مرز حوضه و زیرحوضه‌ها تعیین گردید. با تعیین محل ایستگاه هیدرومتری باغ‌عباسی حوضه مورد مطالعه به ۲۸ زیرحوضه تفکیک گردید و به‌منظور تعیین واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی حوضه، نقشه خاک در ۲۰ طبقه، نقشه کاربری اراضی حوضه با ۴ طبقه (زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع، مسکونی و روستا) و نقشه شیب با ۵ طبقه (۵-، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، >۳۰) به مدل معرفی شد. در بخش اقلیم، داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی و دمای بیشینه و کمینه ایستگاه تبخیرسنجی نیز به مدل معرفی گردید و مدل برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۱ اجرا شد. علت انتخاب این دوره، عدم اجرای اقدامات آبخیزداری و داشتن شرایط و رفتار طبیعی حوضه بوده است. در این مطالعه از روش شماره منحنی، هارگریوز و ماسکینگام به ترتیب برای محاسبه رواناب سطحی، تبخیر و تعرق و روندیابی جریان در رودخانه استفاده گردید.



جدول ۲- داده‌های مورد نیاز و منابع مربوطه برای اجرای مدل SWAT در حوضه سد فریمان

منبع اخذ داده	مقیاس	داده‌های مکانی
ERDAS 2014 در نرم‌افزار (Landsat5) تفسیر تصاویر ماهواره‌ای	۳۰ متر	نقشه کاربری اراضی
اداره کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی	۱:۲۰۰۰۰	نقشه خاک
www.usgs.gov	۳۰ متر	مدل ارتفاع رقومی

در این تحقیق، آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT، با استفاده از الگوریتم SUFI-2 در نرم‌افزار SWAT-CUP انجام گردید. الگوریتم SUFI-2 یک مدل معکوس می‌باشد و داده‌های خروجی مدل SWAT را به عنوان ورودی دریافت می‌کند و مقدار بهینه پارامترهای موثر در واسنجی را برآورد می‌نماید. این الگوریتم، برای ارزیابی عدم قطعیت از دو معیار P-factor و R-factor استفاده می‌کند. به منظور آنالیز حساسیت پارامترهای مدل، اقدام به انتخاب پارامترهای موثر بر دبی و رسوب در منطقه مورد مطالعه گردید. سپس آنالیز حساسیت به روش کلی بر روی ۳۰ پارامتر انتخاب شده برای دبی و ۱۴ پارامتر برای رسوب انجام شد و پارامترهای حساس مشخص گردید، پس از آن، مدل با داده‌های دبی و بار رسوب ماهانه برای دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۰۰ برای دبی و رسوب واسنجی و اعتبارسنجی گردید. سال‌های ۱۹۹۱-۱۹۹۷ برای واسنجی دبی، سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۱ برای واسنجی و سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۸ برای اعتبارسنجی دبی و رسوب در نظر گرفته شد. در پایان، به منظور ارزیابی نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT از شاخص‌های آماری معیار نش ساتکلیف<sup>۶</sup> و ضریب تعیین<sup>۷</sup> استفاده گردید.

#### محاسبه سنج‌های سیمای سرزمین

سنج‌های سیمای سرزمین به شاخص‌های توسعه یافته برای یافتن الگوی نقشه طبقه‌بندی شده اطلاق می‌شود که خصوصیات شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را قابل تعریف و مقایسه کمی با اعداد و رقم می‌کنند. سنج‌های سیمای سرزمین بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین‌ها می‌باشد. این سنج‌ها می‌توانند به عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین یا فهم تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان باشد (Leitao et al, 2006). در این پژوهش از نقشه کاربری اراضی (شکل ۲)، برای کمی کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین از نرم‌افزار Fragstats 4.2 استفاده شد. این نرم‌افزار مجموعه کاملی از سنج‌های سیمای سرزمین را شامل می‌شود و برای تجزیه و تحلیل الگوی مکانی سنج‌های مختلف، لکه‌های تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است (Markz and Mcgarigal 1994). در این پژوهش از ۱۰ سنج سیمای سرزمین در مقیاس چشم‌انداز برای زیرحوضه‌های حوضه باغ عباس استفاده گردید. جدول ۳ سنج‌های مورد استفاده در این مطالعه و همچنین دامنه تغییرات را نشان می‌دهد.

