

## ارزیابی کارایی مدل فرسایشی مورگان و مورگان - فینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مهر سبزوار)

محسن حسینعلی زاده<sup>۱</sup>، مجید اونق<sup>۱</sup>، شمس‌ا... ایوبی<sup>۱</sup> و ابوالقاسم دادرسی سبزواری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛

<sup>۲</sup> عضو هیات علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام سبزوار

تاریخ دریافت: ۸۳/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۶/۲۳

### چکیده

برآورد و بررسی قابل اطمینان مقدار و پتانسیل تخریب خاک به علت افزایش نیاز روزافزون بشر به منابع خاک جهت تولید غذا و همچنین افزایش آگاهی عمومی از عواقب تخریب و فرسایش آن روز به روز در حال توسعه است. همچنین اطلاعات در مورد حمل و نقل رسوب و مواد مغذی از حوزه آبخیز و فرآیندهای فرسایش دهنده آن از جمله ضروریاتی است که جهت مدیریت آبخیز بدان نیاز است. هدف از این تحقیق بررسی کارایی مدل فرسایشی مورگان و مورگان - فینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از حوزه آبخیز مهر سبزوار می باشد. بعد از جمع آوری اطلاعات پایه و نقشه های لازم، با توجه به پیمایش منطقه و جدول های ویژه مدل در فاز آب، متغیر متوسط شدت بارش سالانه به صورت یکپارچه و متغیرهای دیگر این فاز به صورت توزیعی در نظر گرفته شدند. در فاز رسوب نیز تمامی متغیرهای ورودی مدل در واحدهای کاری، باستثنای ضریب فرسایش پذیری خاک جهت تهیه نقشه جدا شدن ذرات خاک بوسیله قطرات باران (F) به صورت توزیعی در نظر گرفته شدند. تمام متغیرهای ورودی جهت تهیه نقشه ظرفیت انتقال رسوب توسط جریان سطحی (G) به صورت توزیعی به عنوان ورودی های مدل مورد استفاده قرار گرفتند. نهایتاً نقشه فرسایش سالانه حوزه از مقایسه دو نقشه (F) و (G) و در نظر گرفتن حداقل مقدار آنها تهیه گردید. متوسط فرآیندهای فیزیکی جدا شدن ذرات خاک و انتقال رسوب در این زیرحوزه به ترتیب برابر ۱/۲۹ و ۲۴۷/۲ کیلوگرم بر مترمربع بوده است. نتایج نشان می دهد، به طور کلی فرسایش از نقشه (F) تبعیت کرده و از سه زیرحوزه ای که مدل در آنها کالیبره شده است، تنها در یک مورد با نسبت ۴/۸ (واقعی به برآورد شده) نتایج برآوردی تقریباً به واقعیت نزدیک است.

واژه های کلیدی: مدل مورگان و مورگان - فینی، فرسایش، آبخیز مهر سبزوار

### مقدمه

محل اصلی وقوع آن، در حوزه ها و اراضی زراعی به صورت کاهش توان تولیدی و تخریب خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بروز می کند، بلکه در محل خارج از وقوع آن به صورت انباشت بر روی اراضی مرغوب کشاورزی، مراتع، منابع ذخیره آب و کانال های آبیاری و

فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره برداری انسان از طبیعت از اوایل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است. اثرات منفی ناشی از دخالت بشر یا فرسایش تشدید، نه تنها در

بنابراین باید جهت رسیدن به میزان فرسایش و رسوب با در نظر گرفتن دو مسئله زمان و هزینه، به برآورد آن (مدل‌های فرسایش و رسوب) پرداخته شود (تلوری، ۱۳۸۱). ولی متأسفانه در حال حاضر هیچ روش استاندارد جهت بررسی فرسایش وجود ندارد (SSSA<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴).

مقیاس ارزیابی فرآیندهای تخریب و فرسایش خاک از اهمیت بالایی برخوردار است، به نحوی که فرآیندهای تخریبی متعددی در مقیاس‌های مکانی<sup>۲</sup> ملکول، توده خاک، پروفیل، خاک‌نما<sup>۳</sup>، زمین‌نما<sup>۴</sup>، مزرعه و حوزه‌آبخیز می‌توانند مورد بررسی واقع شوند (هاتسون، ۱۹۹۶). باید توجه داشت که اعتباریابی و بررسی تناسب مدل تنها براساس میزان خروجی (نظیر رسوب پشت بندها) نمی‌تواند صورت گیرد و بایستی تغییرات مکانی فرسایش و رسوب در داخل حوزه نیز مورد نظر قرار گیرد (تاکن و همکاران، ۱۹۹۹). رستم‌چی و پروسر (۲۰۰۱) در تحقیقی وجود شواهد اندک را در مورد پیش‌بینی الگوهای مکانی ظرفیت حمل رسوب و انتخاب مدل‌های هیدرولوژیکی تپه‌ماهور دلیل بر ضعف اجرای مدل در این مقیاس دانسته‌اند.

با توجه به استفاده رایج مدل‌های معمول فرسایش و رسوب و عنایت به اینکه اینکته اکثر مدل‌هایی که در مطالعات فرسایش خاک بکار می‌روند روش‌های تجربی از نوع جعبه خاکستری محسوب می‌شوند، ره‌یافت‌های جدید نشان داده است که این روش‌ها چندان کارایی ندارند. بنابراین امروزه تأکید بر استفاده از روش‌هایی است که مبتنی بر مدل‌های فیزیکی هستند، لذا تجزیه و تحلیل آماری جای خود را به حل معادله‌های دیفرانسیلی می‌دهد (مورگان، ۱۹۸۶).

