بررسی وضعیّت رسوب و فرسایش در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگهٔ‌هرمز
(محدودهٔ مابین رودخانه‌های شور تا جاسک)

دکتر مجتبی یمانی * – دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
علی‌اصغر هدائی ** دانشجوی دورهٔ دکتری جغرافیا ، دانشگاه تهران
پذیر ش مقاله: ۸۲/۱۰/۱۴

چکیده

سطح زمین عموماً به وسیلهٔ خاک و نهشته‌های سطحی پوشیده شده‌است . خاک ، محیط طبیعی پویائی از ترکیب موادّ ریزدانه‌ای است که گیاهان در آن رویش می‌یابند و حاوی موادّ معدنی و آلی است . امروزه فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات نواحی است . در این میان دستیازی‌ها و بهره‌برداری‌های روزافزون انسان از محیط طبیعی نیزتأثیر زیادی در تشدید روند تخریب و فرسایش خاک دارد؛ به طوری که گاهی کشاورزان در گستره‌های وسیعی ، سطوح شیبدار را به زیر کشت برده و با شخم زدن در جهت شیب ، موجب ایجاد بریدگی‌های عمودی در دامنه‌ها شده‌اند . شخم زدن دامنه‌ها و احداث شبکهٔ آبیاری در امتداد منحنی‌های میزان و نیز حفر کانال‌هادر امتداد شیب دامنه‌ها موجب فرسایش و از دست رفتن خاک می‌گردد . در این تحقیق وضعیّت فرسایش و تولید رسوب در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگهٔ‌هرمز مورد بررسی قرار می‌گیرد. رودخانه‌های شور ، حسن‌لنگی، جلابی ، میناب ، مزابی ، گز و حیوی شبکهٔ هیدروگرافی و زهکشی این حوضه‌ها هستند . در این تحقیق ضمن بررسی‌های میدانی، اسناد و مدارک مختلفی از جمله نقشه‌های توپوگرافی ، زمین‌شناسی ، منابع و قابلیّت اراضی، پوشش گیاهی ، آمارهای مختلف مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری ، رسوب‌سنجی ، هواشناسی ، باران‌سنجی، عکس‌های هوائی وتصاویر ماهواره‌ای به عنوان ابزار تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌است . جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در محدودهٔ مطالعاتی ، از مدل اصلاح شدهٔ پسیاک[1] استفاده شده و با بررسی عوامل نه‌گانهٔ مؤثّر در این مدل ، میزان تولید رسوب و فرسایش در هریک از حوضه‌ها ، زیرحوضه‌ها و واحدهای هیدرولوژیک برآورد شده‌است . بر این اساس میزان فرسایش و رسوب در کلّ محدودهٔ مطالعاتی به ترتیب برابر با ۲۵۴۳۵/۹۵ و ۵۴۵۸/۴۸ تن در سال برای هر کیلومتر مربّع برآورد شده‌است.

واژگان کلیدی : تنگهٔ‌هرمز ، فرسایش ، رسوب ، حوضهٔ واحد هیدرولوژیک ، مدل و مدل ام. پسیاک.

---

*- myamani@ut.ac.ir
*- ahodaei@chamran.ut.ac.ir
1- Modifide Pacific Southwest Inter Agency

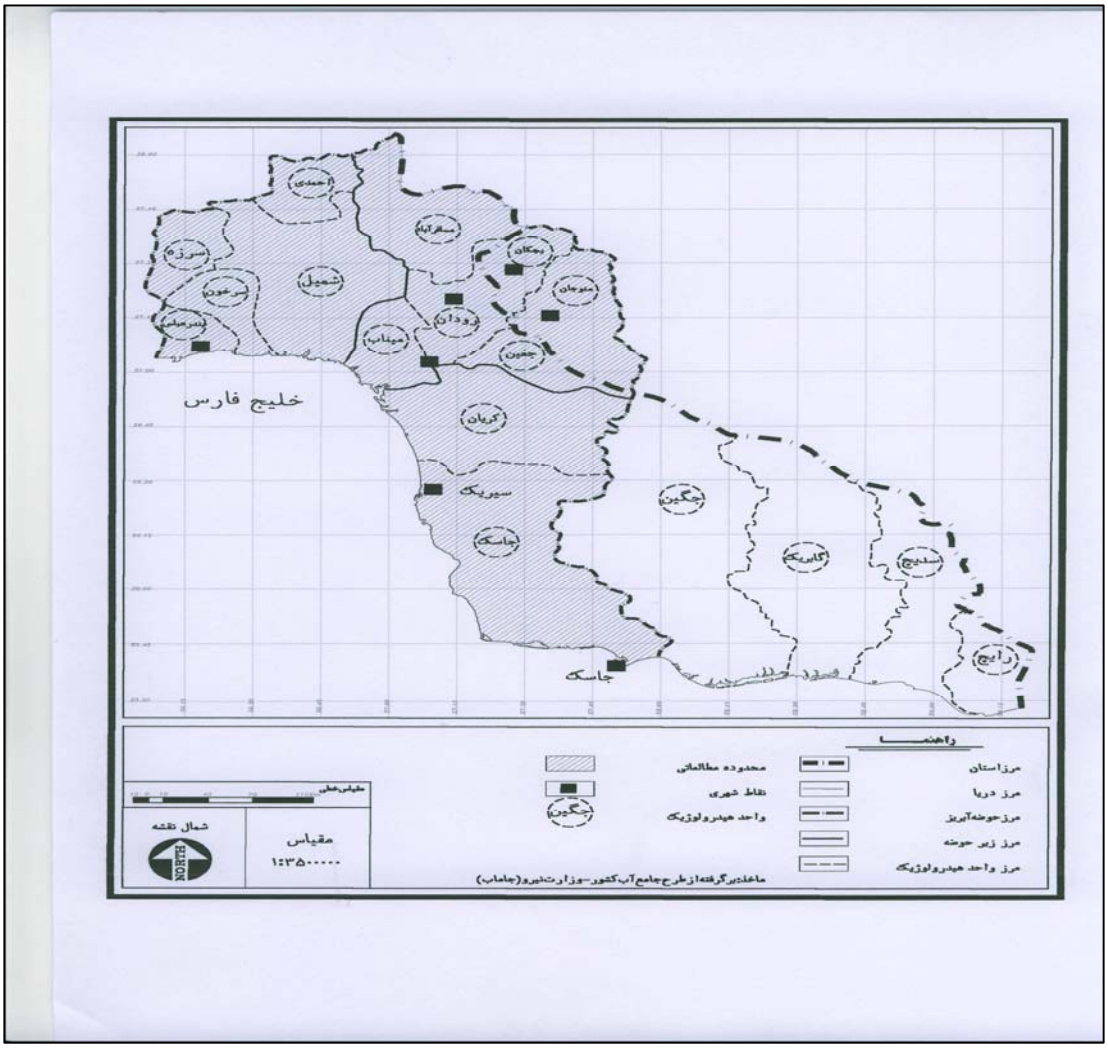
مقدّمه

فرسایش عبارت از تخریب ، فرسودگی و از بین رفتن مداوم خاک سطحی زمین (کردوانی ۱۳٦۷ ، ص۱۰٤) توسّط عوامل فرسایش دهنده اعمّ از آب ، باد ، یخچال و تخریب توده‌ای و مواردی از این دست است . به این ترتیب علیرغم عوامل و فرایندهای مختلف مؤثّر در خاکزائی مناطق مختلف کرهٔ زمین ، همواره عواملی موجب تخریب و شستشوی خاک و قشر سطحی ، و حمل و رسوب آن در محیط‌های رسوبگذاری می‌شوند. در این ارتباط حضور پوشش گیاهی موجب کندی فرسایش و ایجاد تعادل بین تولید و فرسایش خاک است؛ در حالی که گاهی حضور انسان در طبیعت و دستیازی‌های وی خواسته و ناخواسته موجب بر هم خوردن این تعادل و تشدید روند فرسایشی درمناطق می‌شود . با توجّه به این که مدّت زمان لازم برای تولید خاک بسیار طولانی است فرسایش خاک موجب از بین رفتن منابع طبیعی می‌گردد . لذا بررسی تخریب و فرسایش خاک و نهشته‌های سطحی و عوامل مؤثّر درآن از اهمّیّت والائی برخوردار است . اهمّیّت این موضوع با مقایسهٔ مدّت زمان لازم برای تولید خاک نسبت به مدّت زمان فرسایش آن بیشتر مشخص می‌شود؛ به طوری که در مناطق خشک و نیمه خشک مدّت زمان تقریبی لازم برای تولید خاک به ضخامت یک سانتی‌متر حدود ۵۰۰ الی ۸۰۰ سال برآورد شده است . برای این که خاکی به ضخامت ۲۵ سانتی‌متر تولید شود که قابل کشت و زرع باشد ، حدود بیست هزار سال نیاز می‌باشد (آبورزان ۱۳۷۸، ص ۲) ، در حالی که ممکن است در اثر یک رگبار چند ساعته حجم قابل توجّهی از موادّ سطحی و پوشش خاک مناطق از بین برود . بر این اساس در تحقیق حاضر سعی می‌شود تا وضعیّت فرسایش و تولید رسوب و عوامل مؤثّر در آن بررسی و نقش آن در تحوّل خطّ ساحلی مورد ارزیابی قرار گیرد .

محدودهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه حوضه‌های آبریز شرق و شمال تنگهٔ‌هرمز را شامل می‌شود و براساس طبقه بندی طرح جامع آب کشور که توسّط مهندسین مشاور جاماب صورت گرفته است (جاماب ۱۳۷۸) ، شامل بخشی از حوضهٔ آبریز ساحلی بندرعبّاس – میناب – جاسک است که در مختصّات جغرافیائی ۲۵ درجه و ۲۷ دقیقه الی ۲۸ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۵۸ دقیقه الی ۵۷ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است . این حوضه‌ها از شمال و غرب به حوضهٔ آبریز کل ، از شمالشرق و شرق به حوضهٔ آبریز جازموریان و از شرق به حوضهٔ آبریز جگین و از جنوب به خلیج فارس و دریای عمّان محدود می‌شود . نقشهٔ شمارهٔ (۱) موقعیّت محدودهٔ مورد مطالعه را در حوضهٔ آبریز ساحلی بندرعبّاس –میناب – جاسک نشان می‌دهد .

