پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهارم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹٤
صص. ۸۹-۷۵

مدل‌سازی فرسایش خاک و تولید رسوب با استفاده از روش مورگان– مورگان فینی(M M F) در حوضه آبخیز گزاز چای خلخال

رسول صمدزاده*– دانشیارگروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران
صادق پورمحمد– گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۰۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۹/۱۲

چکیده

برآورد میزان تلفات خاک جهت ارزیابی خطر فرسایش آبی خاک در حوضه‌های آبخیز بسیار مهم می‌باشد. امروزه پتانسیل قابل‌توجهی برای استفاده از تکنولوژی GIS به‌عنوان یک ابزار کمکی در اجرای دقیق مدل‌های فرسایش خاک و ارزیابی خطر فرسایش وجود دارد. هدف اصلی پژوهش حاضر مدل‌سازی فرسایش خاک با استفاده از روش مورگان و مورگان فینی (MMF) در محیط ILWIS3.3 در حوضه آبخیز گزازچای خلخال و برآورد میزان تلفات خاک برای کل حوضه آبخیز و نیز به تفکیک کاربری‌های اراضی، واحدهای خاک و زیر حوضه‌ها و تیپ‌های پوشش گیاهی و مقایسه آن‌ها با همدیگر می‌باشد. تخمین تلفات خاک سالانه با مقایسه نقشه‌های مربوط به نرخ جدایش ذرات خاک و ظرفیت انتقال با در نظر گرفتن عدد حداقل از میان این دو محاسبه گردیده است. نتایج بیانگر این است که متوسط سالانه فرسایش خاک حوزه برحسب تن در هکتار برابر۰/۸۲ بوده که در این میان کاربری اراضی زراعت دیم با مقدار ۰/۸۲ و نیز واحد خاک ۱-۳-۳ با مقدار ۱/۳۱ تن در هکتار و زیر حوضه G4-2 با مقدار ۱/۹٤ تن در هکتار و تیپ پوشش گیاهی AsonI با ۰/۹۷ تن در هکتار دارای بیشترین میزان تلفات خاک نسبت به سایر واحدها می‌باشند. متوسط ظرفیت انتقال رواناب(G) با مقدار ۰/۰۰۰۰۲نسبت به متوسط جدایش ذرات خاک(F) با مقدار۲/۷٦ تن بر هکتار در اکثر مناطق حوضه دارای کم‌ترین عدد بوده و عامل محدودکننده فرسایش خاک در منطقه می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی فرسایش خاک،ILWIS3.3 ، روش مورگان - فینی (M M F) ،حوضه گزاز چای خلخال

* نویسنده مسئول: E-mail: samadzadehr@gmail.com

مقدمه

فرسایش یک فرایند ژئومورفیک طبیعی است که در طول زمان ناهمواری‌های سطح زمین را به‌طور پیوسته دستکاری می‌نماید(آنده و همکاران[1] ،۲۰۰۹، ۵۳) هرچند که ابعاد سرزمینی این پدیده منحصر به محدوده خاصی نیست ، ولی مقدار و شدت آن در کشورهای درحال‌توسعه به‌مراتب بیشتر از کشورهای پیشرفته می‌باشد (لال[2]،۱۹۹۸، ۳۲۵). برنامه توسعه سازمان ملل در سال ۱۹۹۹ فرسایش خاک در ایران را نزدیک به ۲۰ تن در هکتار تخمین زده است،که نسبت به ۱۰ سال گذشته ۱۰ تن در هکتار افزایش‌یافته است. در این گزارش کل فرسایش خاک در سطح ایران ۲-۱ میلیارد مترمکعب در سال برآورد گردیده است(گزارش برنامه توسعه سازمان ملل[3]،۱۹۹۹، ۱۱۳). برآورد میزان تلفات خاک جهت ارزیابی خطر فرسایش آبی خاک در حوضه‌های آبخیز بسیار مهم می‌باشد. ازآنجایی‌که اندازه‌گیری مستقیم فرسایش و رسوب واقعی حوضه درروی زمین بسیار پرهزینه و زمان‌بر بوده و درعین‌حال تعمیم آن به مناطق بزرگ‌تر همواره با اشکال مواجه است، در این میان برآورد میزان تلفات خاک برای حوضه‌های آبخیز از طریق مدل‌سازی همواره موردتوجه کارشناسان امر بوده است. اکثر مدل‌های مورداستفاده در فرسایش خاک، روش‌های تجربی از نوع جعبه خاکستری است. جدیداً محققین به این نتیجه رسیده‌اند که این‌گونه مدل‌ها چندان کارایی ندارند. امروزه تأکید بر روش‌هایی است که مبتنی بر مدل‌های فیزیکی‌اند. لذا به‌تدریج تجزیه‌وتحلیل‌های تجربی جای خود را به حل معادله‌های دیفرانسیل می‌دهند(مورگان ، ۱۹۸۶، ۲۰). مدل فرسایش مورگان و مورگان- فینی[4] (MMF) برای نخستین بار توسط مورگان و مورگان و فینی در سال ۱۹۸۴ ارائه گردید(مورگان، مورگان و فینی، ۱۹۸۴، ۲۴۵). دارای پایه فیزیکی قوی‌تری نسبت به مدل معادله جهانی فرسایش(USLE) می‌باشد. این مدل فرایند فرسایش خاک را به دو فاز آب و فاز رسوب تفکیک می‌نماید و فرسایش خاک به‌عنوان جدایش ذرات خاک فقط به‌وسیله ضربات قطرات باران و انتقال این ذرات به‌وسیله جریان سطحی تعریف می‌شود. سپس مورگان در سال۲۰۰۱ دو مدلMMF وRMMF را جهت اعتبار سنجی در ۶۷ منطقه انگلستان مطالعه نموده و به‌طورکلی بالا بودن صحت هر دو مدل را به تائید رساند(مورگان، ۲۰۰۱، ۳۲۰).

شرستا[5] در حوضه آبخیز جی خوخولا در نپال با استفاده از مدل MMF میزان هدر رفت خاک در اراضی دیم ،آبی و جنگل را به ترتیب ۳۲.۵، ۰.۹، و ۰.۱-۰.۴ تن در هکتار برآورد نمود(شرستا، ۲۰۱۰، ۱۵)

آندو و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد مدلMMF در حوضه آبخیز تپه‌ماهوری ایکیتی جنوب باختری نیجریه به‌منظور پیش‌بینی تلفات خاک دریافتند که این مدل به‌طور مؤثری می‌تواند برای پیش‌بینی خطر فرسایش بکار گرفته شود. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین تلفات خاک به میزان ۱.۲۷۵ کیلوگرم بر مترمربع در سال از تپه‌های صخره‌ای با شیب بالاتر از ۱۵ درصد می‌باشد و کم‌ترین میزان ۰.۹۴۲ کیلوگرم بر مترمربع مربوط به اراضی پست پوشیده از جنگل‌های کنار رودخانه‌ای می‌باشد. متوسط فرسایش سالانه برآورد شده برای منطقه موردمطالعه برابر ۱.۱۱۲ کیلوگرم بر مترمربع بوده است.