<sup>6</sup> Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NSE)

<sup>7</sup> Coefficient of Determination (R<sup>2</sup>)







شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز سد فریمان

جدول ۳- سنجه‌های مورد استفاده در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	سنجه	حروف اختصاری	واحد
۱	تعداد لکه	NP	بدون واحد
۲	تراکم لکه	PD	متر در ۱۰۰ هکتار
۳	سنجه بزرگترین لکه	LPI	درصد
۴	تراکم حاشیه	ED	متر در هکتار
۵	سنجه شکل سیمای سرزمین	LSI	بدون واحد
۶	شاخص میانگین اندازه لکه	AREA -MN	هکتار
۷	میانگین شاخص شکل لکه	SHAPE -MN	بدون واحد
۸	شاخص تجمیع	AI	درصد
۹	سنجه تنوع شانون	SHDI	بدون واحد
۱۰	شاخص تنوع سیمپسون	SIDI	بدون واحد

### تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و رگرسیون گام به گام<sup>۸</sup>

با توجه به حجم زیاد متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش و نیاز به تعیین موثرترین متغیرها، از روش تحلیل عاملی<sup>۹</sup> برای کاهش حجم متغیرها استفاده گردید. در تحلیل عاملی روش‌های مختلفی برای استخراج عوامل وجود دارد که یکی از این روش‌ها، روش مولفه اصلی<sup>۱۰</sup> می‌باشد. این روش زمانی استفاده می‌شود که هدف پژوهشگر خلاصه کردن متغیرها و دستیابی به تعداد محدودی عامل باشد. لذا در این پژوهش از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد. در روش PCA تعداد مولفه‌های اصلی که قادرند توصیف جامعی از متغیرها داشته باشند تعیین می‌شوند و متغیرها با توجه به میزان همبستگی با این مولفه‌ها، در زیرگروه این عوامل قرار می‌گیرند. به منظور بهبود روابط بین متغیرهای سنجه‌های سیمای سرزمین و مولفه‌های اولیه و بهبود توانایی تفکیک سنجه‌ها از دوران varmix استفاده شد (Ouyang, 2005). در نهایت از روی بیشینه بار عاملی که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین متغیرها است، متغیرهای اصلی در هر مولفه تعیین گردید (Lausch, and Herzog, 2002). در واقع سنجه‌های اصلی موثر بر رسوبدهی از تحلیل مولفه‌های اصلی انتخاب و سنجه‌های بهینه که دارای

<sup>8</sup> Stepwise Regression

<sup>9</sup> Factor Analysis

<sup>10</sup> Principle Components Analysis (PCA)





توصیف بهتری از میزان رسوبدهی هستند به عنوان پارامترهای مستقل وارد مدل رگرسیون چندمتغیره می‌گردد. رگرسیون چندمتغیره خطی یکی از روش‌هایی است که برای برآورد متغیرهای هیدرولوژیکی بخصوص رسوبدهی حوزه‌های آبخیز بکار می‌رود. استفاده از فنون آماری چندمتغیره در انتخاب سنج‌های بهینه می‌تواند موجب ارتقاء صحت مدل و تفسیر تغییرات گردد. لذا در این مطالعه از بین روش‌های مختلف رگرسیونی چندمتغیره از روش گام‌به‌گام استفاده شده است. در این روش، همه متغیرها همزمان وارد معادله شده و حضور هر کدام از سنج‌ها به عنوان پارامترهای مستقل در کنار دیگر متغیرها سنجیده می‌شود و سپس به ترتیب متغیر مستقلی که تأثیر محسوس تری در ارتباط با متغیر وابسته ندارد از تحلیل حذف و به معادله وارد نمی‌گردد، به همین ترتیب خروج متغیرهای فاقد سطح معنی‌داری قابل قبول ادامه می‌یابد و متغیرهایی در معادله باقی می‌ماند که دارای بیشترین همبستگی با میزان رسوبدهی حوضه باشند و این مراحل تا زمانی ادامه می‌یابد که سطح خطای آزمون معنی‌داری به ۵ درصد برسد. یکی از شرایط استفاده از رگرسیون چندمتغیره در تجزیه و تحلیل داده‌ها، عدم وجود هم‌خطی چندگانه<sup>۱۱</sup> بین متغیرهای مستقل می‌باشد که در این پژوهش با استفاده از عامل تورم واریانس<sup>۱۲</sup> بررسی گردید (حبیب‌پور و صفری، ۱۳۸۸). عامل تورم واریانس (VIF)، شاخصی است که برای تعیین هم‌خطی استفاده می‌شود. مقدار VIF بیشتر از ۱۰ نشان‌دهنده وجود هم‌خطی چندگانه است. در نهایت اصلی‌ترین سنج‌های سیمای سرزمین بر میزان رسوبدهی زیرحوضه‌های منتخب تعیین می‌گردد.

