

بررسی فرسایش خاک در حوضه آبخیز آق‌لاقان چای، بر اساس مدل (FAO) با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی

بهروز سبحانی

عضو هیأت علمی گروه کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

فرسایش خاک از فرآیندهائی است که، منابع خاک و آب کشور ما را به صورت مستقیم و غیر مستقیم تهدید می‌کند. بنابراین یکی از ضرورت‌های اولیه مبارزه با این بلا، شناسایی مناطق مستعد فرسایش است. در این مطالعه با استفاده از مدل فانو،^{*} ابتدا شش عامل فرسایش شامل: زمین‌شناسی سطحی، خاک، توپوگرافی و شیب، پوشش خاک، استفاده از اراضی و فرسایش فعلی بصورت وزنی محاسبه گردیده است.^(۱) با توجه به محاسبه وزنی از مدل فانو، میانگین فرسایش سالانه حوضه مورد مطالعه ۳/۷۸ تن در هکتار و میانگین رسوبدهی ویژه سالانه ۱/۱۶ تن در هکتار است.

میزان رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری حوضه ۱/۰۶ تن در هکتار است که میزان رسوب برآورد شده در مقایسه با رسوب اندازه‌گیری شده، بیانگر آن است که این مدل می‌تواند به عنوان یک روش

*- FAO

قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد. (۶-ص ۲) در این تحقیق از فن دانش سنج از دور*، سامانه اطلاعات جغرافیایی** و مدل رقومی زمین*** برای تهیه نقشه فرسایش استفاده شده و نقشه های استفاده از اراضی پوشش خاک به وسیله طبقه بندی نظارت شده**** باروشن حداکثر احتمال***** با پردازش تصویر رقومی ماهواره لندست تی ام***** تهیه شده و سایر نقشه های عوامل فرسایش توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی، تجزیه و تحلیل گردیده است.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که بکارگیری دانش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، برای مطالعه فرسایش خاک نسبت به روشهای سنتی از دقت و سرعت بیشتری برخوردار است و تمام مراحل این تحقیق از ورودی اطلاعات*****، تجزیه و تحلیل، همپوشی***** و خروجی اطلاعات با استفاده از نرم افزارهای آرکینفو***** و ادرسی***** انجام شده است.

۱- مقدمه

امروزه حفاظت از خاک و مبارزه با فرسایش آن، از مهمترین اقدامهایی است که در هر کشوری انجام می گیرد. با توجه به این مسأله تاکنون در هیچ یک از حوضه ها، در استان اردبیل در مورد سایش خاک، مخصوصاً با استفاده از دانش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعه صورت نگرفته است. (۶-ص ۲)

مطالعه در مورد حوضه آبخیز آق لاقان چای برای دستیابی به هدفهای زیر بوده است:

۱- شناسایی عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوبات؛

- | | |
|--|------------------------------------|
| ** - Remote sensing | ** - Geographic Information system |
| *** - Digital Terrian modles | *** - Supervised classification |
| **** - Maximum likelihood classification | **** - Thematic mapper landsat |
| ***** - Input data | ***** - Overlag |
| ***** - Arc/Info | ***** - IDRISI |

۲- تجزیه و تحلیل عوامل شش‌گانه مدل فائو با استفاده از سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. در این مدل مورد بررسی و میزان آسیب و فرسایش خاک مطابق با روش پیشنهادی سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) وابسته به سازمان ملل متحد انجام گرفته است (ص ۲۲۷-۲۲۸) در این بررسی اراضی فقط بر اساس فرسایش طبقه‌بندی نمی‌شوند؛ بلکه با توجه به عوامل مؤثر در فرسایش خاک از قبیل: پوشش گیاهی، سنگ مادر، شیب زمین و جنس خاک طبقه‌بندی می‌گردند.

در مدل مذکور برآورد فرسایش خاک مبتنی بر ارزیابی و بررسی شش فاکتور مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در یک حوضه آبخیز انجام می‌گیرد و چگونگی و میزان تأثیر عوامل و یا فاکتورهای مورد نظر در فرسایش خاک و تولید رسوبات در یک واحد هیدرولوژیکی و یا اراضی در حوضه آبخیز یاد شده، توسط کارشناس مشخص ارزیابی و ارزش‌گذاری می‌شود. به هر حال حداکثر مجموع ارزش از ۱۰۰ امتیاز بیشتر نخواهد بود. (۱-۵۰۴) حداکثر امتیاز مربوط به هر یک از عوامل شش‌گانه است که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱: عوامل مؤثر در فرسایش و ارزش‌های مربوط به آنها در مدل FAO

| ردیف | عوامل | ارزش |
|------|-------------------|------|
| ۱ | حفاظت خاک | ۱-۲۰ |
| ۲ | زمین‌شناسی سطحی | ۳-۱۸ |
| ۳ | توپوگرافی و شیب | ۱-۱۶ |
| ۴ | خاک | ۰-۱۵ |
| ۵ | استفاده از اراضی | ۰-۱۵ |
| ۶ | وضعیت فعلی فرسایش | |

پس از جمع‌آوری لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از طریق منابع موجود، این لایه‌های اطلاعاتی را می‌توان از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی کرد. سامانه اطلاعات جغرافیایی سیستمهایی هستند که قابلیت تحلیل توأمان داده‌های فضایی (اطلاعات نقشه‌ای) و داده‌های غیر فضایی (اطلاعات جدولی) را دارند؛ به این سبب می‌توانند امکانات گسترده‌ای را در تحلیل و بررسی لایه‌های مدل فائو در اختیار کاربر قرار دهند. (۹-ص ۳)

در مقاله حاضر نحوه تهیه اطلاعات مورد نیاز مدل فائو از طریق سنجش از راه دور و وارد کردن آنها به سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین با تکیه بر قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های تشکیل شده، پردازش و نقشه نهایی فرسایش خاک ترسیم شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در زمینه فرسایش خاک و تولید رسوبات در داخل و خارج از کشور، تحقیقات مختلفی به روش دستی و نیز با استفاده از دانش سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. اولین گزارش، به صورت کامل، در مورد فرسایش خاک و حفاظت از خاک و آب در ایران به سال ۱۳۳۷ توسط کارشناسان سازمان فائو منتشر شده است. (۱-ص ۲۲۷)

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) در سال ۱۹۹۰ میلادی، مطالعه فرسایش خاک را در حوضه پارانا در کشور برزیل و با استفاده از دانش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام داده است. آقای ناصر ظهاسبی پور در سال ۱۳۷۲ پایان‌نامه خود را با عنوان "کاربرد و ارزیابی مدل پسیاک برای تهیه نقشه فرسایش خاک و رسوب آن در حوضه آبخیز جاجرود"، با استفاده از دانش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی تدوین کرده است.