ازآنجایی‌که برآورد رسوب و فرسایش مستقیم هزینه‌بردار و با مشکلاتی همراه است لذا در این پژوهش هدف بررسی کارایی مدل فرسایش مورگان و مورگان- فینی (MMF) در برآورد فرسایش و تلفات خاک حوضه گزازچای می‌باشد. مخصوصاً نتایج مطالعات مهندسین مشاور جامع ایران در سال ۱۳۸۵، که متوسط فرسایش خاک این حوضه آبخیز را بر اساس مدل MPSIAC معادل ۶.۹ تن در هکتار در سال برآورد نموده بودند. این مقدار فرسایش تقریباً ۸ برابر مقدار برآورد پژوهش حاضر می‌باشد. ازآنجایی‌که پس از سال‌های ۸۲-۱۳۸۱ و مطالعات مهندسین مشاور به تعداد

---

[1] - Ande & etal
[2] - Lal
[3]- United Nation development plan
[4] - Morgan, , Morgan, and Finney
[5] - Sherestha

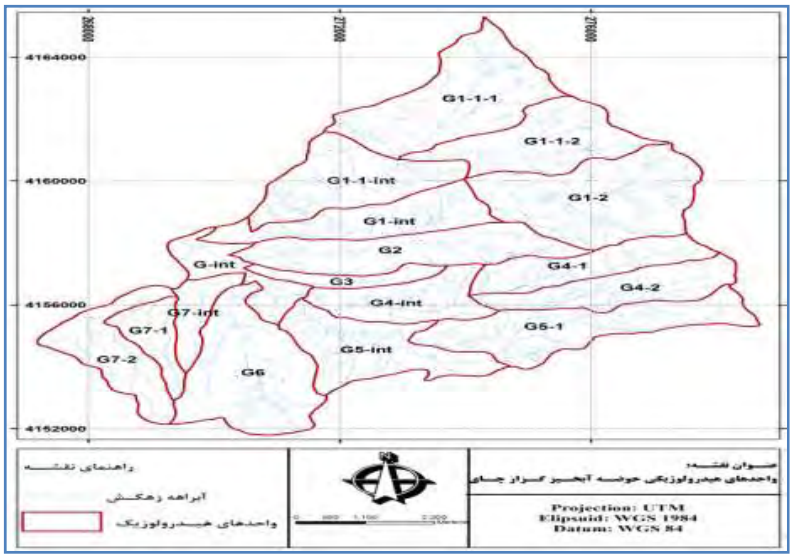
۱۴ مورد بند گابیونی(هرکدام با حجم متوسط ۴۰ مترمکعب) و ۳۸ مورد بند سنگ ملاتی(هرکدام با حجم متوسط ۳۰۰ مترمکعب) در بخش‌هایی از حوضه آبخیز گزازچای (زیر حوضه‌های G1-1-1 و G1-1-2) احداث گردیده است، مطالعات میدانی رسوبات پشت این بندهای احداث‌شده نشان می‌دهد که پس از گذشت ۱۰ سال، هنوز بیش از یک‌سوم حجم این بندها توسط رسوبات پر نشده است. این واقعیت نشان‌دهنده برآورد درست و نزدیک به واقعیت مدل MMF نسبت به مدل MPSIAC در حوضه آبخیز گزازچای می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی حوضه موردمطالعه

محدوده موردمطالعه با نام حوضه آبخیز گزازچای در جنوب استان اردبیل در شهرستان خلخال واقع گردیده است. این حوضه با وسعت ۷۵۱۷/۷۳ هکتار در ˝۴۷ ´۲۱ ˚۴۸ تا ˝۵۱ ´۲۹ ˚۴۸ طول خاوری و ˝۰۸ ´۲۹ ˚۳۷ تا ˝۱۶ ´۳۶ ˚۳۷ عرض شمالی (در قسمت جنوب استان اردبیل) واقع گردیده است. محدوده موردمطالعه طبق مطالعات تفصیلی اجرایی حوضه آبخیز گزازچای از طرف مهندسین مشاور جامع ایران در سال ۱۳۸۵ به ۱۷ واحد هیدرولوژیکی ، تفکیک گردیده است(شکل شماره ۲). اسامی واحدهایی که دارای پسوند (int) می‌باشد واحدهای خروجی هستند.

مناطق مسکونی موجود در حوزه شامل روستاهای ترزنق – ترک – گلوجه – قزل درق – وارث آباد – آرسون و گرمخانه می‌باشد ضمن اینکه روستای گزاز چای در خروجی حوزه قرار دارد . بلندترین نقطه ارتفاعی حوزه با ارتفاع ۲۴۲۰ متر از سطح دریا در ضلع باختری و پست‌ترین نقطه ارتفاعی آن با ارتفاع ۱۶۰۰ متر از سطح دریا در خروجی حوضه قرار دارند.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه گزازچای در تقسیمات سیاسی کشور، استان اردبیل و شهرستان خلخال



شکل ۲: نقشه واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبخیز گزاز چای

روش‌شناسی پژوهش

در این تحقیق مدل‌سازی اطلاعات در محیط نرم‌افزار GIS به شرح زیر انجام گردید:

الف- جمع‌آوری و تهیه اطلاعات و آمار مربوط به حوضه موردمطالعه با استفاده از نتایج طرح‌های توجیهی،تفصیلی و اجرایی انجام‌شده و تهیه نقشه‌های پایه موردنیاز

ب- نقشه اجزای واحد اراضی و جدول خصوصیات خاک منطقه از روی گزارش خاکشناسی گزازچای تهیه‌شده است. نقشه کاربری اراضی و جدول خصوصیات مربوط به آن منطقه نیز با استفاده از تفسیر تصویر ماهواره اسپات سال ۲۰۱۰ با دقت ۴ متری ، نقشه‌های توپوگرافی و نیز بازدیدها و اندازه‌گیری‌های میدانی و گزارشات موجود تهیه گردیده است.