#### یافته‌ها

#### نتایج آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی SWAT

نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که ۱۲ پارامتر برای دبی و ۷ پارامتر برای رسوب حساسیت بیشتری دارند. پس از آن، مدل با تعیین بازه مناسب برای پارامترهای حساس برای دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۹۱ برای دبی و ۱۹۹۵-۱۹۹۱ برای رسوب واسنجی شد و سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۸ برای اعتبارسنجی در نظر گرفته شد. جدول ۴ معیارهای ارزیابی مدل را نشان می‌دهد. دقت شبیه‌سازی دبی و رسوب ماهانه با استفاده از شاخص ارزیابی نش‌ساتکلیف در دوره واسنجی به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷۳ و در مرحله اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۷۶ به دست آمد. همچنین، مقدار ضریب تعیین در مرحله واسنجی دبی و رسوب هر دو ۰/۷۵ و در مرحله اعتبارسنجی ۰/۸۶ و ۰/۸۱ به دست آمد که نشان می‌دهد مدل دارای همبستگی مناسبی بوده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴ و طبقه‌بندی Moriasi et al, 2007، شبیه‌سازی در ایستگاه باغ‌عباسی برای مرحله واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب در در طبقات "خیلی خوب" و "خوب" قرار می‌گیرد.

جدول ۴- مقادیر معیارهای ارزیابی مدل SWAT-CUP

متغیر	دوره	دوره آماری	NS	R <sup>2</sup>
دبی	واسنجی	۱۹۹۷-۱۹۹۱	۰/۷۵	۰/۷۵
	اعتبارسنجی	۲۰۰۰-۱۹۹۸	۰/۸۵	۰/۸۶
رسوب	واسنجی	۱۹۹۵-۱۹۹۱	۰/۷۳	۰/۷۵
	اعتبارسنجی	۲۰۰۰-۱۹۹۸	۰/۷۶	۰/۸۱

#### نتایج سنج‌های سیمای سرزمین

در این پژوهش ۱۰ سنج‌های سیمای سرزمین، در ۲۸ زیرحوضه باغ عباس محاسبه گردید. سنج NP تعداد لکه را در سطح چشم‌انداز نشان می‌دهد و بیشترین تعداد لکه (۷۷ لکه) در زیرحوضه شماره ۸ و کمترین تعداد لکه، ۵ لکه در زیرحوضه‌های شماره ۱، ۳، ۲۲ و ۲۸ نشان می‌دهد. سنج LPI که شاخصی از غالبیت سیمای سرزمین را نشان می‌دهد، برای زیرحوضه شماره ۲ و ۳ و ۱۸ بیشترین مقدار را نشان می‌دهد و کاربری غالب آن مرتع می‌باشد. کمترین مقدار برای زیرحوضه‌های ۱۲ مشاهده گردید که به دلیل تغییر و تبدیل کاربری از تنوع بالای کاربری برخوردارند. بیشترین و کمترین شاخص میانگین اندازه

collinearity Multi<sup>11</sup>

Variance Inflation Factor (VIF)<sup>12</sup>





لکه (AREA-MN) به ترتیب در زیرحوضه‌های شماره ۱ و ۱۱ مشاهده می‌شود. تراکم لکه (PD) در زیر حوضه شماره ۱۱ بیشترین مقدار است و در زیر حوضه شماره ۱ کمترین تراکم را می‌بینیم. سنجه‌های سیمپسون و شانون از مهم‌ترین سنجه‌های تنوع هستند و هرچه مقدار سنجه‌های تنوع به یک نزدیک شود تنوع افزایش می‌یابد و هرچه این مقدار به صفر نزدیک شود، از تنوع کاسته می‌شود (کرمی و همکاران، ۱۳۹۰). بر این اساس زیرحوضه‌های ۱۱، ۱۲ و ۲۰ دارای بیشترین میزان تنوع سیمپسون و زیرحوضه ۲ کمترین تنوع سیمپسون را دارند.

