



برآورد تلفات خاک با استفاده از نسخه تجدید نظر شده معادله جهانی فرسایش خاک (مطالعه موردی: منطقه حصلک و رازان شهرستان نور)

- محمد رسول رجبی*^۱، محسن آرمین^۲، فرشاد میردار هریجانی^۳، علی اصغر نعمت دار^۴
۱. کارشناس ارشد آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران - نوشهر
 ۲. استاد یار دانشگاه یاسوج
 ۳. کارشناس ارشد آبخیزداری سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور
 ۴. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

Mr_Rajabi1@Yahoo.com

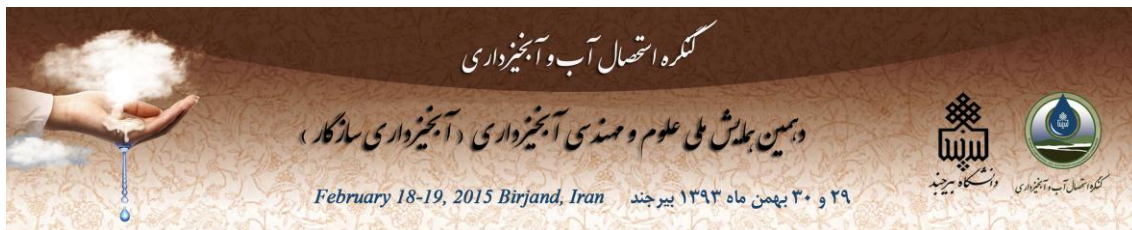
چکیده:

فرسایش خاک پدیده مخربی است که سبب کاهش حاصلخیزی خاک و توان تولیدی اراضی می‌گردد. از جمله روشهای برآورد تلفات خاک مدل تجدید نظر شده معادله جهانی فرسایش خاک می‌باشد که هم در اراضی کشاورزی و هم در عرصه‌های منابع طبیعی کاربرد وسیعی دارد. این تحقیق که در محدوده روستای ورازان بخش بلده شهرستان نور انجام شده است به برآورد تلفات خاک با استفاده از مدل یاد شده پرداخته است. بدین منظور ضمن تفکیک عرصه مورد تحقیق به واحدهای کاری مناسب بر حسب طول دامنه‌ها، هر یک از عوامل دخیل در مدل یاد شده نیز بصورت نقشه‌های رستری تهیه گردید و سپس با توجه به رابطه معادله و با ضرب لایه‌ها، نقشه نهایی فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار در سال برآورد گردید. نتایج حاصله پس از کلاسه بندی نقشه رستری در واحدهای کاری نشان داد که متوسط فرسایش ویژه در کل عرصه مورد تحقیق از ۰/۱ تن در هکتار در سال تا ۶/۹ تن در هکتار در سال در متغییر است. همچنین بررسی نقشه رستری فرسایش بیانگر آنست که مقادیر فرسایش در خط‌الرس‌ها که در حقیقت شروع آبدوی سطحی می‌باشد حداقل و در خط‌القعرها نیز حداکثر می‌باشد.