د - در فاز دوم مدل، نقشه رستری میزان رواناب سطحی ایجادشده در منطقه(Q) برحسب میلی‌متر از روی نقشه‌های رستری مربوط به پارامترهای بارش، نسبت بارش به تعداد روزهای بارانی، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک(MS)، جرم مخصوص ظاهری خاک(BD)، عمق ریشه دوانی پوشش گیاهی در خاک(RD) و میزان تبخیر و تعرق واقعی به پتانسیل برآوردگرید. پس از محاسبه میزان حجم رواناب، نقشه ظرفیت حمل یا انتقال رواناب منطقه(G) برحسب (Kg/m2) از روی نقشه‌های رستری مربوط به پارامترهای میزان رواناب، عامل مدیریت پوشش گیاهی(C) و عامل شیب حوضه محاسبه گردید.

بعد از انجام مراحل یادشده و تهیه لایه‌های اطلاعاتی، برآورد رسوب حوضه گزازچای به روش مورگان- مورگان فینی(M M F) در دو فاز آب و رسوب صورت گرفته است.

فاز اول : فاز آب

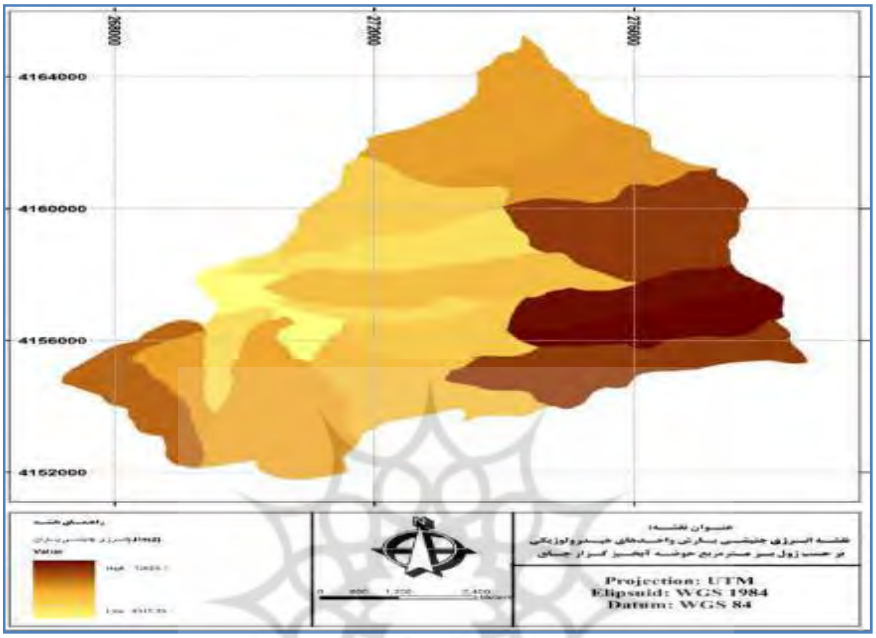
تهیه نقشه انرژی جنبشی بارش حوضه آبخیز گزازچای

انرژی جنبشی بارش(E) برحسب (J/m2) وابسته به میزان بارندگی سالانه(R) و شدت بارندگی (I) می‌باشد که توسط فرمول(۱) محاسبه می‌شود(آنده و همکاران، ۲۰۰۹،)

فرمول شماره ۱ :

$$E = R\times(11.9 + 8.7\times\log_{10} I)$$

که در آن E ، R و I به ترتیب انرژی جنبشی باران برحسب (J/m2)، میزان بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر و شدت بارندگی در منطقه برحسب(mm/hr) می‌باشد. شدت بارندگی در حوضه آبخیز گزازچای برابر با ۳۹/۲ میلی‌متر و تعداد روزهای بارانی منطقه ۹۰ روز می‌باشد. نقشه بارش حوضه نیز با نام فایل رستری rainfall ساخته‌شده است(نقشه بارش از نوع عددی).



شکل ۳ : نقشه انرژی جنبشی باران حوضه آبخیز گزازچای

تهیه نقشه میزان جدایش ذرات خاک براثر برخورد قطرات باران در حوضه آبخیز گزازچای

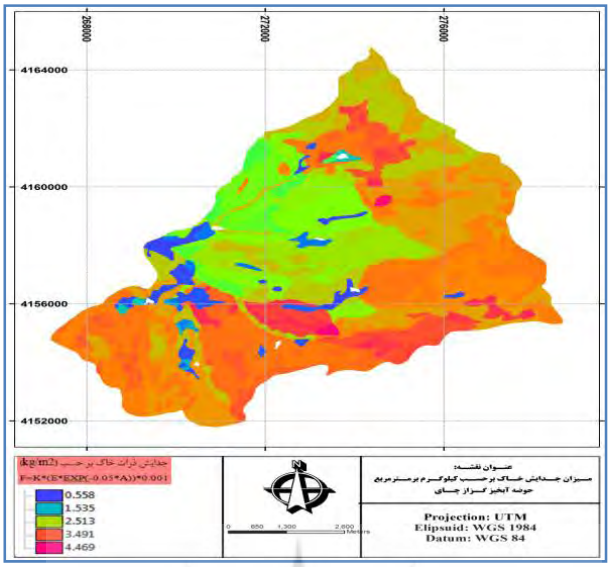
این شاخص به‌عنوان وزن خاک جداشده از توده خاک براثر یک واحد انرژی بارش تعریف می‌گردد. میزان خاک جدایش یافته با استفاده از فرمول (۲) محاسبه می‌گردد (آنده و همکاران، ۲۰۰۹،).

.

فرمول شماره ۲:

$$F = K \times (E \times e^{(-0.05 \times A)}) \times 1.0 \times 10^{-3}$$

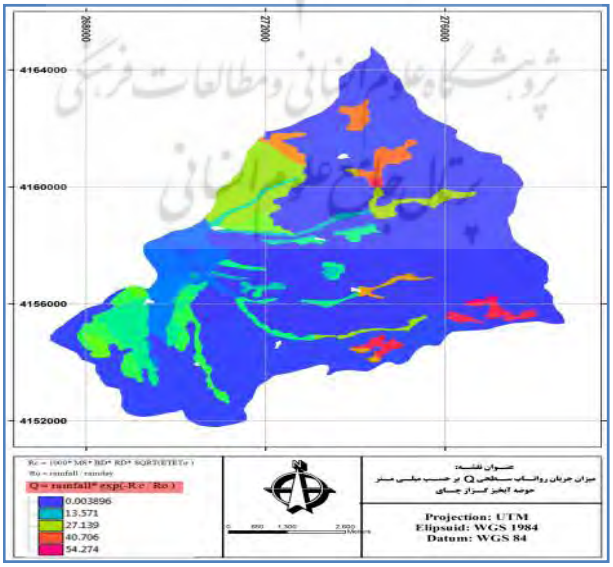
K و A به ترتیب شاخص جدایش پذیری خاک برحسب (gr/J) و درصد بارندگی شرکت‌کننده در عمل جدایش ذرات خاک برای هر بارش دائم یا درصد برخورد قطرات باران با پوشش گیاهی (عامل برگاب) می‌باشد. نقشه ضریب فرسایش‌پذیری خاک، عامل برگاب و انرژی جنبشی که برای محاسبه این پارامتر به کار می‌رود قبلاً بانام‌های به ترتیب K، A و E به فرمت رستری در محیط ایلویس ذخیره‌شده است.