مورگان (۱۹۸۶) روشی را برای برآورد مقدار سالانه تلفات خاک در سطوح مزارع، حوزه‌های بسیار کوچک

همچنین ایجاد آلودگی توسط رسوبات و فلزات سنگین و مواد شیمیایی همراه آن، امروزه بیش از هر زمان دیگری مشهود است (لای و همکاران، ۱۹۹۸). برآورد و بررسی قابل اطمینان مقدار و پتانسیل تخریب خاک به علت افزایش نیاز روزافزون بشر به منابع خاک جهت تولید غذا و همچنین افزایش آگاهی عمومی از عواقب تخریب و فرسایش خاک روز به روز در حال توسعه است (لای و همکاران، ۱۹۹۸؛ ال ساوفی، ۱۹۹۴). اطلاعات در مورد حمل و نقل رسوب و مواد مغذی از حوزه‌آبخیز و فرآیندهای فرسایش‌دهنده آن از جمله ضروریاتی می‌باشد که جهت مدیریت آبخیز نیاز است (مریت و همکاران، ۲۰۰۳).

تخریب خاک ناشی از فرسایش آبی یک مشکل جدی و اساسی در کاهش کیفیت خاک، زمین و منابع آبی محسوب شده که بشر جهت امرار معاش بیش از هر چیزی به آن وابسته است (لای و همکاران، ۱۹۹۸). پیمنتل و همکاران (۱۹۹۵) هزینه‌های جهانی فرسایش خاک را حدود ۴۰۰ بیلیون دلار در سال برآورد کرده‌اند که مبلغی بیش از ۷۰ دلار به ازای هر فرد در سال می‌باشد.

مطالعه فرسایش خاک از دیدگاه متخصصین منابع طبیعی، اکولوژیست‌ها و به‌طور خاص خاک‌شناسان اساساً بر روی حفاظت از خاک به جای ممانعت از حمل رسوب تمرکز دارد. هر چند آنگاه که موفق به حفظ خاک شدید خود به خود قسمت اعظم حمل رسوب نیز کاهش خواهد یافت، اما چنین رابطه‌ای در جهت عکس برقرار نیست (مورگان، ۱۹۸۶).

اندازه‌گیری مستقیم فرسایش و رسوب عمدتاً راه به‌دست آوردن میزان واقعی فرسایش در روی زمین است و غالب روش‌های دیگر با استفاده از نتایج حاصل از اندازه‌گیری، بسط و توسعه یافته‌اند. اما دو اشکال اساسی باعث رویکرد به راه‌های دیگر است، اول اینکه روشی پر هزینه و بسیار وقت‌گیر است و دوم آنکه نتایج حاصله مربوط به محدوده کوچک و خاصی است و تعمیم آن به مناطق بزرگتر با اشکال مواجه است (تلوری، ۱۳۸۱).

1- Soil Science Society of America  
2- Spatial scales  
3- Soils cape  
4- Landscape

**الف- مرحله آب:**

۱- انرژی سیستیک باران (ژول بر مترمربع)

$$E = R (11/9 + 8/7 \text{ Log} I) \quad (1)$$

۲- حجم جریان سطحی (میلی متر)

$$Q = R \exp (-Rc/Ro) \quad (2)$$

۳- ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک تحت پوشش متراکم (میلی متر)

$$Rc = 1000 \text{ Ms.BD.RD}(E_a/E_t)^{1/5} \quad (3)$$

۴- مقدار متوسط بارندگی به ازای روزهای بارانی سال (میلی متر)

$$Ro = R/Rn \quad (4)$$

**ب- مرحله رسوب:**

۱- میزان جدا شدن ذرات خاک در اثر برخورد باران (کیلوگرم بر مترمربع)

$$F = K(Ee^{-ap})^b \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

۲- میزان حمل رسوب بوسیله جریان سطحی (کیلوگرم بر مترمربع)

$$G = CQ^d(\text{Sins}) \quad (6)$$

بنابراین، فاز رسوب از دو معادله پیش‌بینی کننده نرخ جداپذیری ذرات خاک توسط قطرات باران و ظرفیت انتقال توسط جریان سطحی تشکیل شده است. مدل (MMF) پیش‌بینی‌های ناشی از جداپذیری توسط پاشمان و قدرت انتقال آب را مقایسه کرده و کمترین مقدار را به عنوان نرخ سالانه هدر رفت خاک ملاک قرار می‌دهد که به موجب آن مشخص می‌شود جداپذیری یا انتقال به عنوان فاکتور محدودکننده منظور گردیده است.

مدل فرسایشی مورگان و مورگان - فینی توسط ارائه‌دهندگان آن با استفاده از اطلاعات کرت‌های فرسایشی برای ۷۶ محل مطالعاتی در ۱۲ کشور واسنجی شده که کاربرد آن در ۴۷ محل مورد تحقیق، تأیید شده است (دادرسی سبزوار، ۱۹۹۷). این مدل در خارج از کشور توسط (یامپورنرات و همکاران، ۱۹۹۸؛ شرسا، ۲۰۰۱؛ مورگان، ۲۰۰۱)، و در داخل کشور توسط (رهنا