سنجه میانگین شاخص شکل لکه (SHAPE-MN) بزرگ‌تر از یک می‌باشد هر چه این سنجه به یک نزدیک باشد شکل لکه‌های مربوط به مربع نزدیک می‌شود و به هر میزان که این سنجه از یک بیشتر شود، شکل کاربری به صورت نامنظم‌تر می‌شود. لذا با توجه به مقادیر سنجه‌های محاسبه شده شکل لکه‌های کاربری در تمامی زیرحوضه‌ها نامنظم می‌باشد. مقدار سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI) بزرگتر مساوی یک است. وقتی مقدار آن برابر یک است که چشم‌انداز شامل یک لکه با حداکثر فشردگی و تقریباً مربع شکل از کلاس مربوطه باشد با تفکیک لکه مقدار آن بدون محدودیت افزایش می‌یابد. بیشترین فشردگی را در زیرحوضه ۸ نشان می‌دهد و کمترین بی‌نظمی در زیرحوضه ۴ دیده می‌شود.

### نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی

در این پژوهش ۱۰ سنجه‌ی سیمای سرزمین در ۲۸ زیرحوضه باغ‌عباس محاسبه گردید. همبستگی سنجه‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۵ نشان داده شد است. تناسب سنجه‌ها برای ورود به آزمون تحلیل مولفه‌های اصلی  $KMO = 60/8$  درصد برآورد شد. همچنین نتایج آزمون کرولیت بارتلیت نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تایید می‌شود، یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۵- ماتریس متقارن همبستگی بین متغیرهای موثر بر رسوب معلق در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

	NP	PD	LPI	ED	LSI	AREA-MN	SHAPE-MN	SHDI	SIDI	AI
NP	۱/۰۰۰	۰/۷۱۶	-۰/۴۶۸	۰/۵۹۹	۰/۸۴۹	-۰/۴۶۰	-۰/۰۷۱	۰/۵۹۹	۰/۴۹۱	-۰/۶۸۱
PD		۱/۰۰۰	-۰/۶۳۵	۰/۸۶۰	۰/۷۶۴	-۰/۵۹۸	-۰/۱۲۳	۰/۷۹۵	۰/۶۸۰	-۰/۸۸۸
LPI			۱/۰۰۰	-۰/۵۵۷	-۰/۵۸۰	۰/۰۸۴	۰/۰۴۸	-۰/۸۸۵	-۰/۹۳۲	۰/۶۵۹
ED				۱/۰۰۰	۰/۸۳۹	-۰/۶۱۱	۰/۲۷۳	۰/۷۰۵	۰/۶۳۰	-۰/۹۴۶
LSI					۱/۰۰۰	-۰/۵۳۱	۰/۳۱۲	۰/۶۹۳	۰/۶۲۳	-۰/۹۴۵
AREA-MN						۱/۰۰۰	-۰/۰۰۱	-۰/۳۳۲	-۰/۲۲۷	-۰/۹۲۱
SHAP E-MN							۱/۰۰۰	-۰/۱۲۹	-۰/۰۷۴	۰/۵۸۶
SHDI								۱/۰۰۰	۰/۹۶۹	-۰/۲۷۰
SIDI									۱/۰۰۰	-۰/۷۰۹
AI										۱/۰۰۰

انتخاب پارامترها در این روش براساس واریانس ویژه هر مولفه می‌باشد. لذا با توجه به نتایج جدول ۶، سه مولفه اصلی برای تعیین سنجه‌ها انتخاب شد که در مجموع می‌توانند ۸۹/۹۷۷ درصد از واریانس جامعه را توصیف کنند. از طرفی انتخاب پارامترهای اصلی بر میزان رسوبدهی بر این اساس بوده که در هر مولفه، پارامترهایی که دارای بیشترین مقدار بار عاملی هستند، بیشترین همبستگی و در نتیجه بهترین نماینده برای توصیف آن مولفه می‌باشند (Ouyang, 2005). با توجه به جدول ۶، متغیر LPI، SHDI و SIDI از مولفه اول بیشترین همبستگی (همبستگی بالای ۸۰ درصد) را با میزان تولید رسوب معلق دارند و در بین عوامل مولفه دوم، AREA-MN با همبستگی بالای ۸۰ درصد و پارامتر SHAPE-MN از مولفه سوم با همبستگی بالای ۹۰ درصد به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر رسوب معلق تعیین گردید.