شکل ٤: نقشه جدایش پذیری خاک(پارامترF) حوضه آبخیز گزازچای

جدول ۱: خلاصه نمایه‌های آماری پارامتر F در حوزه موردمطالعه

	پارامتر F				
	کمینه	بیشینه	میانه	متوسط	انحراف
کیلوگرم بر مترمربع در سال	۰/۵۵۸	۴/۴۶۹	۲/۷۶۴	۲/۳۶۸	۱/۰۶۰



شکل ٥: نقشه رواناب سطحی (پارامتر Q) برحسب میلی‌متر حوضه آبخیز گزاز چای

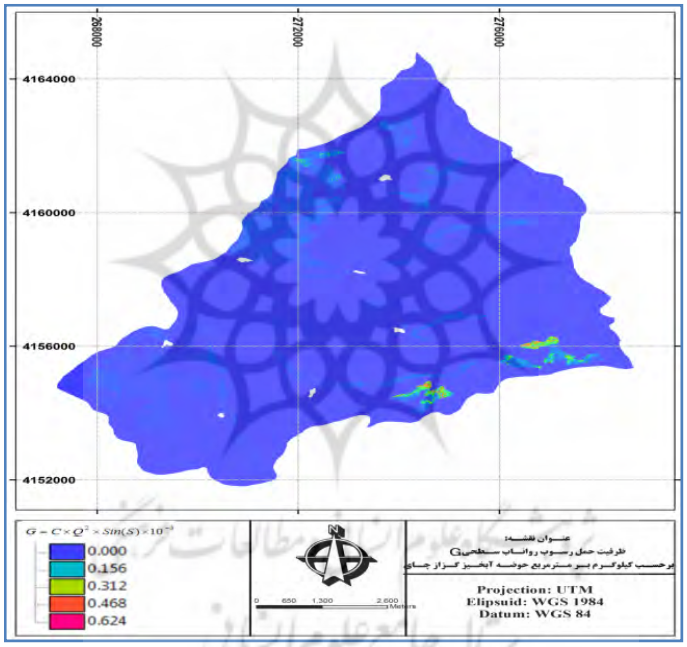
فاز دوم : فاز رسوب

تهیه نقشه ظرفیت حمل رسوب حوضه آبخیز گزازچای

هدف از این مرحله ایجاد نقشه‌ای است که ظرفیت حمل رسوب جریانات سطحی در حوضه آبخیز گزازچای را نشان می‌دهد. ظرفیت حمل رسوب یا ظرفیت انتقال جریان سطحی (G) پارامتری است که به میزان حجم جریان رواناب سطحی(Q)، فاکتور مدیریت پوشش گیاهی(C) و فاکتور شیب توپوگرافیکی(S) وابسته است. که با استفاده از فرمول (۳) محاسبه می‌گردد(Ande,O.T, Alaga and Oluwatosin,G,A,2009,p).

فرمول شماره ۳: $$G = C \times Q^2 \times Sin(S) \times 10^{-3}$$

C فاکتور مدیریت پوشش گیاهی در مدل فرسایش جهانی RUSLE می‌باشد و پارامتر S نیز فاکتور شیب توپوگرافیکی برحسب رادیان می‌باشد. پس از محاسبه میزان جدایش ذرات خاک(F) و میزان ظرفیت انتقال رسوب جریان سطحی(G) درنهایت میزان تلفات خاک در واحد سطح منطقه از بین عدد حداقل میان دو فاکتور G و F خواهد بود.



شکل ٦: نقشه ظرفیت انتقال جریان سطحی(پارامتر G) حوضه آبخیز گزازچای (آنده و همکاران، ۲۰۰۹)

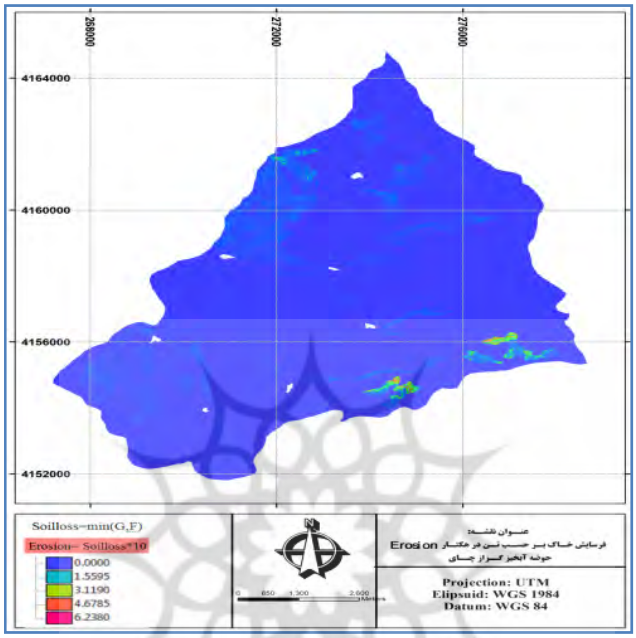
جدول ۲ : خلاصه نمایه‌های آماری پارامتر Gدر حوزه موردمطالعه

	پارامتر G				
	کمینه	بیشینه	میانه	متوسط	انحراف معیار
کیلوگرم بر مترمربع در سال	0.000	0.624	0.000020	0.015	0.041

برآورد فرسایش خاک حوضه آبخیز گزازچای

برآورد فرسایش خاک از روی ظرفیت انتقال(حمل رسوب) رواناب سطحی(G) و میزان جدایش ذرات خاک تخمین زده‌شده(F) محاسبه می‌گردد.