واژه های کلیدی: تلفات خاک، فرسایش ویژه، معادله جهانی فرسایش خاک، ورازان

الف. مقدمه

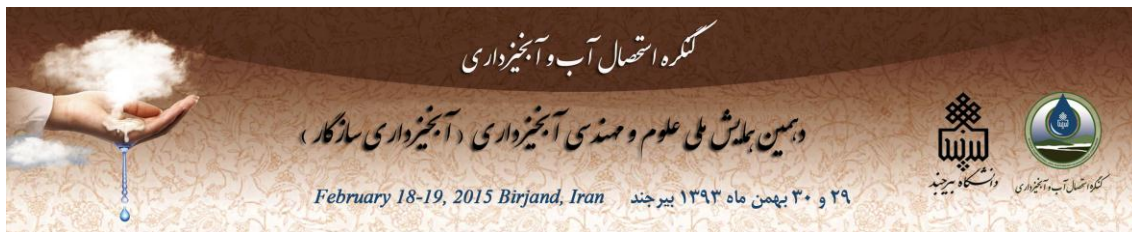
فرسایش آبی خاک از جمله معضلات مهم کشورها به حساب می‌آید که به اشکال مختلفی اتفاق می‌افتد و از آن می‌توان به عنوان یکی از مهمترین موانع دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی نام برد. و پیامد اصلی آن کاهش حاصلخیزی خاک می‌باشد که می‌تواند عواقب دیگری را نیز در پی داشته باشد. به روش‌های مختلف می‌توان به برآورد تلفات خاک اقدام نمود که معمول‌ترین آنها استفاده از روش‌های تجربی است که جهت سطوح وسیع نظیر حوزه‌های آبخیز کاربردی گسترده‌ای دارد و هر ساله توسط محققین مختلف مدلهای زیادی ارائه و توسعه می‌یابد. این روش‌ها عمدتاً بر مبنای عوامل قدرت فرساینده‌گی باران، فرسایش پذیری خاک، شیب و طول دامنه و پوشش گیاهی می‌باشد.



معادله جهانی تلفات خاک (USLE)^۱ از جمله مدل‌هایی می‌باشد که در موضوع پیش بینی فرسایش و فناوری برنامه‌ریزی حفاظت خاک در اکثر کشورهای جهان کاربرد وسیعی داشته است. اولین نسخه این مدل، توسط ویشمایر و اسمیت در سال ۱۹۷۸ میلادی ارائه گردید، که پس از حدود ۳۰ سال مطالعه در مورد فرسایش آبی در ۴۶ ایستگاه تحقیقاتی در ۲۶ ایالت مختلف آمریکا با شرایط مختلف جغرافیایی و آب و هوایی و با در نظر گرفتن نتایج بررسی های دیگران به دست آمده است. که به معادله جهانی فرسایش خاک معروف است. فرمول اولیه این مدل جهت تخمین فرسایش خاک در راستای برنامه‌ریزی کشاورزی بمنظور حفظ منابع آب و خاک با اعمال مدیریت زراعی و عملیاتی کنترل فرسایش با ملحوظ داشتن عوامل ششگانه مؤثر (عامل بارندگی، عامل فرسایش پذیری خاک، عامل درجه شیب، عامل طول شیب، عامل پوشش گیاهی و عامل حفاظت خاک) در فرسایش آبی بصورت رابطه‌ای که با ضرب هر یک از عوامل بدست می‌آید ارائه گردید. از ابتدای دهه ۱۹۹۰ USLE مورد تجدید نظر قرار گرفته و اطلاعات آن به روز گردیده، و به صورت رایانه‌ای در آمده و سبب ارائه مدل برآورد فرسایش تحت نام ^۲RUSLE گردیده‌است که هم در اراضی کشاورزی و هم در اراضی منابع طبیعی (جنگلی، مرتعی) قابلیت استفاده دارد که به آن مدل وابسته به نوع کاربری گویند و بصورت رخداد منفرد نیز می‌باشد که می‌تواند مقدار فرسایش را برای هر رخداد حساب کند.

مدل RUSLE شش فاکتور مشابه USLE داشته اما اصلاحات مختلفی در تعیین فاکتورهای آن صورت گرفته است. مزیت مهم RUSLE، قابلیت انعطاف بیشتر آن است که مدلسازی در سامانه‌های مختلف را مقدور می‌سازد. اصلاحات ایجاد شده در تعیین عامل فرسایش پذیری باران، شامل یک ضریب اصلاحی برای بیان اثر ضربات باران بر روی آب تجمع یافته سطحی در مناطق مسطح با شیب هموار در نواحی با رگبارهای شدید و طولانی می‌باشد. و همچنین یک روش برای محاسبه عامل فرسایش پذیری باران معادل به منظور نشان دادن اثر ترکیبی ذوب برف در خاک‌های یخ زده و تحت پوشش برف، برای استفاده در بعضی مناطق است. در عامل فرسایش‌پذیری خاک، همانند نسخه اولیه بر مبنای پنج خصوصیات فیزیکی خاک شامل شن، سیلت و شن خیلی ریز، ماده آلی، ساختمان و نفوذپذیری می‌باشد اما اصلاح ایجاد شده شامل ایجاد یک روش برای منظور نمودن تغییرات فصلی مانند یخ زدن و ذوب آن، رطوبت خاک و تثبیت خاک تنظیم و تعدیل یافته است. تغییر ایجاد شده در عامل طول و درجه شیب، شامل ایجاد معادلات جدید برای محاسبه طول و درجه شیب، در شیبهای کوتاه به خصوص در فرسایش بین‌شیاری و امکان تخمین شیب در شیبهای مرکب است. مدل