نقشهٔ ۱- موقعیّت محدودهٔ مورد مطالعه در حوضهٔآبریز ساحلی بندرعبّاس – میناب – جاسک



مساحت این حوضه ٤/٥١٠/٧٠٠ هکتار است که ٣/٦٩٥/٨٠٠ هکتار برابر با ٨١/٩٣ درصد از آن در استان هرمزگان و ٨١٤/٩٠٠ هکتار برابر با ١٨/٠٧ درصد در استان کرمان گسترش یافته است . شهرهای بندرعبّاس ، رودان ، میناب ، جاسک و سیریک در استان هرمزگان و فاریاب ، کلاشگرد و منوجان در استان کرمان مراکز شهری عمدهٔ جمعیّتی موجود در این حوضه هستند . بیش از ٧٠ درصد از سطح محدودهٔ مورد بررسی را ارتفاعات و ناهمواری‌ها در برمی‌گیرد و ٣٠ درصد ازآن را سطوح دشتی و جلگه‌ای شامل می‌شود .کوه‌های فارغان یا هماگ (٣٢٦٧ متر) ،شو (٢٦٨١ متر) ، گنو (٢٣٤٧ متر) ، کوه شاه احمدی و بشاگرد و ... مهم‌ترین ارتفاعات محدودهٔ مورد مطالعه هستند و دشت‌های مهّم این حوضه را دشت‌های میناب ، رودان ، شمیل – تخت ، احمدی – پوراحمدی ، سرزه – سیاهو، سرخون– باغو ، ایسین شرقی – بندرعبّاس ، فاریاب – گلاشکرد ، مسافرآباد – کردی شیرازی ، منوجان ، جغین – توکهور، کریان – سندرک و

جاسک – سیریک تشکیل می‌دهد و شبکهٔ هیدروگرافی متعدّدی آن را زهکشی می‌نماید . این شبکه در نیمهٔ غربی محدودهٔ مورد مطالعه اغلب جریان شمالی – جنوبی و در نیمهٔشرقی آن، امتداد شرقی – غربی دارد و به تنگهٔ هرمز (خلیج فارس) و دریای عمّان می‌ریزد . عمده‌ترین آنها شامل رودخانه‌های شور، جلابی، حسن لنگی، میناب، زرانی، گز، جگین، گابریک و سدیج هستند . با این وصف محدودهٔ مورد مطالعه در مجموع ۲/۱٤۰/۳۰۰ هکتار وسعت دارد و براساس وضعیّت توپوگرافی و شرایط هیدرولوژیکی خود به زیرحوضه‌ها و واحدهای هیدرولوژی متعددی به شرح زیر تقسیم می‌شود[1] (جاماب ۱۳۷۸ ، ص۲۷) :

۱- زیرحوضهٔ بندرعبّاس (حوضه‌های آبریز رودخانه‌های شور ، جلابی و حسن‌لنگی) به وسعت۷/۳۰۶ کیلومترمربّع؛

۲- زیرحوضهٔ میناب (حوضهٔ آبریز رودخانهٔ میناب) به وسعت۵/۱۵۷ کیلومترمربّع؛

۳- زیرحوضهٔ مزابی (حوضه‌های آبریز رودخانه‌های مزابی ، گز ، حیوی ، بریزک ، زنگلی و جاسک) به وسعت ۸/۹۴۰ کیلومترمربّع.

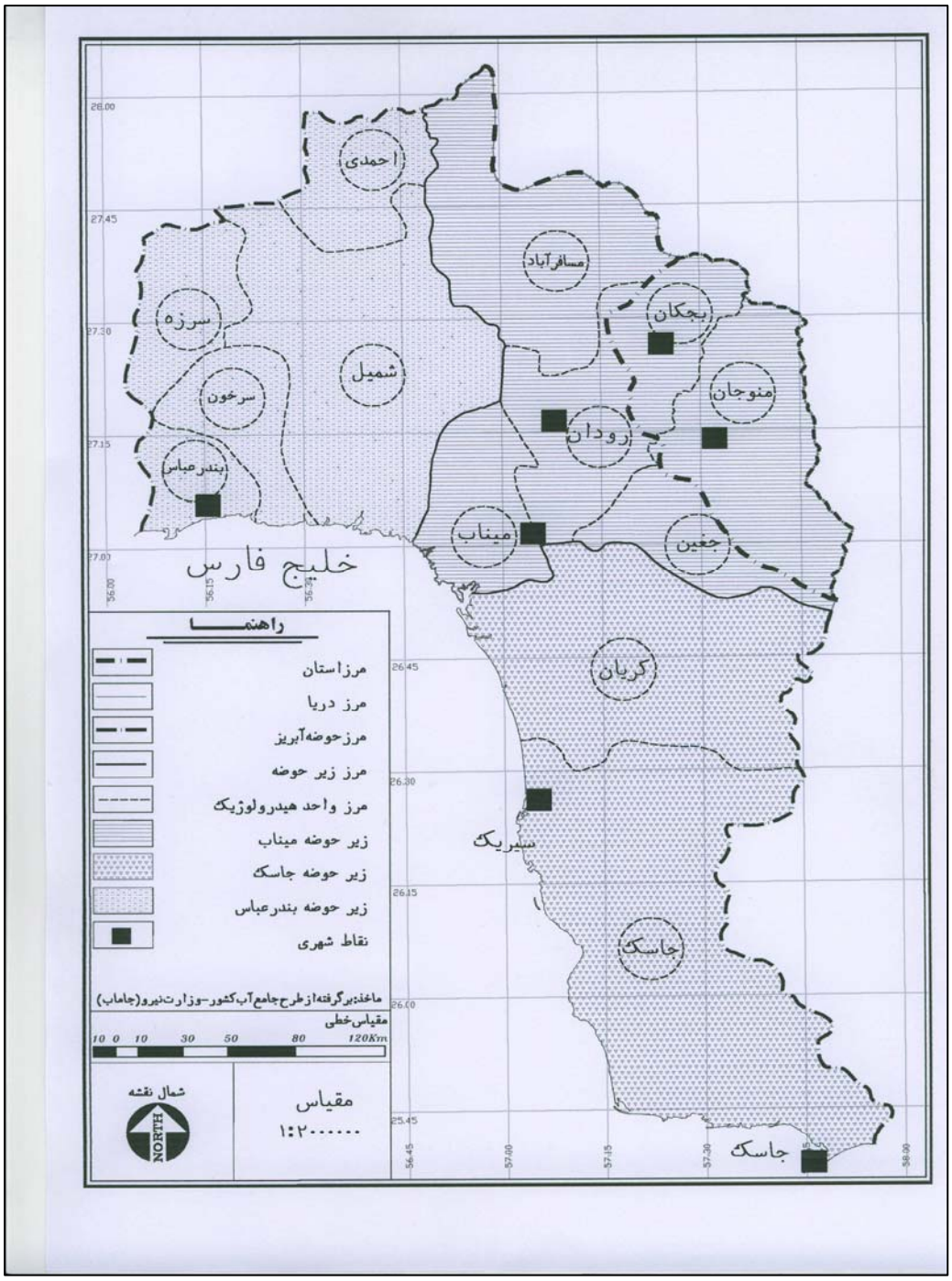
جدول شمارهٔ (۱) و نقشه شمارهٔ(۲) تقسیمات محدودهٔ مورد مطالعه را برحسب زیرحوضه و واحد هیدرولوژیک نشان می‌دهند. با توجّه به جدول و نقشهٔ مذکور ملاحظه می‌شود که زیرحوضهٔ بندرعبّاس به پنج واحد هیدرولوژیک، زیرحوضهٔ میناب به چهار واحد هیدرولوژیک و زیر حوضهٔ مازابی به دو واحد هیدرولوژیک تقسیم شده‌اند .

جدول ۱ – مشخّصات واحدهای هیدرولوژیکی محدودهٔ مورد مطالعه در حوضه آبریز بندرعبّاس – میناب – جاسک

نام زیرحوضه	وسعت (هکتار)	واحد هیدرولوژیک			سایر توضیحات
		نام	وسعت	رودخانه‌های مهم	
بندرعباس (شور-حسن‌لنگی)	۷۳۰۶۰۰	احمدی پوراحمدی	۱۰۳۸۰۰	سراج احمدی و حسن‌لنگی	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
		شمیل – تخت	۳۵۹۲۰۰۰	جلابی–حسن‌لنگی	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
		سرزه – سیاهو	۹۹۵۰۰	وایکان،سرزه و سرشاخه‌های شور	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
		سرخون – باغو	۸۳۲۰۰	شور	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
		ایسین‌شرقی	۷٤۹۰۰	طاس بر	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
میناب	۵۱۵۷۰۰	مسافرآباد	۲۱٦۹۰۰	بهادرک	عمدتاً در استان هرمزگان و بخشی در استان کرمان
		رودان	۱۰۸۱۰۰	رودان	عمدتاً در استان هرمزگان و بخشی در استان کرمان
		جغین–توکهور	۷٦۸۰۰	جغین	بخشی از سرشاخه‌ها در استان کرمان گسترش دارد
		میناب	۱۱۳۹۰۰	میناب	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
مازابی	۸۹٤۰۰۰	کریان–سندرک	۳۳٤٤۰۰	زرانی – مازابی	کلاً در استان هرمزگان قراردارد
		جاسک–سیریک	۵۵۹٦۰۰	گز – حیوی	کلاً در استان هرمزگان قراردارد

مأخذ : طرح جامع آب کشور ، وزارت نیرو ، مهندسین مشاور جاماب ۱۳۷۸

نقشهٔ ۲- تقسیمات زیرحوضه‌ای و واحدهای هیدرولوژیکی محدودهٔ مورد مطالعه



روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله بر پایهٔ روش تحلیلی و بررسی‌های میدانی استوار است . بر این اساس ابتدا اسناد و مدارک مختلفی از جمله نقشه‌های توپوگرافی ، زمین‌شناسی ، قابلیّت خاک و منابع اراضی ، پوشش گیاهی ، آمار ایستگاه‌های هیدرومتری، رسوب‌سنجی، هواشناسی و بارانسنجی ، عکس‌های هوائی وتصاویر ماهواره‌ای محدودهٔ مورد مطالعه ، بررسی شده و ضمن تفکیک آن به واحدهای هیدرولوژیک مختلف ، عوامل مؤثّر بر فرسایش در هر یک از واحدها مورد تحلیل قرار گرفته‌است . سپس با انجام مطالعات میدانی، اشکال غالب فرسایشی به تفکیک واحدها تعیین گردیده و در نهایت نقش هر یک از عوامل و متغیّرها در فرسایش‌پذیری واحدها مورد ارزیابی قرار گرفته‌است .