وی کاربرد مدل پسیاک را برای محاسبه فرسایش خاک حدود ۸۰ درصد برآورد کرده

است. (۳-ص ۱۵)

آقای حسین شیخ حسینی در سال ۱۳۷۴ پایان‌نامه خود را با عنوان بررسی پتانسیل رسوبات حوضه آبخیز طالقان، با استفاده از دانش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام داده است. وی کاربرد این مدل را در فرسایش خاک و رسوبات به میزان ۸۳ درصد برآورد کرده است. (۶- ص ۸)

۳- وسعت و حدود حوضه

حوضه آبخیز آق‌لاقان چای به مساحت ۱۶۰۰ هکتار در دامنه جنوب شرقی کوه سبلان قرار گرفته است این حوضه، بزرگترین حوضه‌ایی است که در زیر مجموعه حوضه‌های بالقلوچای قرار دارد. موقعیت آن ۳۸۱۰ تا ۳۸۱۴ عرض شمالی و ۴۷۴۶ تا ۴۸۰۰ طول شرقی قرار دارد حداقل ارتفاع حوضه آق‌لاقان چای ۱۶۵۰ متر و حداکثر آن ۴۵۰۰ متر از سطح دریا است. این حوضه در غرب شهرستان اردبیل قرار گرفته و فاصله آن با اردبیل ۳۸/۵ کیلومتر می‌باشد ۵۰ درصد این حوضه را مرتع، ۳۰ درصد را زمینهای کشاورزی و انواع باغات و بقیه را زمینهای بایر و سنگلاخ تشکیل می‌دهد. این حوضه دارای پنج زیرمجموعه به نامهای: نیرچای، صندوقلو، بوزداغی، لای و ایرنجی است که محاسبات مدل فائو به صورت تفکیکی برای هر یک از آنها انجام شده است. شکل ۱ نشانگر موقعیت منطقه و شکل ۲ موقعیت حوضه را نشان می‌دهد.

۴- روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه بالقلوچای به نام آق‌لاقان چای به وسعت ۱۶۰۰ هکتار انتخاب شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و عکس هوایی ۱/۲۰۰۰۰ محدوده دقیق حوضه آبخیز مشخص گردید، سپس محدوده زیر حوضه‌ها تعیین شد. با استفاده از تصویر ماهواره لندست تی ام، نقشه استفاده از اراضی و پوشش خاک، با پردازش در نرم‌افزار ادرسی تهیه گردید. برای تهیه نقشه شیب، ابتدا کل منحنی میزانهای حوضه به وسیله

نرم‌افزار آرکینفو رقومی شد. سپس برای تهیه نقشه مدل رقومی زمین به نرم‌افزار ادریسی منتقل گردید و بعد از تجزیه و تحلیل، نقشه شیب شد. در این تحقیق برای وارد کردن اطلاعات به رایانه، چاپ یا خروجی اطلاعات از نرم‌افزار آرکینفو استفاده شده و پردازش و تجزیه و تحلیل و همپوشی اطلاعات، (بعد از وارد شدن به رایانه) توسط نرم‌افزار ادریسی انجام یافته است. برای برآورد فرسایش از مدل فائو به شرح زیر عمل شده است:

۱-۴- زمین‌شناسی سطحی (ژئومورفولوژی)

مطالعه زمین‌شناسی سطحی، پایه و اساس بررسی مناطق فرسایش محسوب می‌شود، در مدل فائو حساسیت سنگ به فرسایش حداقل ۶ و حداکثر ۱۸ ارزش‌گذاری شده است. (۱-صص ۴ و ۵) در این مدل به عامل زمین‌شناسی به لحاظ حساسیت به فرسایش، اهمیت کمتری نسبت به سایر عوامل داده شده است. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی، از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و عکس هوایی ۱/۲۰۰۰۰ و عملیات صحرائی استفاده شده است. نتایج حاصله از نقشه، بیانگر این است که لیتولوژی و چینه‌شناسی حوضه، رابطه مستقیم با ماگمای سیلان در دوره پیلوسن و کواترن دارد. (۲)

حدود سی درصد حوضه را سنگ تراکیت و آندزیت، شانزده درصد را گدازه‌های بازالتی و پروفیری، یازده درصد را گدازه‌های آندزیتی و اسکوری، نه درصد را توف برشی و ریولیتی و سی و دو درصد حوضه را پادگانه آبرفتی و رسوبات آبرفتی تشکیل داده است. (شکل شماره ۳)

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، زیرحوضه‌های بوزداغی، لای و صندوقلو به دلیل مقاومت سنگها در مقابل فرسایش ارزش ۶ الی ۸؛ یعنی فرسایش ناچیزی دارد، در حالی که زیرحوضه‌های ایرنجی و نیر، که در قسمت ابتدای حوضه واقع شده است به دلیل رسوبگذاری رودخانه که عمدتاً از تشکیلات آبرفتی و رسوبی است، ارزش‌گذاری آنها در مقابل فرسایش به ترتیب ۹ و ۱۱ است. میزان حساسیت وزنی برای هر عامل فرسایشی در جدول ۳ نشان داده شده

است. بنابراین زیر حوضه بوزداغی با ارزش وزنی ۶، کمترین و زیر حوضه نیر با ارزش ۱۱، (حساسیت متوسط) بیشترین ارزش را دارد.

۲-۳- خاک

نقشه خاک حوضه در سال ۱۳۶۳ توسط مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه گردیده و با انجام عملیات صحرائی و استفاده از ضریب K_s فرسایش پذیری خاک حوضه براساس مدل جهانی فرسایش به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

سری خاک ۱/۶: از نوع لیتوسل با خاک کم عمق تا نیمه عمیق و با بافت نفوذ پذیری متوسط و کلاس خاک D و C، با فرسایش زیاد بوده و دارای محدودیت عمق خاک است.

سری خاک ۱/۸: از نوع لیتوسل با خاک بسیار کم عمق تا نیمه عمق با بافت سنگین و کلاس خاک D است.

سری خاک ۲/۲: از نوع لیتوسل و کالویال با خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین و کلاس خاک C بوده که دارای پستی و بلندی متوسط است.

سری خاک ۳/۲: از نوع براون و کالویال با خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین و کلاس خاک C و B بوده که بر روی تپه‌های فرسایش یافته در منطقه قابل مشاهده است.

سری ۸/۱: از نوع کالویال با خاک کم عمق تا نیمه عمیق و با بافت متوسط و کلاس خاک C است.

