



تبیین مفهوم فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی و مقایسه‌ی آن با دیدگاه منابع طبیعی

سیاوش شایان^۱ - غلامرضا زارع^۲

چکیده

فرسایش به معنی برداشت، انتقال و به جا گذاری مواد است. فرسایش مفهوم بسیار گسترده‌ای بوده که در رشته‌های مختلف تعاریف متفاوتی دارد. هدف از این پژوهش بررسی مفهوم فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی و مقایسه‌ی آن با دیدگاه منابع طبیعی است. برای رسیدن به این هدف سعی شده تا با استفاده از روش کتابخانه‌ای، تحلیل و مقایسه‌ی یافته‌ها این کار صورت گیرد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت بین این دیدگاه‌ها، اختلاف زمانی، مکانی، عوامل و فرآیندهای فرسایشی است. از دیدگاه ژئومورفولوژیست‌ها، فرسایش پدیده‌ای طبیعی و آرام بوده که موجب شکل‌گیری لندفرم‌ها و چشم‌اندازهایی شده که امروزه منابع محیطی مناسبی جهت حیات انسانی به حساب می‌آیند. اما از نظر منابع طبیعی فرسایش باعث نابودی خاک‌های حاصل‌خیز شده و اثرات منفی زیادی بر زندگی ساکنان کره زمین داشته است. متخصصان منابع طبیعی حتی فرسایش خاک را پدیده‌ای می‌دانند که باعث نابودی تمدن‌ها نیز شده است. در حالی که ژئومورفولوژیست‌ها تشکیل خاک را جزئی از اثرات فرآیندهای فرسایشی می‌دانند. به طور کلی مفهوم فرسایش با توجه به نوع و دامنه‌ی مطالعه از دیدگاه ژئومورفولوژی تفاوت‌های چشمگیری با منابع طبیعی دارد.

واژگان کلیدی:

فرسایش، ژورفولوژی، منابع طبیعی، لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی.

۱. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، نویسنده مسئول - Email: Shayan@Modares.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس

۱- مقدمه

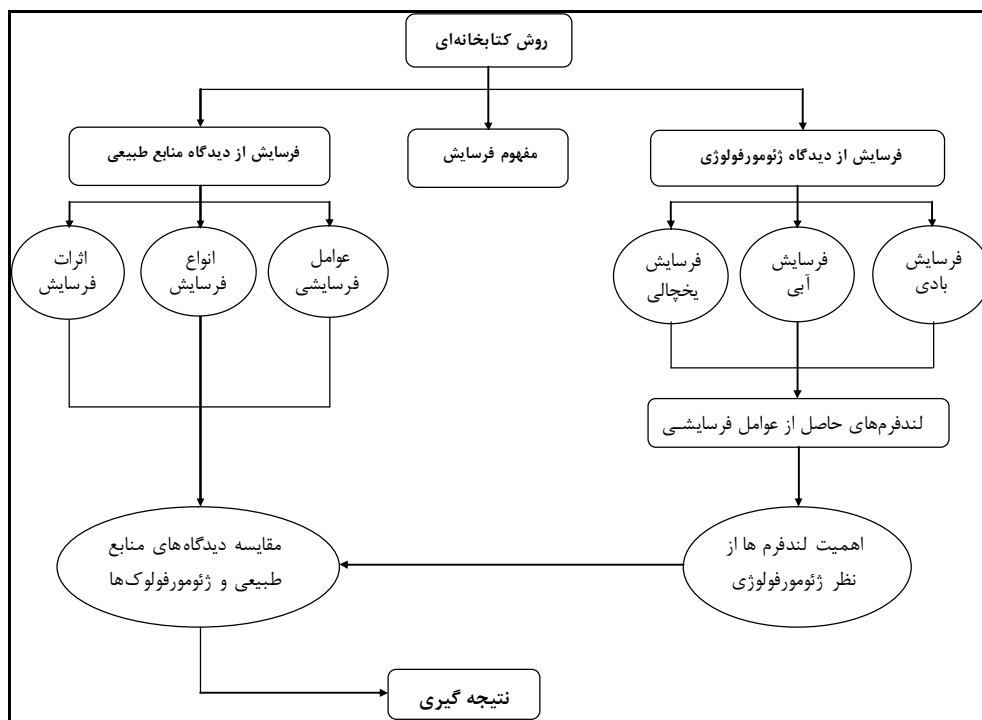
زمین از بدو پیدایش، در اثر نیروهای درونی و بیرونی دائماً در حال تحول و دگرگونی بوده است (رجایی، ۱۳۷۳). یکی از عواملی که موجب تغییر و تحول در نقاط مختلف زمین شده پدیده فرسایش می‌باشد. این فرآیند موجب پدید آمدن اشکال و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی متعددی در جهان شده است. با وجود این که فرآیند فرسایش بسیار قدیمی‌تر از عمر انسان بوده، اما خیلی دیر به این مفهوم پرداخته شده است. در واقع واژه‌ی فرسایش در قرن نوزدهم برای عموم شناخته شده است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۲). فرسایش که به آلمانی Abtrag و به فرانسه و انگلیسی Erosion گفته می‌شود، از کلمه لاتین Erodere گرفته شده است (کردوانی، ۱۳۷۶). فرسایش مجموعه فعالیت‌هایی است که در آن ماده خاک یا سنگ شسته، شل یا حل می‌گردد یا بخشی از زمین کنار برداشته شده و شامل فرآیندهای آبشویی، حلالیت و انتقال است (Herren et al., 1991, 160). فرسایش ممکن است توسط فرآیندهای آب، باد یا یخچال و غیره صورت بگیرد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۵). فرآیند فرسایش شامل سه مرحله‌ی برداشت، حمل و رسوب‌گذاری است (Mayer et al., 1969). در واقع فرسایش پدیده‌ای است که به جدا شدن و انحلال مواد پست شدن و تسطیح برجستگی‌ها منتهی می‌شود، برجستگی‌هایی که در اثر زمین‌ساخت یا دیگر عوامل محیطی به وجود می‌آیند. کلمه‌ی فرسایش مفهوم وسیعی دارد که بر تخریب، حمل مواد کنده شده و بر جا گذاری آن‌ها یعنی رها شدن و جمع شدن مواد تخریبی اطلاق می‌شود. در این صورت فرسایش مجموعه‌ای از عوامل بیرونی است که ناهمواری‌ها را تغییر می‌دهد و با عوامل درونی در شکل زمین‌زایی (ژئومورفونز) یا شکل‌زایی (مورفونز) مشارکت می‌کند (رجایی، ۱۳۸۳). این پدیده از نظر علوم مختلف از جمله آبخیزداری، منابع طبیعی، ژئومورفولوژی و غیره مفاهیم متفاوتی دارد. ژئومورفولوگ‌ها با توجه اشکال و لندفرم‌های موجود به مفهوم فرسایش می‌پردازند. در حالی که منابع طبیعی مفهوم فرسایش را فقط در مورد خاک به کار می‌برند. هدف از این پژوهش بررسی و تبیین مفهوم فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی و مقایسه‌ی آن با دیدگاه منابع طبیعی است.