-
1. Universal Soil Loss Equation
 2. Revised Universal Soil Loss Equation



RUSLE همچنین روش جدیدی را برای محاسبه عامل پوشش گیاهی معرفی نموده و همچنین مقادیر جدیدی را برای عملیات حفاظتی انجام شده در اراضی زراعی و مرتعی معرفی مینماید که در صورت فقدان اطلاعات منطقه‌ای از جداول استاندارد مرتبط استخراج میگردد.

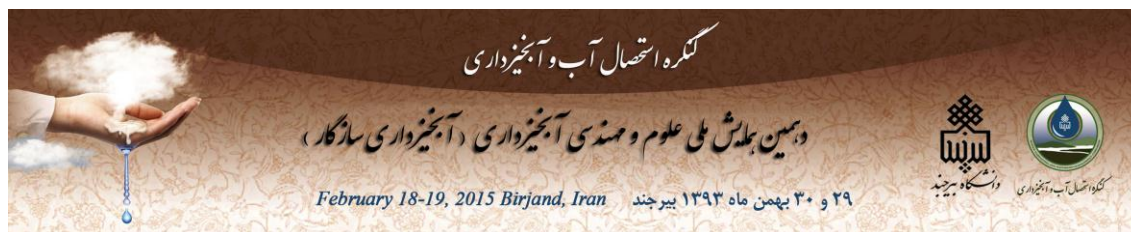
این تحقیق که در منطقه حسلک ورازان بخش بلده شهرستان نور انجام شده است به برآورد تلفات خاک با استفاده از مدل ارتقاء یافته معادله جهانی تلفات خاک پرداخته است.

ب- مواد و روشها

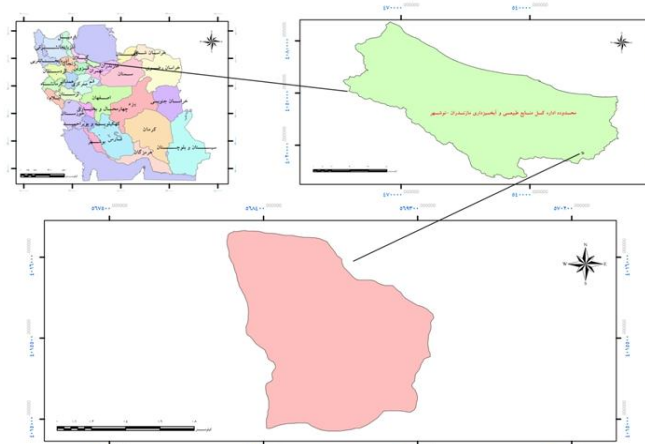
۱- موقعیت جغرافیایی محل مورد تحقیق

عرصه مورد تحقیق با وسعتی معادل ۹۹/۶ هکتار در ارتفاعات روستای ورازان بخش بلده شهرستان نور در منطقه موسوم به حسلک واقع گردیده است که به لحاظ تقسیمات سیاسی در قسمت غرب استان مازندران، و در فاصله حدود ۷۵ کیلومتری جنوب شهرستان نور و بخش بلده می‌باشد. این محدوده از نظر موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی $23^{\circ} 28' 51''$ تا $23^{\circ} 28' 51''$ تا $51^{\circ} 38' 15''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 15' 3/9$ تا $36^{\circ} 22' 12/7$ شمالی واقع گردیده است و از معدود آبادی-های منطقه می‌توان به روستاهای ورازان و شاه ناچر اشاره نمود که منطقه مورد تحقیق بخشی از ارتفاعات روستاهای یاد شده می‌باشد. شکل شماره ۱ نقشه موقعیت عرصه مورد تحقیق در کشور و استان مازندران را نشان میدهد.