مدل و تکنیک مورد استفاده در تحقیق حاضر جهت تبیین وضعیّت فرسایش و تولید رسوب در هر یک از واحدها ، مدل پسیاک اصلاح شده است که کاربرد وسیعی در برآورد وضعیّت فرسایش و تولید رسوب در حوضه‌های آبریز دارد و به عنوان ابزار اصلی این تحقیق مدّ نظر قرار گرفته‌است . لازم به ذکر است که در تمامی مراحل تحقیق متغیّرهای مورد نیاز مدل ، براساس شاخص‌ها و معیارهای استاندارد، با ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها در حین کارهای میدانی تطبیق یافته و کنترل شده‌است.

مبانی نظری تحقیق

فرسایش در محیط‌های مختلف و در ارتباط با ویژگی‌های محیط طبیعی به صور و اشکال مختلف و متفاوتی صورت می‌گیرد، به طوری که در برخی شرایط باد عامل غالب فرسایش است و در مواردی دیگر آب و یخ عوامل غالب هستند . با این وصف در تمام فرایندهای فرسایش سه مرحلهٔ اساسی تخریب و جداشدگی[1]، جابجائی، حمل‌ونقل[2] و ته‌نشین سازی و رسوبگذاری و نیز تراکم[3] مواد وجود دارد. در مرحلهٔ اوّل فرسایش (تخریب و جداشدگی)، انرژی حاصل از تصادم قطرات باران با ذرّات سطحی خاک، ضمن متلاشی کردن خاک‌دانه‌ها قادر به پرتاب ذرّات تا ارتفاع یک متری از سطح خاک می‌باشد. نیروی جنبشی قطرات باران به صورت معادلهٔ $ke = \frac{1}{2} * \frac{wv^2}{g}$ بیان می‌شود (آبورزان ۱۳۷۸ ، ص ۲)[4]. از آنجا که وزن ، حاصل ضرب جرم در شتاب ثقل است، می‌توان نتیجه گرفت که ke به طور مستقیم با حاصل ضرب جرم در مجذور سرعت بستگی دارد . قطرات باران نقش اساسی در از هم پاشیدن خاصیّت چسبندگی خاک دارد، شدّت باران و قطر قطرات در مسئلهٔ فوق دخالت داشته و برای انواع باران متفاوت می‌باشد . همچنین براساس مطالعات بعمل آمده، ملاحظه می‌شود که قدرت

1- Detacj,emt
2- Tronsportion
3- Accumutation

۴- مؤسّسهٔ تحقیقات اقتصاد کشاورزی، طرح جامع سنتز مطالعات کشاورزی استان هرمزگان، جلد ۹- تهران ۱۳۷۸.

فرسایندگی و انرژی جنبشی حاصل از قطرات باران بسیار بیشتر از رواناب سطحی است، به طوری که اگر بارانی به صورت ملایم به عمق یک سانتی‌متر بر روی سطحی عاری از پوشش گیاهی و به وسعت یک متر مربّع ریزش نماید ، به علّت وضعیّت نامناسب خاک نمی‌تواند در آن نفوذ کند و اگر فرض شود که سرعت هرز آب حاصله به عمق ۰/۵ سانتی متر برابر با ۰/۱ متر در ثانیه باشد ، در این صورت مقایسهٔ انرژی جنبشی ke در اثر ریزش باران و انرژی جنبشی در اثر جریان سطحی نشان می‌دهد که انرژی جنبشی قطرات باران ۲۵۵۰ برابر بیشتر از انرژی جنبشی حاصل از رواناب بوجود آمده در سطح واحد (یک متر مربّع) است .

$$ke = \frac{1}{2} * \frac{wv^2}{g}$$ **(فرمول شمارهٔ ۱)**

که در آن :

g = 3.92

ke = ۰/۰۰۵ کیلوگرم در متر مربّع برای هرزآب سطحی

ke = ۱۲/۷۵ کیلوگرم در متر مربّع برای باران

فرسایش و تخریب از نظر شکل، انواع مختلفی دارد که عمده‌ترین انواع آن عبارتند از : فرسایش قطره بارانی[1]، فرسایش شیاری[2]، فرسایش گالی یا خندقی[3]، فرسایش کناره‌ای[4]، فرسایش جریانی[5]. البتّه طبقه‌بندی‌های دیگری در این ارتباط وجود دارد؛ به طوری که برخی این قبیل فرسایش را در قالب سه مرحله شامل فرسایش قطره بارانی، فرسایش ورقه‌ای و فرسایش آبراهه‌ای طبقه‌بندی می‌کنند (علیزاده ۱۳٦۸ ، ص٤٨٤) . در مرحلهٔ انتقال و جابجائی، موادّ تخریب شده به وسیلهٔ عوامل و محرّکه‌های جابجائی حمل می‌شوند . تراکم مواد، و وزن و اندازهٔ آنها از عوامل اساسی در ظرفیّت جابجائی حمل مواد هستند، بنابراین تمامی موادّ تولید شده یکباره جابجا نمی‌شوند ، بلکه قسمتی از آنها دوباره در جای دیگری ته‌نشین می‌گردد. ظرفیّت حمل رسوب توسّط عامل جابجائی را براساس شاخص نسبت حمل رسوب می‌سنجند که عبارت است از نسبت میزان تولید رسوب به فرسایش ناخالص (علیزاده ۱۳٦۸، ص٤٨٦) و به عبارتی :

$$\text{نسبت حمل رسوب} = \frac{\text{میزان تولید رسوب}}{\text{فرسایش ناخالص}}$$

در این رابطه، مقدار کلّ موادّی را که در یک حوضه فرسایش و تخریب می‌شود، فرسایش ناخالص می‌نامند و مقدار رسوبی که توسّط عامل حمل رسوب به محلّ اندازه‌گیری و یا به نقطهٔ انتهائی یک حوضهٔ آبریز می‌رسد را میزان تولید رسوب اطلاق می‌کنند . ویژگی‌های فیزیوگرافیکی (وضعیّت پستی و بلندی و شیب زمین، جنس زمین و ...)، ویژگی‌های آب وهوائی (وضعیّت بارندگی و میزان سیلاب حاصل از آن، درجه حرارت و تبخیر و تعرّق و ...)، خصوصیّات هندسی و ژئومتری حوضه‌های آبریز و وضعیّت پوشش گیاهی و نحوهٔ استفاده از زمین عوامل مهمّی در

1- Splosh Erosion
2- Rill Erosion
3- Gully Erosion
4- Bank Erosion
5- Stream Erosion

نسبت رسوب حوضه‌ها هستند . پس از جدا شدن و انتقال ذرّات توسّط آبهای جاری ، با تغییر شیب آبراهه‌ها در اراضی مختلف از قبیل ارتفاعات و کوه‌ها، دامنه‌ها و دشت‌ها، قدرت حمل ذرّات توسّط آب تغییر کرده و نهایتاً در زمین‌های کم‌شیب و پست ، مواد ته‌نشین می‌شوند .

بررسی توزیع مکانی انواع و اشکال مختلف فرسایش در محدودهٔ مطالعاتی

در این مبحث اشکال مختلف فرسایش و شدّت آن مورد بررسی قرار می‌گیرد . به این منظور ضمن بررسی عکس‌های هوائی و تصاویر ماهواره‌ای ، نقاطی به عنوان مناطق کنترل زمینی و عملیّات میدانی در سطح محدودهٔ مورد مطالعه تعیین گردید و با تصاویر و عکس‌های هوایی انطباق داده شد . در این راستا چهار محور اصلی جهت بازدید میدانی تعیین شدند که عبارتند از :

۱- محور بندرعبّاس – جاسک (با یازده نقطهٔ برداشت زمینی)
۲- محور میناب – بشاگرد (با یازده نقطهٔ برداشت زمینی)
۳- محور بندرعبّاس – شمیل - سیاهو (با ده نقطهٔ برداشت زمینی)
۴- محور سیاهو – پوراحمدی و فاریاب (با دوازده نقطهٔ برداشت زمینی)

در این مرحله، در هریک از محورها ضمن بازدیدهای میدانی ، تهیّه و تکمیل فرم‌ها ، جداول و عکس‌های لازم نقشه‌های اوّلیّه برحسب نوع فرسایش تهیّه شد و پس از شناسایی منطقه از نظر اشکال فرسایش و اصلاح محدوده‌های آن ، این نقشه‌ها جهت برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب به تفکیک واحدهای هیدرولوژیک مورد استفاده قرار گرفت . براساس مطالعات انجام شده در امتداد چهار محور مذکور ، شدیدترین نوع فرسایش در مقیاس وسیع مربوط به محور بندرعبّاس – جاسک بعد از روستای بکدار به سمت هنگستان می‌باشد و کمترین میزان فرسایش در دشت مسافرآباد از محور سیاهو – پوراحمدی و فاریاب ، و دشت سندرک از محور میناب – بشاگرد است که از وسعت کمتری نسبت به دشت مسافرآباد برخوردار است . براساس شواهد موجود رودخانه‌های رودان و شمیل در مواقع سیلابی از قدرت حمل موادّ بالائی برخوردار بوده و میزان آورد سالانهٔ رسوب این رودخانه‌ها بسیار بالا است .