(احمدی، ۱۳۷۴؛ رهنا مبارکه، ۱۹۹۴) و تپه‌ماهورها با توجه به مدل  $USLE^1$ ، براساس نتایج بررسی‌هایی که در سال‌های اخیر در مورد فرآیند فرسایش به‌دست آمده - است، توسعه داده‌اند. در واقع مدل فرسایشی مورگان و مورگان - فینی (MMF)<sup>۲</sup> به عنوان پلی مابین مدل‌های  $USLE$  و مدل‌های  $CREAMS^3$  و  $ANSWERS^4$  محسوب می‌شود که دارای پایه فیزیکی قوی‌تری نسبت به  $USLE$  و سادگی بیشتری نسبت به  $CREAMS$  و  $ANSWERS$  می‌باشد. این مدل فرسایش را ناشی از جدا شدن ذرات تحت اثر ضربه قطرات باران<sup>۵</sup> و سپس انتقال آنها توسط جریان سطحی<sup>۶</sup> می‌داند. فرآیند انتقال توسط پاشمان باران<sup>۷</sup>، جدایی ذرات بر اثر جریان آب سطحی<sup>۸</sup>، جدایی ثانویه ذرات<sup>۹</sup> و انتقال ثانویه ذرات<sup>۱۰</sup> در نظر گرفته نشده که ممکن است نادیده گرفتن موارد فوق منجر به در نظر نگرفتن مدل مورد نظر به عنوان یک مدل فیزیکی باشد. مدل فرسایشی مورد نظر بر اساس فرآیندهای موجود در یک حوزه آبخیز جزء مدل‌های پیوسته (تلوری، ۱۳۸۱)، بر اساس نحوه عمل فرآیندهای فیزیکی جزء مدل‌های تجربی (جعبه سفید) (مریت و همکاران، ۲۰۰۳) و با توجه به کالیبره کردن آن در زیرحوزه‌ها و تعمیم آن به مناطق دیگر محدوده مورد مطالعه جزء مدل‌های قیاسی یا آنالوگ (تلوری، ۱۳۸۱) محسوب می‌شود.

برای بکارگیری آن نیاز به بررسی ۱۵ عامل و ۶ معادله در دو فاز آب و رسوب است که در ذیل به تشریح آن پرداخته شده است. معادلات مورد استفاده در این روش برای تخمین فرسایش خاک به قرار زیر می‌باشد:

- 1- Universal Soil Loss Equation
- 2- Morgan and Morgan - Finney
- 3- Chemical Run Off And Erosion From Agricultural Management System
- 4- Arial Non Point Source Watershed Environment Response Simulation
- 5- Splash Detachment
- 6- Transport by overland flow
- 7- Splash Transport
- 8- Detachment by overland flow
- 9- Redetachment
- 10- Entrainment

نسبتاً خوب می‌باشد. وی کارآیی مدل را در اراضی با خاک لخت و شیب تند (بدلند) با پوشش گیاهی فقیر و شیب متوسط، مناسب دانسته است. همچنین وی در تحقیق دیگری (۱۳۸۳) بر روی پلات‌های آزمایشی ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه، به ارزیابی این مدل پرداخت. وی در این بررسی در ۲۰/۵۱ درصد از پلات‌های آزمایشی که دارای پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد و شیب بالاتر از ۳۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد، کارآیی مدل در شرایط مورد بررسی، را تأیید کرده است. نتایج وی کارآیی مدل MMF را برای شرایطی با پوشش گیاهی بالا و شیب پایین نامناسب نشان داده است.

هدف از این تحقیق بررسی کارآیی مدل فرسایشی مورگان و مورگان - فینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در واحدهای کاری در بخشی از حوزه آبخیز مهر سبزواری و نهایتاً ارائه آن به عنوان یک مدل مناسب در حوزه‌های آبخیز کشور با شرایطی مشابه به شرایط منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز مهر سبزواری در ۵۲ کیلومتری شهرستان‌های سبزواری - شاهرود در استان خراسان، حدفاصل طول‌های جغرافیایی ۱۰° ۱۰' ۵۷ تا ۱۱° ۱۱' ۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۶° ۲۲' تا ۳۶° ۱۸' ۲۳ شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت آن حدود ۲۵/۲۹ کیلومترمربع، ارتفاع متوسط ۱۱۵۸ متر از سطح دریا و شیب متوسط آن ۵۶ درصد می‌باشد. باران و دمای متوسط سالانه آن حدود ۲۰۹ میلی‌متر و ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

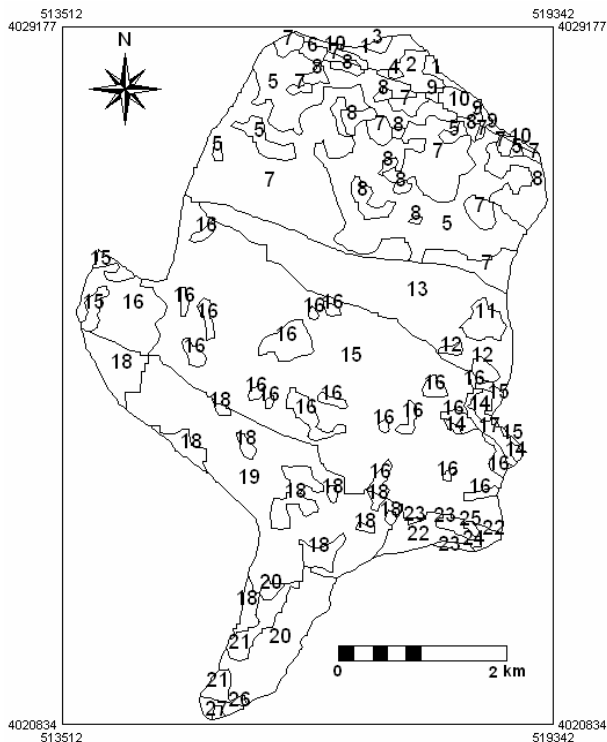
بعد از تهیه مدل رقومی ارتفاع (DEM<sup>2</sup>) و تهیه نقشه شیب از آن، واحدهای کاری که تلفیقی از نقشه‌های زمین‌شناسی، واحد منابع اراضی، کاربری اراضی و شیب می‌باشد، در محیط GIS به صورت شکل ۲ تهیه گردید (آی تی سی، ۲۰۰۱). مشخصات واحدهای کاری در جدول ۱ ارائه شده است.