جدول ۶- نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی پارامترهای مورد بررسی

نام مولفه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
مولفه اول	۳۸/۹۹۷	۳۸/۹۹۷
مولفه دوم	۳۷/۸۷۷	۷۶/۸۷۳
مولفه سوم	۱۳/۱۰۴	۸۹/۹۷۷

جدول ۷- مقادیر بردارهای ویژه هر یک از پارامترها در هر یک از مولفه‌ها

سنجه‌های سیمای سرزمین	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم
NP	۰/۳۹۰	۰/۷۲۲	-۰/۰۶۶
PD	۰/۵۶۰	۰/۷۶۲	-۰/۰۹۳
LPI	-۰/۹۶۲	-۰/۱۳۸	-۰/۰۱۷
ED	۰/۴۸۴	۰/۷۴۸	۰/۳۱۲
LSI	۰/۴۹۹	۰/۷۳۹	۰/۳۳۸
AREA-MN	۰/۰۷۸	-۰/۸۹۵	۰/۰۶۱
SHAPE-MN	-۰/۰۷۸	۰/۰۳۰	۰/۹۸۹
SHDI	۰/۸۹۱	۰/۳۹۷	-۰/۰۸۴
SIDI	۰/۹۴۲	۰/۲۴۶	-۰/۰۲۰
AI	-۰/۵۷۶	-۰/۷۳۵	-۰/۳۱۰

## نتایج رگرسیون چندمتغیره گام به گام

در مطالعه حاضر از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و روش رگرسیون چندمتغیره گام به گام جهت بررسی ارتباطات میان سنجه‌ها و میزان رسوب خروجی از هر یک از زیرحوضه‌های منتخب استفاده شد، نتایج حاکی از آن است که از میان ۱۰ سنجه استخراج شده، تنها ۲ سنجه (SIDI و AREA-MN) برای تفسیر تغییرات میزان رسوبدهی مناسب‌تر هستند (جدول ۸). بر اساس جدول ۹ در مدل ۱ متغیر میانگین اندازه لکه وارد شده و ضریب همبستگی چندگانه (R) به مقدار ۰/۷۱ رسیده است. در مدل ۲ نیز با ورود شاخص سیمسون به معادله، ضریب همبستگی چندگانه به ۰/۷۶ رسیده است. بهترین مدل رگرسیونی مدلی است که ضریب همبستگی بالاتری دارد. در این پژوهش برای مقایسه شاخص‌های تنوع از شاخص سیمپسون و شانون استفاده شد. سنجه‌ی سیمپسون از مهم‌ترین شاخص‌های تنوع برای مطالعه لکه‌های کاربری اراضی می‌باشد شاخص سیمپسون اولین شاخص تنوع مورد استفاده در بوم‌شناسی و یکی از معروف‌ترین شاخص‌های ناهمگنی است که به شدت متوجه گونه‌های غالب در واحدهای نمونه‌برداری است. وقتی مقدار این سنجه یک باشد یعنی سیمای سرزمین بسیار متنوع است و توزیع مناسب آن در تمام منطقه می‌باشد، وقتی به سمت صفر میل می‌کند تنوع سیمای سرزمین کاهش می‌یابد. با توجه به محاسبات سنجه-های تنوع سیمای سرزمین اغلب زیرحوضه‌ها دارای تنوع بالایی هستند و اغلب آنها دارای تنوع متوسط می‌باشند به طوری که زیرحوضه‌های ۱۱، ۱۲ و ۲۰ دارای بیشترین مقدار تنوع بوده و تنها ۲ زیرحوضه مقدار تنوع در حد بسیار کم می‌باشد که آن هم به دلیل داشتن تنوع کاربری‌های کم می‌باشد. مساحت لکه (AREA-MN) نیز در بعضی از تحقیقات به تنهایی مهم‌ترین یا مفیدترین بخش اطلاعات سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. با توجه به پژوهش انجام شده تقریباً تمامی زیرحوضه‌ها دارای مساحت کمتر از ۱۰۰ هکتار می‌باشد و تنها در زیرحوضه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۲۶ و ۲۸ مساحت لکه‌های کاربری اراضی بالای ۱۰۰ هکتار می‌باشد، دلیل این امر وجود لکه‌های غالب پوشش گیاهی که عمدتاً از نوع مرتع می‌باشد، است. با توجه به مقدار آماره دوربین - واتسون که بین ۱/۵ تا ۲/۵ باشد، استقلال باقیمانده‌ها را نتیجه می‌گیریم. مقدار محاسبه شده ضریب دوربین واتسون ۱/۷۲۱ برآورد گردید که نشانگر این است که مدل از کفایت لازم برخوردار است. در پایان نتایج به دست آمده از کاربرد سنجه‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز بیانگر کارایی موثر سنجه‌های سیمای سرزمین در بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و مقدار رسوبدهی زیرحوضه‌های مورد مطالعه می‌باشد.