معرّفی مدل و محاسبات فرسایش و رسوب در واحدهای مطالعاتی

برآورد حجم و میزان تولید رسوب در هر حوضه بر پایهٔ استفاده از تکنیک‌ها ومدل‌های مختلفی استوار است . اساس این مدل‌ها متّکی بر ارزیابی برخی از عوامل مهم و مؤثّر در فرسایش می‌باشد . در این راستا روش‌های مختلفی از جمله روش‌های مشاهده‌ای، تجربی و آماری که اغلب بر تجربیّات علمی متّکی هستند، ابداع شده‌اند. در این مدل‌ها به دلیل تجربی بودن روابط و دخالت زیاد نظرات کارشناسی و قضاوت‌های مهندسی در انتخاب فرایند مربوطه، اغلب نتایج حاصله اختلافات فاحشی را نشان می‌دهند. لذا بهترین مدل‌ها آنهائی هستند که عوامل متنوّع‌تر و مؤثّرتری را که در فرایند تولید فرسایش و رسوب یک حوضه دخیل‌اند، در نظر می‌گیرند. در این ارتباط می‌توان به مدل‌های

گوناگونی توسّط سازمان‌ها ، متخصّصین مختلف و از جمله مدل‌های معادلهٔ جهانی فرسایش[1] (فرمول ویشمایر) ، استلیک ، فورنیه ، داگلاس ، کرک‌بای ، اسکالوگرام ، مورگان ، فائو ، ای.پی.ام[2] ، پسیاک[3] و پسیاک اصلاح شده اشاره نمود .

مدل‌های پسیاک و پسیاک اصلاح شده با توجّه به نتایج مفید و سودمند و انطباق نسبی آنها با واقعیّت‌های محیط طبیعی ایران به عنوان یکی از کارآمدترین مدل‌ها در کشور مطرح هستند . مدل پسیاک در سال ۱۹۶۸ توسّط کمیتهٔ مشترک آب و خاک ایالات جنوبغربی آمریکا واقع در سواحل اقیانوس آرام برای محاسبهٔ شدّت فرسایش خاک و میزان رسوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک حوضه‌های غرب آمریکا[4] ارائه گردید و در سال ۱۹۸۲ تغییراتی در آن ایجاد و سعی شد تا این مدل انطباق بیشتری با شرایط طبیعی زمین داشته باشد . این مدل برای اوّلین بار در ایران توسّط مهندسین مشاور توسعه و منابع[5] برای برآورد رسوب تولیدی در حوضهٔ آبخیز سدّ دز بکار برده شد و سپس با توجّه به کارائی و عمومیّت کاربرد و سهولت محاسبه و به خصوص دقّت نسبتاً خوب آن، در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور مورد استفاده قرارگرفت . در این تحقیق نیز مدل مذکور به عنوان مدل وتکنیک ارزیابی فرسایش و تولید رسوب در حوضهٔ آبریز ساحلی مورد اشاره، استفاده شده است . در کاربرد این روش تأثیر و نقش و عامل مهم و مؤثّر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند . نتیجهٔ ارزیابی هریک از عوامل نه‌گانه ، ارقام و نمراتی است که نشانگر اهمّیّت شدّت تأثیر هریک از عوامل در تولید رسوب است . جدول شمارهٔ (۲) عوامل نه‌گانهٔ مدل پسیاک را نشان می‌دهد .

جدول ۲- روش محاسبهٔ فاکتورهای نه‌گانهٔ مدل پسیاک

ردیف	عوامل نه گانه مدل پسیاک	فرمول محاسبه
۱	عامل زمین‌شناسی سطحی	Y1=X1
۲	عامل خاک‌ها	Y2=16.67 X2
۳	عامل آب و هوا	Y3 = O.2 X3
۴	عامل جریان سطحی (رواناب درز آب)	Y4 = 0.2 X4
۵	عامل فیزیوگرافی (پستی و بلندی)	Y5 = 0.33 X5
۶	عامل پوشش زمین	Y6 = 0.6 X6
۷	عامل استفاده از زمین	Y7 = 20-0.2 X7
۸	عامل فرسایش سطوح فوقانی	Y8 = 0.25 X8
۹	شدّت فرسایش رودخانه‌ای	Y9 = 1.67 X9

مأخذ : ژئومرفولوژی کاربردی ، حسن احمدی، ص ۲۷۵

1 - Universal Soil Loss Equation
2 - Erosion Potential Method
3 - Pacific Southwest Inter Agancy Committee
4 - - Modefide Pacific Southwest Inter Agancy Committee
5 - Development and Resources (D+R)

برآورد فرسایش و رسوب در واحدهای هیدرولوژیکی[1]

عوامل نه‌گانهٔ مؤثّر در برآورد میزان فرسایش و رسوب درهر یک از واحدهای هیدرولوژیک به اختصار به شرح زیر مورد ارزیابی واقع شده‌اند :

۱- عامل زمین‌شناسی:

به منظور ارزیابی و تعیین نقش عامل زمین‌شناسی در فرسایش‌پذیری سازندهای موجود در هریک از واحدهای هیدرولوژیک ، ابتدا نقشهٔ زمین‌شناسی محدودهٔ مورد مطالعه به صورت رقومی تبدیل شد و سپس بر اساس واحدهای سنگ‌شناسی ، نقشهٔ حسّاسیّت سنگ پایهٔ فرسایش تهیّه گردید و مقایسه‌ای کیفی برای امتیازگذاری و تعیین عامل X1 در مدل بعمل آمد. براساس جدول سنگ‌شناسی در مدل پسیاک مارن‌ها در گروه سنگ‌های حسّاس، توف‌های آهکی نازک لایه تا ضخیم در گروه نسبتاً حسّاس تا نسبتاً مقاوم ، کنگلومرا با حسّاسیّت متوسّط و شیل‌ها در گروه حسّاس به فرسایش طبقه‌بندی می‌شوند. نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول شمارهٔ (۳) برای هریک از واحدها در قالب عامل(Y1) زمین‌شناسی مطرح شده‌است. بررسی‌های بعمل آمده نشان می‌دهد که محدودهٔ مورد مطالعه بخش‌هائی از سه زون زمین‌شناختی مختلف را در بر می‌گیرد . بخش‌های شمالی محدوده (واحد هیدرولوژیک احمدی– پوراحمدی) منطبق بر زون زمین‌شناسی اسفندقه – مریوان است . واحدهای زمین‌شناسی این زون عمدتاً از سنگ‌های دگرگونی و آذرین است که اغلب حسّاسیّت کمتری در برابر عوامل فرسایشی دارند و بر همین اساس نیز این عامل نقش کمتری بین سایر عوامل نه‌گانه دارد. واحد هیدرولوژیک رودان نیز که عمدتاً از سنگ‌های افیولیت‌ملانژها تشکیل شده‌است، از چنین شرایطی برخوردار می‌باشد. زیرحوضهٔ مزابی کلّاً در زون مکران واقع شده‌است. این زون اغلب از سنگ‌های شیل ، فلیش ، کنگلومرا و مارن تشکیل شده که از حسّاسیّت نسبتاً بیشتری در برابر عوامل فرسایشی برخوردار است و نقش عامل زمین‌شناسی در آن مؤثّرتر از سایر واحدها می‌باشد . سایر بخش‌های مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده‌اند و حسّاسیّت سنگ‌های در برگیرندهٔ آن، حدّ واسط دو زون پیشین است.

۲- ضریب فرسایش خاک:

واژهٔ فرسایش خاک با فرسایش‌پذیری خاک متفاوت است . در این ارتباط عوامل مختلفی در تعیین میزان و شدّت فرسایش خاک از قبیل شیب ، وضعیّت ریزش‌های جوّی ، پوشش گیاهی و کاربری زمین مؤثّرند. با این وصف برخی از خاک‌ها با توجّه به بافت، ساختمان و موادّ آلی و کلوئیدی خاک از فرسایش‌پذیری بیشتری برخوردارند و در این ارتباط عوامل مختلفی نظیر سرعت نفوذپذیری خاک ، رطوبت اشباع ، پایداری و چسبندگی خاکدانه‌ها و مواردی از این قبیل مؤثّر است. به این ترتیب، در این مبحث نیز ابتدا نقشهٔ قابلیّت و منابع اراضی

۱– دراین مرحله به منظور دقّت و سرعت عمل و رسیدن به نتیجهٔ مطلوب، از نرم‌افزار Arcinfo 8.1 & Arcview 3.2 استفاده شده‌است .

محدودهٔ مورد مطالعه و نقشه‌های خاکشناسی موجود رقومی شد؛ سپس هر یک از واحدهای اراضی با توجّه به شاخص‌هایی نظیر بافت خاک ، نفوذپذیری خاک ، درصد موادّ آلی موجود در خاک طبقه‌بندی و ضریب K (فرسایش‌پذیری) برای آنها تعیین گردید که ماحصل آن برای هریک از واحدهای هیدرولوژیک در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) منعکس شده‌است .

۳- عامل آب و هوا:

در ارتباط با عامل آب و هوا ، علاوه بر شرایط کلّی اقلیمی و ترسیم نقشه‌های همباران و هم‌تبخیر ، وضعیّت بارش‌های رگباری و بارندگی‌های شش ساعته در ارزیابی فرسایش‌پذیری حوضه‌ها مدّ نظر قرار گرفت. در این راستا با استفاده از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های مختلف ، وضعیّت بارندگی شش ساعته با دورهٔ بازگشت دو ساله برای گسترهٔ مورد مطالعه محاسبه گردید و ارزش آن در فرسایش‌پذیری هر یک از واحدهای هیدرولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) آمده است .

عامل جریان سطحی:

در این ارتباط، محاسبهٔ ضریب رواناب برای یکایک واحدهای مطالعاتی بسیار ضروری است . ضریب مذکور خود متأثّر از عوامل مختلفی از جمله مشخّصات فیزیوگرافیکی حوضه‌ها ، وضعیّت پوشش گیاهی ، شرایط آب و هوایی و نحوهٔ استفاده از زمین و مواردی از این قبیل می‌باشد . به این ترتیب پس از بررسی این عوامل ، ارزش آن برای هریک از واحدهای هیدرولوژیک در مدل ارزیابی فرسایش معیّن شد که نتایج در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) انعکاس یافته است .

عامل توپوگرافی:

وضعیّت پستی و بلندی زمین و میزان شیب ، یکی دیگر از عوامل بسیار مؤثّر در مراحل سه‌گانهٔ فرسایش محسوب می‌شود . به این منظور نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیّه شده توسّط سازمان نقشه‌برداری کشور مورد استفاده قرار گرفت و ارزش‌های هریک از واحدها براساس این عامل(X5 & Y5) در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) ارائه شده است (نقشه‌های شمارهٔ ۳ و ۴ به ترتیب طبقه‌بندی ارتفاعی و شیب زمین را در محدودهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهند) .