۲- روش تحقیق

از جمله مزیت‌های هر تحقیق خوب برگزیدن روشی مناسب است. با توجه به نوع تحقیق، ابتدا اطلاعات لازم از طریق روش کتابخانه‌ای و اسنادی گردآوری شده و دسته‌بندی مطالب انجام شده است. سپس مفهوم فرسایش در ژئومورفولوژی بررسی و برای رسیدن به هدف پژوهش دیدگاه منابع طبیعی نیز ارزیابی شده است. با توجه به مطالب (ارائه شده در متون و آثار محققان منابع طبیعی و ژئومورفولوژیست‌ها) مقایسه دیدگاه‌های دو علم پیرامون



مسئله‌ی فرسایش انجام و در پایان نتیجه گیری شده است (شکل ۱).



شکل ۱ - نمودار روش تحقیق

۳- فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی

مجموعه‌ی اعمال فرسوده شدن قسمتی از سطح زمین، برداشته شدن، حمل و نقل مواد آن و انباشته کردن این مواد، در اصطلاح (علم) ژئومورفولوژی فرسایش نامیده می‌شود (شایان، ۱۳۸۴: ۱۲۲). در ژئومورفولوژی از فرسایش به عنوان یک فرآیند نام برده می‌شود (شایان، ۱۳۸۴: ۳۱۱). ژئومورفولوژی علم بررسی اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین است، بنابراین یکی از کارهای آن مطالعه‌ی فرآیندهایی بوده که منجر به ایجاد لندفرم‌ها و اشکال ژئومورفولوژیکی در نقاط مختلف گردیده است. فرآیند فرسایش در زمان‌های طولانی منجر به شکل‌گیری لندفرم‌های متعددی شده که توسط آب، باد، یخچال و غیره صورت گرفته است. این فرآیند در ژئومورفولوژی اهمیت قابل توجهی دارد، چنان که اولین و مهمترین مدل ژئومورفولوژیکی را ویلیام موریس دیویس با عنوان «چرخه فرسایش» بین سال‌های ۱۸۸۴ تا ۱۸۹۹ برای اشکال ناهمواری‌ها ارائه کرد. وی در چرخه‌ی فرضی خود سه مرحله‌ی جوانی، بلوغ و پیری را برای اشکال ناهمواری‌ها در نظر گرفت (چورلی و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۱). دیویس مدل زمان سنجی، تخریب و فرسایش را ارائه کرد این مدل در حقیقت بازسازی تحول اشکال مختلف زمین برای منطقه‌ای مشخص در طول زمان است بنابراین ساده‌ترین حالت بازسازی زمان سنجی فرسایش و تخریب، بر این فرض استوار است که مجموعه شکل‌ها زمین، بازمانده‌ی بخش‌های انطباق یافته‌ی چرخه‌های فرسایشی مختلف است (شایان و شریفی، ۱۳۸۴). شایان ذکر است مدل فرسایشی دیویسی بعدها توسط دانشمندان ژئومورفولوژی

نقد و در مواردی رد شد. پس، فرسایش در ژئومورفولوژی فرآیندی است که منجر به شکل‌گیری فرم‌ها می‌شود. در واقع این فرآیند در کنار سایر عوامل محیطی از جمله زمین‌ساخت، موجب تغییر و تحولات متعددی در چهره‌ی ناهمواری‌های کره زمین شده است. بسته به تاثیر عواملی هم‌چون دما، رطوبت، تابش خورشید، جنس و نوع لیتولوژی، عوامل درونی و غیره، میزان حضور و تداوم این عوامل، سرعت فرسایش نیز متفاوت است. مثلاً هوازدگی‌های شیمیایی و مکانیکی که قسمتی از فرآیند فرسایش محسوب می‌شوند در محیط‌های مختلف به یک اندازه نیستند؛ در فرسایش مکانیکی یا تخریب، مجموعه‌ای از عوامل فرسایش با تجزیه و جدا ساختن اجزا به طور مستقیم عمل می‌کنند. مثلاً یخچال، دیواره‌ی سنگ‌ها را کنده، تناوب یخ بستن و ذوب یخ سنگ‌ها را تبدیل به واریزه کرده و باد مواد را حمل می‌کند و سنگ‌های محلی را در اثر برخورد به خرده سنگ‌ها تبدیل می‌نماید. در مقابل، فرسایش شیمیایی یا تجزیه به کمک انحلال، روی مواد اثر می‌گذارد. مثلاً در نواحی آهکی فرسایش آهکی تسلط داشته، زیرا آهک تحت تاثیر آب‌های باران که کم و بیش گاز کربنیک دارند قرار می‌گیرد. شکل‌گیری نواحی کارستی حاصل این نوع فرسایش بوده که ممکن است گسترش زیادی پیدا کنند. در محیط‌های مرطوب و معتدل هوازدگی شیمیایی و در محیط‌های خشک معمولاً هوازدگی فیزیکی برتری دارند؛ در محیط‌های مرطوب عامل فرسایشی آب و در محیط‌های خشک برتری با باد است. اشکالی که در نتیجه‌ی فرسایش در این محیط‌ها به وجود می‌آید از نظر وسعت و زمان شکل‌گیری نیز متفاوت خواهد بود. فرسایش ناحیه‌ای در سطح گسترده‌ای عمل می‌کند. این نوع فرسایش در اثر هموار کردن یا تسطیح، سطوح فرسایشی را به وجود می‌آورد، سطوحی که از تسطیح ناهمواری‌های حاصل شده وسعت پیدا می‌کنند.