به لحاظ ارتفاعی کمترین ارتفاع منطقه ۲۱۴۰ متر از سطح دریا و مرتفع‌ترین نقطه آن ۲۳۴۰ متر واقع در ارتفاعات جنوبی منطقه می‌باشد. همچنین بررسی سابقه عملیات اجرایی در منطقه نشان میدهد که کل عرصه مورد تحقیق طی سالهای ۱۳۸۵ الی ۱۳۸۶ تحت عملیات نهالکاری با گونه‌های کاج سیاه، ون و شیردار قرار گرفته است و در طول سالهای پس از اجراء نیز محصور و تحت قرق کامل قرار داشته است



نقشه موقعیت مکانی حوزه ورازان



شکل شماره ۱. نقشه موقعیت عرصه مورد تحقیق در کشور و استان مازندران

۲- تفکیک واحد های کاری

در راستای بکار گیری این مدل ضرورت دارد قبل از هر اقدامی کل منطقه مورد تحقیق با توجه به نیازهای مدل یعنی ملحوظ داشتن طول دامنه‌ها، واحد های کاری تفکیک گردد. در این خصوص سعی شده است از نقشه جهت جغرافیایی که به نوعی مبین تفکیک دامنه‌ها می‌باشد استفاده گردد. چرا که با تفکیک شدن دامنه‌ها به عنوان واحد کاری طول دامنه‌ها نیز مشخص میگردد. طول دامنه‌ها نیز نقش اصلی در بروز آستانه رواناب و متعاقب آن افزایش فرسایش پذیری را خواهد داشت. از سوی دیگر تعیین عامل فرسایش پذیری خاک (K) منوط به برداشت نمونه پروفیل سطحی خاک داخل هر یک از واحدهای کاری می‌باشد تا متناسب با آن بتوان عامل مربوطه را تعیین نمود و به سطح تعمیم داد.

۳- به کار گیری مدل

فرمول اولیه این مدل جهت تخمین فرسایش آبی خاک با ضرب عوامل ششگانه مؤثر در فرسایش آبی نظیر عامل بارندگی (R)، عامل فرسایش پذیری خاک (K)، عامل درجه شیب (L)، عامل طول شیب (S)، عامل پوشش گیاهی (C) و عامل حفاظت خاک (P) می‌باشد که هر یک از عوامل یاد شده را با یک عدد مشخص می‌کنند. که در آن عوامل S, L, C و P بدون بعد است و میزان فرسایش از حاصل ضرب این اعداد بدست می‌آید که به صورت کمی است و در سیستم متریک بر حسب تن در هکتار در سال می‌باشد. در این تحقیق عوامل بشرح ذیل بصورت لایه های رقومی رستری در محیط نرم افزاری Arc GIS برآورد گردید.



۱-۳. عامل بارندگی: در این تحقیق با توجه به اینکه در نظر است مقدار متوسط فرسایش برآورد گردد از نسبت مقدار مجموع مربعات متوسط بارندگی ماهانه به مقدار متوسط بارندگی سالانه با توان یک استفاده شده است. که به رابطه فورنیه اصلاح شده مشهور است.

2-۳. عامل فرسایش پذیری خاک: با توجه به واحد های کاری تفکیک شده، در پروفیل سطحی خاک هر واحد کاری مبادرت به نمونه برداری خاک گردید و پس از برآورد پنج خصوصیات فیزیکی خاک شامل شن، سیلت و شن خیلی ریز، ماده آلی، ساختمان و نفوذپذیری در آزمایشگاه مقدار این عامل بصورت یکپارچه برای هر واحد کاری با استفاده از نمودار اولیه این مدل برآورد گردید. سپس نقشه رستری آن در محیط نرم افزاری Arc GIS تهیه گردید.

3-۳. عامل های طول و دامنه شیب: برای محاسبه این عوامل با استفاده از رابطه های جدید ارائه شده در محیط نرم افزاری Arc GIS نقشه های رستری تهیه گردید.