پس از محاسبه فاز ۱(میزان جدایش ذرات خاک) و فاز ۲ (میزان ظرفیت انتقال رسوب جریان سطحی)، درنهایت میزان تلفات خاک در واحد سطح منطقه(فرسایش خاک) از میان این دو پارامتر محاسبه می‌گردد. نقشه رستریSoilloss، تلفات خاک را برحسب kg/m2 برای هر پیکسل نشان می‌دهد.نقشه Erosion تلفات خاک را برحسب ton/ha نشان می‌دهد.



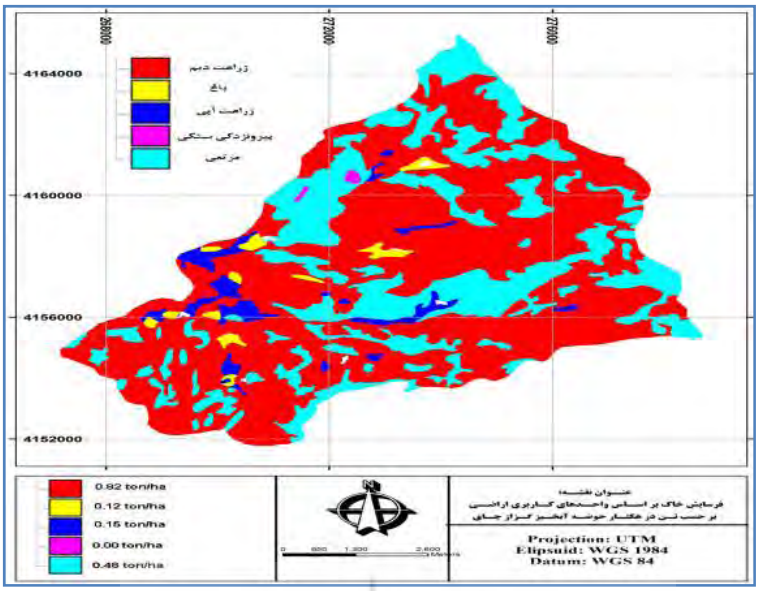
شکل ۷: نقشه فرسایش خاک برحسب تن در هکتار(Erosion) حوضه آبخیز گزازچای

جدول۳: خلاصه نمایه‌های آماری فرسایش خاک در حوضه موردمطالعه

	فرسایش خاک Erosion				
	کمینه	بیشینه	میانه	متوسط	انحراف
تن در هکتار در سال	۰/۰۰	۶/۲۳۸	۰/۰۰۰۲	۰/۸۲۸	۰/۸۷۷

برآورد فرسایش خاک حوضه آبخیز گزازچای به تفکیک لایه‌های مختلف اطلاعاتی

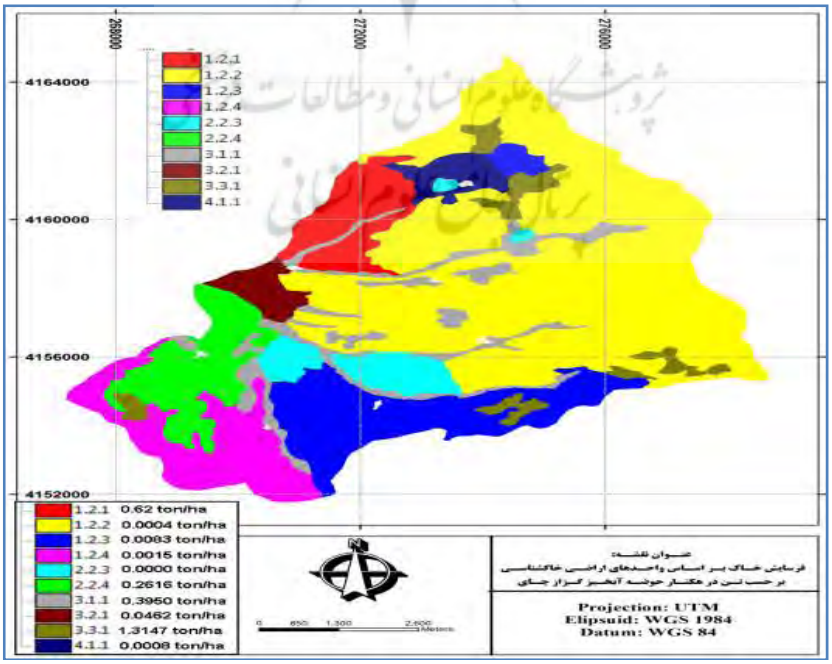
در این قسمت با همپوشانی نقشه فرسایش خاک(شکل ۷) با هر یک از لایه‌های اطلاعاتی واحدهای کاربری اراضی(شکل۸) ، واحدهای خاک اراضی(شکل۹)،زیر حوضه‌های هیدرولوژیکی(شکل۱۰) و تیپ‌های پوشش گیاهی (شکل ۱۱) داده و نقشه‌های رستری مربوطه تهیه گردیدند. سپس مقادیرتلفات خاک برای هر لایه اطلاعاتی محاسبه‌شده و در جداول (جدول‌های شماره‌های ۴ تا ۷) زیر هر نقشه ارائه گردیده است.



شکل ۸ : نقشه فرسایش خاک(تن در هکتار) بر اساس واحدهای کاربری اراضی

جدول٤: مقادیر فرسایش خاک بر اساس هر یک از واحدهای کاربری اراضی در حوضه گزازچای

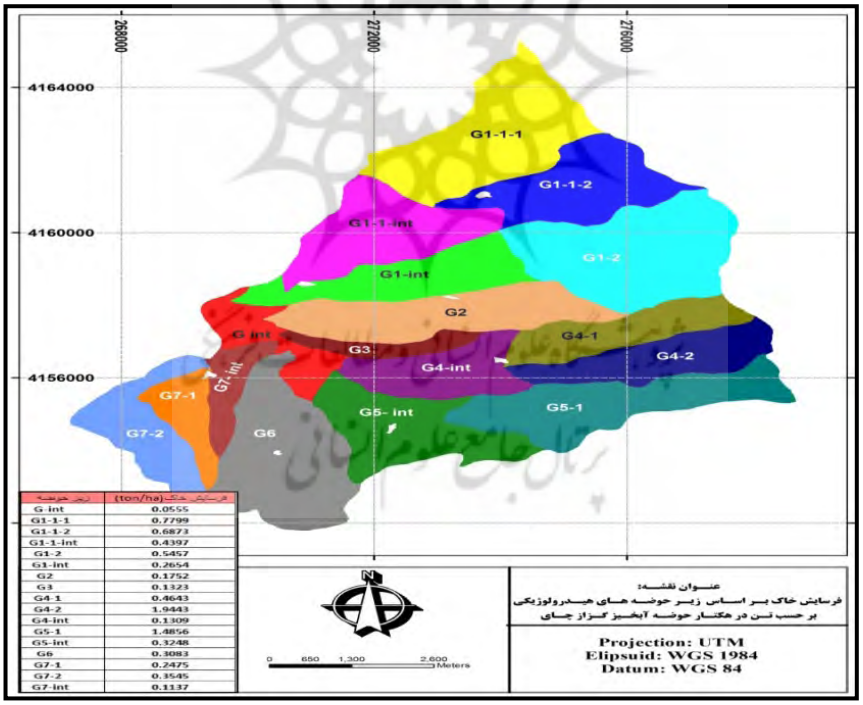
کاربری اراضی	زراعت دیم	مرتع	بیرون‌زدگی سنگی	زراعت آبی	باغ
متوسط فرسایش خاک (ton/ha/year)	۰/۸۱۹۴	۰/۴۸۳۵	۰/۰۰	۰/۱۴۹	۰/۱۱۳۸