فرسایش خطی یا عمودی از نظر فضایی بسیار متمرکز است. دره‌های حاصل از عمل رودها به شکل V نمونه‌ای از این نوع فرسایش به شمار می‌روند. این نوع فرسایش از ویژگی‌های نواحی معتدل بوده و به آن‌ها فرسایش نرمال یا عادی می‌گویند (رجایی، ۱۳۸۳). در ارتفاعات بلند به دلیل برودت هوا و سرمای زیاد، یخ‌زدگی غالب بوده و اسباب فرسایش را فراهم می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که سرعت فرسایش سطح زمین در نقاط مختلف بر اساس عوامل محیطی مربوط متفاوت بوده و ممکن است روند فرسایشی کند یا تند باشد و تغییرات ناگهانی موجب افزایش یا کاهش قابل توجه فرسایش شود. برای نمونه یک سیلاب ممکن است که در مدت زمانی کوتاه (دو روز) باعث حفر، برداشت و رسوب‌گذاری مقادیر زیادی از مواد در مقایسه با روند عادی شود. وجود عامل شیب نیز در میزان فرسایش از نظر ژئومورفولوژی بسیار مهم است. در شیب‌های تند مواد فرسایشی زودتر به پایین انتقال می‌یابند یا سرعت آب در شیب‌های کند کمتر از شیب‌های تند خواهد بود. عرض جغرافیای نیز در نوع

فرسایش تاثیرگذار است؛ بدین صورت که در عرض‌های بالاتر به دلیل کاهش دما، عامل فرسایش، باد یا آب نیست یا تاثیر کمی در فرسایش دارد، در این جا عامل یخچالی موجب فرسایش می‌شود. با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که نوع و میزان عملکرد فرسایش، اشکال و فرم‌های به‌دست آمده در هر مکان با توجه به خصوصیات آن محیط به وجود می‌آیند. فرسایش نسبت به اقلیم نیز متفاوت است، زیرا اقلیم به اشکال مختلف بر عوامل فرسایش تاثیر گذاشته و در نتیجه سیستم‌های فرسایشی گوناگونی را به وجود می‌آورد.

ضمناً لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی نیز همانند گنبدهای نمکی موجب فرسایش می‌شوند (شایان و زارع، ۱۳۸۹). بدین صورت که هنگام بالا آمدن گنبد نمکی در زمانی که گنبد رخنمون سطحی پیدا می‌کند به دلیل گسیختگی‌های سطحی ایجاد شده و سست شدن سطح زمین در آن قسمت، فرسایش نسبت به دیگر قسمت‌ها سریع‌تر و گسترده‌تر خواهد بود (ساکت، ۱۳۸۴: ۴۵).

۱-۳- انواع فرسایش در ژئومورفولوژی

الف) فرسایش آبی: قطرات مداوم باران باعث خرد شدن سنگ‌ها و انحلال آن‌ها می‌شود و حفره‌های متعددی در سنگ به وجود می‌آید. آب باران به صورت آب‌های هرز، راه سرازیری را در پیش می‌گیرد و به شکل جویبارهای کوچک، باعث فرسایش طبقات می‌شود. اثرات آب‌های هرز در دامنه‌های پرشیب کوه‌ها به صورت شیارهای متعدد مشاهده می‌شود (مدنی و شفیقی، ۱۳۸۲، ۲۶۰). آب فرسایش رودخانه‌های را به وجود آورده یا سیلاب‌های کوهستانی به ویژه هنگامی که بار قابل ملاحظه‌ای از واریزه‌ها را حمل می‌کنند، فرسایش سیلابی را موجب می‌شوند. فرسایش رودخانه‌های فرسایش خطی است، فرسایشی که به صورت شبکه‌ی هیدروگرافی در می‌آید. هر جریان آب حتی به شکل جویبار ساده آبرفت دارد یعنی بار مخصوصی که دال بر مواد حمل شده است و آن را در بریدگی‌های شیب، در نقاطی که جریان آب شدت کمتری دارد، به جا می‌گذارد. به این عمل به جاگذاری آبرفت می‌گویند. به جاگذاری آبرفت یا آبرفت گذاری اشکال مختلفی را به خود می‌گیرد؛ این اشکال گاهی هموار و منطبق بر جریان آب بوده و گاهی هم از این انطباق خبری نیست و پادگانه‌ها را تشکیل می‌دهند. اشکال فرسایشی ناشی از عملکرد امواج را نیز می‌توان جزء اشکال فرسایش آبی در نظر گرفت.

ب) فرسایش بادی: در سراسر کره زمین کم و بیش آثار فرسایش بادی مشهود است. اما محیط طبیعی باید متناسب با عملکرد آن باشد. رطوبت، عامل بازدارنده‌ی فعالیت فرسایشی باد است. فرسایش بادی حاصل دخالت نیرویی است که از جریان هوا نشأت می‌گیرد. چنانچه در شرایط مساعد باد هنوز نیروی مازادی

داشته باشد، توانایی جا به جایی ماسه‌های بسیار ریزدانه را خواهد داشت، فقط در چنین شرایطی است که می‌توان از فرسایش بادی سخن به میان آورد؛ اگر میزان سرعت باد افزایش یابد، فرسایش در مرحله‌ی کاوشی قرار می‌گیرد. ولی در صورت کاهش سرعت، فرسایش تراکمی خواهد بود. از نظر ژئومورفولوگ‌ها باد عامل اصلی فرسایش در بیابان‌ها است. باد عامل برداشت مواد و رسوب آن‌ها است. با این حال نقش آب را هم نمی‌توان در شکل‌گیری پدیده‌های مورفولوژی این نواحی نادیده گرفت. فرسایش بادی به دو صورت در «رویش باد درونی» و «سایش» است. در جاهایی از سطح زمین که پوشیده از ذرات ریز و ناپیوسته و عاری از رطوبت و پوشش گیاهی است، جریان هوا می‌تواند ذرات را با خود حمل کند. باد بردگی تا رسیدن به سطح ایستایی ادامه می‌یابد.

