

جغرافیا و توسعه شماره ۲۹ زمستان ۱۳۹۱

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۴/۲۹

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۴/۲۷

صفحات: ۱۳۰-۱۱۹

## تعیین شدت فرسایش با استفاده از مدل‌های BLM و Fargas

مورد: حوضه آبخیز بندره

مهدی نوجوان<sup>۱</sup>، دکتر علی‌اصغر محمدی<sup>۲</sup>، دکتر وحید غلامی<sup>۳</sup>

### چکیده

شناخت مناطق مختلف یک حوضه آبخیز (به عنوان یک واحد طبیعی برنامه‌ریزی) از نظر وقوع فرسایش و شدت آن همواره یکی از مهمترین اهداف کارشناسان منابع طبیعی بوده است. برای رسیدن به این هدف مدل‌هایی به صورت تجربی ارائه شده‌اند که هر کدام دارای نقاط قوت و ضعفی می‌باشند. از جمله مدل‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند مدل‌های BLM و Fargas می‌باشند که در حوضه آبخیز بندره با سطحی معادل ۲۸/۴۰ کیلومتر مربع واقع در استان آذربایجان غربی اجرا شده است. مدل Fargas تنها دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی را در هر واحد سنگی در نظر می‌گیرد در حالی که مدل BLM شامل هفت عامل فرسایش سطحی، لاشبرگ سطحی، پوشش سنگی سطح زمین، آثار تخریب در سطح زمین، فرسایش شباری سطحی، آثار رسوبگذاری حاصل از جریان و توسعه فرسایش خندقی می‌باشد که برگرفته از تیپ‌های فرسایشی می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی هریک از مدل‌های فوق در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج حاصل از دو روش نشان داد دو کلاس فرسایش کم و متوسط در سطح حوضه وجود دارد، بطوری که در روش Fargas و همکاران ۹/۷۲٪ از سطح حوضه دارای شدت فرسایش کم و ۹۰/۲۷٪ از حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد و در روش BLM ۵۰/۶۳٪ از سطح حوضه دارای شدت فرسایش کم و ۴۹/۳۶٪ از سطح حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد در حدود ۱۹/۲۰۶٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش کم و ۵۴/۶۴٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش متوسط بوده، بنابراین ۷۳/۸۵٪ از سطح حوضه مورد مطالعه در روش BLM و Fargas دارای توافق با یکدیگر از نظر شدت فرسایش می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: آبخیز بندره، مدل، شدت فرسایش، فرسایش خندقی، BLM، Fargas.

## مقدمه

درست‌نمایی ۷۸/۵٪ بود. احمدی (۱۳۷۸: ۵۴۵-۵۳۷)، در روشی که به نام روش ژئومورفولوژی ارائه نموده است با بکارگیری نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب، جهت، ارتفاع و نیز تفسیر عکس‌های هوایی توانسته است به رخساره‌های فرسایش دست یافته و شدت فرسایش را تعیین نماید. قابل ذکر است که ایشان روش خود را در حوضه‌ی آبخیز بابا احمدی در زاگرس جنوبی آزموده و آن را برای ایران مناسب تشخیص داده است. سلاجقه و دلفاری (۱۳۸۶: ۲۷۰)، با مقایسه روش‌های کیفی ژئومورفولوژی و کمی<sup>۲</sup> EPM به این نتیجه رسیدند که روش ژئومورفولوژی به علت در نظر گرفتن عوامل بیشتر دخیل در فرسایش نسبت به روش EPM در زیرحوضه‌ی خسبان حوضه‌ی آبخیز طالقان نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. همچنین نتایج آنها نشان می‌دهد که در ۴۵/۶۵٪ طبقات فرسایش مشخص شده حاصل از دو مدل مشابه بوده است. کریمی و همکاران (۱۳۸۶: ۲۸۶)، با کاربرد مدل<sup>۳</sup> SATEEC در محیط GIS<sup>۴</sup> اقدام به برآورد رسوب‌زایی و تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش در زیرحوضه‌ی سد زاینده‌رود نمودند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر زیاد تولید رسوب و تمرکز فرسایش، در ارتفاعات و شیب‌های کناری آبراهه‌ها می‌باشد. همچنین این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از مدل SATEEC می‌تواند برآورد قابل قبولی از میزان فرسایش سطحی و شیاری در سطح حوضه‌های آبخیز کشور داشته باشد.

جلالیان (۱۳۷۱: ۲۶۵) در ارزیابی مقدار رسوب‌دهی با مدل PSIAAC در حوضه‌ی آبخیز شمال کارون به این نتیجه رسیده است که مدل PSIAAC دارای همبستگی خوبی با مقدار رسوب حاصل از ایستگاه رسوب‌سنجی بوده است.

فرسایش به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل شود بطوری که بسته به نوع عامل انتقال، انواع فرسایش‌های آبی، بادی و یخچالی خواهیم داشت (رفاهی، ۱۳۷۹: ۳). امروزه کمتر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب و فرسایش قرار نگرفته باشد و البته عامل اصلی آن افزایش جمعیت و استفاده‌ی بیش از حد از زمین است (احمدی، ۱۳۷۸: ۱۹۵). همچنین قابل ذکر است که فرسایش دارای دو جنبه‌ی مهم شامل کاهش قدرت تولیدی زمین و دیگری مزاحمت مواد فرسایش یافته می‌باشد (قدیری، ۱۳۷۲: ۳-۶). لذا جبران خاک فرسایش یافته برای طبیعت، بویژه در مناطق خشک که شرایط برای تشکیل خاک بسیار نامساعد است، بسیار دشوار و طولانی می‌باشد. لذا ساکنین این مناطق می‌بایست در حفظ و جلوگیری از فرسایش دقت بیشتری مبذول نمایند زیرا به طور طبیعی در این مناطق هم فرسایش شدیدتر است و هم امکان تشکیل خاک کمتر است (کردوانی، ۱۳۷۷: ۷). بدین ترتیب شناخت مناطق حساس به فرسایش و رسوب‌زا و پهنه‌بندی آن در قسمت‌های مختلف یک حوضه‌ی آبخیز یکی از موارد اساسی در اولویت‌بندی مناطق جهت کارهای اجرایی حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد.