نحوهٔ استفاده از زمین و پوشش گیاهی :

در این ارتباط براساس تراکم تاج پوشش گیاهی و نوع کشت و کاربری‌های زمین ، امتیاز دهی برای هریک از واحدها صورت گرفته که در جدول شمارهٔ (۳) ارزش این عامل با علامت Y7&X7و Y6 & X6 نشان داده شده است .

وضعیّت فرسایش در سطح اراضی :

در این رابطه ابتدا نوع فرسایش سطحی و سپس وضعیّت کلّی فرسایش به تفکیک هر واحد تعیین شده است . ارزش‌گذاری این عامل براساس روش بی. ال. ام[1] صورت گرفته و نتایج در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) منعکس گردیده است .

فرسایش رودخانه‌ای (آبراهه‌ای) و جابجائی رسوب :

در این شیوه ضمن تعیین وضعیّت فرسایش‌پذیری خاک سطحی در هر واحد هیدرولوژیک و استخراج مقادیر مربوطه با استفاده از مدل بی. ال. ام، ارزش‌ها و مقادیر فرسایش‌پذیری آبراهه‌ای در مدل پسیاک اصلاح شده محاسبه شده است و در ستون مربوطه در جدول شمارهٔ (۳) آمده است. نقشهٔ شمارهٔ (۵) شبکهٔ هیدروگرافی محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد .

پس از ارزش‌گذاری هریک از عوامل نه‌گانه برای واحدهای هیدرولوژیک واقع در محدودهٔ مورد مطالعه و جمع‌بندی آنها ، با استفاده از جدول شمارهٔ (۴) گروه‌بندی فرسایش هریک تعیین گردید . سپس میزان رسوب‌دهی سالانه که بیانگر بار رسوب مشتمل بر بار معلّق و بار کف است، برحسب مترمکعّب درکیلومتر مربّع برای هر یک از واحدها و با استفاده از رابطهٔ زیر برآورد گردید (صادقی۱۳۷۰، ص ۱۶). نتایج در جدول شمارهٔ (۵) و شکل‌های شمارهٔ (۱ و۲) مشخّص شده است .

$$QS = 38.77e^{0.0358R}$$

که در آن :