ج) فرسایش یخچالی: هم‌زمان با حرکت یخ و مواد تخریبی همراه آن، چشم‌انداز سطح زمین تغییر می‌یابد. فرسایش یخچالی در پیدایش شکل ناهمواری‌های زمین نقش دارند. اشکالی که اساساً توسط فرسایش یخچالی ایجاد شده‌اند، نسبتاً کم هستند. میزان فرسایش توسط یخچال به عوامل متعددی بستگی دارد. مقدار انباشتگی یخ و برف در یخچال، درجه حرارت یخ یخچالی، سرعت جریان یخچال، توپوگرافی بخش زیرین یخچال، سطوح سایشی یخچال، قطعات سنگی همراه یخچال، عرض جغرافیایی، دما و میزان رطوبت هوا و غیره از جمله این عوامل هستند (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ۶۶). یخچال‌ها مانند سایر عوامل فرسایش در وسعت قابل توجهی از خشکی‌ها نقش اساسی در سیستم شکل‌زایی ناهمواری‌ها دارند. قلمرو عملکرد آن‌ها، نواحی قطبی، مجاور قطبی و ارتفاعات بلند در نواحی معتدل و استوایی است. شیوه عملکرد یخ‌ها با فرایندهای مهم دیگر مانند آب‌های جاری و باد کاملاً متفاوت است؛ هر چند همانند آن‌ها عمل فرسایش شامل، برداشت (حفر)، جا به جایی (حمل) و رسوب‌گذاری (تراکم) می‌باشد (محمودی، ۱۳۸۲، ۱۸۳). فرسایش یخچالی که امروزه به کوهستان‌های مرتفع و مناطق قطبی محدود گردیده، در کواترنر بخش‌های زیادی از کره زمین را متاثر ساخته است.

در جدول زیر اشکال حاصل از فرسایش توسط آب، باد و یخچال آورده شده است.



جدول ۱- اشکال ناشی از عملکرد فرآیندهای فرسایشی از دیدگاه ژئومورفولوژی

فرآیند فرسایشی	اشکال و لندفرم‌های حاصله
آب	دشت آبرفتی، دشتگون، مخروط‌های افکنه، دلتا، پادگانه‌های رودخانه‌های، دره‌های آبرفتی، اینسلبِگ، دشت سر، خندق، چکنده، چکیده، غار کارستی، لایپه، اووالا، بدلند، باهادا، پیچان رود پلانز، تراورتن، دولین، کانیون، آون، پولیه، کلوز، روز، دریاوار و غیره
باد	دشت ریگی، چاله‌های بادی، قله سنگ چند وجهی، یاردانگ، کندوی بادی، کلوت، تخته سنگ‌های قارچی، پیکان ماسه‌ای، نکا، برخان، سیف، هرم ماسه‌ای، چین شکن ماسه‌ای، تپه ماسه‌های طولی و عرضی، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، لس بیابانی و غیره
یخچال	سیرک، دره‌های معلق یخچالی، دروملین، سالپوسکا، اسکر، وارو، لس یخچالی، فیورد، سنگ‌های سرگردان و غیره

۲-۳- اهمیت لندفرم‌ها از نظر ژئومورفولوژی

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، لندفرم‌های متعددی در اثر فرسایش به وسیله آب، باد و یخچال شکل گرفته است؛ با توجه به محدودیت نوشتاری در اینجا تنها به یک لندفرم و میزان اهمیت آن پرداخته می‌شود.

مخروط‌های افکنه

یکی از چهره‌های تراکم آبرفت‌ها، مخروط افکنه می‌باشد. نام این عارضه از شکل تقریباً مخروطی آن در اثنای تراکم رسوب گرفته شده است (محمودی، ۱۳۸۲: ۱۱۱). مخروط‌های افکنه رسوباتی هستند که شبیه به مخروط‌های واریزه‌ای گسترش یافته می‌باشند (Pavlopoulos et al., 2009:62). مخروط‌های افکنه لندفرم‌های بادبزی تا مخروطی شکل با شیب آرام بوده که در طی هزاران تا میلیون‌ها سال توسط نهشته‌گذاری و فرسایش رسوب در پای دامنه‌های کوهستان تشکیل می‌شوند. این لندفرم‌ها به آسانی در محیط‌های مناطق خشک و نیمه خشک قابل شناسایی هستند (USGS., 2003). مخروط‌های افکنه پدیده‌های رایج در دامنه جبهه‌های کوهستانی بوده (Bull., 1977)، جایی که یک رودخانه از مسیری با سرعت زیاد از یک ناحیه با شیب زیاد به سمت قسمتی با شیب آرام حرکت کند. تغییر ناگهانی شیب، منتج به کاهش جریان پائین در فشار تنش برشی بستر و سرعت حمل رسوب شده و این امر منجر به رسوب‌گذاری محلی می‌گردد (Schumm et al., 1987). در جایی که تعدادی از مخروط‌های منحصربه‌فرد در طول یک جبهه کوهستانی توسعه یافته باشند ممکن است از پهلو به یکدیگر متصل شده باشند که شکل نواری شیب‌داری از رسوب که باجادا (Charlton., 2008 and Hugget, 2003) یا باهادا (Pavlopoulos et al., 2009:176) نامیده می‌شوند. مخروط‌های افکنه از یک سو به دلیل ویژگی‌های توپوگرافی، مانند شیب کم و خاک حاصل‌خیز، مکان مناسبی برای تمرکز سکونت‌گاه‌ها و فعالیت‌های زراعی

محسوب می‌شوند و از سوی دیگر این پهنه‌های آبرفتی به ویژه در مناطق نیمه خشک از شبکه‌های آبراه‌های متعددی برخوردارند. بعضی از این آبراه‌ها ممکن است به کانون‌های آبخیز دائمی متصل باشند. به همین جهت طی سال، آب در بستر آن‌ها جریان دارد. آب‌های زیر زمینی این لندفرم‌ها نیز به تبعیت از شرایط اقلیمی و رسوبات آبرفتی از آب خوان‌ها و سفره‌های زیر زمینی غنی برخوردار هستند (نادرصفت، ۱۳۷۵:۴۵). وجود چنین شرایطی توجه روستاییان را جلب کرده و سبب استقرار اجتماعات انسانی و تجمع واحدهای زراعی و دامپروری بر روی پهنه‌های مخروط افکنه شده است. در نتیجه می‌توان گفت که لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی از نظر حیات انسانی و در اختیار قرار دادن منابع حیاتی برای بقا بسیار موثر هستند. بدین معنی که تحولات ژئومورفولوژیکی منطقه و فرآیندهای فرسایشی توانسته‌اند، شرایط توسعه و پیشرفت را در اختیار انسان قرار دهند. اگر فرسایش ناهمواری‌ها نبود چه بسا که هم‌اکنون در بعضی از نقاط از جمله حاشیه کوهستان‌های مشرف به بیابان یا دشت هیچ سکونتگاه و استقرارگاه انسانی دیده نمی‌شد. یعنی شرایط برای حیات انسانی مهیا نبود که جمعیتی در آن جا دیده شود.