مبارکه، ۱۹۹۴؛ دادرسی سبزواری، ۱۹۹۷ و ۱۳۸۳) مورد استفاده قرار گرفته است.

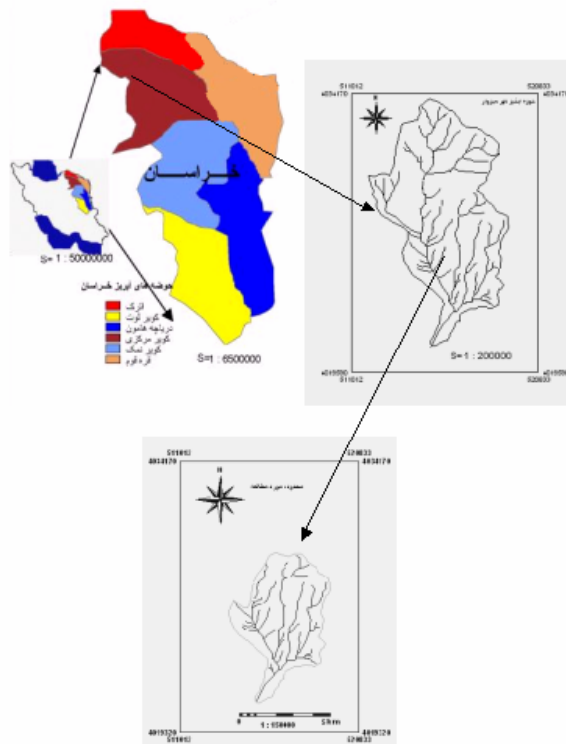
یامپورنرات و همکاران (۲۰۰۰) به مطالعات نقشه‌بندی فرسایش خاک به سه روش پیمایشی، (USLE) و (MMF) در استان چابکنکسای تایلند پرداختند و نقشه تولیدشده به صورت پیمایشی را با نقشه‌های تولید شده مدل‌های نام برده، مقایسه کردند. صحت روش MMF را نسبت به روش USLE، ۶۷/۵ درصد در مقابل ۵۶/۴ درصد نسبت به واقعیت ذکر کرده‌اند. دقت نقشه‌بندی و ایجاد نقشه جدید، کارآیی بهتر مدل (MMF) را نسبت به (USLE) به اثبات رساند. شرسا (۲۰۰۱)، در حوزه آبخیز جی‌خوخولا که یکی از زیرحوزه‌های آبخیز سانکوش نپال می‌باشد، مدل فرسایشی (MMF) را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار گرفت. وی بیشترین هدر رفت خاک را با این مدل، اراضی دیم (۳۲/۵ تن در هکتار)، اراضی آبی (۰/۹ تن در هکتار) و کمترین آن را اراضی جنگلی (۰/۴ - ۰/۰۱ تن در هکتار) معرفی کرده است. مورگان (۲۰۰۱)، دو مدل MMF<sup>1</sup> و RMMF<sup>1</sup> را جهت اعتبارسنجی در ۶۷ منطقه مورد بررسی قرارداد که به طور کلی هر دو مدل از صحت بالایی برخوردار بوده، اما هیچکدام از آنها نمی‌توانند در مناطقی با نرخ بالا (نواحی لسی چین) و نرخ پایین فرسایش، پیش‌بینی خوبی داشته باشند. رهنما مبارکه (۱۹۹۴)، مدل فرسایشی MMF را در حوزه آبخیز باروت آقچی با کاربری مرتع، اراضی کشاورزی دیم و آبی در جنوب غرب زنجان با در نظر گرفتن رسوب بندهای خاکی به عنوان شاهد مورد استفاده قرارداد. او دریافت که بااستثنای یک مورد، مدل برای کل حوزه تقریباً مناسب بوده و در نواحی با خاک‌های کم عمق و نفوذپذیری بالا، اختلافات زیادی را با مشاهدات منطقه‌ای نشان می‌دهد. دادرسی سبزواری (۱۹۹۷)، مدل MMF را به همراه شاهد (رسوب پشت بندها) در حوزه آبخیز فیلاخاسه در غرب زنجان رود مورد بررسی قرارداد. وی نتیجه گرفت که مدل در تمامی موارد بااستثنای واحدهای با پوشش گیاهی و لاشبرگ متراکم و نفوذپذیری بالا، دارای نتایج

2- Digital Elevation Model

1- Revised Morgan and Morgan - Finney



شکل ۲- واحدهای کاری محدوده مورد مطالعه.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز مهر سبزواری استان خراسان.

جدول ۱- مشخصات مربوط به واحدهای کاری محدوده مورد مطالعه.