فارگاس<sup>۱</sup> و همکاران (1997: 357-359)، روشی را ارائه نمودند که در آن با استفاده از دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی سعی در شناخت منابع منطقه‌ای رسوب‌زا (شدت فرسایش) در سطح منطقه‌ای نمودند. محققین مذکور روش خود را در حوضه‌ی آبخیز Joaquin Costa در شمال شرقی اسپانیا با سطحی معادل ۱۵۰۰ km<sup>2</sup> آزمودند که دارای

نظر موقعیت جغرافیایی بین "۵۴، ۰۱' و ۴۵° تا "۱۴، ۰۸' و ۴۵° طول شرقی و "۱۸، ۳۴' و ۳۶° تا "۵۳، ۴۵' و ۳۶° عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۱۱۰ متر و حداقل ارتفاع در خروجی برابر ۱۴۸۷ متر از سطح دریا می‌باشد. مراکز جمعیتی حوضه دالوان و بندره (در قسمت خروجی حوضه) می‌باشند. میانگین بارش حوضه ۴۸۷ میلی‌متر در سال و اقلیم منطقه به‌روشن دو مارتن بسیار مرطوب می‌باشد. از نظر کاربری اراضی ۱۱/۸۲٪ دیم، ۱/۱۸۲٪ اراضی زراعی آبی، ۰/۱۸٪ اراضی باغی، ۰/۳۵٪ مسکونی و ۸۶/۴۵٪ مرتعی می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه در زون سنندج - سیرجان قرار گرفته است این زون یکی از زون‌های ساختاری ایران است که در بخش غربی کشور قرار گرفته و از سمت غرب به زون ایران مرکزی و زون البرز - آذربایجان، از سمت شرق به زاگرس چین خورده، از سمت شمال به زون مهاباد - خوی محدود می‌گردد. واحدهای سنگی و آبرفتی موجود در حوضه مربوط به ادوار مختلف زمین‌شناسی می‌باشند. سن واحدهای سنگی منطقه از سمت شمال به‌سوی جنوب جوانتر می‌گردد و از شدت دگرشکلی آنها کاسته می‌گردد. لیتولوژی غالب حوضه شامل شیل - ماسه‌سنگ - آهک - کنگلومرا - سنگ‌های اولترابازیک و رسوبات آبرفتی کواترن می‌باشد. از نظر تکتونیکی توزیع نسبتاً متوسط گسله‌ای در منطقه وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به گسل پیرانشهر، دربکه، کوه خدر شرفان، شمال قزقاپان و غرب دالوان را نام برد (شکل ۲).

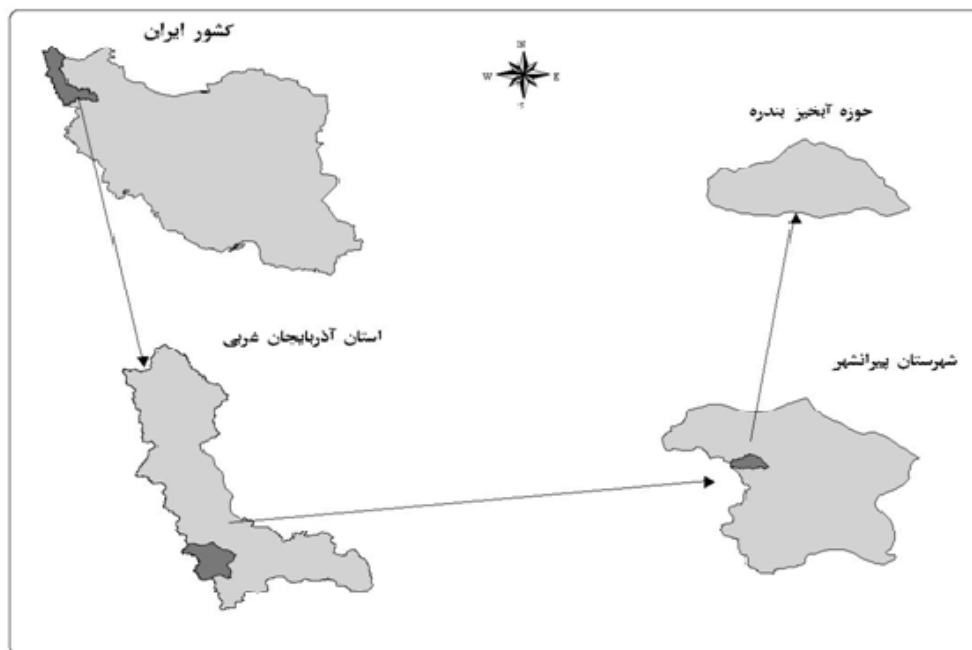
باقرزاده کریمی (۱۳۷۲: ۱۰۰-۱۴)، در پژوهشی در زیرحوضه‌ی اوزون دره از حوضه‌ی آبخیز قزل‌اوزن به این نتیجه رسیده است که مدل PSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت خوبی داشته است و همچنین مدل EPM<sup>۱</sup> را مناسب برای سایر مناطق مشابه منطقه‌ی تحقیق دانسته است.

صادقی (۱۳۷۲: ۱۶۹) نیز با پژوهشی در زیرحوضه‌ی اوزون دره برای تعیین میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل‌های EPM، PSIAC، داگلاس فورنیه و کرک‌بای<sup>۲</sup> به این نتیجه رسیده است که مدل PSIAC بهتر از سایر مدل‌ها بوده و همچنین مدل EPM نیز از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است. اسدی (۱۳۷۴: ۹۲-۷۱) در بررسی کاربرد مدل PSIAC با بهره‌گیری از روش کیفی ژئومورفولوژی به این نتیجه رسیده است که در مناطق دارای آمار رسوب محدود، می‌توان با تفسیر عکس‌های هوایی و انجام مطالعات صحرایی با استفاده از روش کیفی ژئومورفولوژی، با تغییر ضرایب مدل با توجه به شرایط منطقه از مدل استفاده نمود. مسلمی‌کوپایی (۱۳۷۶: ۱۰۷-۸۹) به این نتیجه رسیده است که انجام روش ژئومورفولوژی در یک یا چند حوضه‌ی آبخیز که از آمار صحیح و کافی برخوردار بوده و به صورت کمی درآید و با مقادیر رسوب مشاهده‌ای مقایسه به عمل آید، کارا بوده و می‌تواند به عنوان یک روش ساده و فراگیر در مطالعه‌های فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار گیرد.