شکل ۹: نقشه فرسایش خاک(تن در هکتار) بر اساس واحدهای خاک اراضی

جدول۵ : مقادیر فرسایش خاک بر اساس هر یک از تیپ‌های واحد اراضی مطالعات خاکشناسی حوضه گزازچای

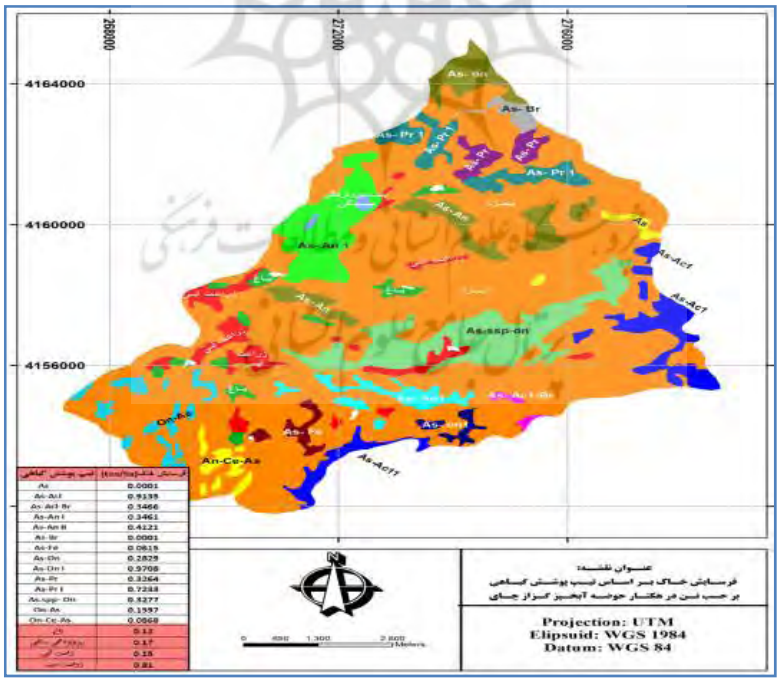
تیپ واحد اراضی خاکشناسی	فرسایش خاک(ton/ha/year)
3.3.1	1.3147
1.2.1	0.6166
3.1.1	0.395
2.2.4	0.2616
3.2.1	0.0462
1.2.3	0.0083
1.2.4	0.0015
4.1.1	0.0008
1.2.2	0.0004
2.2.3	0.0000



شکل ۱۰ : نقشه فرسایش خاک(تن در هکتار) بر اساس زیر حوضه‌های هیدرولوژیکی منطقه گزازچای

جدول٦ : مقادیر فرسایش خاک بر اساس هر یک از زیر حوضه‌های هیدرولوژیکی حوزه گزازچای

زیر حوضه واحدهای هیدرولوژیک	فرسایش خاک(ton/ha/year)
G4-2	1.94
G5-1	1.49
G1-1-1	0.78
G1-1-2	0.69
G1-2	0.55
G4-1	0.46
G1-1-int	0.44
G7-2	0.35
G5-int	0.32
G6	0.31
G1-int	0.27
G7-1	0.25
G2	0.18
G3	0.13
G4-int	0.13
G7-int	0.11
G-int	0.06



شکل ۱۱: نقشه فرسایش خاک(تن در هکتار) بر اساس تیپ‌های پوشش گیاهی منطقه گزازچای

جدول۷: مقادیر فرسایش خاک بر اساس هر یک از تیپ‌های پوشش گیاهی حوزه گزازچای

تیپ پوشش گیاهی	فرسایش خاک(ton/ha/year)
As-On I	0.9708
As-Acl	0.9135
As-Pr I	0.7233
As-An II	0.4121
As-Acl-Br	0.3466
As-An I	0.3461
As.spp- On	0.3277
As-Pr	0.3264
As-On	0.2829
On-As	0.1597
On-Ce-As	0.0868
As-Fe	0.0615
As	0.0001
As-Br	0.0001
زراعت دیم	0.81
بیرون‌زدگی سنگی	0.17
زراعت آبی	0.15
باغ	0.12

نتیجه‌گیری و یافته‌های پژوهش

متوسط فرسایش خاک حوزه آبخیز گزازچای طبق مدل فرسایش خاک مورگان- مورگان فینی MMF برابر۰/۸۲ تن در هکتار در سال برآورد گردید و با توجه به این‌که مساحت کل حوزه آبخیز گزاز چای معادل ۷۵۱۷/۷ هکتار می‌باشد بنابراین پیش‌بینی می‌گردد سالانه به‌طور متوسط۶۱۶۴/۵ تن خاک از سطح کل حوضه آبخیز جدا گردیده و از طریق شیارها و خندق‌های فرسایش یافته حوضه جابجا گردد. لازم به ذکر است طبق مطالعات تفصیلی اجرایی حوضه آبخیز گزازچای مهندسین مشاور جامع ایران در سال ۱۳۸۵، متوسط فرسایش خاک این حوضه بر اساس مدل MPSIAC معادل ۶/۹ تن در هکتار در سال برآورد شده است که تقریباً ۸ برابر مقدار برآوردی در این تحقیق می‌باشد. ازآنجایی‌که پس از سال‌های ۸۲-۱۳۸۱ و مطالعات مهندسین مشاور به تعداد ۱۴ مورد بند گابیونی(هرکدام با حجم متوسط ۴۰ مترمکعب) و ۳۸ مورد بند سنگ ملاتی(هرکدام با حجم متوسط ۳۰۰ مترمکعب) در بخش‌هایی از حوضه آبخیز گزازچای (زیر حوضه‌های G1-1-1 و G1-1-2) احداث گردیده است، بررسی رسوبات پشت این بندهای احداث‌شده نشان می‌دهد که پس از گذشت ۱۰ سال، هنوز بیش از یک‌سوم حجم این بندها توسط رسوبات پر نشده است(اشکال ۱۳ و ۱۴). این واقعیت نشان‌دهنده برآورد درست و نزدیک به واقعیت مدل MMF نسبت به مدل MPSIAC در حوزه آبخیز گزازچای می‌باشد.

بررسی میزان تلفات خاک بر اساس هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی نشان می‌دهد زیر حوضه G4-2 با ۱/۹۴ تن در هکتار در سال و زیر حوضه Gint با ۰/۰۶ تن در هکتار در سال به ترتیب بیشترین و کم‌ترین میزان فرسایش خاک را در سطح حوضه دارا می‌باشند. حداقل فرسایش خاک در حوضه هیدرولوژیکی Gint به دلیل وجود باغات و مزارع آبی

می‌باشد و بالاترین فرسایش در G4-2 و G5-1 به دلیل عدم نفوذپذیری خاک و تولید رواناب زیاد و نیز به دلیل شدت چرا و تراکم زیاد دام سبک در حوضه و تخریب پوشش گیاهی است. میزان فرسایش خاک سالانه برآورد شده برای زیر حوضه‌های G1-1-1 و G1-1-2 که ۱۰ سال قبل در آن‌ها طبق توضیحات بالا، بندهای سنگ ملاتی و گابیونی احداث‌شده است به ترتیب برابر ۰/۷۸ و ۰/۶۹ تن در هکتار می‌باشد. بررسی رسوبات پشت‌بندهای این دو زیر حوضه شاهد بسیار خوبی برای بررسی کارآیی مدلMMF و نزدیک بودن مقدار برآوردی به مقدار واقعی می‌باشد. مجموع حجم کل پشت‌بندهای گابیونی و سنگ ملاتی احداث‌شده در زیر حوضه G1-1-1 (۱۵ بند سنگ ملات و ۳ بند گابیونی) معادل ۴۶۲۰ مترمکعب و در زیر حوضه G1-1-2(۲۰ بند سنگ ملات و ۱۱ بند گابیونی) معادل ۶۴۴۰ مترمکعب برآورد شده است. با توجه به این‌که مقدار فرسایش خاک برآوردی طبق مدل MPSIAC اجراشده توسط مهندسین مشاور برای زیر حوضه G1-1-1 و G1-1-2 به ترتیب ۷/۱ و ۶/۶ تن در هکتار می‌باشد. با در نظر گرفتن مساحت‌های زیر حوضه G1-1-1 برابر ۷۵۱/۷ هکتار و G1-1-2 برابر ۵۰۸/۵ هکتار، می‌بایست طبق این مدل (PSIAC)، سالانه به‌طور متوسط برابر ۵۳۳۷ تن خاک معادل ۳۵۵۸ مترمکعب(با احتساب جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ تن بر مترمکعب) از زیر حوضه G1-1-1 و ۳۳۵۶ تن خاک معادل ۲۲۳۷/۴ مترمکعب از زیر حوضه G1-1-2 فرسایش می‌یافت که این میزان فرسایش می‌توانست در کم‌تر از ۲ سال حجم پشت این بندهای احداث‌شده را پر نماید . این در حالی است که شواهد میدانی نشان می‌دهد پس از گذشت ۱۰ سال، بیش از یک‌سوم حجم این بندها توسط رسوبات پر نشده و هنوز دوسوم حجم پشت‌بندها خالی از رسوبات می‌باشد. بنابراین طبق مقدار برآورد شده فرسایش خاک بر اساس مدل MMF در این تحقیق، میزان تلفات خاک زیر حوضه G1-1-1 پس از گذشت ۱۰ سال برابر ۵۸۶۳ تن معادل ۳۹۰۰ مترمکعب و در زیر حوضه G1-1-2 پس از گذشت ۱۰ سال برابر ۳۵۱۰ تن معادل ۲۳۴۰/۵ مترمکعب خاک می‌باشد که این میزان با توجه به در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب در حوضه (SDR=0.65) و حجم کل بندهای احداث‌شده در این دو زیر حوضه ، بیانگر یک برآورد بسیار نزدیک به واقعیت می‌باشد. بنابراین برآورد این تحقیق نشان می‌دهد مقدار متوسط فرسایش خاک برآورد شده توسط مدل MMF بسیار نزدیک به واقعیت و حجم رسوبات جمع شده در پشت‌بندهای احداث‌شده می‌باشد.

شاخص‌های آماری دو پارامتر مهم فیزیکی مدل یعنی عامل جدایش پذیری خاک (F)و فاکتور قدرت حمل رسوب رواناب (G) نشان می‌دهد میزان تلفات خاک حوضه در بیشتر مناطق توسط پارامتر G محدودشده و در حداقل می‌باشد، چراکه طبق منحنی‌های به‌دست‌آمده پارامتر G(میزان ظرفیت انتقال رسوب رواناب) در اکثر نقاط بیشینه عدد G، نزدیک به کمینه عدد F می‌باشد و طبق نمودارهای به‌دست‌آمده تنها کمتر از ۱۰ درصد وسعت منطقه دارای عدد G بزرگ‌تر از حداقل عدد F(min F=0.5) را دارا می‌باشند و بیش از ۹۰ درصد منطقه دارای عدد G کم‌تر از کمینه پارامتر F را دارا می‌باشند . بنابراین میزان تلفات خاک در حوضه موردمطالعه توسط پارامتر G تعیین گردیده و محدود می‌گردد. عدد میانه در پارامتر F و G نیز مؤید همین مطلب می‌باشد.