واحد کاری	منابع اراضی	کاربری اراضی	شیب (%)	زمین شناسی	واحد کاری	منابع اراضی	کاربری اراضی	شیب (%)	زمین شناسی
۱	۱-۲	مربع با پوشش ۵-۲۵٪	۱۰-۴۰	Tm <sub>1</sub>	۱۵	۱-۲	مربع با پوشش ۱۰٪	۱۰-۴۰	Tm <sub>1</sub>
۲	۱-۲		۴۰-۷۰	Tm <sub>1</sub>	۱۶	۱-۲		۴۰-۷۰	Tm <sub>1</sub>
۳	۱-۲		۰-۱۰	Tm <sub>1</sub>	۱۷	۱-۲		۰-۱۰	Tm <sub>1</sub>
۴	۱-۲		۷۰	gb	۱۸	۲-۱		۷۰	gb
۵	۱-۲		۴۰-۷۰	gb	۱۹	۲-۱		۴۰-۷۰	gb
۶	۱-۲		۰-۱۰	E <sup>v</sup>	۲۰	۲-۱		۰-۱۰	E <sup>v</sup>
۷	۱-۲		۱۰-۴۰	E <sup>v</sup>	۲۱	۲-۱		۱۰-۴۰	E <sup>v</sup>
۸	۱-۲		۷۰	E <sup>v</sup>	۲۲	۲-۱		۷۰	E <sup>v</sup>
۹	۱-۲		۱۰-۴۰	gb	۲۳	۲-۱		۱۰-۴۰	gb
۱۰	۱-۲		۴۰-۷۰	gb	۲۴	۲-۱		۴۰-۷۰	gb
۱۱	۱-۲		۴۰-۷۰	E <sub>2</sub> sc	۲۵	۲-۱		۴۰-۷۰	E <sub>2</sub> sc
۱۲	۱-۲		۴۰-۷۰	PL <sup>c</sup>	۲۶	۲-۱		۴۰-۷۰	PL <sup>c</sup>
۱۳	۱-۲	۱۰-۴۰	E <sub>2</sub> sc	۲۷	۲-۱	۱۰-۴۰	E <sub>2</sub> sc		
۱۴	۱-۲	۴۰-۷۰	PL <sup>c</sup>	-	-	۴۰-۷۰	PL <sup>c</sup>		

Tm: ترکیبی از سنگ‌های افیولیتی با سنگ آهک  
 E<sup>sc</sup>: تناوب مارن، ماسه سنگ و ماسه سنگ کنگلومراتیک قرمز رنگ  
 gb: گابرو  
 PL<sup>c</sup>: کنگلومرا با مارن تحتانی Ku<sup>pl</sup> سنگ  
 M<sup>m</sup>: مارن و مارن گچ‌دار به رنگ قرمز  
 E<sup>v</sup>: گدازه‌های آتشفشانی عمدتاً آندزیت و بازالت با سنگ بستر توفی  
 ۱-۲: کوه‌های بسیار مرتفع با قله کشیده متشکل از سنگ‌های آتشفشانی، اکثراً فاقد پوشش خاکی و در دامنه‌ها خاک‌های بسیار کم عمق و سنگریزه‌دار.  
 ۲-۱: تپه‌های مرتفع با قله کشیده، متشکل از سنگ‌های آهکی و کنگلومرا، عموماً فاقد پوشش گیاهی.

جریان سطحی (Q) (معادله ۲) و شیب محدوده مورد مطالعه (Sins) بر حسب رادیان با استفاده از معادله ۶ محاسبه گردید.

۳- برآورد فرسایش: نهایتاً بعد از انجام کلیه مراحل فوق جهت برآورد نرخ فرسایش سالانه، دو معادله ۵ و ۶ به صورت نقشه (نقشه‌های G و F) در محیط GIS با هم مقایسه و کمترین مقدار آنها با در نظر گرفتن ضریب ۱۰ جهت تبدیل واحد از کیلوگرم بر مترمربع به تن در هکتار به عنوان فرسایش سالانه در نظر گرفته شد.

۴- انتخاب مکان‌های مناسب و اندازه‌گیری رسوب پشت بندهای خاکی جهت اعتبارسنجی مدل: جهت اعتبارسنجی مدل، ۳ عدد بندخاکی که در بالادست آنها، هیچ سازه دیگری احداث نشده بود و همچنین هیچ‌گونه آب و رسوبی از آنها سرریز نکرده بود انتخاب شده، اندازه‌گیری رسوب آنها از طریق حفر بیش از ۱۰ پروفیل در رسوب پشت مخازن محاسبه گردید.

۵- ارزیابی مدل: بعد از تعیین حجم و وزن رسوب پشت بندهای خاکی مورد مطالعه و در نظر گرفتن نرخ تحویل رسوب (SDR)<sup>۱</sup> و همچنین بستن زیرحوزه‌های مربوط به هر بند خاکی در محیط GIS، به مقایسه نتایج برآوردی مدل و واقعیت پرداخته شد.

### نتایج و بحث

نتایج انجام این تحقیق به تفکیک مراحل انجام آن به شرح ذیل می‌باشد:

برآورد میزان جدا شدن ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران و انتقال ذرات خاک در اثر جریان سطحی در محدوده مورد مطالعه که پراکنش مکانی آنها به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است. برخی خصوصیات آماری مربوط به آنها در جدول ۲ آورده شده است. شایان ذکر است که مقادیر راهنما در شکل‌های ۳ الی ۵ برای هر ۴۰۰ متر مربع (اندازه پیکسل ۲۰ متر) در نظر گرفته شده است.