4-۳. عامل های پوشش گیاهی و حفاظت خاک: در این خصوص درصد پوشش سطحی با استفاده از شبکه آمار برداری با فواصل 150×150 و به روش نمونه برداری سیستماتیک تصادفی (منظم تصادفی) و با استفاده از روش ترانسکت خطی در طبیعت برداشت گردید. و با توجه به فواصل درختان، درختچه ها، بوته ها، گیاهان علفی، سطح خاک لخت، بقایای گیاهی و سنگ و سنگریزه سطح پوشش و گسترش پوششی هر کدام یک از کاربری ها مورد نظر اندازه گیری گردید. سپس با توجه به اطلاعات صحرائی برداشت شده در هر واحد کاری و جداول استاندارد ارائه شده مدل مقادیر عامل های یاد شده برآورد گردید و در محیط نرم افزاری Arc GIS امتیازبندی عامل های پوشش گیاهی و حفاظتی بصورت رستری تهیه گردید.

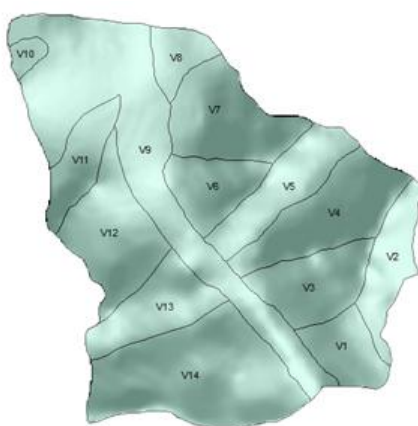
به منظور برآورد فرسایش به روش RUSLE از حاصلضرب این شش لایه برای هر پیکسل فرسایش ویژه برآورد و پس از کلاس بندی پیکسلها با توجه به دامنه اعداد نقشه نهایی با عنوان نقشه فرسایش ویژه (تن درهکتار در سال) تهیه گردید.

ج- نتایج و بحث

همانطوریکه در مواد و روشها اشاره شده است ابتدا منطقه مورد تحقیق به واحد های کاری تفکیک گردید. که شکل شماره ۲ نقشه واحد های کاری منطقه مورد تحقیق را نشان می دهد. و در جدول شماره ۱ مشخصات هر یک از واحد های کاری درج گردیده است. عوامل شش گانه موثر در این روش نظیر بارندگی، عامل فرسایش پذیری خاک، درجه و طول شیب، پوشش گیاهی و حفاظت خاک بصورت نقشه های رستری جهت هر عامل بطور جداگانه ارائه شده است. همچنین نتیجه نهایی که با ضرب شش لایه ذکر شده بدست آمده است بصورت نقشه های رستری و وکتوری ارائه شده است. شکل شماره



