

مقایسه دو مدل Fargas و FSM در پهنه‌بندی فرسایش حوزه آبخیز کسلیان

ابوالفضل معینی، سپیده مفیدی، شیوا محمدیان خراسانی، علیرضا صیامی
استادیار گروه آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش، مقایسه دو مدل FSM و Fargas در پهنه‌بندی فرسایش حوزه آبخیز کسلیان بود. بدین منظور، نخست نقشه‌های مورد نیاز در این دو روش تهیه، سپس با استفاده از دو مدل FSM و Fargas میزان فرسایش برآورد و نقشه پهنه‌بندی فرسایش تهیه گردید. نتایج نشان داد که حوضه مورد مطالعه بر اساس مدل Fargas، در دو کلاس بسیار شدید با مساحت ۶۲۸۱/۳۸ هکتار و شدید با مساحت ۵۱۰/۶۰ هکتار از نظر خطر فرسایش و بر اساس مدل FSM در دو کلاس زیاد با مساحت ۲۵۰۸/۱۴ هکتار و شدید با مساحت ۴۲۸۴/۸۴ هکتار از نظر نرخ فرسایش پذیری قرار دارد. باتوجه به بازدید میدانی، مدل FSM دارای تطابق بیشتری با منطقه مورد مطالعه است. مخصوصاً در کاربری جنگل که مدل FSM، آن قسمت را در کلاس زیاد برآورد کرده، در حالی که مدل Fargas، کلاس بسیار شدید را به قسمت جنگلی اختصاص داده است.

واژه های کلیدی: ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل تجربی

مقدمه

خاک اهمیت بسزایی در ادامه حیات بشر دارد و فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دستیابی به توسعه کشاورزی و منابع طبیعی است (رفاهی، ۱۳۸۵؛ حسینی و قربانی، ۱۳۸۴؛ Bakker *et al.*, 2004). فرسایش خاک پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر و یک مشکل جهانی است که به‌صورت تشدیدشونده منجر به تخریب خاک میگردد (Morgan, 1995). بررسی فرسایش و اعمال مدیریت مناسب برای هر منطقه، نیازمند داشتن آمار و اطلاعات فرسایش و رسوب می‌باشد. کمبود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی و محدودیت ثبت آمار در بسیاری از مناطق، ضرورت استفاده از مدل‌های تجربی را ایجاب می‌کند. بنابراین پژوهشگران برای مطالعه بر روی فرسایش و رسوب از این مدل‌ها بهره می‌گیرند. احمدی و محمدی (۱۳۸۸) در حوزه آبخیز سنگاب به بررسی مناطق حساس به فرسایش با استفاده از مدل Fargas پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که ۸۱ درصد از سطح حوضه دارای حساسیت به فرسایش بسیار شدید، ۹/۵ درصد شدید و ۹/۵ درصد زیاد می‌باشند.

محمدی و همکاران (۱۳۹۰) به‌منظور ارزیابی فرسایش و رسوب‌زایی حوزه آبخیز ایوانکی از دو مدل فرسایش و رسوب FSM و MPSIAC استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان رسوب‌زایی برای مدل FSM برابر ۰/۹۱ تن در هکتار در سال و برای مدل MPSIAC به میزان ۳/۲۱ تن در هکتار در سال برای کل حوضه برآورد گردید. صدوق و همکاران (۱۳۹۴) از مدل Fargas برای تعیین شدت فرسایش حوزه آبخیز کهمان استفاده کردند که نتایج نشان داد چهار کلاس فرسایش خیلی کم، متوسط، شدید و خیلی شدید در سطح حوضه وجود دارد و ۲۲ درصد از سطح حوضه دارای شدت فرسایش خیلی شدید، ۶۱ درصد از حوضه دارای شدت فرسایش شدید، ۱۴ درصد فرسایش متوسط و ۳ درصد نیز در طبقه با فرسایش خیلی کم قرار می‌گیرد.