عملیات میدانی جهت تعیین ورودی‌های مدل با توجه به واحدهای کاری و جدول‌های ویژه مدل انجام گرفته و نقشه تمام ورودی‌های مدل به همراه متغیرهای مربوط به بارندگی که از ادارات مربوطه جمع‌آوری شده بود در محیط GIS آماده‌گردید. مراحل اجرا و ارزیابی مدل به قرار زیر می‌باشد:

۱- مرحله آب: در این مرحله، نقشه متغیرهای متوسط بارندگی سالانه (R) بر حسب میلی‌متر و متوسط شدت بارش سالانه (I) بر حسب میلی‌متر بر ساعت با استفاده از معادله (۱) جهت به‌دست آوردن انرژی سینتیک باران (E) بکار گرفته شدند و نقشه انرژی سینتیک باران در محیط GIS تهیه شد. نقشه ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک تحت پوشش متراکم (RC) با استفاده از ظرفیت مزرعه (Ms) با تنش ۰/۳۳ بار، وزن مخصوص ظاهری (BD) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، نسبت تبخیر و تعرق واقعی به پتانسیل (E<sub>a</sub>/E<sub>t</sub>) و عمق توسعه ریشه (RD) بر حسب متر با استفاده از معادله (۳) تهیه شد. نقشه متوسط بارندگی به‌ازای روزهای بارانی سال (R<sub>o</sub>) با در نظر گرفتن نقشه‌های بارندگی سالانه (R) و تعداد روزهای بارانی سال (R<sub>n</sub>) با استفاده از معادله (۴) تهیه گردید.

معادله تعیین حجم جریان سطحی (Q) به صورت نقشه، با در نظر گرفتن معادلات (۳ و ۴) و نقشه متوسط بارندگی سالانه (R) با استفاده از معادله (۲) به‌دست آمد.

۲- مرحله رسوب: در این مرحله، مدل شامل دو معادله مهم است که مقادیر حدی این دو معادله به صورت نقشه، نرخ فرسایش سالانه را نشان می‌دهد. میزان جدا شدن ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران (F) با در نظر گرفتن نقشه‌های فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (k) بر حسب گرم بر ژول، انرژی سینتیک باران (معادله ۱)، برگاب گیاه (p) بر حسب درصد، با استفاده از معادله (۵) محاسبه گردید.

میزان حمل رسوب بوسیله جریان سطحی (G) نیز با در نظر گرفتن نقشه‌های فاکتور پوشش (C) که ترکیب ضرایب P و C در فرمول (USLE) می‌باشد، حجم

1- Sediment Delivery Ratio

جدول ۲- برخی خصوصیات آماری مربوط به فرآیندهای فیزیکی مدل در محدوده مورد مطالعه.

شاخص آماری	فرآیندهای فیزیکی فرسایش
حد اقل	جدا شدن ذرات خاک بر اثر برخورد قطرات باران
متوسط	
حداکثر	
حد اقل	انتقال ذرات خاک بر اثر جریان سطحی
متوسط	
حداکثر	

(کیلوگرم بر مترمربع)

۰/۱۲

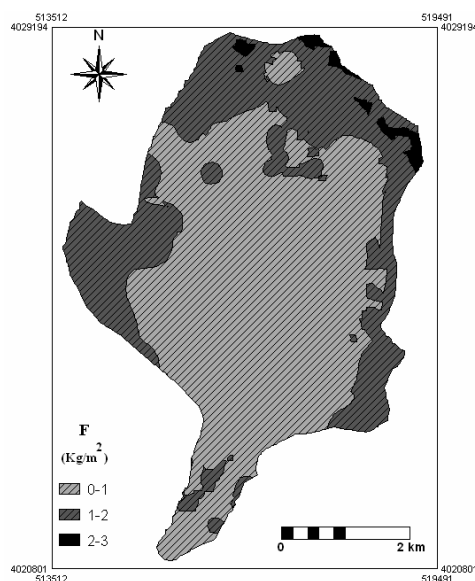
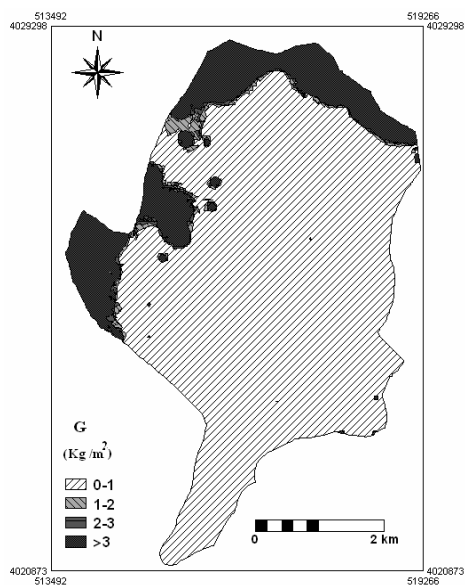
۱/۲۹

۲/۴۶

۰

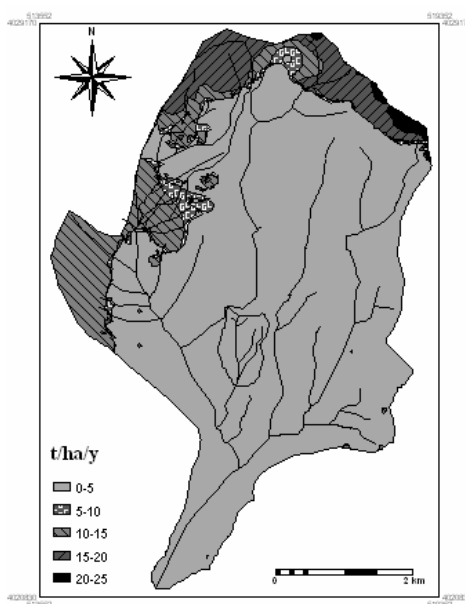
۲۴۷/۲

۵۲۱۳۵/۴



شکل ۳- نقشه میزان جدا شدن ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران.

شکل ۴- نقشه میزان انتقال ذرات خاک در اثر جریان سطحی.



شکل ۵- نقشه نرخ فرسایش سالانه محدوده مورد مطالعه با زیرحوزه‌های اعتبار سنجی مدل.

جدول ۳- مقایسه مقدار فرسایش تخمینی توسط مدل و مقدار واقعی در زیرحوزه‌های مورد مطالعه.