۴- فرسایش از دیدگاه منابع طبیعی و اثرات آن

علم منابع طبیعی و محققین مربوط به آن، فرسایش و عملکرد آن را فقط در مورد اثرات آن بر روی خاک‌های مناطق مختلف دنیا بررسی می‌کند. بدین معنی که هر گاه در این علم صحبتی از فرسایش می‌شود بلافاصله بعد از آن واژه خاک قرار می‌گیرد؛ به طور کلی در مقابل واژگانی هم‌چون حفاظت خاک و غیره از لغت فرسایش خاک استفاده می‌شود. واژه فرسایش خاک بعد از لغت فرسایش وارد فرهنگ واژگان شده و در قرن بیستم مورد استفاده عمومی قرار گرفته است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۲). محققین منابع طبیعی از فرسایش تعبیر مختلفی دارند؛ یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی که امروزه بشر با آن روبرو است و موجودیت و کیفیت منابع طبیعی (آب و خاک) را به مخاطره می‌اندازد، مسئله‌ی فرسایش خاک است (اسدی و همکاران، ۱۳۸۶). فرسایش خاک به دلیل خاصیت تشدید و اثرات چند جانبه آشکار و پنهان زیست محیطی و اجتماعی به سرطان زمین شهرت یافته است (CSIRO., 2003). فرسایش خاک فرایند پیچیده و خطرناک ژئومورفولوژیکی است و نرخ آن بازتابی از اقتصاد سیاسی، مدیریت زمین و شاخص توسعه یافتگی کشورها به شمار می‌رود (اونق و همکاران، ۱۳۸۳). این امر عامل نابودی و از بین رفتن خاک است (جداری عیوضی و همکاران، ۱۳۸۰). جلوگیری از فرسایش خاک برای حفظ ثروت‌های ارزشمند طبیعی امر حیاتی و ضروری به شمار می‌رود (Morgan., 1986). فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان، اثرات منفی خود را بر کلیه‌ی اکوسیستم‌های حیاتی وارد کرده است (ایوبی و همکاران، ۱۳۸۶). بیابان‌زایی از دیگر عواملی است که بر اثر فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه



خشک که کشورمان نیز جزء آن‌ها محسوب شده رخ داده و مشکل جدی در کشورهای در حال توسعه شمرده می‌شود (Dregne.,1990). یکی دیگر از پیامدهای فرسایش خاک، افزایش غلظت گازهای گلخانه‌های (CH₄,O₂، CO₂) به اتمسفر و گرم شدن جهانی هوا است (IPCC., 1995). با فرسایش خاک و گل‌آلود شدن آب و وجود مواد دیگری از قبیل ریگ و قلوه‌سنگ و سنگ در سیلاب‌ها، قدرت خراب کننده‌ی آب فرسایش می‌یابد و با نیروی زیادتری باعث کنده شدن بستر رودخانه‌ها و کناره‌های مسیل می‌گردد و حتی خانه‌های مجاور رودخانه‌ها و مسیل‌ها را نیز ویران می‌کند و از این راه خسارات زیادی وارد می‌سازد (مرتضوی، ۱۳۷۷). خسارت عمده‌ی فرسایش، نمود خود را در کاهش حاصل خیزی خاک نشان می‌دهد. بنابراین میزان محصول در خاک‌های تحت فرسایش کاهش یافته، زیرا رشد محصول تحت تاثیر رطوبت و حاصل خیزی خاک بوده و تخریب ساختمان خاک به کمبود آب، مواد غذایی، هوا و گرما منجر می‌شود. با گسترش فرسایش خاک در یک منطقه، خاک سطحی به طور مستمر از دسترس خارج شود. با هدر رفتن مواد غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر کمیاب)، حاصل خیزی خاک و تولیدات گیاهی کاهش یافته و تولید محصول با شدت فرسایش رابطه منفی خواهد داشت (نجفی نژاد، ۱۳۷۴، ۴۵). همان گونه که در مطالب فوق دیده می‌شود، محققان در مباحث مربوط به خاک فرسایش را به عنوان یک معضل و خطر می‌دانند؛ مخاطره‌ای که زندگی تمامی ساکنان کره زمین را در بر می‌گیرد.

۱-۴- عوامل فرسایش در منابع طبیعی

از نظر علم منابع طبیعی عوامل مختلفی باعث فرسایش خاک می‌گردد که در یک دسته‌بندی کلی به عوامل محیطی و اقدامات انسانی تقسیم می‌شوند.

الف) عوامل محیطی: دو عامل مهم آب و باد در محیط باعث فرسایش خاک می‌شوند. عواملی موجب پدید آمدن این دو عامل اصلی می‌شوند. وضعیت اقلیمی (خشک، مرطوب و غیره)، نوع خاک، پوشش گیاهی، شیب، جهت و فرکانس باد و غیره از جمله این عوامل می‌باشد. برای مثال پوشش گیاهی زمین باعث تغییر در انرژی جنبشی قطرات باران یا جریان سطحی آب شده و در نتیجه سرعت فرسایش تحت تاثیر آن قرار می‌گیرد. به همین علت است که فرسایش، در اراضی جنگلی به مراتب کمتر از مناطق کویری و عاری از پوشش گیاهی است. در اراضی شیب‌دار قدرت فرسایش آب به مراتب بیشتر از اراضی مسطح است (علیزاده، ۱۳۸۵: ۷۰۴). عوامل محیطی سیر طبیعی فرسایش خاک را موجب می‌شوند، به طوری که از زمان به وجود آمدن کره خاکی عوامل آب و باد در کنار سایر عوامل محیطی، خاک را از یک نقطه فرسایش داده و به اندازه‌ی توان و نیروی خود و ذرات خاک توانسته‌اند خاک فرسایشی را در یک نقطه یا مکانی خاص به

جا بگذارند. بنابراین عوامل محیطی روند عادی در فرسایش خاک را طی می‌کنند.