## روش تحقیق

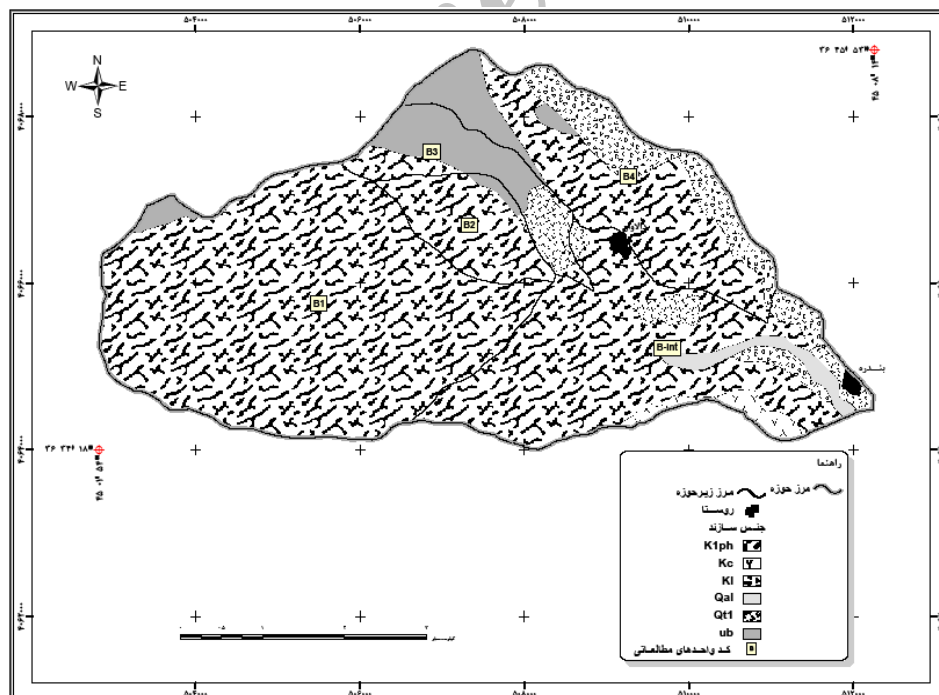
### منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز بندره با مساحت ۲۸/۴۰ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی و شهرستان پیرانشهر و در شمال غرب این شهر قرار گرفته (شکل ۱) و از



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان



شکل ۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی آبخیز بندره

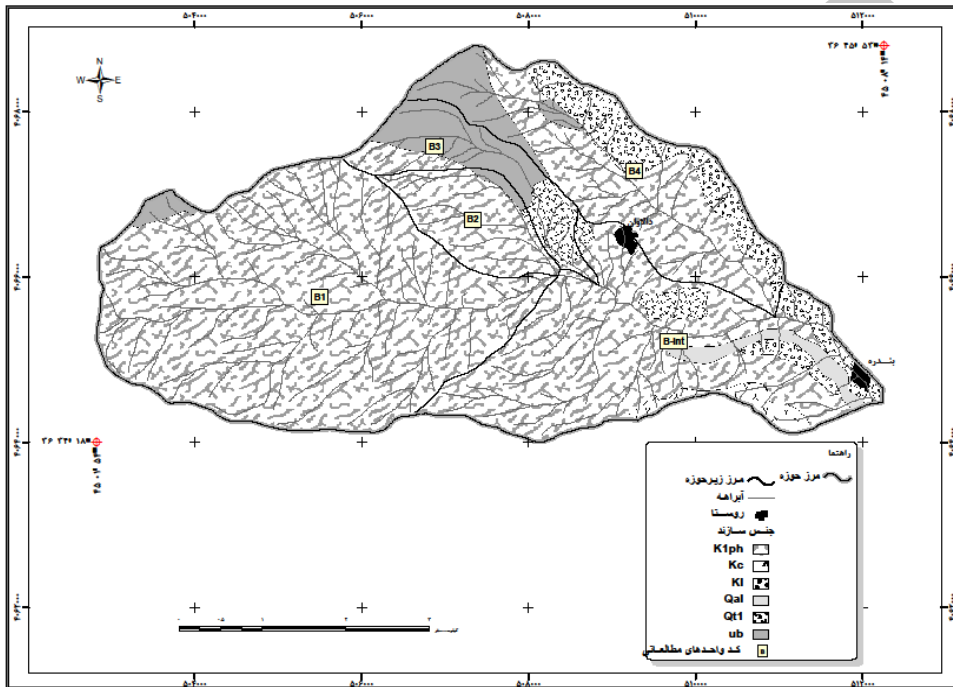
مأخذ: نگارندگان

## مواد و روش‌ها

جمهوری اسلامی ایران که جهت استفاده در مدل‌ها و تهیه نقشه شبکه آبراهه‌ها از آن استفاده شد. ۳- تهیه عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۷۹ سازمان نقشه‌برداری کشور که جهت تدقیق نقشه‌ی مرحله‌ی دو مورد استفاده قرار گرفته و نقشه‌ی شبکه‌ی آبراهه‌های تدقیق شده به دست آمد (شکل ۳).

۱- تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی ورقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران که در مدل‌ها از آن استفاده شده و مرز حوضه از آن استخراج گردید (شکل ۲).