شماره (۳)		شماره (۲)		شماره (۱)		زیر حوزه فرسایش
واقعیت	مدل	واقعیت	مدل	واقعیت	مدل	
۴/۱۶	۰/۸۷	۳۷/۹	۱/۹	۱۳/۳	۰/۰۰۴	فرسایش ویژه (تن در هکتار در سال)
۹۹۷/۸۰	۲۰۸/۹	۹۹۲/۸۸	۴۹/۴	۷۷۹/۵۳	۰/۲۶	فرسایش سالانه (تن)

ترتیب نامگذاری زیرحوزه‌ها از پایین دست به سمت بالادست می‌باشد.

عدم تناسب مدل در زیرحوزه‌های دو و سه به علت در نظر نگرفتن تغییرات مکانی فرسایش و رسوب ممکن است یکی از دلایل ضعف مدل باشد که در این مورد نتایج با تحقیقات تاکن و همکاران (۱۹۹۹) هم‌خوانی دارد. از سوی دیگر بالا بودن پیچیدگی طبیعت و عدم آگاهی کامل به الگوهای مکانی فرسایش و حمل رسوب و اجرای مدل در مقیاس مکانی زیرحوزه ممکن است دلیل بر ضعف اجرای مدل در این مقیاس باشد که در این صورت نتایج تحقیق اخیر با نتایج رستمجی و پروسر (۲۰۰۱) هم‌خوانی دارد.

از نظر واحدهای کاری، واحدهای کاری ۲۱ و ۲۶ (در نزدیک خروجی محدوده مورد مطالعه) با استفاده از مدل، فاقد فرسایش بوده‌اند (شکل ۴) که با در نظر گرفتن شیب کم و کلاس‌های نفوذپذیری دو و سه (کلاس متوسط تا زیاد نفوذپذیری)، نتایج با نتایج رهنما مبارکه (۱۹۹۴) و دادرسی سبزوار (۱۹۹۷) هم‌سویی دارد. بیشترین مقدار فرسایش سالانه به واحد کاری ۶ تعلق دارد که به علت پایین بودن شیب (۱۰-۰ درصد) عدم تناسب مدل در این واحد را نشان می‌دهد. بالا بودن فرسایش ویژه (تن در هکتار در سال) در واحدهای کاری ۴ (۳۵۰)، ۹ (۳۵۹) و کم بودن آن در واحد کاری ۱۷ (۰) دلیل بر عدم تناسب این مدل در مناطق پرشیب (۷۰٪) می‌باشد که نتایج با مورگان (۱۹۸۶ و ۲۰۰۱) و دادرسی سبزوار (۱۳۸۳) هم‌سویی دارد. در واحدهای کاری ۸ و ۲۴ فرسایش دارای مقدار متوسطی نسبت به واحدهای دیگر بوده است که ممکن است عامل زمین‌شناسی نقش بالابودن شیب را از بین برده باشد.

پیشنهاد می‌گردد این مدل در مناطق دیگر ایران با توجه به مزایای ذیل نسبت به دیگر مدل‌های رایج در

به‌طورکلی مدل فرسایشی مورد نظر در منطقه مورد مطالعه برای بخشی از آن دارای پاسخ بوده که دارای شیب بالا و پوشش گیاهی کم می‌باشد.

مقایسه نتایج حاصل از مدل با واقعیت در زیرحوزه شماره یک، نشان می‌دهد که، مقدار رسوب اندازه‌گیری شده پس از در نظر گرفتن نرخ تحویل رسوب در مقایسه با مقدار فرسایش ناشی از مدل، خیلی بیشتر بوده است. این امر حاکی از عدم تناسب مدل فرسایشی مورد نظر در مناطقی با ویژگی‌های کاربری اراضی و توپوگرافی و زمین‌شناسی شبیه به محدوده مورد مطالعه می‌باشد. زیرحوزه شماره یک در کلاس نفوذپذیری دو (کلاس متوسط تا زیاد نفوذپذیری) (رفاهی، ۱۳۷۹) واقع شده است. عدم تناسب مدل در این زیرحوزه با توجه به نفوذپذیری بالا با نتایج رهنما مبارکه (۱۹۹۴) و دادرسی سبزوار (۱۹۹۷) هم‌سویی دارد. با توجه به پایین بودن شیب در این زیرحوزه (۱۳ درصد)، عدم تناسب مدل در این شیب‌ها توسط دادرسی سبزوار (۱۳۸۳) به اثبات رسیده است. از طرف دیگر مورگان (۲۰۰۱) این مدل را برای مناطق با نرخ بالای فرسایش و رسوب نامناسب دانسته است. با توجه به بالابودن نسبت واقعیت به برآورد فرسایش ویژه (۳۳۲۵) در زیرحوزه شماره یک، مدل فرسایشی مورد مطالعه در این زیرحوزه مناسب نمی‌باشد. بالا بودن نسبت فرسایش واقعی به برآورد شده در زیرحوزه شماره دو (۱۹/۹) و زیرحوزه شماره سه (۴/۸)، دلیل بر عدم تناسب مدل در این زیرحوزه‌ها نمی‌باشد. بلکه نسبت تحویل رسوب (مدل تجربی) که جهت تبدیل رسوب به فرسایش واقعی جهت مقایسه با فرسایش برآورد شده، بکار گرفته شده است تغییرات مکانی را در نظر نگرفته و دارای عدم قطعیت می‌باشد.

تنک و در مناطق با نرخ متوسط فرسایش مورد استفاده قرار گیرد.

### سیاسگزاری

از همکاری ریاست محترم ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی و امور دام سبزوار و کارکنان ایستگاه پخش سیلاب آن شهرستان به علت در اختیار قرار دادن امکانات رفاهی تقدیر و تشکر می گردد.

کشور مورد آزمون قرار گیرد: عدم دخیل بودن نظرات کارشناسی، دارا بودن پایه فیزیکی ساده، در نظر گرفتن دو جنبه مستقل فرسایش و در نتیجه آن، تصمیم گیری بهتر در عملیات حفاظت خاک با در نظر گرفتن مدل های توزیعی رسوب جهت کاهش عدم قطعیت ناشی از مدل تجربی نرخ تحویل رسوب.

پیشنهاد می گردد در صورت تمایل به اجرای این مدل با توجه به نتایج حاصل از تحقیقات قبل و تحقیق اخیر، در مناطق با شیب تقریبی ۶۰-۲۰ درصد با پوشش گیاهی

### منابع

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۴. ژئومورفولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۱۴ صفحه.
۲. دادرسی سبزوار، ا. ۱۳۸۳. ارزیابی مدل فرسایشی مورگان، مورگان و فینی در پلات های آزمایشی ایستگاه سنگانه مشهد. گزارش پایان طرح تحقیقاتی خاتمه یافته. وزارت جهاد کشاورزی - سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. ۵۱ صفحه.
۳. رفاهی، ح. ۱۳۷۹. فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران، ۵۴۸ صفحه.
4. Dadrasi Sabzevar, A. 1997. Erosion assessment in the bad land catchment of western Zanjan valley, using remote sensing and geographic information system, new field evidence and modelling. MSc thesis, ITC p 1-112.
5. El-Swaify, S.A. 1994. State-of-the-art for assessing soil and water conservation needs. pp: 13-27. In: T. L. Napier, S.M. Camboni, and El-Swaify (eds), Adopting conservation on the farm. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. 215pp.
6. Hutson, J.L. 1996. The soil scientist's role in estimating the fate of introduced nutrients and biocides. P. 75-85. In: SSSA special publication No.45, Madison, WI.
7. Iampornrat, K., Van Molle, M., and Heyvaert, V. 2000. Application of USLE model and MORGAN model for soil erosion mapping, the case study in Tamcon Khoahin Sorn, Amphoe Phanmsarakam Chachoengsao province, Thailand. Paper no: 2318, Symposium no: 62.
8. ITC. 2001. Ilwis 3, Academic. Unit RSG/GSD, May 2001.
9. Lai, R., Bium, W.H., Valentie, C., and Stewart, B.A. 1998. Methods for Assessment of Soil degradation. Advances in Soil Science. 558 pp.
10. Merritt, W.S., Letcher, R.A., and Jakeman, A.J. 2003. Review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software. 18: 761-799.
11. Morgan, R. P.C. 1986. Soil Erosion and Conservation. 298pp.
12. Morgan, R.P.C. 2001. A simple approach to soil loss prediction. A revised Morgan- Morgan-Finney. Catena. 44: 305-322.
13. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K. Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Saffouri, R., and Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science. 267: 1117- 1123.
14. Rahnema Mobarakeh, F.A. 1994. Erosion assessment using erosion models, remote sensing and geographic information system. MSc thesis ITC. Pp: 1-68.
15. Rustomji, P., and Prosser, I. 2001. Spatial patterns of sediment delivery to valley floors: sensitivity to sediment transport capacity and hillslope hydrology relations. Hydrological Processes. 15: 1003-1018.
16. Sherestha, M.K. 2001. Soil erosion modelling using remote sensing and GIS, Case study of Jhikhu Khola watershed, Nepal. www.google.com.
17. SSSA. 1994. Assessment of Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publication, Madison, WI.
18. Takken, I., Beuselinck, L., Nachtergaele, J., Govers, G., Poesen, J., and Degraer, G. 1999. Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM). Catena. 37: 431-447.

---

## **Evaluation of Morgan and Morgan-Finney erosion model efficiency in Mehr watershed using GIS**

**M. Hossainali-zadeh<sup>1</sup>, M. Ownagh<sup>1</sup>, SH. Ayobi<sup>1</sup> and A. Dadrassabzevari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Former M.Sc. Student, Assis. prof., and Associate Prof., of Gorgan Univ., of Agricultural Sciences and Natural Resources respectively, <sup>2</sup>Faculty member of Natural Resources Research Center and Animal affair of Sabzevar

---

---

### **Abstract**

Continues man's demands to soil resources and increasing of common knowledge from soil degradation and erosion have increased the need for confident evaluation and assessment of soil degradation rate and potential for food production. Moreover, information on sediment transport and nutrient from watershed and its erosive process are some necessities emergency for watershed management. The main objective of this study is to assess the Morgan and Morgan-Finney model using GIS in some part of Mehr watershed of Sabzevar. After collecting basic information, required maps with regard to fieldwork and typical tables of the model in water phase, average annual precipitation intensity was lumped and the other variables of this phase were taken as distributed variables. In the sediment phase, all model input variables in unit works were considered as distributed variables except soil erodibility factor for preparing map of soil detachment by splash. All input variables for generating the sediment transport by overland flow map (G) were used as distributed variables. Finally annual soil loss map was prepared from comparison of (G) and (F) maps and taking their minimum rate. In general, soil loss followed from (F) map and from 3 sub watersheds for model calibration, only in one case (actual was 4.8 times estimated) estimated results are close to actual. Average physical process of soil detachment and sediment transport were about 1.29 and 247.2 kg m<sup>-2</sup>, respectively in this sub watershed.

**Keywords:** Morgan- Morgan- Finney model; Erosion; Mehr watershed