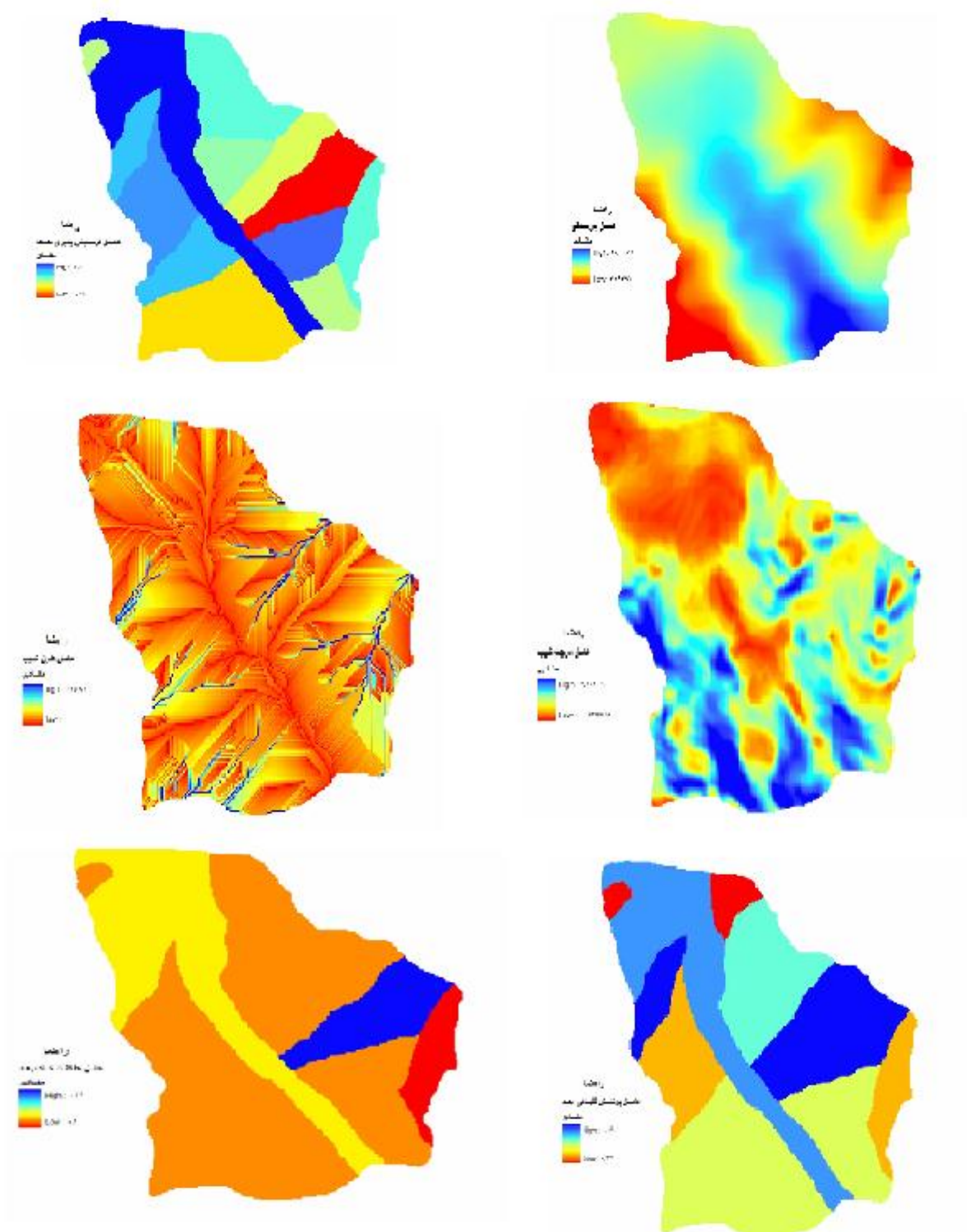
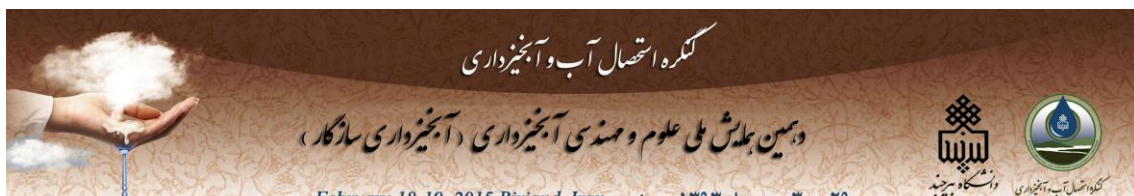
۳ نقشه لایه های رستری دخیل در روش یاد شده را نشان می دهد و شکل شماره ۴ نقشه های رستری و وکتوری فرسایش ویژه بدست آمده را نشان می دهد. و در جدول شماره ۲ مقادیر فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار بتفکیک هر یک از واحد های کاری بصورت یکپارچه آورده شده است.