Haregeweyn *et al.* (۲۰۰۵) طی مطالعه‌ای در منطقه دیگری اتیوپی با ارزیابی مدل‌های PSIAC و FSM با استفاده از رسوب‌سنجی مخازن هشت سد به این نتیجه رسیدند که رسوب حاصل از مدل FSM با مقادیر اندازه‌گیری شده همخوانی

دارد، لیکن میزان تطابق این مدل نسبت به مدل PSIAC کم تر است. در پژوهشی *Abdi et al.* (۲۰۱۴) در حوضه آق‌بلاق آذربایجان با استفاده از دو مدل BLM و Fargas به بررسی فرسایش پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که مدل Fargas ۱۲ درصد مساحت حوضه را با فرسایش خیلی شدید و مدل BLM نیز حدود ۸۰ درصد حوضه را در طبقه فرسایش متوسط و خیلی ناچیز طبقه‌بندی می‌کند. با توجه به عدم در دسترس بودن آمار فرسایش اندازه‌گیری شده در بیش تر حوضه‌ها، لازم است اقدام به برآورد مقادیر فرسایش و رسوب شود. بدین ترتیب شناخت مناطق حساس به فرسایش و رسوب در قسمت‌های مختلف یک حوضه آبخیز یکی از موارد اساسی در اولویت‌بندی مناطق، جهت کارهای اجرایی حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، مقایسه دو مدل FSM و Fargas در پهنه‌بندی فرسایش حوضه آبخیز کسلیان بود.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز کسلیان با مساحت ۶۷۹۲ هکتار در استان مازندران، شهرستان ساری، بخش دودانگه و در دهستان‌های فریم و بناقت قرار گرفته است. به‌منظور انجام کار، نخست نقشه‌های مورد نیاز برای این دو مدل شامل نقشه شیب با استفاده از نقشه رقومی توپوگرافی منطقه، نقشه پوشش گیاهی با کمک نرم‌افزار Google Earth و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه زمین‌شناسی و آبراهه‌های حوضه تهیه شد. سپس با استفاده از دو مدل FSM و Fargas میزان فرسایش حوضه کسلیان برآورد و نقشه پهنه‌بندی فرسایش بر اساس این دو مدل با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.1 تهیه گردید. در مدل FSM از پنج عامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، فرسایش خندقی و شکل حوضه برای محاسبه رسوبدهی حوضه استفاده می‌شود. امتیاز هر عامل به‌صورت کم، متوسط و زیاد به ترتیب با اعداد ۱، ۲ و ۳ نشان داده می‌شود که با استفاده از پیمایش صحرایی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی تعیین می‌گردد. نحوه امتیازدهی عامل توپوگرافی به این صورت است که امتیاز ۱ برای دامنه‌های کم‌شیب (شیب کم‌تر از چهار درصد)، امتیاز ۲ برای حوضه‌هایی با توپوگرافی تپه‌ماهوری (شیب مابین چهار و ده درصد) و امتیاز ۳ برای حوضه‌هایی با شیب زیاد و توپوگرافی مرتفع (شیب بیش‌تر از ۱۱ درصد) در نظر گرفته می‌شود. نحوه امتیازدهی عوامل مدل FSM در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نحوه امتیازدهی عوامل مدل FSM

ردیف	عامل	امتیاز	تشریح عوامل
			دامنه‌های با شیب بسیار ملایم و نزدیک به رودخانه اصلی با اختلاف ارتفاع ۲۰۰ متر در هر پنج کیلومتر
۱	توپوگرافی	۲	دامنه‌های با شیب بسیار ملایم و نزدیک به رودخانه اصلی با اختلاف ارتفاع ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر در هر پنج کیلومتر
		۳	دامنه‌های با شیب بسیار ملایم و نزدیک به رودخانه اصلی با اختلاف ارتفاع بیش‌تر از ۵۰۰ متر در هر پنج کیلومتر
		۱	پوشش اتصال خوب با خاک (۷۵ درصد سطح حوضه دارای پوشش گیاهی)
۲	پوشش گیاهی	۲	پوشش اتصال متوسط با خاک (۲۵ تا ۷۵ درصد سطح حوضه دارای پوشش گیاهی)
		۳	پوشش اتصال فقیر با خاک (کم‌تر از ۲۵ درصد سطح حوضه دارای پوشش گیاهی)
		۱	بسیار کم و یا بدون خندق
۳	خندق‌ها	۲	کم با عمق قابل مشاهده
		۳	زیاد با عمق قابل مشاهده
		۱	آهک، ماسه‌سنگ و کنگلومرا (درجه هوازگی پایین)
۴	سنگ‌شناسی	۲	نپشته‌های رسوبی نئوژن (گراول و غیره)
		۳	مواد با درجه هوازگی بالا (شیل یا مارن)
		۱	حوضه‌های کشیده با یک رودخانه اصلی
۵	شکل حوضه	۲	حوضه‌های با شکلی بین دایره‌ای و کشیده
		۳	حوضه‌های دایره‌ای شکل با چندین رودخانه اصلی

بعد از امتیازدهی عوامل پنج‌گانه، مقدار ضریب FSMI با ضرب عوامل در یکدیگر بدست خواهد آمد و با استفاده از این ضریب در معادله (۱) نرخ فرسایش‌پذیری حوضه محاسبه می‌گردد:

$$SSY=4193A^{-0.44}+7.77 (FSMI)-310.99 \quad (1)$$

که در این معادله، SSY نرخ فرسایش‌پذیری حوضه (تن در کیلومتر مربع)، A مساحت حوضه (کیلومتر مربع) و $FSMI$ حاصل ضرب امتیازهای عوامل پنج‌گانه می‌باشد.

اجرای مدل Fargas شامل سه مرحله می‌باشد.

مرحله نخست، تعیین شاخص فرسایش‌پذیری حوضه می‌باشد که در این مرحله، میزان فرسایش‌پذیری هر واحد سنگی با استفاده از جدول ۲ تعیین می‌گردد.

جدول ۲- مقاومت سنگ به فرسایش

جنس سنگ	مقاومت به فرسایش	شاخص سختی
سنگ‌های بازیک	سنگ‌های خیلی سخت	۰-۲
سنگ‌های اسیدی		۰-۵
سنگ‌های دگرگونی		۴-۲
ماسه سنگ‌های سخت شده		۴-۵
سنگ‌های آهکی خردشونده		۳-۴
دولومیت‌ها	سنگ‌های سخت تا سست	۳-۵
شیل سنگ‌های بسیار سست		۷-۸
سنگ‌های پلاستیکی		۶-۷
مارن و رس		۸-۱۰
ژئپس		۹-۱۰
آبرفت قدیمی	سست	۴-۸
آبرفت جدید		۷-۹

در مرحله بعدی با روی هم‌اندازی نقشه آبراهه‌ها و نقشه واحدهای سنگی می‌توان ارزش نسبی میزان تراکم زهکشی را در هر واحد سنگی تعیین و بر اساس میزان تراکم زهکشی، کلاس فرسایش خاک را مشخص کرد (جدول ۳).

جدول ۳- کلاس فرسایش خاک بر اساس تراکم زهکشی

کلاس	ارزش نسبی	تراکم زهکشی km/km ²	شدت فرسایش
۱	۲	<۰/۱	کم
۲	۴	۰/۱- <۰/۵	متوسط
۳	۶	۰/۵- <۱/۰	زیاد
۴	۸	۱/۰- <۲/۰	شدید
۵	۱۰	>=۲	بسیار شدید

در آخر، با استفاده از ضریب ارزش نسبی که در جدول ۴ آورده شده است، می‌توان میزان خطر فرسایش را تعیین کرد. این ضریب ارزشی توسط فارگاس و همکاران بر اساس حاصل ضرب ارزش گذاری شده برای مقاومت سنگ به فرسایش (جدول ۲) و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی (جدول ۳) بدست آمده است.

جدول ۴- معیار تعیین کلاس خطر فرسایش و رسوبزائی

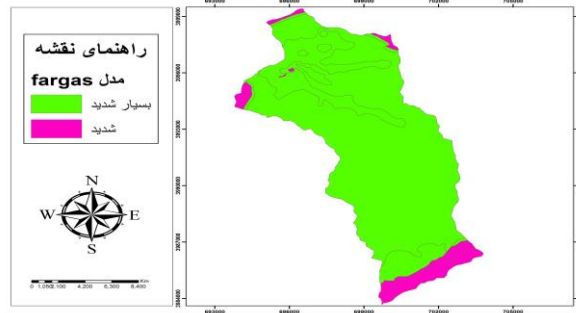
کلاس	ارزش نسبی	میزان خطر
۱	$10 >$	کم
۲	$10 - 20$	متوسط
۳	$20 - 30$	زیاد
۴	$30 - 40$	شدید
۵	$40 <$	بسیار شدید

نتایج و بحث

جدول ۵ نتایج حاصل از امتیازدهی مدل Fargas را نشان می‌دهد. بر اساس این مدل، تمام حوضه در کلاس بسیار شدید از نظر شدت فرسایش و در دو کلاس بسیار شدید با مساحت ۶۲۸۱/۳۸ هکتار و شدید با مساحت ۵۱۰/۶۰ هکتار از نظر خطر فرسایش قرار گرفته است. شکل ۱ بیانگر پهنه‌بندی فرسایش بر اساس این مدل می‌باشد.

جدول ۵- کلاس فرسایش خاک بر اساس تراکم زهکشی حوزه آبخیز کسلیان

سازند زمین‌شناسی	سنگ‌شناسی	شاخص سختی	تراکم زهکشی (km/km^2)	ارزش تراکم زهکشی	شدت فرسایش	حاصل ضرب ارزش	میزان خطر
Q	نهشته‌های پرکننده دره‌ها	۵	۴/۸۰	۱۰	بسیار شدید	۵۰	بسیار شدید
Qs	رسوبات واریزه‌ای منفصل موجود در پای دامنه‌های پرشیب کوه	۷/۵	۵/۶۰	۱۰	بسیار شدید	۷۵	بسیار شدید
Kt	سنگ آهک اوربیتولینا دار خاکستری روشن	۳/۵	۷/۳۴	۱۰	بسیار شدید	۳۵	شدید
J2,1	سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی چرت‌دار	۳/۵	۵/۸۸	۱۰	بسیار شدید	۳۵	شدید
J1,1	سنگ آهک چرتی آمونیت دار	۳/۵	۳/۰۷	۱۰	بسیار شدید	۳۵	شدید
Jd	مارن، مارن آهکی و سنگ آهک مارنی آمونیت‌دار	۸/۵	۳/۳۹	۱۰	بسیار شدید	۸۵	بسیار شدید
TR3,Js	شیل، ماسه‌سنگ، سیلتستون، کنگلومرا و ماسه‌سنگ کوارتزی-شمشک	۴/۵	۴/۹۰	۱۰	بسیار شدید	۴۵	بسیار شدید

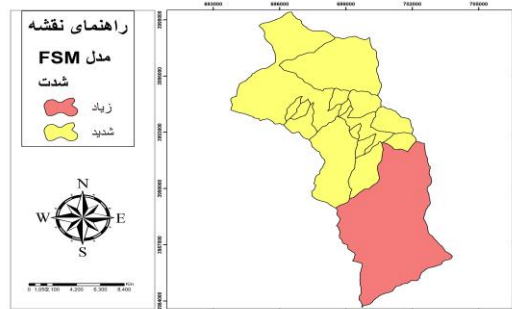


شکل ۱- پهنه‌بندی فرسایش حوزه آبخیز کسلیان با استفاده از مدل Fargas

در جدول ۶ امتیازات داده شده به عوامل فرسایش مدل FSM در حوزه آبخیز کسلیان ارائه شده که بر اساس این مدل، حوضه در دو کلاس زیاد با مساحت ۲۵۰۸/۱۴ هکتار و شدید با مساحت ۴۲۸۴/۸۴ هکتار از نظر نرخ فرسایش‌پذیری قرار می‌گیرد. پهنه‌بندی با استفاده از این دو مدل نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۶- امتیازات داده شده به عوامل فرسایش مدل FSM در حوزه آبخیز کسلیان

نرخ فرسایش‌پذیری (تن بر کیلومتر مربع در سال)	شاخص FSM	شکل حوضه	خندق	زمین‌شناسی	پوشش گیاهی	توپوگرافی	زیرحوضه	ردیف
۹۹۳/۳۰	۷/۸۲	۱	۱	۱/۴۰	۱/۹۰	۳	K ₁	۱
۱۳۳۹/۷۶	۹/۲۰	۲	۱	۱/۳۲	۱/۷۵	۲	K ₂	۲
۴۸۸۷/۵۴	۱۱/۹۴	۲	۱	۱/۲۵	۱/۵۹	۳	K ₃	۳
۷۳۵۵/۲۲	۷/۰۷	۱	۱	۱/۳۶	۱/۷۳	۳	K ₄	۴
۳۱۶۲/۵۵	۱۰/۲۶	۳	۱	۱/۱۲	۱/۵۲	۲	K ₅	۵
۳۰۷۴/۹۲	۲۱/۴۹	۳	۱	۱/۱۱	۲/۱۵	۳	K ₆	۶
۴۱۲۱/۲۵	۱۸/۸۱	۳	۱	۱	۲/۰۹	۳	K ₇	۷
۸۱۲/۳۹	۱۳/۸۴	۲	۱	۱/۱۲	۲/۰۶	۳	K ₈	۸
۲۴۹۱/۸۹	۵/۹۲	۱	۱	۱	۱/۹۷	۳	K ₉	۹
۵۲۰۳/۷۶	۴/۶۹	۱	۱	۱	۱/۵۶	۳	K ₁₀	۱۰
۷۴۶۸/۸۹	۱۲/۴۹	۲	۱	۱	۲/۰۸	۳	K ₁₁	۱۱
۱۵۲۱/۹۹	۶/۰۰	۱	۱	۱/۰۰	۲/۰۰	۳	K ₁₂	۱۲
۳۴۸۸/۸۵	۱۲/۰۶	۲	۱	۱/۰۰	۲/۰۱	۳	K ₁₃	۱۳
۵۷۸۰/۰۲	۷/۴۹	۱	۱	۱/۱۹	۲/۰۹	۳	K ₁₄	۱۴
۵۹۸۲/۷۷	۶/۳۸	۱	۱	۱/۰۱	۲/۱۰	۳	K ₁₅	۱۵



شکل ۲- پهنه‌بندی فرسایش حوزه آبخیز کسلیان با استفاده از مدل FSM



باتوجه به نقشه‌های نهایی این دو مدل، مشخص می‌گردد که مدل Fargas مناطق را در دو دسته شدید و بسیار شدید و مدل FSM، زیاد و شدید دسته‌بندی کرده‌اند. با توجه به بازدید میدانی، مناطقی که مدل FSM به‌عنوان خطر زیاد نشان داده است، مناطق جنگلی بوده و کاملاً با شرایط منطقه مطابقت دارد و این مناطق دارای فرسایش شدیدی نیست. از طرفی مدل Fargas فقط از دو عامل استفاده کرده است و فرسایش در مناطق با اقلیم مرطوب، کم‌تر تحت تأثیر سنگ‌شناسی و تراکم زهکشی و تا حدود زیادی متأثر از کاربری اراضی است و مخصوصاً مناطق جنگلی تا حدود بسیار زیادی از مقدار و خطر فرسایش می‌کاهد. بنابراین مدل FSM دارای تطابق بهتری نسبت به مدل Fargas در منطقه مورد مطالعه بوده است که این یافته با پژوهش Mohammadiha و همکاران (۲۰۱۱) در استان سمنان که نشان دادند میزان فرسایش اندازه‌گیری شده به‌وسیله FSM از تطابق بیشتری با حوضه نسبت به PSIAC برخوردار است و Atapour fard و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی در شمال و شمال غربی استان تهران مدل FSM را به‌کار بردند و بیان کردند که این مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده همخوانی بیشتری دارد، مطابقت دارند.