Q5 = میزان رسوب تولید شده برحسب مترمکعّب در کیلومترمربّع در سال

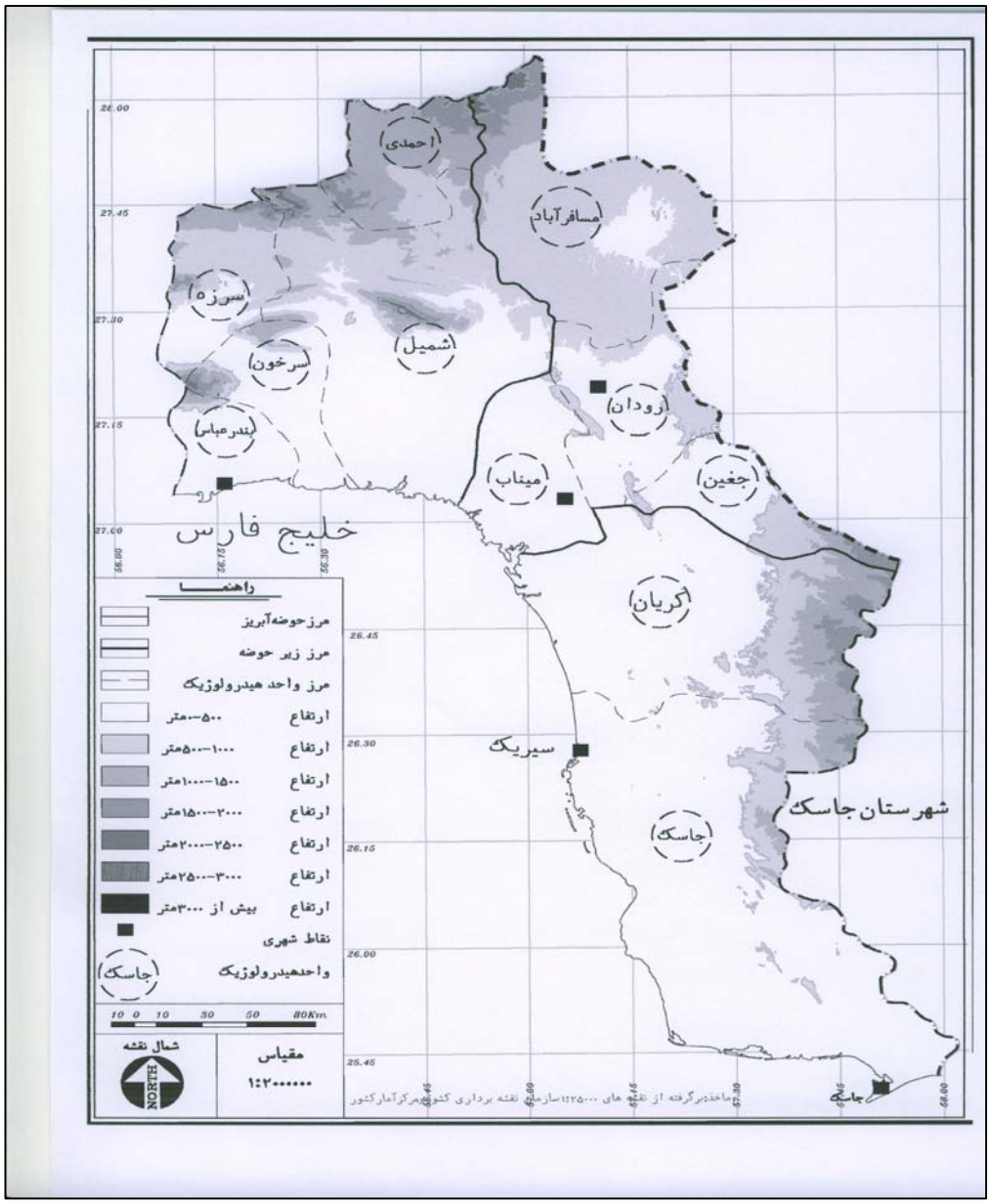
R = درجهٔ رسوب‌دهی

e = عدد نپر در حدود ۲/۶۸۰۵۷۹۸

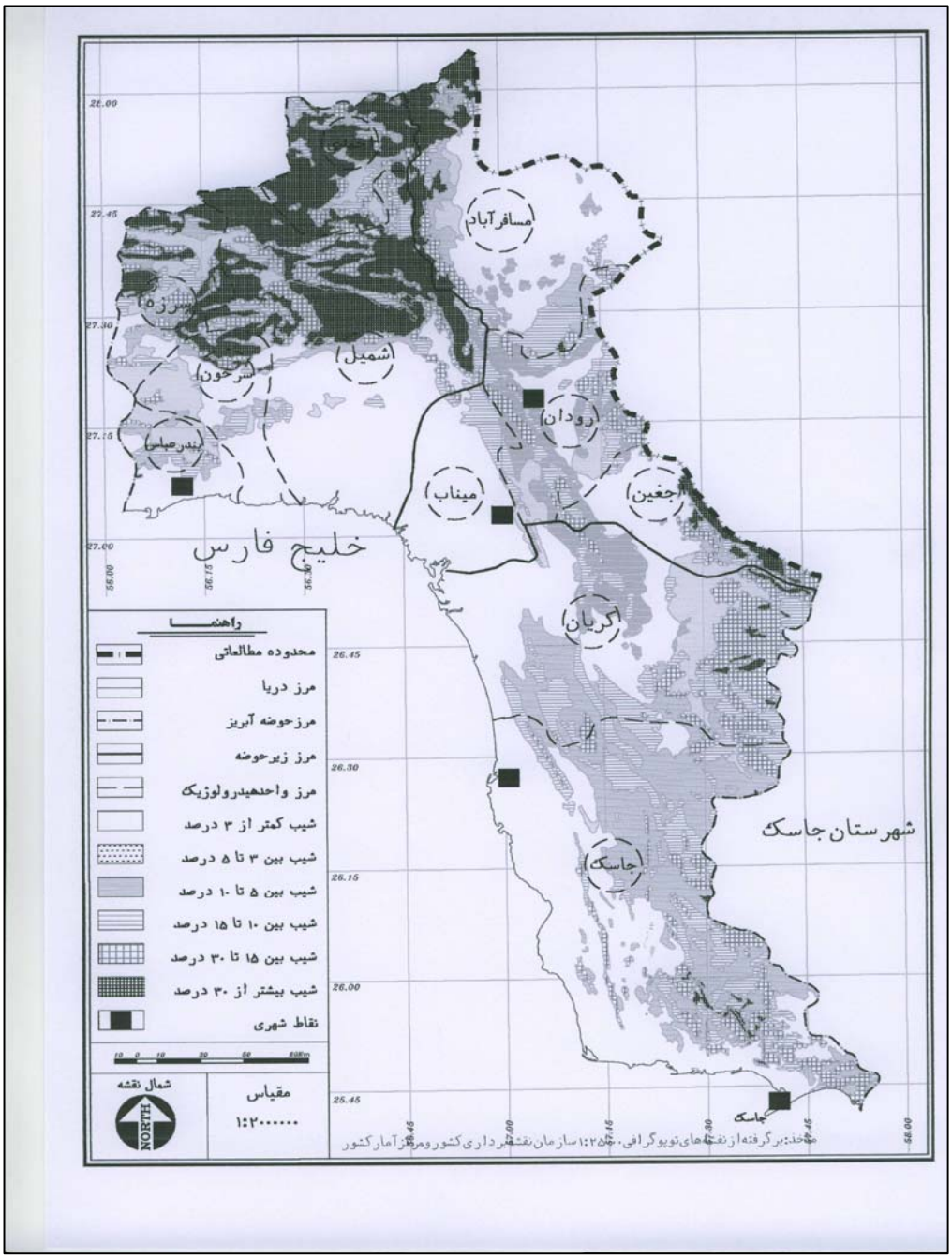
---

1 - Bureau Land Management

نقشهٔ ۳- توزیع طبقات ارتفاعی در محدودهٔ مورد مطالعه



نقشهٔ ٤- توزیع طبقات شیب در محدودهٔ مورد مطالعه

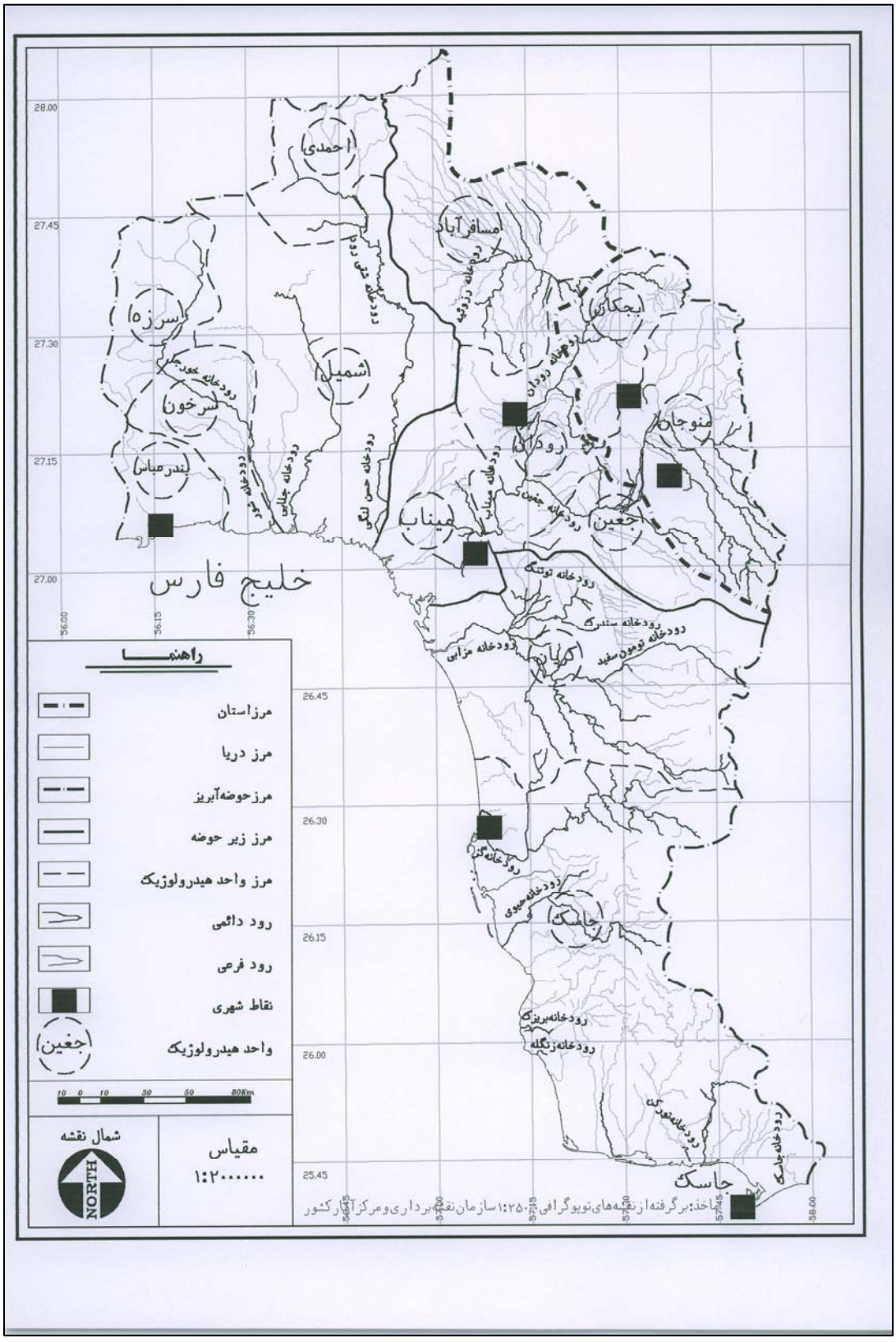


جدول ۳- ارزیابی عوامل مؤثّر در برآورد فرسایش و رسوب محدودهٔ مطالعاتی براساس مدل پسیاک اصلاح شده

نام زیر حوضه	عامل	زمین‌شناسی		خاک		آب‌وهوا		رواناب		فیزیوگرافی		پوشش‌زمین		نحوهٔ استفاده از زمین		فرسایش سطحی		مطالعهٔفرسایش رودخانه‌ای	
	نام‌واحد هیدرولوژیک	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5	X6	Y6	X7	Y7	X8	Y8	X9	Y9
بندرعبّاس (شور-حسن‌لنگی)	احمدی-پوراحمدی	۴/۵۹	۴/۵۹	۰/۳۳	۵/۵۳	۶/۶۵	۱/۳۳	۳۱/۶۵	۶/۳۷	۳/۹۴	۱/۳۰	۷۵/۹۵	۱۵/۱۹	۲۶/۴۵	۱۴/۷۱	۳۴/۴۴	۸/۶۱	۵/۵۷	۹/۳۰
	شمیل-تخت	۶/۳۵	۶/۳۵	۰/۳۳	۵/۵۸	۶/۶۵	۱/۳۳	۱۶/۱۵	۳/۲۳	۱۸/۸۸	۶/۲۳	۵۷/۰۵	۱۱/۴۱	۱۷/۱۵	۱۶/۵۷	۳۵/۵۲	۸/۸۸	۴/۵۹	۷/۶۷
	سرزه-سیاهو	۵/۲۷	۵/۲۷	۰/۳۵	۵/۷۶	۶/۶۵	۱/۳۳	۳۱/۸۵	۳/۳۷	۴/۱۸	۱/۳۸	۶۵/۳۵	۱۳/۰۷	۱۳/۵۵	۱۷/۲۹	۲۸/۱۶	۷/۰۴	۳/۳۴	۵/۷۱
	سرخون-باغو	۵/۷۶	۵/۷۶	۰/۳۴	۵/۶۲	۶/۶۵	۱/۳۳	۳۴/۷۵	۶/۳۵	۱۲/۱۸	۴/۹۲	۶۷/۸۵	۱۳/۵۷	۱۹/۲۷	۱۶/۱۵	۲۸/۴۰	۷/۱۰	۳/۳۴	۵
	ایسین‌شرقی-بندرعبّاس	۷/۲۳	۷/۲۳	۰/۳۹	۶/۴۲	۶/۶۵	۱/۳۳	۳۶/۹۵	۷/۳۹	۸/۸۵	۲/۹۲	۶۲/۹۲	۱۲/۵۹	۲۵/۸۵	۱۴/۸۳	۲۷/۸۴	۶/۹۶	۳/۰۲	۵/۰۴
میناب	فاریاب – گلاشگرد	۵/۶۱	۵/۶۱	۰/۳۴	۵/۶۷	۴/۵۵	۰/۹۱	۱۶/۶۵	۳/۳۳	۷/۳۰	۲/۴۱	۶۸/۵۵	۱۳/۷۱	۱۴/۱۰	۱۷/۱۸	۲۸/۹۶	۷/۲۴	۳/۶۲	۶/۰۵
	رودان	۴/۷۷	۴/۷۷	۰/۲۷	۴/۵۰	۵/۵۰	۱/۱۰	۲۲/۷۰	۴/۵۴	۹/۳۳	۳/۰۸	۶۷/۷۰	۱۳/۵۴	۲۴/۱۵	۱۵/۱۷	۳۶/۴۸	۹/۱۲	۵/۰۵	۸/۴۳
	جغین – نوکهور	۵/۰۷	۵/۰۷	۰/۲۸	۴/۶۷	۳/۸۰	۰/۷۳	۲۷/۴۰	۵/۴۸	۹/۲۱	۳/۰۴	۶۶/۸۵	۱۳/۳۷	۱۹/۷۵	۱۶/۰۵	۳۰/۱۲	۷/۵۳	۴/۲۹	۷/۱۶
	میناب	۶/۹۰	۶/۹۰	۰/۳۷	۶/۱۱	۳/۸۰	۰/۷۶	۲۷/۹۰	۵/۵۸	۳/۲۷	۱/۰۸	۷۸/۱۰	۱۵/۶۲	۵۴/۱۵	۹/۱۷	۳۱/۹۲	۵/۴۸	۱/۳۶	۲/۲۷
مزایی-جاسک	کریان-سندرک	۷/۷۸	۷/۷۸	۰/۳۳	۵/۵۷	۳/۲۰	۰/۶۴	۱۶	۳/۲۰	۹/۱۲	۳/۰۱	۷۸/۴۵	۱۵/۶۹	۷/۷۵	۱۸/۴۵	۳۰/۴۰	۷/۶۰	۳/۸۳	۶/۴۸
	جاسک – سیریک	۷/۹۲	۷/۹۲	۰/۳۱	۵/۲۱	۳/۲۰	۰/۶۴	۱۱/۹۰	۲/۳۵	۸/۱۲	۲/۶۸	۷۷/۳۵	۱۵/۴۷	۹/۹۰	۱۸/۰۲	۳۵/۶۰	۸/۹۰	۵/۳۹	۹/۰۰

۱- به دلیل اینکه واحدهای مسافرآباد- کردی شیرازی، نودژ و منوجان در خارج از استان هرمزگان قرار دارند، محاسبات مربوطه در اینجا نیامده، بلکه در برآورد میزان فرسایش واحدهای هیدورولوژیک پائین دستِ خود محاسبه شده و در این ارتباط بر پایهٔ جریان آب پایه در کلّ واحد مطرح می‌شود و حذف محدوده‌های خارج از استان تأثیری در میزان محاسبه ندارد. مآخذ: برآورد محقّق.

نقشهٔ ۵- شبکهٔ هیدروگرافی محدودهٔ مورد مطالعه



جدول ٤ – میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش پسیاک

کلاس رسوبدهی و فرسایش	شدّت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان‌دهنده شدّت رسوبدهی
		M3 / Km 2	1 ft 3 / Mi 2	
V	خیلی زیاد	۱۴۲۹	۳	۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶–۱۴۲۹	۱–۳	۷۵–۱۰۰
III	متوسّط	۲۳۸–۴۷۶	۰/۵–۱	۵۰–۷۵
II	کم	۹۵–۲۳۸	۰/۲–۰/۵	۲۵–۵۰
I	خیلی کم یا جزئی	۹۵	۰/۲	۰–۲۵

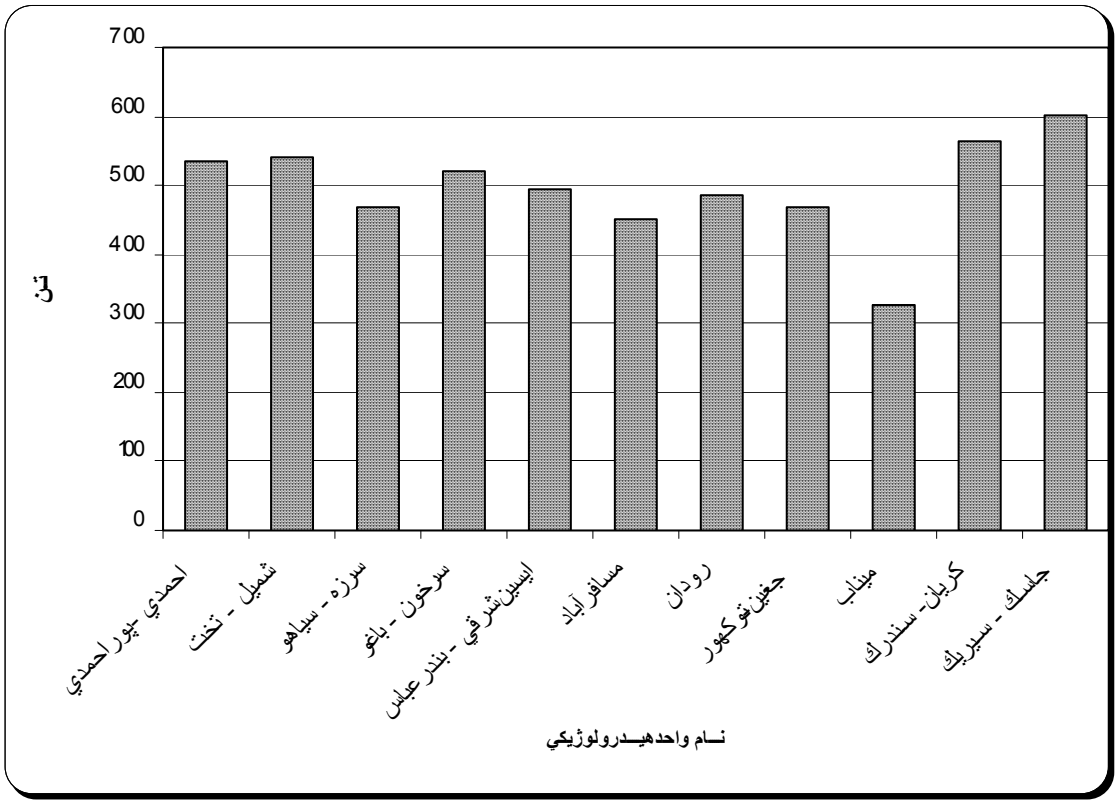
مآخذ : آبورزان ۱۳۷۶، ص۵۶

جدول ۵ – برآورد رسوب و فرسایش ویژه در هر واحد هیدرولوژیکی (کیلومتر مربّع در سال)

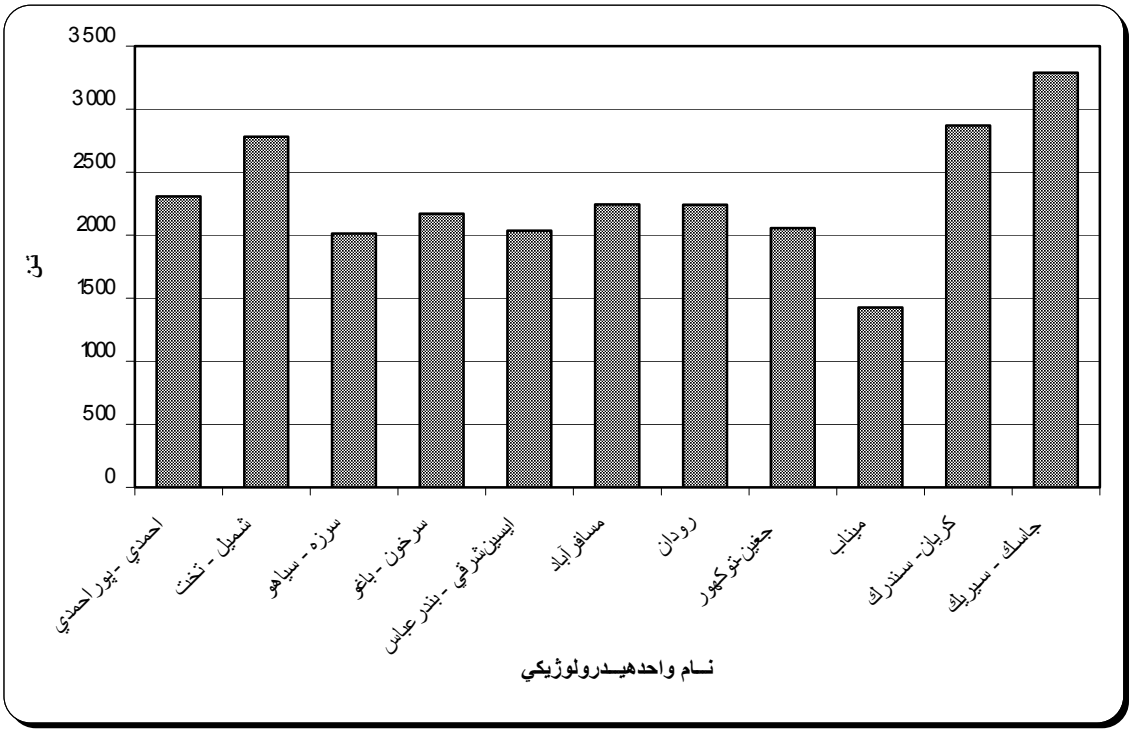
نام واحد	مساحت اصلاح شده km2	مساحت هر واحد km2	جمع امتیاز در مدل PSIAC	کلاس فرسایش	SDR	میزان رسوب ویژه m.3/Km2/y	میزان رسوب ویژه ton/km2/y	میزان فرسایش ویژه ton/Km/y
احمدی – پوراحمدی	۱۰۳۸	۱۰۳۸	۶۶/۹۳	متوسّط	۲۳/۲	۴۱۱/۶۹	۵۳۵/۲۰	۲۳۰۶/۷۶
شمیل – تخت	۳۵۹۲	۳۵۹۲	۶۷/۲۵	متوسّط	۱۹/۵	۴۱۶/۳۷	۵۴۱/۲۸	۲۷۸۲/۳۹
سرزه –سیاهو	۹۹۵	۹۹۵	۶۳/۲۲	متوسّط	۲۳/۳	۳۶۱/۱۶	۴۶۹/۵۰	۲۰۱۱/۴۹
سرخون – باغو	۸۳۲	۸۳۲	۶۶/۰۸	متوسّط	۲۳/۹	۳۹۹/۵۲	۵۱۹/۳۸	۲۱۶۹/۳۹
ایسین‌شرقی– بندرعبّاس	۷۴۹	۷۴۹	۶۴/۷۱	متوسّط	۴۳/۳	۳۸۰/۶۶	۴۹۴/۸۶	۲۰۳۶/۳۷
مسافرآباد	۲۱۶۹	۲۸۲۲	۶۲/۱۱	متوسّط	۲۰/۱	۳۴۷/۲۸	۵۴۱/۴۶	۲۲۴۲/۵۸
رودان	۱۰۸۱	۱۶۵۶	۶۴/۲۵	متوسّط	۲۱/۷	۳۴۷/۵۳	۴۸۶/۸۹	۲۲۴۲/۳۶
جغین – توکهور	۷۶۸	۱۱۹۴	۶۳/۱۳	متوسّط	۲۲/۷	۳۶۰/۰۱	۴۶۸/۰۱	۲۰۵۶/۶۷
میناب	۱۱۳۹	۱۱۳۹	۵۲/۹۷	متوسّط	۲۲/۹	۲۵۱/۵۱	۳۲۶/۶۹	۱۴۲۶/۹۴
کریان– سندرک	۳۳۴۴	۳۳۴۴	۶۸/۴۲	متوسّط	۱۹/۷	۴۳۳/۹۲	۵۶۴/۱۰	۴۸۷۰/۴۲
جاسک – سیریک	۵۵۹۶	۵۵۹۶	۷۰/۲۲	متوسّط	۱۸/۳	۴۶۲/۳۹	۶۰۱/۱۱	۳۲۹۰/۵۸

مآخذ : برآورد محقّق

شکل شمارهٔ ۱- برآورد میزان تولید رسوب ویژه در هر یک از واحد هیدرولوژیکی برحسب تن در کیلومتر مربّع



شکل شمارهٔ ۲- برآورد میزان تولید فرسایش ویژه در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی برحسب تن در کیلومترمربّع



به این ترتیب با در نظر گرفتن وزن مخصوص رسوبات ، می‌توان وزن موادّ خروجی را در سال برای هر کیلومترمربّع محاسبه نمود . به طور معمول در اغلب مطالعات هیدرولوژیکی وزن مخصوص رسوبات ۱/۲۵ تا ۱/۳۵ گرم در سانتیمتر مکعّب محاسبه می‌شود. لذا با لحاظ نمودن میانگین این اعداد (۱/۳ گرم در سانتی‌مترمکعّب) در حجم مورد رسوبی تولید شده ، می‌توان وزن موادّ رسوبی تولید شده را تعیین نمود .