۲- تهیه نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ورقه سردشت سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح



شکل ۳: نقشه‌ی زمین‌شناسی همراه با نقشه‌ی آبراهه‌های حوضه‌ی آبخیز بندره  
مأخذ: نگارندگان

زهکشی در هر واحد سنگی طبق جدول شماره‌ی (۲) که توسط فارگاس ارائه شده است. ۳-۴ در نهایت تعیین خطر فرسایش با استفاده از ضریب ارزشی (جدول شماره ۳) ارائه شده توسط فارگاس و همکاران براساس حاصل ضرب ارزش‌گذاری شده برای مقاومت سنگ به فرسایش (جدول ۱) و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی (جدول ۲) بدست آمده است.

## ۴- مدل Fargas

همانگونه که در بخش مقدمه آورده شد این روش در سال ۱۹۹۷ توسط فارگاس و همکاران ابداع شده است. اجرای این مدل شامل مراحل ذیل می‌باشد.

۱-۴ تعیین شاخص فرسایش‌پذیری حوضه: در این مرحله هر واحد سنگی با استفاده از جدول (۱) ارائه شده توسط فارگاس و همکاران میزان فرسایش‌پذیری مشخص شد.

۲-۴ روی هم‌اندازی نقشه‌ی آبراهه‌ها و نقشه‌ی واحدهای سنگی (شکل ۳) و ارزش‌گذاری میزان تراکم

۵- مدل<sup>۱</sup> BLM

این روش توسط دفتر مدیریت اراضی آمریکا ابداع شده است و مراحل اجرای آن به شرح زیر می‌باشد.

اجرای این مدل نیز شامل مراحل ذیل می‌باشد:

۵-۱- تهیه نقشه‌ی تیپ فرسایش با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرایی طبق جدول تعیین امتیاز سطحی خاک (S.S.F<sup>۲</sup>) جدول (۴) ارائه شده در منابع از جمله (رفاهی، ۱۳۷۹: ۲۷۱-۲۶۹).

۵-۲- تعیین امتیاز عامل فرسایش سطحی (توسط آب، باد، نیروی ثقل و...) با دامنه‌ی عددی ۰-۱۴ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۳- تعیین امتیاز عامل وجود لاشبرگ سطحی در خاک با دامنه‌ی عددی ۰-۱۴ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۴- تعیین امتیاز عامل پوشش سنگی سطح زمین با دامنه‌ی عددی ۰-۱۴ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۵- تعیین امتیاز عامل آثار تخریب در سطح زمین با دامنه‌ی عددی ۰-۱۴ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۶- تعیین امتیاز عامل وجود فرسایش شیاری با دامنه‌ی عددی ۰-۱۴ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۷- تعیین امتیاز عامل آثار رسوب‌گذاری حاصل از جریان با دامنه‌ی عددی ۰-۱۵ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

۵-۸- تعیین امتیاز عامل وجود فرسایش خندقی با دامنه‌ی عددی ۰-۱۵ با توجه به جدول (۴) و بازدیدهای صحرایی.

## جدول ۱: مقاومت سنگ به فرسایش

شاخص سختی	جنس سنگ	مقاومت به فرسایش
0-2	سنگ‌های بازیک	
0-5	سنگ‌های اسیدی	سنگ‌های
2-4	سنگ‌های دگرگونی	خیلی سخت
4-5	ماسه سنگ‌های سخت شده	
3-4	سنگ‌های آهکی خردشونده	
3-5	دولومیت‌ها	سنگ‌های
7-8	شیل سنگ‌های بسیار سست	سخت تا
6-7	سنگ‌های پلاستیکی	سست
8-10	مارن و رس‌ژپس	
9-10	آبرفت قدیمی	
4-8	آبرفت جدید	سست
7-9		

مأخذ: FAO، ۱۹۷۷ در MOPT، ۱۹۹۲: ۳۴۱

## جدول ۲: کلاس فرسایش براساس تراکم زهکشی

ارزش نسبی	تراکم زهکشی km/km <sup>2</sup>	شدت فرسایش	کلاس
2	<0.1	کم	1
4	0.1-<0.5	متوسط	2
6	0.5-<1.0	زیاد	3
8	1.0-<2.0	شدید	4
10	>=2	بسیار شدید	5

مأخذ: Bucko & Mazurova، ۱۹۵۸.

Stroosnijder & Eppink، 1993:345

## جدول ۳: معیار تعیین کلاس خطر فرسایش و رسوب‌زایی

ارزش نسبی	میزان خطر	کلاس
<10	کم	1
10-20	متوسط	2
20-30	زیاد	3
30-40	شدید	4
>40	بسیار شدید	5

مأخذ: Fargas at all، 1997: 347

جدول ۴: تعیین امتیاز عامل سطحی خاک (S.S.F)