در شکل شماره ۴ بر اساس مدل فائو، سری خاکهای ۳/۲ و ۸/۱ در کلاس یک، سری خاک ۲/۲ در کلاس دو، سری خاکهای ۱/۶ و ۱/۷ در کلاس سه و سری خاکهای ۱/۸ در کلاس چهار، طبقه‌بندی شده است. بر این اساس، حساسیت خاک به فرسایش در مدل فائو از ۱ الی ۱۶ است که سیزده درصد حوضه کلاس یک دارای حساسیت کم، پانزده درصد حوضه کلاس دو حساسیت متوسط، چهل و چهار درصد حوضه کلاس سه حساسیت زیاد و بیست و هفت درصد حوضه

کلاس چهار دارای حساسیت خیلی زیاد نسبت به فرسایش خاک می‌باشد. با توجه به جدول شماره ۳ حداکثر فرسایش در زیر حوضه بوزداغی با ارزش ۹ در کلاس چهار و حداقل فرسایش در زیر حوضه نیر با ارزش ۴ در کلاس یک وجود دارد.

۳-۴- عامل توپوگرافی و شیب

پستی و بلندی، جهت‌گیری دامنه‌ها و دره‌ها، نوع تشکیلات زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی، شبکه هیدروگرافی، احداث جاده‌های غیرفنی در دامنه‌ها و شخم در جهت شیب، هر کدام در ایجاد نوع شیب حوضه مؤثر است. برای تهیه شیب حوضه از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰ و عکس هوایی ۱/۲۰۰۰ استفاده شد و ابتدا، محدوده خط تقسیم آب حوضه تعیین گردید، سپس منحنی میزان‌های حوضه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به وسیله نرم‌افزار آرکینفو تبدیل به رقمی شد. برای تهیه مدل رقمی زمین، منحنی میزانها از نرم‌افزار آرکینفو به نرم‌افزار ادرسی منتقل شد و بعد از تهیه مدل رقمی زمین، نقشه شیب حوضه بر اساس مدل فائو به شرح زیر طبقه بندی گردید: (شکل شماره ۵)

حدود ده درصد از حوضه را شیب کمتر از ۵ درصد تشکیل داده و نسبت حساسیت به فرسایش در آن یک است، که مناطق آبرفتی، مخروطه افکنه و قسمت ابتدای حوضه را در اطراف شهرستان نیر تشکیل می‌دهد. یازده درصد حوضه دارای شیب بیش از ۴۵ درصد است، که این محدوده را دره‌های عمیق و بریدگیهای رودخانه و قله‌ها تشکیل می‌دهد و حساسیت فرسایش در آن ۱۶ است. حدود ۴۶ درصد حوضه دارای شیب بین ۱۵ الی ۲۰ درصد است که مناطق کشاورزی و مرز بین منطقه کشاورزی و زمینهای مرتعی را در بر می‌گیرد و حساسیت فرسایش در آن ۱۵ است. حدود ۳۳ درصد از حوضه را شیب بین ۲۰ الی ۴۵ درصد تشکیل می‌دهد که مناطق مرتفع حوضه، نواحی فاقد پوشش گیاهی و صخره‌های سخت را شامل می‌شود و حساسیت فرسایش آن ۱۰ است. بر طبق مدل فائو حساسیت فرسایش حداقل یک و حداکثر شانزده می‌باشد که در

جدول شماره ۱ ذکر شده است. حداقل شیب کمتر از ۵ درصد در زیر حوضه نیر با ارزش یک و حداکثر شیب بیش از ۴۵ درصد در زیر حوضه بوزداغی با ارزش ۱۲ محاسبه گردیده است که در جدول شماره ۳ محاسبه رزنی عامل فرسایشی بیان شده است.

۴-۴- پوشش خاک

برای تهیه پوشش خاک از تفسیر رقومی تصویر ماهواره لندست تی ام بر طبق رابطه زیر استفاده شده است:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

که در آن NDVI شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی، NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز است.

بر اساس رابطه فوق، هر پوشش گیاهی که دارای کلروفیل بیشتر یا سبزتر باشد، مقدار NDVI افزایش می‌یابد. (۹- ص ۱۴ و ۱۸) هنگامی که پوشش گیاهی کلروفیل یا رنگ سبز خود را از دست بدهد، این مقدار کاهش می‌یابد. در مدل فائو ارزش حفاظت خاک حداقل یک و حداکثر بیست است و عامل پوشش خاک از تمام عوامل فرسایشی مدل فائو حساسیت زیادتری نسبت به فرسایش دارد.

با توجه به جدول شماره سه هر چه درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ در سطح بیشتر باشد، قدرت فرسایش کم و هر چقدر پوشش گیاهی و بقایای آن کمتر باشد، حساسیت فرسایش بیشتر است. بنابراین زیر حوضه نیر به علت پوشش گیاهی مناسب دارای حداقل فرسایش و زیر حوضه بوزداغی و صندوقلو دارای حداکثر فرسایش است.

۴-۵- وضعیت فرسایش

در مدل فائو ارزش مربوط به وضعیت فعلی فرسایش حداقل صفر و حداکثر ۱۵ است. در این روش تعیین مرز قطعی برای انواع فرسایش مشکل است.

از آنجا که هر فرسایشی مرحله‌ای از نوع دیگر فرسایش است؛ به عبارت دیگر ظهور یک فرسایش به ایجاد و ظهور نوع دیگری از فرسایش کمک می‌کند، ممکن است در یک واحد ارضی اشکال مختلف فرسایش وجود داشته باشد. معمولاً ممکن است در یک منطقه چند فرسایش بطور همزمان وجود داشته باشد؛ ولی یک نوع خاص آن غلبه بیشتری داشته و حضور فعال‌تری را نشان دهد. (۵- ص ۷۳) در این تحقیق با بهره‌گیری از تجربیات کارشناسان در عرصه و تفسیر عکس هوایی ۱/۲۰۰۰۰ و عملیات صحرائی، به ترتیب انواع فرسایش رودخانه‌ای، خندقی، شیاری، توده‌ای، بارانی، سیلابی، ورقه‌ای و مکانیکی (برف و یخ) مشاهده می‌شود. (۴- ص ۲۶۲)

زیر حوضه بوزداغی و صندوقلو به علت برخورداری از فرسایش‌های رودخانه‌ای، خندقی، شیاری، توده‌ای، بارانی و مکانیکی دارای حداکثر فرسایش؛ ولی زیر حوضه نیرک‌متر تحت تسلط این نوع فرسایشها قرار دارد و بیشترین فرسایش به صورت ورقه‌ای و دارای حداقل فرسایش است.