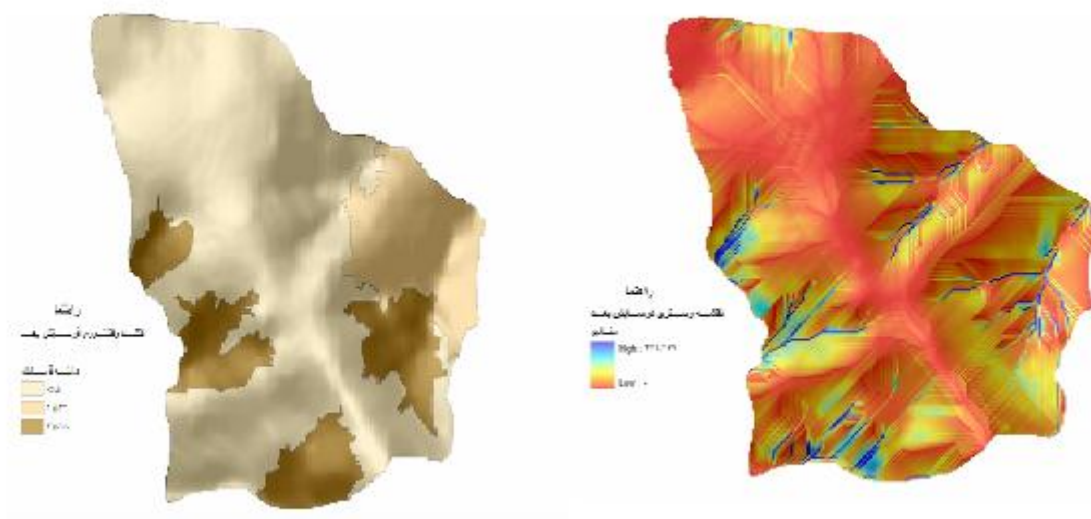
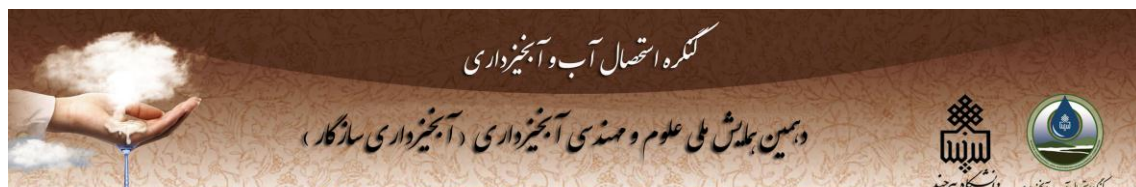
شکل شماره ۲. نقشه واحد های کاری منطقه مورد تحقیق

جدول شماره ۱. مشخصات واحد های کاری منطقه مورد تحقیق

لیتولوژی منطقه	شیب دامنه (درصد)	طول بزرگترین دامنه در جهت شیب (متر)	محیط (متر)	مساحت		واحد کاری
				درصد	هکتار	
آهک توده ای، و دولومیت - کوارتز، سنگ آهک و آتشفشانی	۲۰-۴۰	۲۵۴	۸۳۰.۳	۳.۹٪	۳.۹۰۶۵	V1
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۲۰-۳۰	۱۴۸	۱۲۷۹.۳	۴.۷٪	۴.۶۵۴۱	V2
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا-آهک توده ای، و دولومیت	۱۲-۳۰	۳۵۵	۱۰۴۵.۵	۶.۰٪	۵.۹۸۹۷	V3
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۸-۳۰	۳۴۵	۱۴۰۸.۵	۸.۵٪	۸.۴۶۵۰	V4
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۱۲-۳۰	۴۸۵	۱۲۶۹.۷	۶.۱٪	۶.۱۳۳۴	V5
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۱۲-۳۰	۲۹۸	۹۰۲.۲	۴.۶٪	۴.۵۴۴۱	V6
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۲-۳۰	۳۹۵	۱۲۲۴.۰	۸.۰٪	۷.۹۶۶۳	V7
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۲-۸	۲۲۲	۷۰۴.۴	۲.۶٪	۲.۵۹۹۲	V8
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا-آهک توده ای، و دولومیت	۲-۳۰	۳۳۵	۳۸۸۵.۲	۲۱.۷٪	۲۱.۶۲۴۰	V9
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا	۰-۲	۱۰۵	۳۷۷.۷	۰.۹٪	۰.۸۸۴۵	V10
شیل خاکستری، سیلت استون، ماسه سنگ و کنگلومرا -آهک توده ای، و دولومیت	۲-۴۰	۹۸	۹۹۹.۳	۳.۸٪	۳.۸۲۵۳	V11
آهک توده ای، و دولومیت	۵-۶۰	۲۳۹	۱۴۴۹.۱	۸.۲٪	۸.۱۹۹۱	V12
آهک توده ای، و دولومیت	۲-۴۰	۱۶۰	۱۱۳۳.۸	۵.۷٪	۵.۷۲۵۵	V13
کوارتز، سنگ آهک و آتشفشانی	۱۲-۴۰	۵۳۰	۱۷۰۶.۰	۱۵.۴٪	۱۵.۳۵۱۲	V14
جمع			۱۸۲۰۵.۱۵۷۰	۱۰۰٪	۹۹.۸۶۸۰	