حرکت خاک	علاوه غیر قابل مشاهده حرکت (بوسیله آب، باد، یخ و غیره نقل)	حرکت جزئی ذرات خاک	حرکت متوسط خاک مشهود و یا ذراتی صورت گرفته است. تراش های ضعیف و معمولاً از ارتفاع کمتر از ۱/۵ سانتیمتر وجود دارد.	حرکت متوسط آن مشهود و در مقابل مواج نمایان شده است.	در این بدمیه یا هر واقعه رخ داده، خاک و آنفعال ها در طول مواج کوچک انباشته می شوند	در بخش عمدهای از منطقه خاک تحت لایز نمایان شده و تپها و گودال های بسیار ابتدایی در آن زیاد ایجاد شده اند.	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	علاوه غیر قابل مشاهده حرکت (بوسیله آب، باد، یخ و غیره نقل)	
لاشبرگ سطحی	در حال تجمع در مغل	ممکن است حرکت ضعیفی نشان دهد	حرکت متوسط آن مشهود و در مقابل مواج نمایان شده است.	حرکت بسیار زیاد آن مشهود بوده و مقدار و تعداد زیاد در مقابل مواج انباشته شده است	مقدار بسیار کمی باقی مانده است (مورد استفاده در مناطق با حاصلخیزی کم)	مقدار بسیار کمی باقی مانده است (مورد استفاده در مناطق با حاصلخیزی کم)	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	در حال تجمع در مغل	
سنگ سطحی	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون صورت یکپارچگی توزیع شده اند.	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک توزیع گوناگون سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون صورت یکپارچگی توزیع شده اند.	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک توزیع گوناگون سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون صورت یکپارچگی توزیع شده اند.	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون شکل حرکت یا تجمع اجزای بزرگتر در پشت مواج نشان داده می شود.	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون شکل حرکت یا تجمع اجزای بزرگتر در پشت مواج نشان داده می شود.	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون شکل حرکت یا تجمع اجزای بزرگتر در پشت مواج نشان داده می شود.	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به توزیع گوناگون صورت یکپارچگی توزیع شده اند.	
مجموعه های فرسایشی	علاوه غیر قابل مشاهده ایجاد مجموعه های فرسایشی	شبهه های جریان	در این مناطق شیارها دارای ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق بوده و فواصل آنها حدود ۲ متر است.	عموماً مجموعه های فرسایشی گیاهی و سنگی آگار بوده و ریشه گیاهان عریان است.	در این نواحی شیارها ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق داشته و فواصل آنها ۱/۵ تا ۲ متر است.	عموماً مجموعه های فرسایشی گیاهی و سنگی آگار بوده و ریشه گیاهان عریان است.	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	علاوه غیر قابل مشاهده ایجاد مجموعه های فرسایشی	
شیارها	علاوه غیر قابل مشاهده شیارها	تندای شیار آشکار شده لیکن عمق آنها کمتر از ۱/۵ سانتی متر و فاصله آنها بیش از ۱ متر است.	در این مناطق شیارها دارای ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق بوده و فواصل آنها حدود ۲ متر است.	در این مناطق شیارها دارای ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق بوده و فواصل آنها حدود ۲ متر است.	در این نواحی شیارها ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق داشته و فواصل آنها ۱/۵ تا ۲ متر است.	در این نواحی شیارها ۱/۵ تا ۱/۵ سانتی متر عمق داشته و فواصل آنها ۱/۵ تا ۲ متر است.	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	علاوه غیر قابل مشاهده شیارها	
الگوهای جریان	علاوه غیر قابل مشاهده الگوهای جریان	ممکن است رسوبگذاری ذرات مشهود باشد	بواسطه رسوبگذاری نمایان متناوب به خوبی مشخص شده اند.	الگوهای جریان شامل رسوبات ماسه ای و سیلیسی و مخروط افکنه ها می باشد.	الگوهای جریان شامل رسوبات ماسه ای و سیلیسی و مخروط افکنه ها می باشد.	الگوهای جریان متعدد و به ماسگی قابل مشاهده هستند. ممکن است مخروط افکنه های وسیع لریزرنگ وجود داشته باشد.	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	علاوه غیر قابل مشاهده الگوهای جریان	
خندوها	ممکن است در شرایط پدیدار باشند. در کف و کناره می باشد. پوشش گیاهی وجود دارد	تعداد محدودی خندو وجود دارد که دارای فرسایش جزئی کف و کناره می باشد. پوشش گیاهی در کناره های آن وجود دارد	خندوها به خوبی توسعه یافته اند و در کف از ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر عمق داشته و در طول آنها فرسایش فعال مشاهده می شود.	خندوهای متعددی هستند و به خوبی توسعه یافته و در ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر طول آنها فرسایش فعال مشاهده می شود یا بقا به خوبی توسعه یافته و در بیش از ۵۰ درصد آن فرسایش فعال وجود دارد.	خندوهای متعددی هستند و به خوبی توسعه یافته و در ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر طول آنها فرسایش فعال مشاهده می شود یا بقا به خوبی توسعه یافته و در بیش از ۵۰ درصد آن فرسایش فعال وجود دارد.	خندوهای متعددی هستند و به خوبی توسعه یافته و در ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر طول آنها فرسایش فعال مشاهده می شود یا بقا به خوبی توسعه یافته و در بیش از ۵۰ درصد آن فرسایش فعال وجود دارد.	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ممکن است در شرایط پدیدار باشند. در کف و کناره می باشد. پوشش گیاهی در کناره های آن وجود دارد

ساخته زقانی، ۱۳۷۹: ۲۷۱-۲۶۹

### بحث و نتایج

۱- جدول و نقشه حاصل از بررسی عوامل مورد نیاز جهت تعیین شدت فرسایش در روش فارگاس و همکاران در جدول ۶ و شکل ۴ نشان داده شده است. لازم به توضیح است که ارقام ستون ۸ از ضرب ارقام ستون ۳ (به دست آمده از جدول ۱) و ۷ (به دست آمده از جدول ۲) به دست آمد.

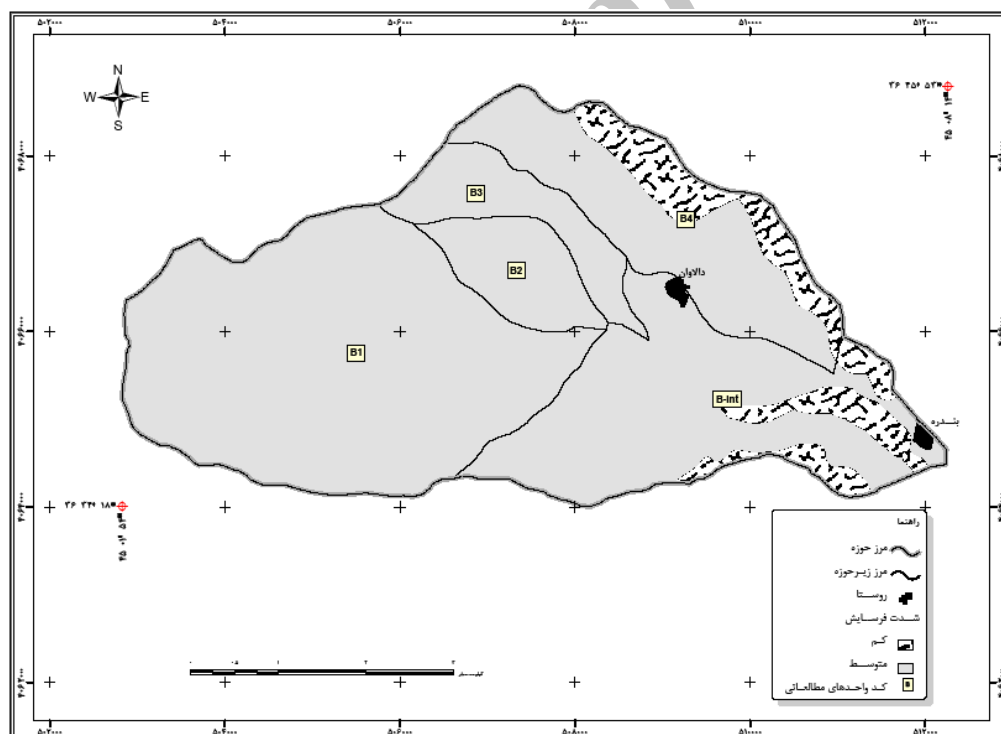
### ۵-۹- سازمان مدیریت اراضی آمریکا (B.L.M)