متوسط تلفات خاک به تفکیک واحدهای کاربری اراضی طبق مدل مورگان فینی نشان می‌دهد کاربری زراعت دیم با داشتن۰/۸۲ تن در هکتار در سال و کاربری بیرون‌زدگی‌های سنگی برابر صفر به ترتیب بیشترین و کم‌ترین میزان فرسایش خاک را در حوضه دارا می‌باشند. ترتیب فرسایش خاک کاربری‌های اراضی به ترتیب از بیشترین به کم‌ترین به شرح جدول ۴ نشان داده‌شده است. کاربری‌های دیگر از قبیل مرتع(۰/۴۸ تن در هکتار در سال) و زراعت آبی(۰/۱۵) و باغ (۰/۱۲) به ترتیب در رتبه‌های بعدی فرسایش خاک پس از زراعت دیم قرارگرفته‌اند. وسعت مناطق دیم در منطقه معادل ۶۶/۶ درصد و مناطق مرتعی ۲۸ درصد و مناطق باغ و زراعت آبی معادل ۵درصد از کل منطقه می‌باشد. بنابراین ازلحاظ وسعت نیز مناطق دیم و مراتع بیشتر از بقیه کاربری‌های اراضی تعیین‌کننده فرسایش خاک در منطقه می‌باشند.

متوسط تلفات خاک به تفکیک واحدهای کاری مطالعات خاکشناسی یا تیپ‌های واحد اراضی نشان می‌دهد تلفات خاک در تیپ اراضی ۱-۳-۳ (مربوط به فلات‌های و تراس‌های فوقانی متشکل از آبرفت‌های قدیمی) دارای بیشترین مقدار(۱/۳۱ تن در هکتار در سال) و واحد کاری ۳-۲-۲(تپه‌های نسبتاً مرتفع با قلل مدور و محدب کشیده) دارای کم‌ترین مقادیر تلفات خاک(۰/۰۰۰۰ تن در هکتار) را دارا می‌باشند. ترتیب فرسایش خاک هریک از تیپ‌های اراضی به ترتیب از بیشترین به کمترین به شرح جدول و نمودار ۵ نشان داده‌شده است.

متوسط تلفات خاک به تفکیک تیپ‌های پوشش گیاهی مراتع نشان می‌دهد تلفات خاک در تیپ پوشش گیاهی-As OnI(Astragalus – Onobrychis I) دارای بیشترین مقدار(0/97 تن در هکتار در سال) و تیپ پوشش گیاهیAs-Br (Astragalus – Bromus) دارای کم‌ترین مقادیر تلفات خاک(۰/۰۰۰۱ تن در هکتار) را دارا می‌باشند. ترتیب فرسایش خاک هریک از تیپ‌های پوشش گیاهی مراتع به ترتیب از بیشترین به کمترین به شرح جدول و نمودار ۷ نشان داده‌شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در برخی از تیپ‌های پوشش مرتعی تفکیک‌شده دارای تلفات خاک بیشتر از کاربری زراعت دیم و در برخی دیگر حتی از زراعت آبی و باغ کم‌تر می‌باشند.

مناطق بحرانی از لحاظ فرسایش خاک طبق برآوردهای مدل MMF در حوضه آبخیز گزازچای به ترتیب زیر حوضه‌های G5-1, G4-2 و تیپ‌های اراضی ۳-۳-۱ و ۱-۲-۱ و کاربری زراعت دیم و مراتع با پوشش گیاهی از نوع ASonI و AsAc1 می‌باشند که بایستی در اولویت عملیات‌های مبارزه با فرسایش خاک در منطقه قرار گیرند.

شکل ۱۲ : نمایی از بند رسوب‌گیر احداث‌شده حوضه آبخیز گزاز چای سال ۸۵

شکل ۱۳ : نمایی دیگر از همان بند رسوب‌گیر حوضه آبخیز گزازچای سال ۹۳

منابع

– مطالعات تفصیلی اجرایی حوضه آبخیز گزازچای،. ۱۳۸۵. مهندسین مشاور جامع ایران، کارفرما منابع طبیعی استان اردبیل، ۵۶۰ صفحه

• *Ande, O, T., Alaga, Y., Oluwatosin, G, A., 2009. Soil erosion prediction using MMF model on highly dissected hilly terrain of Ekiti environs in southwestern Nigeria: International Journal of Physical Sciences, Vol, 4 (2),pp. 053-057.*

• *ILWIS Department ITC., 2005. ILWISS 3.1 for windows Applications Guide, ILWIS Department, International Institute for Aerospace survey & Earth Sciences Enschede, The Netherlands, p. 352.*

• *Harvey, A, M., 1996. Holocene hillslope gully systems in the Howgill Fells, Cumberia. In: Anderson. M. G. Brooks. S. M.(eds). Advances in Hillslope Processes, Vol, 2, PP. 731-752.*

• *Lal, R., 1998. soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality: Criti Review, Plant Sci,17,p. 319-464.*

• *Morgan R.P.C., 1996. Soil erosion and conservation, second edition, soil college cranfield university. P.120.*

• *Morgan, R, P, C., 2001. A Simple Approach to Soil loss prediction, A revised Morgan-Morgan-Finney. Catena 44: pp. 305-322.*

• *Morgan, R,P,C., Morgan, D,D,V., Finney, H, J., 1984. A predictive model for the assessment of soil erosion risk, Journal of Agric, Engng, Res,Volume, 30, pp. 245-253.*

• *Morgan, R,P,C., 1986. Soil Erosion and Conservation, Longman, p. 298.*

• *Morgan,R,P,C.,2001,A simple approach to soil loss prediction: A revised Morgan, Morgan-Finny modle, Journal of Catena, Vol,44,p.305-322.*

• *Morgan, R,.P,C., Quinton, J, N., 2001. Erosion Modelling In Harmon, R.S., Doe III, W.W. (Eds.), Landscape Erosion and Evolution Modelling, Kluwer Academic, New York, pp. 117– 142.*

• *Morgan, R,P,C., Quinton, J,N., Smith, R, E., Govers, G., Poesen, J., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M.E., 1998. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments, Earth Surface Processes and Landforms, volume. 23, pp. 527–544.*

• *Sherestha, M,k.,2010.Soil erosion modeling using remote sensing and GIS, Case of study of Jhikhu Khola Watershed,Nepal, journal of Nepal geologyical society, volume, 41,pp.7-15.*

• *Takele, M,D., 2007. Application of the Morgan, Morgan Finney Model in Adulala Mariyam Watershed Ethiopia, MSc Thesis Wageningen University Environmental Sciences,p.110.*

• *United Nation development plan.,1999, Human Development Report of the Islamic Republic of Iran,publication UNDP,NO,185.*

• *Wischmeier, W, H. and D. D. Smith, (1978). Predicting rainfall erosion losses- aguide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook No. 537, Washington D. C., USA, p, 58.*

•*Webb, R, H., Hereford, R., 2001. Flood and geomorphic change in the southwestern United State: A historical prespective, Proc, 7th Fedral Interagency Sedimentation Conf, March 25-29, Reno, Nevada, USA, pp,30-37.*