ب) انسان: سیستم‌های نامناسب شخم زمین‌های زراعی (در شیب‌های تند و خاک‌های کم عمق) و شخم زمین‌های حاشیه‌ای به دلیل کمبود زمین اولیه کشاورزی در برخی مناطق با تراکم جمعیتی زیاد یکی از عواملی است که موجب فرسایش خاک شده است. استفاده نامناسب از سیستم‌های آبیاری نیز روند فرسایش منابع خاک را افزوده است، زیرا تولید بیش از ۹۰ درصد محصولات زراعی به آبیاری نیاز دارد که در اثر کاربرد نادرست سیستم‌های مصرف آب، تخریب و فرسایش خاک تشدید می‌شود و از دست رفتن ۲۰ درصد قابلیت تولید محصول بر اثر تخریب و اتلاف خاک به خصوص در هشت کشور آسیایی از جمله چین، هند، ایران، از پیامدهای آن است (Dregne., 1990). بر اثر استفاده نامناسب از سیستم‌های آبیاری حدود ۱/۵ بیلیون مگاگرم (۱۰^۶ گرم) خاک فوقانی شستشو شده و هدر می‌رود (Allison., 1996 and Ahlander 1994) به طور کلی از وقتی که انسان در آن به کشت و زرع و غیره مشغول شده، باعث فرسایش بیش از حد (فرسایش سریع و شدید) خاک شده است (کردوانی، ۱۳۷۶).

۲-۴- انواع فرسایش در منابع طبیعی

الف) فرسایش سطحی یا سفره‌ای: این شکل فرسایش بیشتر منشا بادی داشته ولی طبیعی است که فرسایش آبی نیز ابتدا به طور سطحی اتفاق می‌افتد و به علت فرسایش یکنواخت در تمام سطح، کمتر محسوس می‌شود (احمدی، ۱۳۷۴).

ب) فرسایش شیاری یا آبراهه‌ای: منشا این تخریب اغلب باران است و در پیدایش آن عامل، شیب بسیار موثر است. فرسایش شیاری یا آبراهه‌ای، در دامنه‌ی کوه‌ها و حتی در سطح زمین‌های کم شیب نیز به سهولت دیده می‌شود (www.njavan.com).

ج) فرسایش چاله‌ای: این شکل فرسایش بیشتر منشا بادی دارد. چاله‌ها در نتیجه‌ی توسعه‌ی فرسایش سطحی و بزرگتر شدن چاله‌های کوچک نخستین، به وجود می‌آید. بادهای شدید موادی را که از کنده این چاله‌ها به دست می‌آورد، کیلومترها با خود می‌برد.

د) فرسایش آب‌کنندی: نوعی از فرسایش آبی است که در نتیجه‌ی انحلال و قلیایی بودن سازند در اراضی مختلف (جنگلی، مرتعی و کشاورزی) به وجود می‌آید (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶).

ه) فرسایش سیلابی: در این فرسایش جریان آب به ویژه آب‌های گل‌آلود، حامل ریگ و شن و غیره، موجب شسته شدن اطراف آن و حمل مواد بیشتر با خود می‌گردد.



س) فرسایش توده‌ای: در فرسایش توده‌ای قسمتی از خاک دامنه کوه‌ها به حرکت در می‌آید که ممکن است بر اثر اشباع شدن خاک طبقه رویی از آب و نفوذپذیری خاک طبقه زیری، خاک رویی به حرکت در آید، یا بر اثر لغزش، این عمل اتفاق افتد، به این معنی که توده‌ای از کوه از محل اولیه خود جدا شده و در محل دیگری قرار می‌گیرد، یا ممکن است در نتیجه‌ی ریزش باشد که در این حالت قسمتی از کوه ریزش می‌کند و در سطح‌های پایین‌تر روی هم انباشته می‌شود (کردوانی، ۱۳۷۶).

ی) فرسایش تونلی: اشکال فرسایش تونلی ساختاری ساده داشته و شامل تعدادی حفره یا گودال‌های قیفی شکل با ابعاد گوناگون و یک شبکه زهکشی زیرزمینی است؛ این شبکه توسط خروجی‌هایی به شبکه‌ی زهکشی سطحی متصل است (کریم پور و همکاران، ۱۳۸۲).

۵- مقایسه‌ی دیدگاه‌های ژئومورفولوژی و منابع طبیعی پیرامون مسئله‌ی فرسایش

همان‌گونه که ذکر شد، مفهوم فرسایش از نقطه نظر ژئومورفولوژی با منابع طبیعی تفاوت زیادی با یکدیگر دارند. ژئومورفولوک‌ها فرسایش را یک روند طبیعی در نظر می‌گیرند که جزئی از چرخه‌ی طبیعت می‌باشد و اگر فرسایش نبود، هم اکنون بسیاری از لندفرم‌ها وجود نداشتند. اما منابع طبیعی فرسایش را یک پدیده‌ی غیر طبیعی می‌دانند که اقدامات انسانی موجب تشدید آن شده، موجب کاهش یا نابودی خاک‌های حاصل‌خیزی می‌شود که طی هزاران سال شکل گرفته‌اند. باید گفت که منابع طبیعی فرسایش طبیعی را قبول دارند اما تاکید بیشتر آن‌ها بر روی فرسایش تشدید است. در واقع می‌توان گفت، فرسایش در علم ژئومورفولوژی به عنوان فرآیندی است که اشکال متنوعی را در نقاط مختلف دنیا به وجود آورده و فرصت‌هایی جهت حیات انسانی فراهم کرده است. در حالی که در منابع طبیعی فرسایش به عنوان تهدیدکننده‌ی حیات انسانی بوده و حتی گاهی باعث نابودی تمدن‌ها نیز شده است. از نظر ژئومورفولوژی فرآیند فرسایش جزئی از روند تکاملی کره‌ی زمین بوده در حالی که از نظر منابع طبیعی آخرین مرحله‌ی خاک‌زدایی نیز محسوب می‌شود. ژئومورفولوک‌ها فرسایش را تقریباً از دوره کواترنری یعنی چیزی در حدود ۲/۵ میلیون سال اخیر در نظر می‌گیرند، به اعتقاد آن‌ها این امر در طول زمان و به آرامی توانسته لندفرم‌ها و اشکال را به وجود آورد. در حالی که محققان منابع طبیعی فرسایش را فقط در مورد خاک آن هم از زمانی که انسان با کشاورزی و اقدامات خود برای تامین معیشت خویش موجبات فرسایش خاک را فراهم نموده، بررسی کرده‌اند. یعنی محققان منابع طبیعی فرسایش را از حدود ۱۰ هزار سال اخیر بررسی می‌کنند. البته در دهه‌های اخیر محققان منابع طبیعی تحقیقات گسترده‌ای را در این باره انجام داده‌اند. ژئومورفولوک‌ها مفهوم فرسایش را در پهنه‌های وسیع (و تقریباً می‌توان گفت در همه جای کره زمین) به کار می‌برند. در عرض‌های بالا

فرسایش یخچالی، در مناطق مرطوب و جنگلی فرسایش آبی و در مناطق خشک و بیابانی فرسایش بادی را در نظر می‌گیرند. اما محققان منابع طبیعی فرسایش را فقط در مورد مکان‌هایی که انسان و فعالیت‌های انسانی در آن جا قرار دارد، بررسی می‌کنند. در منابع طبیعی فرسایش فقط مربوط به سطح زمین می‌شود، یعنی در این علم تغییر و تحولاتی که در سطح زمین منجر به فرسایش خاک شده بررسی می‌شود. اما محدوده‌ی مطالعاتی فرسایش ژئومورفولوژی گاهی در زیر سطح زمین نیز صورت می‌گیرد. بررسی اشکال فرسایشی مناطق کارستی و غارهای کارستی در اعماق زمین مثالی در این زمینه است. در ژئومورفولوژی، پیدایش خاک جزئی از مرحله فرسایشی محسوب می‌شود، بدین صورت که فرآیندهای فرسایشی موجب تشکیل رگولیت‌ها شده که در منابع طبیعی این مواد، به عنوان مواد مادری در تشکیل خاک محسوب می‌شود. در ژئومورفولوژی عوامل فرسایشی گاه حجم زیادی از رسوبات را از بالا دست به قسمت‌های پایین منتقل می‌کند که این حجم ممکن است مقدار قابل توجهی از خاک باشد. یعنی عوامل فرسایشی در بعضی از اوقات مستقیم و در فاصله زمانی کم باعث به وجود آمدن خاک شده و تشکیل لایه‌ای عمیق با ضخامت زیاد می‌دهند. اما در منابع طبیعی فرسایش فقط مربوط به سطح بالایی این لایه که قابلیت زراعت دارد و با از بین رفتن آن، خاک حاصل‌خیزی خود را از دست داده، می‌شود. در مجموع می‌توان گفت که فرسایش در ژئومورفولوژی با توجه به سطح، دامنه، نوع و هدف مطالعه مفهوم بسیار گسترده‌ای دارد و به عنوان پدیده‌ای مثبت تلقی می‌شود که به طور طبیعی و تدریجی در حال رخ دادن است. به طوری که طی عمر انسانی ملموس نبوده و فراتر از آن می‌باشد.

هر چند گاه ژئومورفولوگ‌ها در بخش کاربردی و برنامه‌ریزی محیطی با توجه به مقتضیات ممکن است از فرسایش به عنوان پدیده‌ای خطرناک یاد کنند که منظورشان همان مفهوم فرسایش از دیدگاه اثرات انسانی بر روی فرسایش تشدید و جنبه مخاطراتی آن می‌باشد. در منابع طبیعی نیز فرسایش پدیده‌ای منفی محسوب شده که در نقاط مختلف جهان با سرعت‌های متفاوت نسبت به هم، باعث نابودی یا کاهش حاصل‌خیزی خاک‌های زراعی می‌گردد. در منابع طبیعی پدیده فرسایش خاک و اثرات آن در طول عمر انسان قابل مشاهده است. در منابع طبیعی تلاش بر این است که سرعت فرسایش در مدت زمان کوتاه کاهش یا متوقف گردد در حالی که در ژئومورفولوژی اگر سرعت افزایش یابد تکامل پدیده‌ها و لندفرم‌ها همانند مخروط‌های افکنه و دلتاها زودتر صورت می‌گیرد.

۶- نتیجه گیری

فرسایش به معنی برداشت، حمل و به جا گذاری مواد است. فرسایش مفهوم بسیار کلی داشته و در علوم مختلف تعابیر متفاوتی از آن می‌شود.



مفهوم فرسایش در ژئومورفولوژی به عنوان فرآیندی شناخته می‌شود که در پی تداوم آن و به وسیله‌ی عوامل مختلف شرکت‌کننده در فرسایش، اشکال و لندفرم‌هایی متفاوت در محیط‌های گوناگون جغرافیایی و مورفوکلیمایی به وجود می‌آیند. در ژئومورفولوژی فرسایش توسط عوامل مختلفی از جمله آب، باد و یخچال صورت می‌گیرد که بسته به شرایط محیطی ممکن است یک یا دو عامل برتری داشته باشند.

در منابع طبیعی فرسایش به معنی تخریب و حمل و بر جاگذاری خاک‌ها و قشر سطحی آن‌ها است که به‌طور کلی برداشتی منفی و حاکی از کاسته شدن خاک در دسترس یا حاصل‌خیزی آن را با خود دارد. بین ژئومورفولوژی و منابع طبیعی در مورد مفهوم فرسایش تفاوت‌های بسیاری وجود دارد. از جمله این تفاوت‌ها می‌توان به زمان وقوع فرسایش اشاره کرد. ژئومورفولوژیست‌ها زمان وقوع فرسایش را اغلب از دوران کواترنری در نظر می‌گیرند حال آن که محققان منابع طبیعی فرسایش را از زمان آغاز فعالیت و معیشت مبنی بر کشاورزی انسان محاسبه می‌کنند. از نظر ژئومورفولوژیست‌ها فرسایش اغلب پدیده‌ای نسبتاً آرام و طبیعی بوده در حالی که در منابع طبیعی فرسایش غالباً پدیده‌ای تشدید می‌باشد. دامنه و سطح فرسایش در ژئومورفولوژی وسیع بوده در حالی که محققان منابع طبیعی فرسایش را فقط در مورد مناطق خاصی به کار می‌برند. از دیدگاه منابع طبیعی انسان در فرسایش تاثیرگذار بوده در حالی که در ژئومورفولوژی اثر انسان در فرسایش بسیار محدود است، مگر در محیط‌هایی که غلبه‌ی زیاد انسان را در اشکال مختلف بهره‌برداری از زمین می‌توان دید یا تغییر قابل توجهی در کاربری‌های ارضی به سمت کاربری‌های دائم و انسانی صورت گرفته باشد.

به طور کلی فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی منجر به زایش پدیده‌ها و لندفرم‌های متنوع می‌شود اما در منابع طبیعی فرسایش به معنای از دست رفتن کمی و کیفی خاک برشمرده می‌شود. در ژئومورفولوژی روند فرسایش به طور طبیعی یا با دخالت انسان ادامه خواهد یافت. در حالی که در دیدگاه منابع طبیعی فرسایش به معنی نابودی بوده و باعث از بین رفتن بسیاری از تمدن‌ها و زندگی انسان شده و بر زندگی بشر همواره اثرات منفی گذاشته و می‌گذارد.

منابع

- ۱- احمدی، حسن، (۱۳۷۴). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول (فرسایش آبی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اسدی، حسین و همکاران، (۱۳۸۶). «ارزیابی مدل WEPP برای برآورد فرسایش بین‌شیاری در شرایط آزمایشگاهی»، مجله علوم کشاورزی دوره ۳۸، شماره ۴.
- ۳- اونق، مجید و همکاران، (۱۳۸۳) «رابطه واحدهای ژئومورفولوژی و فرسایش و تولید رسوب در حوضه

- آبخیز کاشیدار (گرگانرود)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره اول.
- ۴- ایوبی، شمس ا... و همکاران، (۱۳۸۶). «استفاده از تکنیک زمین آمار در تعیین مناسب ترین ابعاد سلول مدل رقومی زمین برای برآورد مشخصه توپوگرافی (LS)، مدل برآورد فرسایش RUSLE در منطقه تاش علیا (استان گلستان)»، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۷.
- ۵- بیاتی خطیبی، مریم، (۱۳۸۲). «فرسایش، فرایندهای فرسایشی و شکل‌های ناشی از آن‌ها»، مجله رشد آموزش جغرافیا.
- ۶- جداری عیوضی، جمشید و همکاران، (۱۳۸۰). «کارایی واحدهای ژئومورفولوژی در ارزیابی فرسایش و رسوب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز بوجان)»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۰.
- ۷- چورلی، ریچارد، استانلی شوم، دیوید سودن، (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی، جلد سوم، ترجمه احمد معتمد، - تهران، انتشارات سمت.
- ۸- چورلی، ریچارد، استانلی شوم، دیوید سودن، (۱۳۸۴). ژئومورفولوژی، جلد اول، ترجمه احمد معتمد، - تهران، انتشارات سمت.
- ۹- رجایی، عبدالحمید، (۱۳۷۳). ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه ریزی عمران ناحیه‌ای، تهران، نشر قومس.
- ۱۰- رجایی، عبدالحمید، (۱۳۸۳). «فرسایش و اشکال حاصله»، مجله فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
- ۱۱- ساکت، علی، (۱۳۸۴). گنبد نمکی، پایگاه ملی داده علوم زمین.
- ۱۲- شایان، سیاوش، (۱۳۸۴). فرهنگ اصطلاحات جغرافیای طبیعی، تهران، انتشارات مدرسه.
- ۱۳- شایان، سیاوش، محمد شریفی، (۱۳۸۴) «مدل به عنوان تکنیکی در ژئومورفولوژی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی.
- ۱۴- شایان، سیاوش، غلامرضا زارع، (۱۳۸۹). «گنبد‌های نمکی به عنوان پدیده‌ای منحصر به فرد ژئومورفولوژی در ایران»، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.
- ۱۵- عزیزاده، امین، (۱۳۸۵). اصول هیدروژئولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۱۶- قدمی فیروزآبادی، علی و همکاران، (۱۳۸۵). «برآورد شاخص فرسایش زایی از مقدار بارندگی روزانه (مطالعه موردی: شهر تهران)»، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره اول.
- ۱۷- کردوانی، پرویز، (۱۳۷۶). حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه تهران.



- ۱۸- کریمپور، مجید و ناصر مشهدی، (۱۳۸۲). « بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی سازند قرمز بالایی در ایجاد و توسعه اشکال فرسایش تونلی (Piping)»، نشریه بیابان، شماره ۱۸، ص. ۲۳-۲۰
- ۱۹- محمودی، فرج اله، ۱۳۸۲، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات دانشگاه پیام نور
- ۲۰- مدنی، حسن، سیروس شفق، ۱۳۸۲، زمین شناسی عمومی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۲۱- مرتضوی، علی (۱۳۷۷). « خاک و فرسایش و نتایج آن»، نشریه تبیان، شماره ۳۳، ص. ۹-۱۳.
- ۲۲- نادر صفت، محمد حسین، ۱۳۷۵، ژئومورفولوژی مناطق شهری، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم.
- ۲۳- نجفی نژاد، علی، (۱۳۷۴). « مطالعه مقدماتی فرسایش و تخریب خاک»، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۲۶.

- 24- Ahlander, A. M. S. (1994), *Environmental problems in the shortage economy*. Edward Elgar , Hants, UK
- 25- Allison, R. (1996). *Challenges for the Former Soviet south, the Royal Institute for International affairs*, London.
- 26- Bull, W.B. (1977). *The Alluvial fan environment, Progress in Physical Geography*, 1.
- 27- Charlton, R. (2008). *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*, Routledge, London and New York pp234.
- 28- CSIRO, (2003). *Australia advances*, Soil cancer, series eight, Internet, P 1.
- 29- Dregne, H.E. (1990), *Erosion and soil productivity in Africa J. Soil water conserve*. pp. 45: 432-436.
- 30- Herren, R.V et al. (1991), *The agricultural Dictionary*. Delmar publications Inc, p.160.
- 31- Hugget, Richard, (2003), *Fundamentals of Geomorphology*, Routledge, London and New York, pp 386.
- 32- Mayer, L.D et al. (1969), *Mathematical Simulation of Processes of Soil Erosion by Water*. Trans. Am. soc. agric. Engric, 12(6), 754-758.
- 33- Morgan, R. (1986), *Soil erosion and conservation*, Longman scientific and Technical Publisher. p 298
- 34- Pavlopoulos, Kosmas et al. (2009), *Mapping Geomorphological Environment*, Springer.
- 35- Schumm, S.A et al. (1987), *Experimental Fluvial Geomorphology*, John Wiley and



Sons, New York, p 413

36- USGS. (2003). Natural Hazards on Alluvial Fans.

37- www.njavan.com