۶-۲- استفاده از اراضی

برای تهیه نقشه استفاده از اراضی از تصویر ماهواره لندست تی‌ام استفاده شد. برای این کار ابتدا محدوده حوضه تعیین و سپس با انتخاب نمونه‌های آموزشی از هر کلاس از ترکیب باندهای مختلف تصویری بر اساس طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر احتمال نقشه، استفاده از اراضی تهیه شده و برای تعیین دقت نقشه حاصل از پردازش تصویر ماهواره‌ای، با استفاده از تصویر کاذب رنگی ماهواره لندست تی‌ام با انجام تفسیر بصری و عملیات صحرائی، نقشه مبنای استفاده از اراضی تهیه گردید و با انتقال آن توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی از نرم‌افزار آرکینفو - به نرم‌افزار ادرسی نقشه حاصل از پردازش تصویر ماهواره‌ای با تفسیر بصری در نرم‌افزار ادرسی به صورت مقایسه‌ای تجزیه و تحلیل شد و نتایج حاصله بیانگر این است که حدود ۸۹ درصد از تصویر حاصل از پردازش ماهواره‌ای با تصویر واقعیت زمینی مطابقت دارد که در جدول شماره ۲ به صورت ماتریس خطا نشان داده شده است و در آن یک درصد حوضه را مجتمع

درختی و باغات، یازده درصد را زمینهای مخلوط کشاورزی و مرتع، هشت درصد را زمینهای کشاورزی، بیست درصد را اراضی بایر و پنجاه و نه درصد حوضه را مرتع تشکیل می‌دهد که شکل شماره ۶ گویای این موضوع است. (۶-ص ۸)

در مدل فائو عامل استفاده از اراضی نسبت به حساسیت در برابر فرسایش از ۰ تا ۱۵ ارزش‌گذاری شده است. بر اساس این مدل، زیر حوضه نیر با ارزش ۴ کمترین و زیر حوضه بوزداغی با ارزش ۱۰، بیشترین حساسیت نسبت به فرسایش را دارا است که در جدول شماره ۳، نحوه ارزش‌گذاری استفاده از اراضی مشخص شده است.

جدول شماره ۲: ماتریس خطا برای ارزیابی دقت طبقه بندی استفاده از اراضی حوضه

آبخیز آق‌لاقان چای (۶-ص ۱۱۶)

| نقشه زمین تصویر ماهواره | مجتمع درختی | مرتع | اراضی بایر | کشاورزی | کشاورزی مرتع | جمع | به حسب درصد |
|----------------------------|----------------|-------|---------------|---------|-----------------|--------|----------------|
| مجتمع درختی | ۱۷۲۰ | ۲۰ | - | ۵۵ | ۶۵ | ۱۸۶۰ | ۱/۰۶ |
| مرتع | ۸۰ | ۹۵۳۰۰ | ۱۶۷۸ | ۲۳۹۷ | ۲۵۱۶ | ۱۰۲۹۷۱ | ۵۹/۰۲ |
| اراضی بایر | - | ۸۳۴ | ۳۳۱۵۳ | ۶۸۵ | ۹۸۹ | ۳۵۶۶۱ | ۲۰/۴ |
| کشاورزی | ۴۶ | ۲۷۵ | ۲۳۴ | ۱۷۴۰۲ | ۱۶۹۵ | ۱۹۷۵۳ | ۹۱/۳۱ |
| کشاورزی و مرتع | ۶۸ | ۱۸۷۶ | ۶۸۹ | ۲۸۹۲ | ۸۸۷۵ | ۱۴۴۰۰ | ۸/۲ |
| جمع | ۱۹۱۴ | ۹۸۴۰۵ | ۳۵۷۵۴ | ۲۳۴۲۲ | ۱۵۱۴۰ | ۱۷۴۶۵ | - |
| به حسب درصد | ۱/۰۹ | ۵۶/۴۰ | ۲۰/۵ | ۱۳/۴۱ | ۸/۶۰ | - | - |

بحث و نتایج

نتیجه حاصل از این تحقیق، شناسایی عامل فرسایش خاک در حوضه آبخیز آق‌لاقان چای و همچنین ارائه روش‌های مناسب در مورد حفاظت از خاک است که با بررسی نقشه‌های بدست

آمده از شش عامل فرسایش مدل فانو، نقشه نهایی فرسایش تهیه شده است. همان طوری که در شکل شماره ۷ نشان داده شده است. همان طوری که نقشه نهایی فرسایش خاک از ۵ کلاس به شرح زیر تشکیل شده است:

کلاس ۱- شامل اراضی بدون فرسایش یا با فرسایش جزئی خاک است که درجه شیب کمتر از ۵ درصد و نوع کشت، زراعت به صورت آبی و دیم مشاهده می شود. کلاس خاک آن B و C و شماره منحنی روان آب، ۷۹ است و اجرای عملیات حفاظت از خاک و آب در شرایط حاضر ضرورتی ندارد.

کلاس ۲- میزان فرسایش خیلی کم است و ضرورت دارد که در برخی از برنامه های اجرایی حفاظت از خاک و آب مورد بررسی قرار گیرد. محل چراگاه فصلی است و در شیب تند، فرسایش خاک زیاد است. نوع کلاس خاک B و C و شماره منحنی روان آب ۷۹ است.

کلاس ۳- در این کلاس فرسایش کمتر است. جدایی و جابجایی ذرات خاک به مقداری است که اجرای برنامه های حفاظتی و آبی ضروری به نظر می رسد و استفاده از اراضی محدودیت زیادی دارد. این محدوده اغلب بدون پوشش گیاهی است و دره ها عمیق و بیرون زدگی سنگی بسیار مشاهده می شود. قابلیت اراضی زیر حوضه مربوطه، بایر و چراگاههای اتفاقی است و کلاس خاک D و شماره منحنی روان آب ۹۴ می باشد.

کلاس ۴- در این کلاس فرسایش و میزان انتقال خاک زیاد و استفاده از اراضی کاملاً محدود است. اراضی این کلاس دارای شیب تند و دره های عمیق بوده و حفاظت از خاک و اصلاح اراضی با هزینه زیاد روبرو است و نیز کنترل از فرسایش خاک و آب در چهارچوب طرحهای حفاظتی ضروری به نظر می رسد.

کلاس ۵- فرسایش در این قسمت نیز زیاد بوده و خاک کاملاً از بین رفته و سنگ مادر معمولاً مشاهده می شود؛ به حدی که امکان استفاده از آن را با دشواری روبرو می سازد. در برخی مکانها شیب آن زیاد و حدود ۴۵ درصد است خاک عمق کمتری دارد و نیز به دلیل سرما و یخبندان عاری از پوشش گیاهی است.