جدول ۸- ضرایب همبستگی روابط رگرسیونی

مدل	ضریب همبستگی چندگانه (R)	ضریب تعیین (R <sup>2</sup> )	ضریب تعیین تعدیل شده	سطح معنی داری
میانگین اندازه لکه	۰/۷۱	۰/۵۰۵	۰/۴۸۶	۰/۰۰۰
شاخص سیمپسون	۰/۷۶	۰/۵۷۷	۰/۵۴۳	۰/۰۰۰

جدول ۹- آزمون معنی داری ضرایب روابط رگرسیونی

مدل	متغیر مستقل	بنا	سطح معنی داری	عامل تورم (VIF)	معادله رگرسیون خطی
۱	مقدار ثابت	۴۲۸/۸	۰/۰۳۰	۱/۰۰۰	$Y = 428.819 + 14.19(X_1)$
	میانگین اندازه لکه	۱۴۱/۹	۰/۰۰۰		
۲	مقدار ثابت	۱۸۸۳۴/۶	۰/۲۱۰	۱/۰۵۴	$Y = 18834.6 + 129.4(X_1) - 42528.3(X_2)$
	میانگین اندازه لکه	۱۲۹/۴	۰/۰۰۰		
	شاخص تنوع سیمپسون	-۴۲۵۲۸/۳	۰/۰۴	۱/۰۵۴	

## بحث و نتیجه گیری

اکولوژی سیمای سرزمین اساس تئوریک مهمی برای مطالعات تغییرات کاربری اراضی می باشند. سنج‌های سیمای سرزمین ابزار مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین هستند. استفاده از رویکردهای آماری جهت کاهش سنج‌ها قادر است بررسی تغییرات را سرعت بخشد و تحلیل را هدفمند نماید. در مطالعه حاضر از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و رگرسیون گام به گام جهت تعیین موثرترین سنج‌های موثر بر رسوبدهی حوضه استفاده گردید و از میان ۱۰ سنج سیمای سرزمین تنها ۲ سنج (SIDI و AREA-MN) جهت تفسیر تغییرات میزان رسوبدهی زیرحوضه‌ها مناسب‌تر تشخیص داده شد. همچنین نتایج به دست آمده از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که از میان عوامل موثر در افزایش میزان تولید رسوب، نقش کاربری اراضی بسیار مهم می‌باشد که همسو با نتایج پژوهشگرانی چون Murthy, (1992); Zhangxin, (1992); Norton et al, (2001) و Aqarazi, (2001) می‌باشد. مطالعه انجام شده با پژوهش (Shi et al, 2013; Zhang et al, 2017) در رابطه با تاثیر سنج‌های تنوع و شکل و حاشیه سیمای سرزمین بر میزان رسوبدهی مطابقت دارد. از آنجا که سیمای سرزمین دارای الگوهای پیچیده‌ای است، نیاز به سنج‌های متنوعی جهت کمی-سازی و تحلیل این الگوها می‌باشد. این مطالعات با توسعه رشته‌هایی مانند سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اکولوژی سیمای سرزمین و مدل‌های هیدرولوژیکی بیشتر مورد توجه قرار دارد، لذا می‌توان از سنج‌های سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی‌های منابع طبیعی و کاربری پایدار زمین استفاده کرد.





## منابع

حیات‌زاده، مهدی. چزگی، جواد و دستورانی، محمدتقی. (۱۳۹۴). ارزیابی برآورد رسوب با استفاده از روش‌های منحنی سنجه و شبکه عصبی با تلفیق پارامترهای مورفولوژیکی حوضه (مطالعه موردی حوزه باغ‌عباس). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. سال نوزدهم- شماره ۷۲. ۲۲۷-۲۱۷.

میرزایی، محسن، ریاحی بختیاری، علیرضا، سلمان ماهینی، عبدالرسول، غلامعلی‌فرد، مهدی. (۱۳۸۸). بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳. اکولوژی کاربردی، سال دوم. شماره ۴. ۵۳-۳۷. حبیب‌پور، کرم و صفری، رضا، (۱۳۸۸). راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی (تحلیل داده‌های کمی)، موسسه راهبرد پیمایش، چاپ دوم.

کرمی، آرش. فقهی، جهانگیر، (۱۳۹۰). بررسی کمی کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوهای کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد). محیط‌شناسی. سال سی و هفتم، شماره ۶۰. صفحه ۸۸-۷۹.

hydrologic modeling and assessment part R.S., Williams J.R. (1998). Large area Arnold J.G., Srinivasan R., Mutiah Water Resource Association 34 (1): 73-89. model development. Journal of the American I:

Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., & Kannan, N. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, 55(4):1491-1508.

Phomcha, P., Wirojanagud, P., Vangpaisal, T., & Thaveevouthti, T. (2011). Suitability of SWAT model for simulating of monthly streamflow in Lam Sonthi Watershed. Journal of Industrial Technology, 7(2): 49-56.

Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute.

evaluation (2007). Model Moriasi, D.N., Arnold, J.G., VanLiew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., & Veith, T. L. watershedsimulations. TransactionsoftheASABE, 50(3): guidelines for systematic quantification ofaccuracy in 885-900.

Nash, J. E., J. V. Sutcliffe. (1970). River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, J. Hydrol. 10: 282-290.

Mahzari, S., Kiani, F., Azimi, M., & Khormali, F. (2016). Using SWAT Model to Determine Runoff, Sediment Yield and Nitrate Loss in Gorganrood Watershed, Iran. ECOPERSIA, 4(2): 1359-1377.

Hosseini, M., Ghafouri, A. M., M Amin, M. S., Tabatabaei, M. R., Goodarzi, M., & Abde Kolahchi, A. (2012). Effects of land use changes on water balance in Taleghan catchment, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 14(5): 1161-1174.

Briak, H., Moussadek, R., Aboumaria, K., & Mrabet, R. (2016). Assessing sediment yield in Kalaya gauged watershed (Northern Morocco) using GIS and SWAT model. International Soil and Water Conservation Research, 4(3): 177-185.

Duan, Z., Song, X., & Liu, J. (2009). Application of SWAT for sediment yield estimation in a mountainous agricultural basin. In Geoinformatics, 2009 17th International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

. Bacteria modeling with SWAT for assessment and remediation studies: A review. Transactions of the ASABE, 53(5): 1585-1594.

Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., Arnold, J.G., (2007). The soil and water assessment tool: historic development, applications, and future research directions. Trans. ASABE 50 (4): 1211-1250.

Teshager, A. D., Gassman, P. W., Secchi, S., Schoof, J. T., & Misgna, G. (2016). Modeling agricultural watersheds with the soil and water assessment tool (SWAT): Calibration and validation with a novel procedure for spatially explicit hrus. Environmental management, 57(4): 894-911.

White, M. J., Storm, D. E., Busteed, P. R., Stoodley, S. H., & Phillips, S. J. (2009). Evaluating nonpoint source critical source area contributions at the watershed scale. Journal of environmental quality, 38(4), 1654.

Yang J, Reicher P, Abbaspour KC, Xia J and Yang H, (2008). Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chao he Basin in China. Journal of Hydrology 358 (1-2):1-23.

Yesuf, H. M., Melesse, A. M., Zeleke, G., & Alamirew, T. (2016). Streamflow prediction uncertainty analysis and verification of SWAT model in a tropical watershed. Environmental Earth Sciences, 75(9): 806.

evaluation (2007). Model Moriasi, D.N., Arnold, J.G., VanLiew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., & Veith, T. L. watershedsimulations. TransactionsoftheASABE, 50(3): guidelines for systematic quantification ofaccuracy in 885-900.





- Shi, Z.H., Huang, X.D., Ai, L., Fang, N.F. and Wu, G.L., (2014). Quantitative analysis of factors controlling sediment yield in mountainous watersheds. *Geomorphology*, 226, pp.193-201.
- Shi, Z.H., Ai, L., Li, X., Huang, X.D., Wu, G.L., Liao, W., (2013). Partial least-squares regression for linking land-cover patterns to soil erosion and sediment yield in watersheds. *Journal of Hydrology* 498 (2013) 165–176
- Bakker, M.M., Govers, G., van Doorn, A., Quetier, F., Chouvardas, D. and Rounsevell, M., (2008). The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 98(3), pp.213-226.
- McGarigal, K. Marks, B.J. (1994).. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure, v. 2.0. Oregon Forest Science Lab, Oregon State University, Corvallis.
- Ouyang, Y., (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water research*, 39(12), pp.2621-2635.
- Leitao, A. B., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and urban planning*, 59(2), 65-93.
- Zhang, S., Fan, W., Li, Y. and Yi, Y., (2017). The influence of changes in land use and landscape patterns on soil erosion in a watershed. *Science of The Total Environment*, 574, pp.34-45
- Zhou, Z. X., & Li, J. (2015). The correlation analysis on the landscape pattern index and hydrological processes in the Yanhe watershed, China. *Journal of Hydrology*, 524, 417-426.
- Lausch, A., & Herzog, F. (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological indicators*, 2(1-2), 3-15.
- Van Rompaey, A., Krasa, J., & Dostal, T. (2007). Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. *Land Use Policy*, 24(3), 576-583.
- Aqarazi, H., (2001). The study of relation between land use and slope with producing sediment. National conference development, Aruk, Iran of lands management, soil erosion and sustainable Hydrological Sciences Journal, 47
- Murthy, A.D., (1992). Modeling suspended sediment flow in area upland basins (2), 31-40.
- and Zhangxin, B. (1991). Status and causes of sediment changes du institute of mountain hazards Environment. *Hydrological Sciences Jurnal* 43 (2), 121-134
- modeling of sheet and rill Castro Filho, C., Norton, D., (2001). Monitoring the sediment loading of Itaipulake and Ecosystems and Environment 91, 215- 227 erosion hazards in the watershed of parana river. Agriculture, Norton, L. D., Castro Filho, C., Cochrane, T. A., Caviglione, J. H., Fontes Jr, H. M., Johansson, L. P., & Marenda, L. D. (2001). Monitoring the sediment loading of Itaipu Lake and modeling of sheet and rill erosion hazards in the watershed of the Parana River: an outline of the Project.





## Patterns and Watershed Sediment yield land-cover Relationship Between Using Hydrological Modeling (Case Study: Fariman Dam Watershed)

Razieh motamedi<sup>1</sup>, farzaneh naseri<sup>2</sup>, mahmood azari<sup>\*3</sup>, Mohammad taghi dastorani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Master's degree in Watershed Management, Faculty of Natural Resources-Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

<sup>2</sup>Master's degree in Watershed Management, Faculty of Natural Resources-Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

<sup>3</sup> Assistant Professor, Faculty of Natural Resources-Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Mashhad, Iran. (Responsible author)

<sup>4</sup>Professor, Faculty of Natural Resources-Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Mashhad, Iran.

\*Corosponding Autor Email: m.azari@um.ac.ir

### Abstract:

The study of landscape structure based on the principles of ecology and landscape metrics is a suitable tool for quantifying the spatial properties of each land use. Assessing the impacts of landscape metrics such as pattern, appearance and spatial distribution of land uses on hydrological characteristics and sediment yield, provide valuable information for proper decision making in integrated watershed management. This study was conducted to investigate the relationship between landscape metrics and sediment yield and determine the most important landscape metrics in Fariman dam watershed. In the present study, land use map of the watershed was prepared and landscape metrics were calculated for each sub watershed. SWAT model was used to predict the sediment yield of each sub watershed in the study area. In order to determine the relationship between landscape metrics and sub watershed sediment yield, the Principle Components Analysis and Stepwise Regression method, were used. The results of this study showed that two landscape metrics of AREA-MN and Simpson's diversity index (SIDI) had the highest correlation with the sediment yield of sub watersheds with a correlation coefficient of 71 and 76 percent. The study results showed the necessity of ecological aspects in connection with soil erosion processes in planning of natural resources and land use planning.

**Key words:** Sediment yield, Landscape Metrics, SWAT Model, Fariman Dam.