وضعیت فرسایش را برحسب جمع نمرات عوامل هفتگانه هفتگانه عرضه کرده است (جدول ۵) و طبق این جدول وضعیت کلی فرسایش برای هر تیپ فرسایشی مشخص می‌شود.

جدول ۵: وضعیت فرسایش برحسب جمع نمرات هفت عامل

وضعیت فرسایش	جمع نمرات عوامل هفتگانه
جزئی	۰-۲۰
کم	۲۱-۴۰
متوسط	۴۱-۶۰
زیاد	۶۱-۸۰
خیلی زیاد	۸۱-۱۰۰

مأخذ: رفاهی، ۱۳۷۹: ۲۷۱



شکل ۴: نقشه شدت فرسایش به دست آمده از روش Fargas

مأخذ: نگارندگان



جدول ۶: نتایج حاصل از اجرای مدل فارگاس و همکاران

علامت سنگ روی نقشه	نوع و جنس سنگ	امتیاز حساسیت سنگ	سطح (km <sup>2</sup> )	طول آبراهه (km)	تراکم زهکشی (km/km <sup>2</sup> )	امتیاز تراکم زهکشی	امتیاز شدت فرسایش	شدت فرسایش
ub	سنگ‌های اولترابازیک شامل سنگ‌های هارزبورژیت و پریدوتیت	۱	۲/۱۰۴	۹/۲۹۳	۴/۴۱	۱۰	۴۴/۱	متوسط
Kc	کنگومرای پلی ژنیک با میان لایه‌هایی از سنگ آهک و ماسه سنگ	۵	۰/۴۰۳	۱/۴۳۹	۳/۵۷	۱۰	۳۵/۷	کم
K1ph	شیل‌های اسلیتی، ماسه سنگ‌های فیلیتی، سیلتستون همراه با سنگ آهک‌های نازک شیستی	۷	۲۲/۵۹۳	۱۰۸/۷۲۸	۴/۸۱	۱۰	۴۸/۱	متوسط
Kl	سنگ آهک ریز بلور شامل سنگ آهک‌های ضخیم، متوسط تا نازک لایه، خاکستری رنگ، چرتدار ریز بلورین و در بردارنده میکرووماکرو فسیل‌های به نسبت فراوان	۳/۵	۱/۹۳۶	۶/۳۱۳	۳/۲۶	۱۰	۳۲/۶	کم
Qt1	پادگانه آبرفتی قدیم شامل کنگلومرا با سیمان آهکی، ماسه‌ای نسبتاً سست	۷/۵	۰/۹۴۱	۴/۴۰۰۳	۴/۶۷	۱۰	۴۶/۷	متوسط
Qal	رسوبات بستر سیلابی به صورت رسوبات ماسه و شن دارای دانه‌های درشت تا ریز انباشته‌های جدید در مسیل‌های اصلی	۸	۰/۴۲۱	۱/۳۸۴	۳/۲۸	۱۰	۳۲/۸	کم

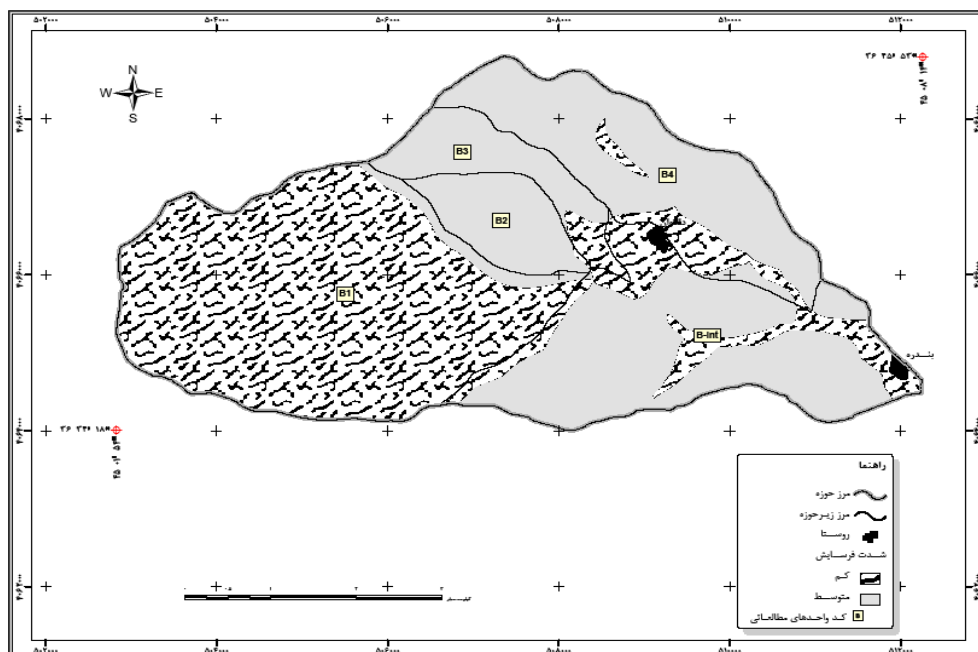
مأخذ: نگارندگان

جدول و نقشه حاصل از بررسی عوامل مورد نیاز جهت تعیین شدت فرسایش در روش BLM در جدول ۷ و شکل ۵ نشان داده شده است. لازم به توضیح است که ارقام ستون ۹ از حاصل جمع ارقام ستون‌های ۲ تا ۸ طبق جدول ۴ به دست آمد.

جدول ۷: نتایج حاصل از اجرای مدل BLM

تیپ فرسایشی	امتیاز عامل ۱	امتیاز عامل ۲	امتیاز عامل ۳	امتیاز عامل ۴	امتیاز عامل ۵	امتیاز عامل ۶	امتیاز عامل ۷	امتیاز شدت فرسایش	شدت فرسایش
E1	۸	۹	۸	۷	۶	۶	۲	۴۶	متوسط
E2	۸	۸	۸	۷	۶	۰	۲	۳۹	کم
E3	۴/۵	۶	۸	۷	۵	۶	۰	۳۶/۵	کم
E4	۵	۶	۸	۷	۴	۶	۱	۴۵	متوسط
E5	۵	۶	۸	۳	۶	۰	۰	۲۸	کم
E6	۷	۶	۵	۶	۶	۳	۲	۳۵	کم

مأخذ: نگارندگان



شکل ۵: نقشه شدت فرسایش به دست آمده از روش BLM

مأخذ: نگارندگان

گرفته است. با وجود در نظر گرفتن دو عامل در مدل فارگاس و همکاران و هفت عامل در مدل BLM در حدود ۱۹/۲۰۶٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش کم و ۵۴/۶۴٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش متوسط و در حالت کلی ۷۳/۸۵٪ از سطح حوضه مورد مطالعه در روش Fargas و BLM دارای توافق با یکدیگر از نظر شدت فرسایش می‌باشند.

### نتیجه

در این تحقیق دو مدل Fargas و BLM برای تعیین شدت فرسایش ارائه گردید. نتایج نشان داد در روش فارگاس و همکاران ۹/۷۲٪ سطح حوضه دارای شدت فرسایش کم و ۹۰/۲۷٪ حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد و در روش BLM ۵۰/۶۳٪ سطح حوضه دارای شدت فرسایش کم و ۴۹/۳۶٪ سطح حوضه دارای شدت فرسایش متوسط می‌باشد. همچنین با وجود در نظر گرفتن دو عامل در مدل فارگاس و همکاران و هفت عامل در مدل BLM

با توجه به جدول ارائه شده در مدل BLM (جدول ۴) مشاهده می‌شود که هفت عامل در تعیین شدت فرسایش در نظر گرفته شده است بطوری که چهار عامل اول مربوط به فرسایش سطحی، عامل پنجم فرسایش شیاری، عامل ششم فرسایش آبراهه‌ای و عامل هفتم شدت فرسایش خندقی را بررسی می‌کند. همچنین با توجه به جدول ارائه شده در مدل جدول ۴ و توضیح ذکر شده در بند ۱ مطابق با جدول (۷) شش تیپ فرسایش در حوضه‌ی آبخیز بندره تشخیص داده شد. مدل فارگاس و همکاران بر پایه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی است در صورتی که مدل BLM بر پایه‌ی نقشه‌ی تیپ‌های فرسایش است. از سوی دیگر مدل فارگاس و همکاران بر پایه‌ی اصول نظری دو عامل فرساینده‌ی (عامل تراکم زهکشی) و عامل فرسایش‌پذیری (عامل حساسیت سنگ به فرسایش) پایه‌ریزی شده است در صورتی که در مدل BLM هفت عامل در نظر گرفته شده و به مشاهدات صحرائی از جهت تعیین تیپ‌های فرسایشی توجه بیشتری صورت

حوضه‌ی آبخیز را محاسبه نمود تا دقت و اطمینان کار در استفاده از مدل‌های تجربی به‌دست آید. این در حالی است که در دو مدل مورد مطالعه (Fargas و BLM) در این تحقیق عوامل اولیه‌ای چون جنس سازند زمین‌شناسی و تراکم زهکشی در هر واحد سنگ (در مدل فارگاس جداول ۱ و ۲) و در مدل BLM هفت عامل شامل: حرکت توده خاک، پوشش لاشبرگ، پوشش سنگی سطح زمین، قطعات سنگی تحکیم یافته، شیارهای سطحی، فرم آبراهه‌ها و رشد و توسعه فرسایش خندقی در نظر گرفته شده‌اند (جدول ۴) که دارای نتایج قابل قبولی (۰/۷۳/۸۵) بوده‌اند. از آنجایی که با توجه به شرایط طبیعی موجود در کشور مدل خاصی برای برآورد فرسایش و رسوب به صورت کمی وجود ندارد و اگر هم از مدلی استفاده شود، یا بیشتر جنبه‌ی کیفی داشته و یا جزء مدل‌های وارداتی محسوب می‌شود، لذا لازم است و پیشنهاد می‌شود با مطالعه‌ی مدل‌های مختلف و با در نظر گرفتن عوامل مختلف مؤثر در فرسایش به دنبال ایجاد مدل‌های متناسب با شرایط طبیعی کشور باشیم. همچنین با توجه به نتایج، مدل فارگاس به دلیل در نظر گرفتن عوامل کمتر و در دسترس؛ جهت تعیین شدت فرسایش در مراحل شناسایی و توجیهی قابل پیشنهاد می‌باشد همچنین در رابطه با مشکلات مربوط به کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز مدل‌های مورد بررسی، در پژوهش‌های صورت گرفته از جمله (احمدی و محمدی، ۱۳۸۹: ۳۴۰) در مطالعه‌ای که به ارزیابی مدل‌های PSiAC و EPM با تأثیر عوامل ژئومورفولوژی داشته‌اند، با توجه به کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز از روش MPSiAC استفاده نکردند و در مقابل با تهیه‌ی نقشه‌ی ژئومورفولوژی و تعیین رخساره‌های ژئومورفولوژی برای تکمیل مدل PSiAC بهره گرفته شد. لذا نمونه‌ی تحقیق ذکر شده مجدداً دلیلی بر اهمیت مدل‌های کمکی چون فارگاس و عوامل ژئومورفولوژی جهت تکمیل کمبودهای موجود، در رابطه با عوامل مورد نیاز مدل‌ها و رسیدن به واقعیت زمینی می‌باشد.

حدود ۱۹/۲۰۶٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش کم و ۵۴/۶۴٪ از سطح اراضی با شدت فرسایش متوسط و در حالت کلی ۷۳/۸۵٪ از سطح حوضه‌ی مورد مطالعه در روش Fargas و BLM دارای توافق با یکدیگر از نظر شدت فرسایش می‌باشند. در تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی فرسایش‌پذیری می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط فیض‌نیا (۱۳۷۴: ۱۰)، اشاره کرد که بر اساس اقلیم‌های مختلف ایران، روشی را به منظور تعیین حساسیت سنگ‌ها به فرسایش ارائه نموده است. دامنه‌ی عددی که ایشان برای مناطق خشک و نیمه‌خشک در نظر گرفته‌اند، ۱۵-۰/۷ بوده است. در حالی که در روش تحقیق حاضر (بر اساس جدول ۱)، دارای دامنه‌ی عددی ۰ تا ۹ بوده که بسیار کلی می‌باشد لذا می‌توان به این نتیجه رسید که جدول (۱) را با جدول ارائه شده توسط فیض‌نیا که برای شرایط ایران تهیه شده است، هماهنگ و تکمیل نمود.

از دیگر مدل‌های تعیین شدت فرسایش می‌توان به مدل‌های FAO و PSiAC (احمدی، ۱۳۷۸: ۵۴۵-۵۱۱) اشاره کرد که دارای عوامل و در نتیجه تعداد پارامترهای اندازه‌گیری بیشتری می‌باشند. لذا در تحقیق حاضر برای اولین بار از دو مدل BLM و Fargas به صورت مقایسه‌ای در کشور استفاده شده است. از مزایای مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق (بالاخص Fargas) کم بودن عوامل و در دسترس بودن نقشه‌های مورد نیاز (زمین‌شناسی و توپوگرافی) می‌باشد. بنابراین در صورتی که مطالعات در مرحله مقدماتی و توجیهی باشد می‌توان از روش فارگاس استفاده نمود، اما در مراحل تفصیلی و دقیق‌تر می‌توان از مدل‌های دیگر مانند BLM استفاده کرد. احمدی و محمدی (۱۳۸۹: ۳۵۰) برای اجرای مدل‌های EPM و PSiAC به این نتیجه رسیده است که در ابتدا باید حوضه‌ی آبخیز به واحد، تیپ، رخساره و واحد کاری تقسیم شود و عوامل مدل‌ها را در زیرحوضه‌های هیدرولوژی یک حوضه آبخیز ارزیابی نمود و میزان فرسایش و ضریب فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها و کل

## منابع

- ۸- صادقی، حمیدرضا (۱۳۷۲). مقایسه چند برآورد فرسایش و رسوب در حوضه‌ی آبخیز اوزون دره، مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهره‌برداری بهینه از اراضی.
- ۹- فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۴). مقاومت سنگ‌ها در برابر فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۴۷.
- ۱۰- قدیری، حسین (۱۳۷۲). حفاظت خاک، ترجمه‌ی نورمن هادسون. انتشارات دانشگاه شهید چمران. چاپ سوم.
- ۱۱- کردوانی، پرویز (۱۳۷۷). حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ ششم (با تجدید نظر).
- ۱۲- کریمی، حسین؛ حسین کریمی‌وردنجانی؛ سیف‌ا... قربانی (۱۳۸۶). کاربرد مدل SATEEC در محیط GIS در برآورد رسوب‌زایی و تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش زیرحوضه‌ی آبخیز زاینده‌رود، چکیده مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران- مدیریت حوضه‌های آبخیز. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ۱۳- مسلمی‌کوپایی، محمد (۱۳۷۶). بررسی فرسایش و رسوب به‌روش EPM و روش ژئومورفولوژی در حوضه‌های درکه و سولقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- 14- Del Val, J (1989). Factors de erosion, Investigatony Cienciam num. 152.
- 15- Fargas, D., Martinez, J. A, and Poch. R.M (1997). Identification Of Critical Sediment Source Area At Regional Level, Journal of Physics & Chemistry of the earth, 22 (3-4).
- 16- Mopt (1992). Propuesta del proyecto de directrices. Cuenca Del Ebro. Confederacion Hidrografica Del Ebro-MOPT.
- 17- Stroosnijder, L. and L. A. Eppink (Ed), (1993). Principles of soil and conservation. Lecture notes of course K200- 500 \ 510. WAU, Wageningen.
- ۱- احمدی، حسن (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم (با تجدید نظر کامل).
- ۲- احمدی، حسن؛ علی اصغر محمدی (۱۳۸۹). بررسی تخمین رسوب با استفاده از مدل‌های PSIAC و EPM با تأثیر عوامل ژئومورفولوژی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز دهنمک)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۷، شماره ۳.
- ۳- اسدی، محمد (۱۳۷۴). بررسی کاربرد روش Psiac در برآورد فرسایش و رسوب زیرحوضه B<sub>2</sub> آبخیز سد زاینده‌رود اصفهان با بهره‌گیری از روش ژئومورفولوژی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ۴- باقرزاده کریمی، محمد (۱۳۷۲). بررسی کارایی مدل- های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی تربیت مدرس.
- ۵- جلالیان، احمد (۱۳۷۱). مطالعات کیفی و کمی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبخیز شمالی رودخانه کارون، سومین کنگره علوم خاک ایران. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران و مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی.
- ۶- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۹). فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم.
- ۷- سلاجقه، علی؛ صادق‌دلفاری (۱۳۸۶). مقایسه روش‌های کیفی ژئومورفولوژی و کمی EPM در برآورد فرسایش و رسوب (مطالعه موردی: زیرحوضه‌ی خوشبان حوضه‌ی آبخیز طالقان، چکیده مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران- مدیریت حوضه‌های آبخیز. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.