نتیجه حاصل از ارزیابی عوامل فرسایش که در جدول شماره ۳ آورده شده است؛ گویای آن

است که زیر حوضه نیر با ۲۴ امتیاز و مقدار رسوب سالانه ۹۱/۵۴ متر مکعب در کیلومتر مربع کمترین و حوضه بوزداغی با کل امتیاز ۵۹ و مقدار رسوب سالانه ۳۲۰/۴۹ متر مکعب در کیلومتر مربع بیشترین فرسایش را داشته است. مقدار فرسایش حوضه با توجه به مدل فائو در هر سال ۳/۸۷ تن در هر هکتار (۶- ص ۱۲۹) و مقدار رسوب‌دهی ویژه در هر سال ۱/۱۶۰ تن در هکتار بوده است. بر اساس ایستگاه رسوب سنجی، مقدار رسوب حوضه ۱/۲۴ تن در هر هکتار و مقدار فرسایش حوضه بر اساس مدل پسیاک ۳/۲ تن در هکتار برآورد شده است (۶- ص ۱۱۶). بنابراین، مقدار رسوب‌دهی و فرسایش حاصل از ارزیابی وزنی مدل فائو و یا رسوب اندازه‌گیری شده در حوضه و مقایسه با مدل پسیاک بیش از ۸۰ درصد همخوانی دارد. اگر امکان استفاده از دانش سنجش از دور برای تهیه اطلاعات دقیق و بررسی اطلاعات توسط سامانه جغرافیایی نبود، روی آوردن به روشهای سنتی، علاوه بر نیاز به هزینه و صرف زمان زیاد، دقت کافی نیز در آن وجود نداشت. (۹- ص ۷۰)

در این تحقیق دقت مطالعات در حد پیکسل در حدود ۳۰ متر و بر مبنای تصویر ماهواره‌ای رقومی است که سایر لایه‌های اطلاعات نیز در نرم‌افزار ادرسی به واحدهای ۳۰ متری طبقه‌بندی شده است تا در همپوشی لایه‌ها، از لحاظ حد پیکسل، مشکلی ایجاد نکنند.

از روشهای دیگر این تحقیق، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و رقومی کردن نقشه‌ها و محاسبه ارزشهای وزنی برای هر زیرحوضه است که به علت تنوع کلاسهای موجود در هر عامل فرسایشی، امکان محاسبه وزنی با روش دستی بسیار مشکل و وقت‌گیر است؛ در حالی که سامانه اطلاعات جغرافیایی و محاسبه آن با کمترین زمان و با بیشترین دقت در مطالعه امکان‌پذیر است. علاوه بر آن، سامانه اطلاعات جغرافیایی و بررسی داده‌های موجود در رایانه را در هر زمان می‌توان بر اساس تغییرات انجام شده در چهره طبیعت کم یا زیاد کرد. با این عمل شرایط لازم برای پیشگیری از فرسایش خاک در جهت نگهداری و پایداری آن فراهم می‌شود.

بنابراین استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بر اساس مدل فائو، یک روش کارآمد در مطالعه این حوضه است که می‌تواند در ارزیابی فرسایش و رسوب خاک مورد استفاده قرار گیرد.

| فرسایش درهنگار | سندرسوب کولیدی (SDR) | مساحت زیر حوضه | مساحت این درهنگار | مقدار بارش روزانه متوسط | جمع بارش | زمین شناسی | ساختار خاک | شیب | بافتن خاک | استفاده از زمین | فرسایش جاری | توزیع حوضه |
|----------------|----------------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------|------------|------------|-----|-----------|-----------------|-------------|------------|
| ۱/۶۹ | ۰/۳۷۹ | ۱۳/۱۳ | ۰/۶۴ | ۹۱/۵۴ | ۲۴ | ۱۱ | ۵ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ |
| ۲/۳۲ | ۰/۳۶۶ | ۱۶/۲۲ | ۰/۸۵ | ۱۲۱/۹۰ | ۳۲ | ۹ | ۶ | ۳ | ۴ | ۶ | ۴ | ۴ |
| ۳/۷۰ | ۰/۳۶۸ | ۱۵/۵۳ | ۱/۳۶ | ۱۹۴/۱۵ | ۳۵ | ۸ | ۷ | ۸ | ۷ | ۹ | ۶ | ۶ |
| ۵/۶۰ | ۰/۴۰۰ | ۸/۹ | ۲/۲۴ | ۳۲۰/۴۹ | ۵۹ | ۶ | ۹ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| ۶/۲۰ | ۰/۴۰۹ | ۷/۳۴ | ۱/۳۱ | ۱۸۷/۳۳ | ۳۴ | ۷ | ۷ | ۹ | ۶ | ۸ | ۷ | ۷ |
| ۳/۸۷ | ۰/۳۰۰ | ۶۴/۰۹ | ۱/۱۶ | ۱۶۷/۰۲ | ۲۰/۲ | ۸/۲ | ۶/۸ | ۶/۶ | ۶ | ۷/۴ | ۵/۸ | ۵/۸ |

جدول شماره ۳: ارزیابی نهایی فرسایش بر اساس مدل فائو

نتیجه حاصل از ارزیابی عوامل فرسایش که در جدول شماره ۳ آورده شده است، گویای آن

منابع و یادداشتها

- ۱- احمدی، حسن: ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۴.
- ۲- باباخانی، علیزاده: شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش اردبیل، انتشارات سازمان زمین شناسی، چاپ اول، ۱۳۶۷.
- ۳- باقرزاده کریمی، مسعود: بررسی کارآیی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.
- ۴- رفاهی، حسینقلی: فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۸.
- ۵- رفاهی، حسینقلی: فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۷۸.
- ۶- سبحانی، بهروز: تجزیه و تحلیل قابلیت رسوبدهی حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.
- ۷- علیزاده، امین: اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ دوم، ۱۳۶۸.
- ۸- علیزاده، امین: فرسایش و حفاظت خاک، ترجمه آر. پی. سی. مورگان، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول، ۱۳۶۸.
- ۹- علی محمدی، عباس: جزوه درسی سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۵.
- ۱۰- موحد دانش، علی اصغر: طرح مطالعات سبلان، دانشگاه تبریز، چاپ اول، ۱۳۶۷.
- ۱۱- مهدوی، مسعود: هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۷۱.