شکل شماره ۳. نقشه های رستری عاملهای بارندگی، فرسایش پذیری خاک، طول و درجه شیب، پوشش گیاهی و عامل حفاظت خاک



شکل شماره ۴. نقشه رستری وکتوری فرسایش ویژه منطقه مورد تحقیق

جدول شماره ۱. مقادیر فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار بتفکیک هر یک از واحد های کاری

مقادیر فرسایش ویژه (تن در هکتار در سال)			واحد کاری
مقادیر متوسط	مقادیر حداکثر	مقادیر حداقل	
5.8	22.1	0	V1
6.1	264.2	0	V2
6	293.1	0	V3
4.6	349.7	0	V4
4	125.4	0	V5
3.3	47	0	V6
3.1	86.5	0	V7
1	3.6	0	V8
1.6	24.8	0	V9
0.1	0.3	0	V10
5	228.7	0	V11
6.9	139.9	0	V12
6.7	115.8	0	V13
5.8	104.8	0	V14
4.3	129	0	متوسط

د- نتیجه گیری

بررسی نقشه رستری فرسایش مبین آنست که مقادیر فرسایش در خطالرسها که در حقیقت شروع آبدوی سطحی می باشد حداقل و در خطالقعرها نیز حداکثر می باشد. مقادیر پیکسلی حداقل فرسایش در واحدهای کاری صفر و حداکثر آن که محدود به خطالقعرها می باشد در برخی از پیکسل ها به بیش از ۳۰۰ تن در هکتار در سال نیز می رسد بدیهی است که در



چنین حالتی این پدیده کاملاً موضعی بوده و در واحد سطح (هکتار) کاهش چشمگیری خواهد داشت. همچنین متوسط فرسایش ویژه در واحدهای کاری کل عرصه مورد تحقیق از ۰.۱ تن در هکتار در سال در واحد کاری V10 تا ۶.۹ تن در هکتار در سال در واحد کاری V12 متغییر است. نقشه رستری فرسایش ویژه بدست آمده بیانگر این موضوع است که فرسایش کاملاً تحت تاثیر شیب منطقه بوده و از آن متابعت می نماید این موضوع نیز بسیار با اهمیت است که مبین واقع بینی مدل می باشد چرا که در شیب های کم و یا خط الارس ها علیرغم ضعف پوشش گیاهی و یا حساسیت سازند زمین- شناسی مقادیر فرسایش حداقل و در نقاط پر شیب و یا با افزایش طول دامنه ها نیز مقادیر فرسایش افزایش می یابد. از سوی دیگر نوع پوشش و میزان ربایش بارندگی گونه ها با توجه به مقادیر تعیین شده در جداول استاندارد نیز موثر می باشد. در این راستا پیشنهاد میگردد که که مدل فوق با استفاده از پلات های فرسایشی برای مناطق مختلف بکار گرفته شود و کارایی آن مورد قضاوت قرار گیرد.

ه- منابع

احمدی، ح. ۱۳۷۴. ژئومورفولوژی کاربردی، ۱. انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۴ صفحه.
 احمدی، ح؛ فیض نیا، س. ۱۳۷۸. سازندهای دوره کواترنر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۷ صفحه.
 رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن - انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه.
 طرح مطالعاتی سنتز و تلفیق حوزه آبخیز صالحان شهرستان نوشهر اداره مطالعات و طراحی آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی استان مازندران-ساری.

Anonymus (1974) - Dez watershed resource management plan, Iran- 241 pages.
 Bayramin, I. (2003) - Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazari area. Turk journal agric- Number 27- Pages 105-116.
 Burrough, P.A. (1996)-Principles of Geographic Information Systems for land resources

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop