



# برآورد میزان فرسایش خاک در حوضه آبریز دشت نجف آباد

## با استفاده از مدل SLEMSA

دکتر مسعود معیری

عضو هیأت علمی دانشگاه اصفهان

### مقدمه

حاصل از آن مهمترین نیروهای فرساینده در سیستم آبخیز باشند که در تقابل با عوامل فرسایش پذیر، نرخ فرسایش خاک را تعیین می نمایند. از این رو در این مقاله به منظور ارزیابی خطرات فرسایش و برآورد میزان و مقدار آن به کارگیری مدل SLEMSA مورد تأکید قرار گرفته است، زیرا در این مدل بهره گیری از همبستگی های احتمالی و منظور داشتن تأثیرات متقابل عوامل دخیل در فرسایش در اولویت قرار دارند.

### پیشینه دانش فرسایش

فرسایش از حدود ۷۰۰۰ سال قبل سبب سقوط تمدنهای بزرگی شده است درحالی که انسان آن روزگار اطلاع چندانی از این پدیده نداشت. این اصطلاح اولین بار توسط پنک (Penk) در سال ۱۸۹۴ و برای توضیح فرآیند شکل گیری دره ها بکار رفته است.

اولین تحقیقات علمی در زمینه فرسایش در سالهای آخر قرن نوزدهم توسط ولنی (Wollny) دانشمند آلمانی انجام گرفت و به دنبال آن نخستین آزمایشات کمی در امریکا و به سال ۱۹۱۵ عملی گردید.

الیسون (Ellisoin) اولین کسی بود که مطالعه بر روی عمل مکانیکی قطرات باران بر خاک را در سال ۱۹۴۴ به انجام رسانید. بعدها ویسمایر و اسمیت (Wischmeier & Smith) با به کارگیری فنون پیشرفته توانستند فرسایش را به طور کمی تعیین نمایند و ماحصل کار آنها ابداع و به کارگیری معادله جهانی فرسایش (Universal soil loess equation) خاک بود.

اولین گزارش کامل در مورد فرسایش خاک در ایران در سال ۱۳۲۷ خورشیدی توسط کارشناسان فائو (FAO) منتشر شد که در پی این گزارش در همان سال کمیته حفاظت خاک در سازمان جنگلها بوجود آمد. در سال

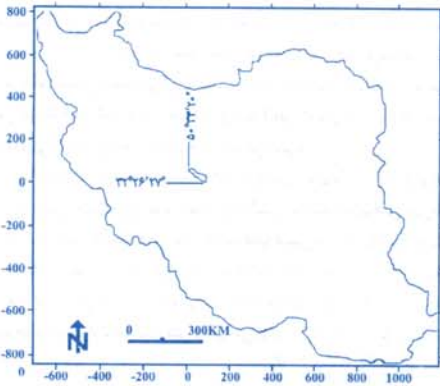
در مطالعات جغرافیایی، خاک فقط به عنوان یک منبع طبیعی در کانون توجه قرار ندارد، بلکه بیشتر به خاطر آنکه در معرض یک خطر تباہ کننده به نام فرسایش قرار گرفته نیازمند بررسی، حفاظت و مراقبت است. مفهوم فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی از یکسو متوجه فرایندهایی است که به چهره پردازی سطح زمین مشغول هستند و از سوی دیگر به عواملی که در برابر حفاظت خاک قارمی گیرند، اشاره دارد. واضح است که مقدار و نوع فرسایش خاک از مکانی به مکان دیگر متفاوت است و آگاهی از این کمیت ها می تواند در برنامه ریزیها بسیار سودمند باشد.

مفهوم فرسایش در ژئومورفولوژی بحث بسیار گسترده و پرمفهومی است که از دیدگاههای مختلف می تواند مورد توجه قرار گیرد.

مفهوم جغرافیایی فرسایش با مفهومی که از دیدگاه زمین شناسی، فیزیک یا خاک شناسی بدان پرداخته می شود، یکسان و برابر نیست. واژه فرسایش از لغت فرسودن مشتق شده است و به مجموعه فرآیندهایی گفته می شود که طی آن سنجش خارجی پوسته زمین پایداری خود را از دست داده و از محل خود تغییر مکان می دهد. این مفهوم شامل فرآیند تخریب، انحلال، حمل و رسوب گذاری است.

بر اساس مطالعات انجام گرفته در ایران سالانه به طور متوسط ۱۵۰۰ تن خاک از هر کیلومتر مربع سطح در اثر فرسایش آبی شسته می شود. این بدان معنی است که هر سال یک میلیون متر مکعب خاک در کشور کاسته می گردد. (کرمی، ۱۳۷۲، پایان نامه)

با توجه به موقعیت و ویژگیهای سیستم آبخیز دشت نجف آباد به نظر می آید انرژی حاصل از برخورد قطرات باران به سطح زمین و رواناب



نقشه (۱): موقعیت حوضه آبخیز دشت نجف آباد درون مرزهای ایران

### فرسایش شناسی

سطح زمین به طور مداوم با پدیده‌هایی نظیر برافراشته شدن کوهها، عمیق‌تر و عریض‌تر شدن دره‌ها، عقب نشینی سواحل در نقطه‌ای و پیشروی آنها در نقطه دیگر، در حال تغییر است. وضعیت فیزیکی سطح کره زمین که امروز شاهد آن هستیم نتیجه یک شکل پذیری سریع و ناگهانی نبوده بلکه این وضعیت نتیجه تغییراتی است بدان حد آهسته و آرام که فقط بعد از گذشت قرن‌ها اثراتش قابل تشخیص است.

پدیده فرسایش شاید یکی از مهمترین جنبه‌های این تغییر دائمی سطح زمین است که نتیجه آن تشکیل خاکهای آبرفتی و سنگهای رسوبی است. (هادسون، نورمن، ۱۳۷۲، ص ۲۰)

فرسایش اساساً یک پدیده تسطیح یا هموارکننده سطح زمین است و به مجموعه فرآیندهایی گفته می‌شود که موجب کنده شدن و یا انحلال سنگ و خاکهای سطح زمین و حمل این مواد می‌گردند. آبهای جاری، امواج، یخهای روان و بار سبب ساینده‌گی می‌گردند. این عوامل خرده سنگها را به یکدیگر می‌کوبند و آنها را خردتر می‌کنند و به صورت خاک و شن درمی‌آورند. چنانکه از این تعریف برمی‌آید فرسایش دوچهره دارد، یکی مقدار نیرویی که برای انجام عمل فرسایش لازم است یا همان فرساینده‌گی و دوم میزان آسیب پذیری سنگ و خاک در برابر عوامل فرساینده‌گی که به آن قابلیت فرسایش پذیری گفته می‌شود. (زینالی، ۱۳۷۸، پایان نامه)

### فرساینده‌گی

منظور از فرساینده‌گی توان بالقوه عوامل و نیروهای فرسایشی در ایجاد فرسایش است. این نیروها بیان کننده انرژی جابه‌جایی و انرژی سقوطی قطرات باران، حرکت آب در سطح زمین، انرژی باد، انرژی امواج و... هستند. در کالبدشناسی فرسایش نیروی فرساینده‌گی بیشتر توجه بر فرسایش آبی دارد. در فرسایش آبی پس از آنکه ذرات خاک بر اثر برخورد

۱۳۴۶ بخش حفاظت آب و خاک در مؤسسه خاکشناسی دایرگردید و سپس در سال ۱۳۵۱ دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری تشکیل گردید. (رفاهی، ۱۳۷۸، ص ۱۳) هم‌اکنون نیز مطالعات جهت برآورد کمی فرسایش خاک با بهره‌جویی از مدل‌های تجربی گوناگون مانند پسیاک (PSIAC)، فورنیه (Fournier) و... ادامه دارد.

از جمله مدل‌های فیزیکی که جهت ارزیابی نرخ فرسایش خاک و برای اولین بار در افریقا از آن استفاده شد مدل SLEMSA که توسط استوکینگ (Stoking) وال ول (EL well) ابداع شده است. این روش ضمن تلفیق داده‌های اساسی و ساده یا یکدیگر، بر پایه‌ای روابط مهم محیطی به ویژه پوشش گیاهی، ریزش باران و فرساینده‌گی تأکید دارد. (رامشت ۱۳۷۵، ص ۱۰۴) (اشراقی، ۱۳۷۸، پایان نامه کارشناسی ارشد)

مدل‌های برآورد میزان فرسایش PSIAC, SLEMSA را مقایسه نمود و دریافت که بین این دو مدل تفاوت محسوسی از نظر برآورد میزان فرسایش وجود ندارد و مدل SLEMSA را می‌توان در حوضه‌های بزرگ در شرایط ایران و اصفهان بکاربرد.

در حوضه آبخیز دشت نجف آباد تاکنون برآوردی از میزان فرسایش آن صورت نگرفته است و این پژوهش می‌تواند اطلاعات لازم را برای مسئولین و دست‌اندرکاران فراهم نماید.

### موقعیت ریاضی حوضه آبخیز

حوضه آبخیز دشت سیلابی نجف آباد از زیرحوضه‌های رودخانه زاینده رود است که در محدوده‌ای با مشخصات  $33^{\circ} 36' 23''$  تا  $50^{\circ} 34' 20''$  طول شرقی و  $32^{\circ} 36' 27''$  تا  $33^{\circ} 1' 18''$  عرض شمالی واقع شده و مساحتی حدود ۱۹۱۶ کیلومتر مربع را احاطه کرده است.

### موقعیت نسبی حوضه آبخیز

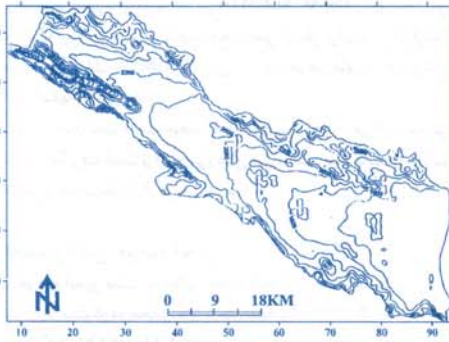
حوضه آبخیز دشت سیلابی نجف آباد از شمال به نواحی علویچه، دهق و جهادآباد، از شرق به ماربین اصفهان، از جنوب به چادگان و لنجانان و از غرب به فریدن و داران محدود است. مرز شرقی حوضه در فاصله ۱۲ کیلومتری شهرستان اصفهان و مرز غربی آن در فاصله ۲۵ کیلومتری شهرستان داران واقع شده است. مهمترین مراکز شهری حوضه عبارتند از: نجف آباد، تیران، فولادشهر و قهدریجان. (نقشه-۱)

### موقعیت هیدرولوژیکی حوضه آبخیز

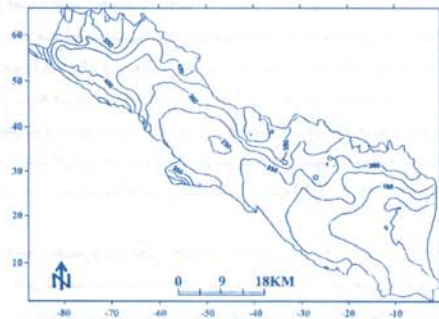
طبق تقسیمات باکر (Baker) سرزمین ایران به شش حوضه منطقه‌ای تقسیم شده است که بزرگترین آنها حوضه آبی ایران مرکزی است که خود به هفت زیرحوضه تقسیم شده است که در نقشه آبی ایران با نماد h ۴/۲ نشان داده شده است. مهمترین رودخانه جاری در این حوضه زاینده رود می‌باشد که خود حوضه آبی مستقلی را تشکیل داده است. حوضه آبخیز دشت سیلابی نجف آباد یکی از زیرحوضه‌های زاینده رود است که در حاشیه شمالی آن قرار گرفته است.

مورفودینامیک بیرونی است، بنابراین شناخت متغیرهای اقلیمی و روابط میان آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با در نظر گرفتن این نکته که مقدار بارش نه تنها تابع ارتفاع بوده، بلکه طول و عرض جغرافیایی نیز بر مقدار آن مؤثر است، بنابراین در یک رابطه چندمتغیره میانگین بارش سالانه حوضه حدود ۲۷۶ میلیمتر برآورد گردید و بر این اساس مقدار ماده ورودی به حوضه توسط بارش برابر  $10^6 \times 1832 \times 510$  کیلوگرم تخمین زده می‌شود. همچنین مقدار انرژی پتانسیل سیستم  $10^6 \times 477 \times 225490$  ژول محاسبه شده است. رابطه فوق نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع و کاهش طول و عرض جغرافیایی میزان بارش افزایش می‌یابد. (نقشه ۲ و ۳)

قطرات باران و جریانه‌های سطحی کنده شدند، سرانجام به آبراهه‌ها منتقل شده و آب آنها را از حوضه آبخیز خارج می‌سازد. بنابراین فرسایش آبی در دو مرحله اساسی انجام می‌گیرد، نخست کنده شدن ذرات خاک و سپس حمل ذرات کنده شده ذرات خاک توسط قطرات باران انجام می‌گیرد و جابه‌جایی ذرات توسط رواناب صورت می‌پذیرد. مطالعات انجام گرفته در دهه ۱۹۴۰ میلادی نشان داد که اگر از برخورد باران به زمین جلوگیری شود، مقدار فرسایش به شدت کاهش می‌یابد و درحقیقت اولین مرحله فرسایش خاک غالباً همین فرآیند بارانی است به طوری که در پهنه‌های مسطح ذرات خاک تا ارتفاع نزدیک به ۶۰ سانتیمتر و شعاع ۱/۵ متری پرتاب می‌شوند. قطرات باران گذشته از کنندن و جابه‌جا کردن ذرات خاک، زمین را نیز می‌کوبند و با ایجاد سیل رواناب را افزایش می‌دهند.



نقشه (۲): الگوی خطوط هم ارتفاع درحوضه آبخیز نجف آباد



نقشه (۳): الگوی خطوط هم باران سالانه درحوضه آبخیز نجف آباد

### فرسایش پذیری

فرسایش پذیری همان آسیب پذیری با حساسیت خاک در برابر نیروهای فرساینده است. به عبارتی مقاومتی که خاک در برابر جدا شدن و انتقال ذرات از خود بر روی می‌دهد را قابلیت فرسودگی می‌نامند. میزان این مقاومت توسط یک سری متغیرهای فیزیکی شیمیایی که در فرآیندهای فسادپذیری ذرات خاک و جابه‌جایی آنها دخیل هستند، تعیین می‌گردد و درحالی که ترکیبی از متغیرهای گوناگون است در ارتباط با الگوهای خاکی و محیطی نیز می‌باشد. شدت عملکرد این قابلیت در طی فصول گوناگون تغییر می‌یابد و توپوگرافی، جنس سطح زمین شناختی، شیب، پوشش گیاهی، بافت و ساخت خاک، عملیات زراعی و... از جمله عواملی هستند که ضمن داشتن روابط پیچیده با یکدیگر، قابلیت فرسودگی خاک را کنترل می‌نمایند.

به طور کلی عواملی که در قابلیت فرسودگی خاک مؤثرند را می‌توان در دو گروه عمده تفکیک کرد:

الف - عوامل مربوط به ویژگیهای فیزیکی خاک مانند پستی و بلندی (شیب دامنه‌ها، شکل دامنه‌ها و طول دامنه‌ها) جنس خاک، نفوذپذیری خاک، ساخت خاک و بافت خاک

ب - مدیریت که خود شامل مدیریت اراضی و مدیریت زراعی است. فصل کشت، طریقه شخم زدن، سیستم آبیاری، تناوب کشت و عملیات زراعی از مهمترین مباحثی است که در این زمینه مطرح می‌باشد. محققان سعی کرده‌اند که بین فرسایش پذیری خاک و خصوصیات گوناگون آن ارتباط برقرار سازند. بویکوس (Bouyoucos) عقیده دارد که فرسایش پذیری با نسبت در صد لای + در صد شن متناسب است و در خاکهایی که این نسبت کوچکتر باشد فرسایش نیز کاهش می‌یابد.

### جایگاه حوضه آبخیز نجف آباد در ارتباط با عناصر اقلیمی

با توجه به این واقعیت که ورود و جریان ماده و انرژی در حوضه با ورود تشعشعات خورشیدی و بارش میسر خواهد شد و انرژی تابشی خورشید مهمترین عامل در تغییر عناصر اقلیمی و بدنبال آن تغییر در عوامل

مهمترین عناصر دخیل در ارزیابی خطرات فرسایشی در مدل SLEMSA  
- عوامل توپوگرافیک: منظور از عوامل توپوگرافیک کلیه تأثیراتی است که



پستی و بلندی و شکل زمین در میزان و نرخ فرسایش خواهد داشت.

- عوامل اقلیمی (آب و هوایی): این عوامل بیان کننده انرژی جنبشی ناشی از حرکت آب در سطح زمین و انرژی جنبشی ناشی از سقوط دانه‌های باران است.

- عامل پوشش گیاهی: بیانگر قدرت حفاظت پوشش گیاهی در خاک بوده و سیستم‌های مدیریتی و مزرعه داری را نیز شامل می‌گردد.

- عوامل مربوط به سطح خارجی زمین: شامل مقاومت خاک در برابر فرسایش، جابه‌جایی و فرسودگی است.

چگونگی ارتباط و عملکرد این چهار گروه به صورت رابطه ذیل ارائه شده است.

$$Z = K.C.X$$

به منظور محاسبه میزان (Z) یعنی تخمین خاک از دست رفته برحسب تن در هکتار در سال سه فاکتور (X.C.K) برای حوضه آبخیز نجف آباد محاسبه می‌گردد.

#### نتیجه‌گیری

محاسبات بر روی مهمترین عناصر دخیل در ارزیابی خطرات فرسایش یعنی عوامل توپوگرافی (X) شامل شیب و طول دامنه‌ها، عوامل اقلیمی و سطح خارجی زمین (K) شامل انرژی جنبشی ناشی از سقوط قطرات باران و مقاومت سازندهای زمین ساختی در برابر فرسایش و عامل پوشش گیاهی (C) که بیانگر قدرت حفاظت پوشش گیاهی در خاک بوده و سیستم‌های مدیریتی و مزرعه داری را نیز شامل می‌گردد، به انجام رسید و در نهایت ارتباط و عملکرد این عوامل به صورت (Z=K.C.X) برقرار و اساس محاسبات واقع گردید.

سرانجام مقدار خاک فرسایش یافته در حوضه آبخیز نجف آباد بین صفر تا ۱۷۰ تن در کیلومتر مربع (۱/۷ تن در هکتار) برآورد گردید. حدود ۸۱ درصد از مساحت حوضه سالانه مقداری بین صفر تا ۱۰ تن و در مقابل در ۵/۲ درصد از مساحت حوضه هر سال ۱۶۰ تا ۱۷۰ تن خاک در هر کیلومتر مربع سطح از بین می‌رود.

#### منابع

- ۱- احمدی، حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
- ۲- اشراقی، معصومه، هیدروژئومولوژی حوضه آبخیز مارب شمالی، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف آباد، ۱۳۷۸.
- ۳- جداری عبوسی، جمشید، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۱۳۷۳.
- ۴- چورلی، شوم و سون، ژئومورفولوژی، ترجمه احمد معتمد، جلد اول، انتشارات سمت، ۱۳۷۵.
- ۵- درویش زاده، علی و محمدی، مهین، زمین شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام

نور، ۱۳۷۷.

۶- رامشت، محمدحسین، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۳۷۵.

۷- رفاهی، حسینقلی، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.

۸- علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۶۸.

۹- علیزاده، امین، فرسایش و حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۶۸.

۱۰- علیچقانی، بهلول و کاویانی، محمد رضا، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، ۱۳۷۳.

۱۱- کریمی، عیسی، بررسی حفاظت خاک و راههای مبارزه با فرسایش، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، ۱۳۷۲.

۱۲- مرمیری، مسعود، زمین شناسی برای جغرافیا، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۰.

۱۳- نجمایی، محمد، هیدرولوژی مهندسی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۶۹.

14 - Strahler: Modern Physical Geography, Jhon Willey and Sons Inc, New York, 1983.