12- Dewan, M.L. and H.R. Rieben. 1958 soil and water Conservation in Iran. F.A.O

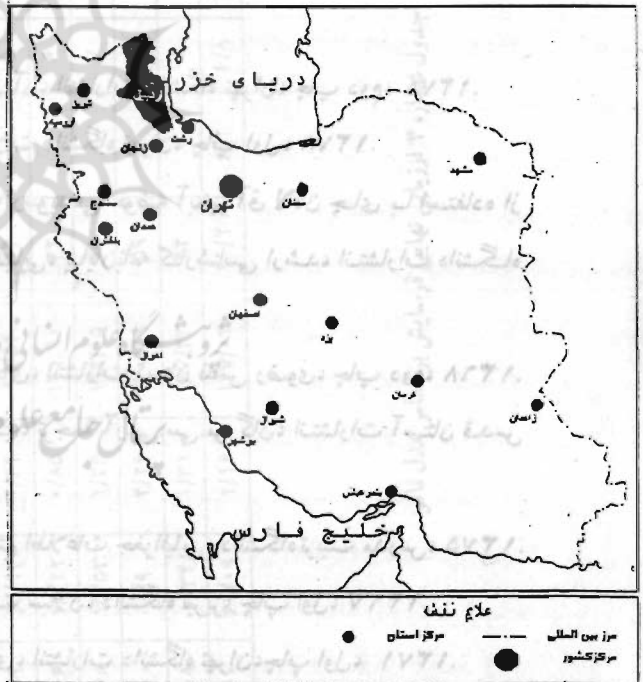
13- E.S.R.J: pcARC/INTO. rkit , USA, 1992

14- J.Ronaij Eastmen: IDRSI Version 1.0, clark university. 1992

15- Morgan. R. P. C: Estimating Regional variation in soil hazavd matag NJ. 1979

ضمیمه

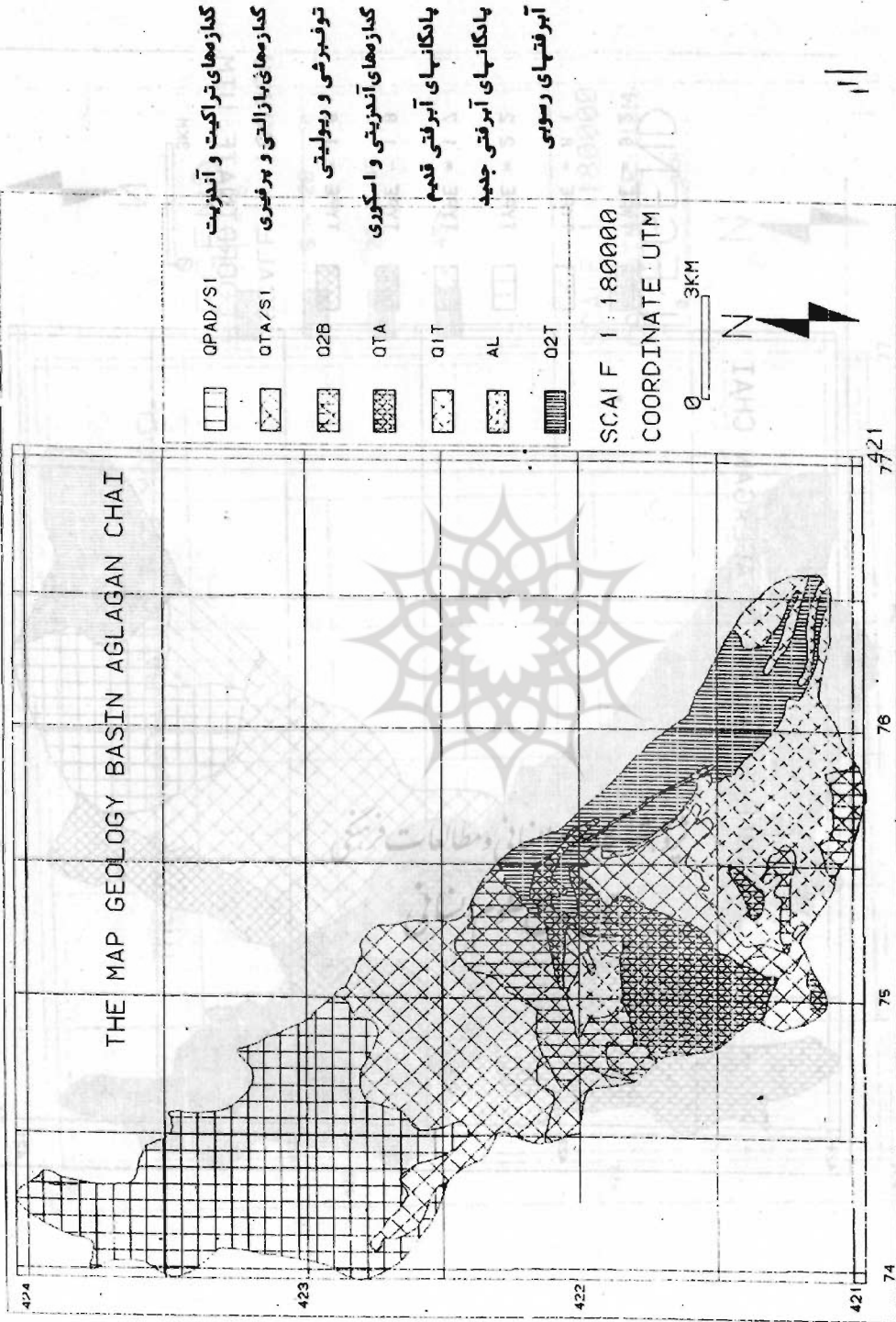
نقشه موقعیت استان اردبیل در کشور



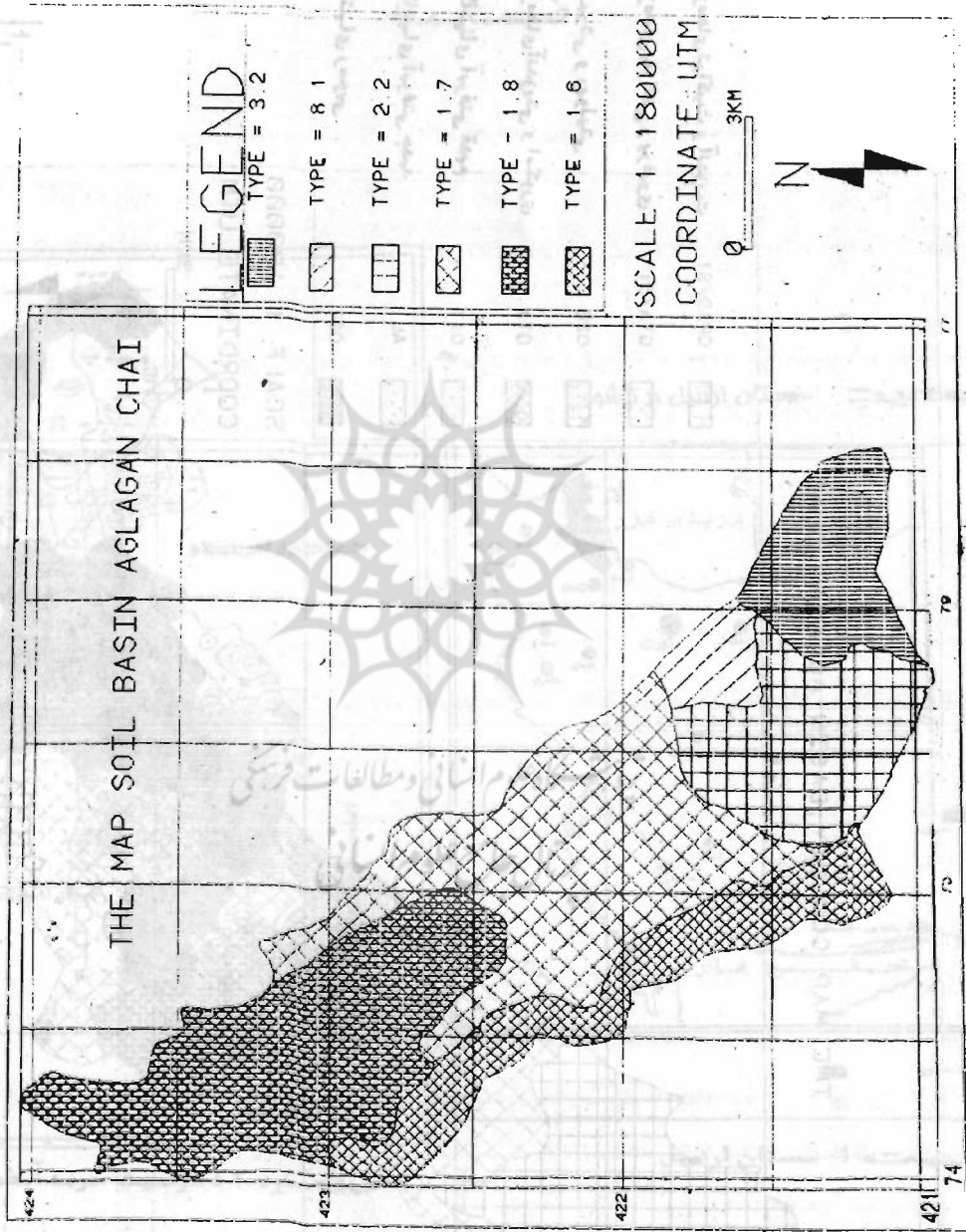
شکل شماره ۱ : موقعیت استان اردبیل



شکل شماره ۲ : موقعیت حوضه آبخیز آق لاقان چای



شکل شماره ۳ زمین شناسی سطحی



مختصات جغرافیایی

نواره

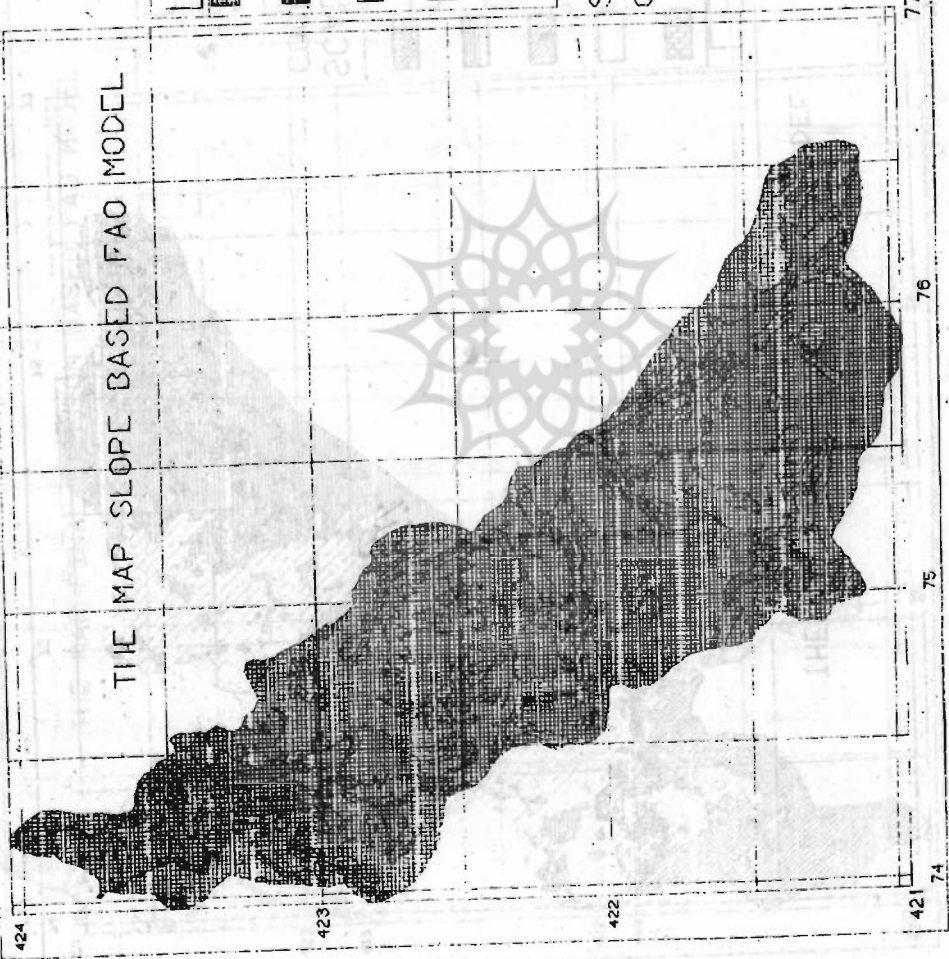
THE MAP SLOPE BASED FAO MODEL

LEGEND

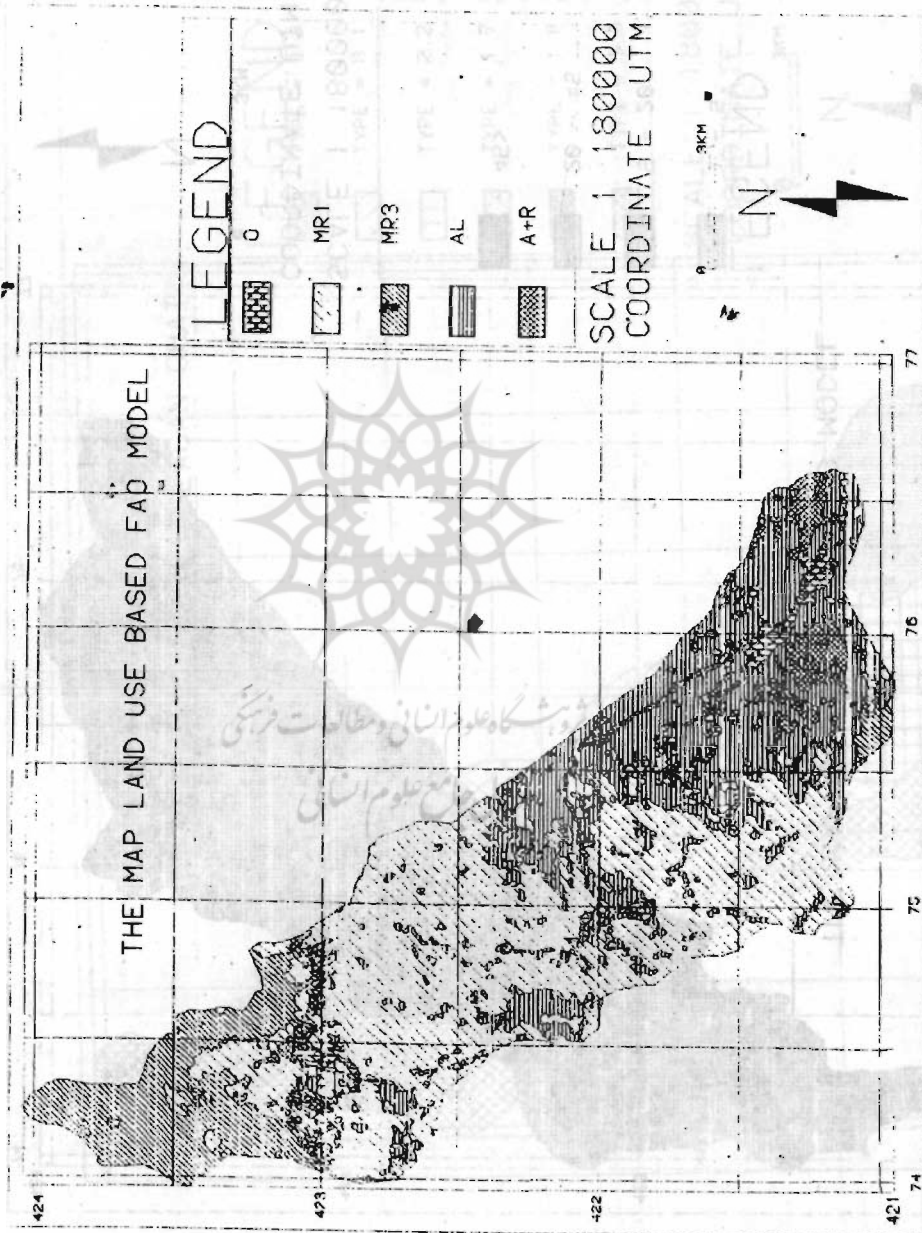
- 1 - 5
- 5 - 20
- 20 - 45
- 45 >

SCALE 1 : 180000
COORDINATE UTM

0 3KM



شکل شماره ۵ عامل شیب



شکل شماره ۶ استفاده از اراضی

THE MAP FINAL EROSION BASED FAO MODEL

LEGEND



NONE



VERY LOW



LOW



MEAN

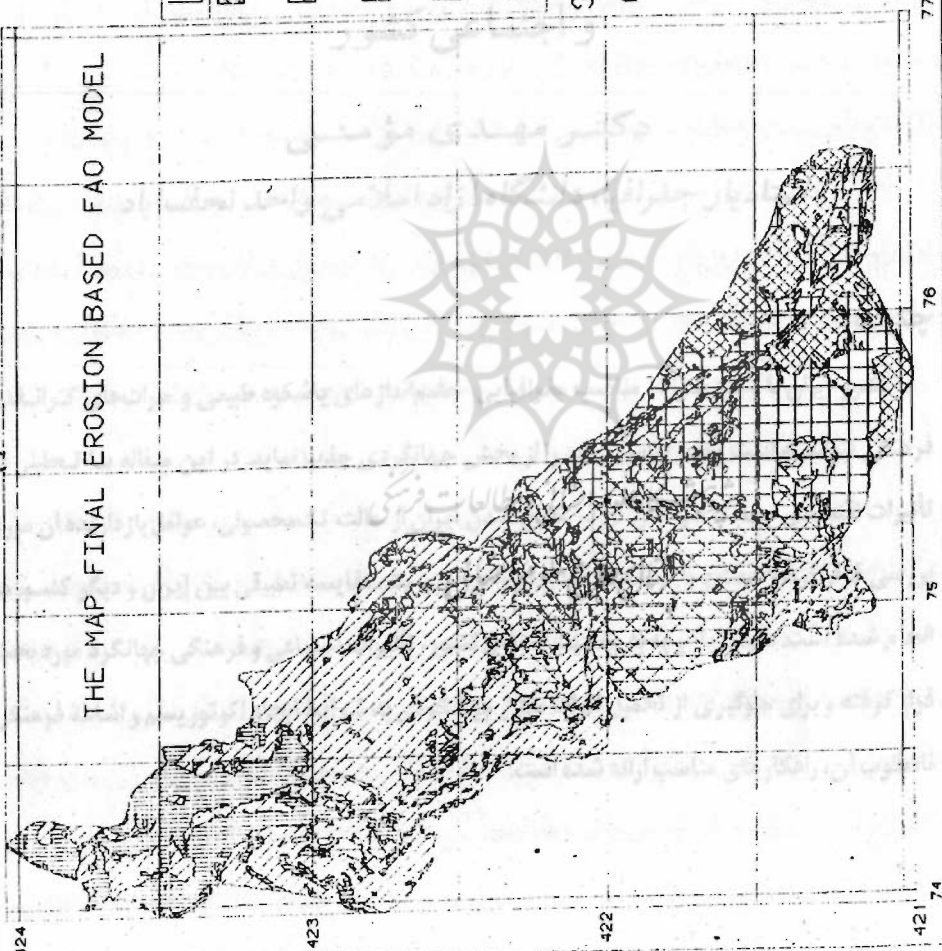


HTGH

SCALE 1 : 130000

COORDINATE : UTM

0 3KM



شکل شماره ۷ نتایج نهائی فرسایش حوضه