منابع

- احمدی، ح. و محمدی، ع. ۱۳۸۸. شناخت مناطق حساس به فرسایش از طریق بررسی مدل Fargas (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سنگاب). فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیای سرزمین. شماره ۲۲. صفحه ۹-۱.
- حسینی، س. ص. و قربانی، م. ۱۳۸۴. اقتصاد فرسایش خاک. دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۴۳۹. ص ۱۲۸.
- صدوق، ح.، حسین‌زاده، م.م. و آزادی، ف. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی فرسایش در حوزه آبخیز کهمان با استفاده از سه مدل EPM، BLM و FARGAS، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، سال اول، شماره ۲، صفحات ۱۵۴-۱۳۷.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۶۷۱.
- Abdi N. and Mohammadi A. 2014. Assessment Fargas and BLM Models for Identification of Erosion Degree and Critical Sediment Sources (Case Study: Aghbolagh Drainage Basin, Hashtrud City). Research Journal of Environmental and Earth Sciences 6(8): ISSN: 2041-0484.PP 408-415.
- AtapourFard A., Moradi Sharaf M. and Shoaie G.R. 2012. The application of FSM model for the prediction of sediment yield in Tehran basin. Nature and Science. 10(9): 105-112.
- Bakker M., Govers G., Kosmas c., Vanacker V., Oost k. and Rounsevell M. 2004. Soil erosion as a driver of land-use change. Elsevier. 21p.
- Haregeweyn N., Poesen J., Nyssen J., Verstraeten G., Vente J.D., Govers G., Deckers S. and Moeyersons J. 2005. Specific sediment yield in Tigray-Northern Ethiopia: assessment and semiquantitative modeling. Geomorphology. 69: 315-331.
- Mohammadiha S., Peyrowan H.R., Mousavi Harami R. and Feiznia S. 2011. Evaluation of soil erosion and sediment yield using semi quantitative models: FSM and MPSIAC in Eivanekei watershed and the sub-basins (Southeast of Tehran/Iran). Journal of American Science. 7(7): 234-239.
- Morgan R. P. C. 1995. Soil and Water Conservation longman Scientific and Technical. 2nd eddition. 198p.

Comparison of two models FSM and Fargas in zoning of erosion in Kasilian Watershed

A. Moeini, S. Mofidi, Sh. Mohammadian Khorasani, A. Siami

Assistant Prof., Department of Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Phd. Student Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Phd. Student Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Former MSc. Student Department of Soil Science. Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

This aimed to comparison of two models FSM and Fargas in erosion zoning at Kasilian watershed. to attain this purpose, First require maps for two methods were prepared. Then, Using two models (FSM and Fargas) to



پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: فرسایش خاک و ریزگردها



estimate erosion rates Kasilian watershed and zoning of erosion maps was prepared. The results indicated that in Fargas model 6281.38 hectares of the kasilian region were in high class and 510.60 hectares were in high class of risk erosion and In FSM model 2508.14 hectares of the kasilian region were in high class and very high class with 4284.84 the rate was erodibility. With regard to the field visit, the FSM has more accordance with the study area. Especially forest land was estimated in high class by FSM model, while the most severe class assigned by Fargas model to the forest.

Keywords: experimental model, GIS, sediment measurement stations