برآورد فرسایش ویژه

براساس روش پسیاک اصلاح شده ، پس از محاسبهٔ رسوب ویژه لازم است که فرسایش ویژه نیز محاسبه گردد. لذا به این منظور ابتدا نسبت رسوب به فرسایش (SDR) با استفاده از رابطهٔ (صوفی ۱۳۷۷، ص۲۳۰) زیر برآوردگردید و سپس نسبت رسوب ویژه به مقدار SDR و مقادیر فرسایش ویژه در هر واحد هیدرولوژی محاسبه شد که نتیجهٔ آن در ستون آخر جدول شمارهٔ (۵) آمده است .

$$\log SDR = ۱/۸۷۶۸ - \{ ۰/۱۴۱۹۱ * \log (۱۰ \times A) \}$$

که در آن :

SDR = نسبت رسوب به فرسایش

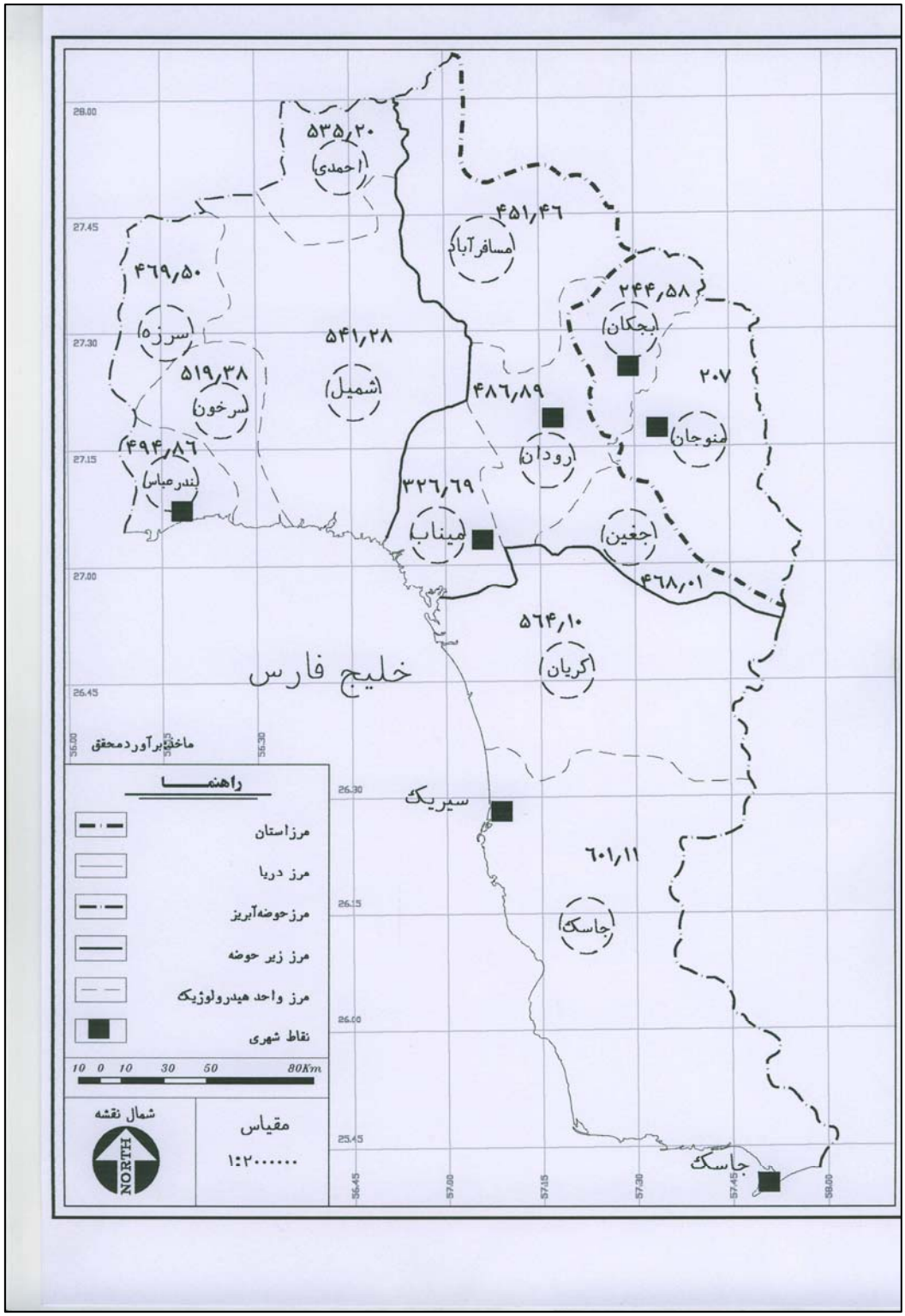
A = سطح حوضه برحسب مایل مربّع (یک کیلومترمربّع = ۰/۳۸۶۱ مایل مربّع) است.

لازم به ذکر است که سطح بعضی از واحدهای هیدرولوژیکی در اثر اعمال مرز شهرستان و استان تغییراتی نموده که این تغییرات باعث می‌گردد تا علاوه بر ارقام برآورد میزان کلّ بار فرسایش و رسوب در سطح شهرستان ، مقادیری نیز از خارج از مرز شهرستان به تبع آبراهه‌ها و شیب اراضی و رودخانه‌های موجود وارد شهرستان گردد . میزان بار اضافی در واحدهای هیدرولوژیکی در جدول شمارهٔ (۶) ارائه شده است . نقشهٔ شمارهٔ (۶) میزان رسوب ورودی به داخل محدودهٔ واحدهای هیدرولوژیک منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد . ضمناً جدول شمارهٔ (۷) محاسبهٔ سهم فرسایش و رسوب از سطح اراضی و رودخانه‌ای را در هریک از واحدها ارائه می‌نماید .

جدول ٦ – محاسبهٔ بار فرسایش و رسوب ورودی از واحدهای هیدرولوژیکی خارج از استان

کد واحد مطالعاتی	مساحت اصلاح شده km2	مساحت اوّلیّه km2	اختلاف مساحت	رسوب ویژه m3 / km2.y	فرسایش ویژه ton / km2/y	کلّ بار رسوب m3/year	کلّ بار فرسایش ton /year
احمدی - پوراحمدی	۱۰۳۸	۱۰۳۸	۰	۴۱۱/۶۹	۵۳۵/۲۰	۰	۰
شمیل – تخت	۳۵۹۲	۳۵۹۲	۰	۴۱۶/۳۷	۵۴۱/۲۸	۰	۰
سرزه –سیاهو	۹۹۵	۹۹۵	۰	۳۶۱/۱۶	۴۶۹/۵۰	۰	۰
سرخون – باغو	۸۳۲	۸۳۲	۰	۳۹۹/۵۲	۵۱۹/۳۸	۰	۰
ایسین‌شرقی – بندرعبّاس	۷۴۹	۷۴۹	۰	۳۸۰/۶۶	۴۹۴/۸۶	۰	۰
مسافرآباد	۲۱۶۹	۲۸۲۲	۰	۳۴۷/۲۸	۴۵۱/۴۶	۰	۰
رودان	۱۰۸۱	۱۶۵۶	۶۵۳	۳۷۴/۵۳	۴۵۶/۸۹	۲۴۴۵۶۷/۷	۳۱۷۹۳۸
جغین – توکهور	۷۶۸	۱۱۹۴	۵۷۵	۳۶۰/۰۱	۴۶۸/۰۱	۲۰۷۰۰۶/۳	۲۶۹۱۰۸/۱
میناب	۱۱۳۹	۱۱۳۹	۴۲۶	۲۵۱/۵۱	۳۲۶/۹۶	۱۰۷۱۴۳/۷	۱۳۹۲۸۶/۸
کریان- سندرک	۳۳۴۴	۳۳۴۴	۰	۴۳۳/۹۲	۵۶۴/۱۰	۰	۰
جاسک – سیریک	۵۵۹۶	۵۵۹۶	۰	۴۶۲,۳۹	۶۰۱,۱۱	۰	۰

نقشهٔ ٦- میزان تولید رسوب در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی محدودهٔ مورد مطالعه



جدول ۷ – محاسبهٔ سهم فرسایش و رسوب از سطح اراضی و رودخانه‌ای

نام زیرحوضه	نام‌واحد هیدرولوژیک	مجموع امتیازات مدل PSIAC	امتیاز عامل Y8	امتیاز عامل Y9	رسوب ویژه عامل Y8 ton/km2/y	فرسایش ویژه عامل Y8 ton/km2/y	سهم عامل Y8 ٪	رسوب ویژه عامل Y9 ton/km2/y	فرسایش ویژه عامل Y9 ton/km2/y	سهم عامل Y9 ٪
بندرعبّاس (شور–حسن لنگی)	احمدی–پوراحمدی	۶۶/۹۳	۸/۶۱	۹/۳۰	۷۹/۳	۳۴۱/۶	۱۴/۸	۸۲/۲	۳۵۴/۲	۱۵/۴
	شمیل–تخت	۶۷/۲۵	۸/۸۸	۷/۶۹	۸۰/۲	۴۱۲/۳	۱۴/۸	۷۵/۳	۳۸۷/۰	۱۳/۹
	سرزه–سیاهو	۶۳/۲۲	۷/۰۴	۵/۷۱	۷۴/۶	۳۱۹/۵	۱۵/۹	۶۹/۳	۲۹۶/۷	۱۴/۸
	سرخون–باغو	۶۶/۰۸	۷/۱۰	۵/۵۸	۷۳/۶	۳۰۷/۳	۱۴/۲	۶۷/۸	۲۸۳/۴	۱۳/۱
	ایسین‌شرقی – بندرعبّاس	۶۴/۷۱	۶/۹۶	۵/۰۴	۷۳/۶	۳۰۲/۸	۱۴/۹	۶۶/۳	۲۷۲/۸	۱۳/۴
میناب	فاریاب – گلاشگرد	۶۲/۱۱	۷/۲۴	۶/۰۵	۷۶/۰	۳۷۷/۳	۱۶/۸	۷۱/۰	۳۵۲/۷	۱۵/۷
	رودان	۶۴/۲۵	۹/۱۲	۸/۴۳	۸۳/۱	۳۸۲/۵	۱۷/۱	۸۰/۰	۳۶۸/۳	۱۶/۴
	جغین – توکهور	۶۳/۱۳	۷/۵۳	۷/۱۶	۷۶/۷	۳۳۷/۲	۱۶/۴	۷۵/۱	۳۳۰/۳	۱۶/۱
	میناب	۵۲/۹۷	۵/۴۸	۲/۲۷	۷۲/۵	۳۱۶/۸	۲۲/۲	۵۸/۶	۲۵۵/۹	۱۷/۹
جاسک – مرزاباغ	کریان –سندرک	۶۸/۴۲	۷/۶۰	۶/۴۸	۷۴/۵	۳۷۹/۱	۱۳/۲	۷۰/۳	۳۵۷/۹	۱۲/۵
	جاسک – سیریک	۷۰/۲۲	۸/۹۰	۹/۰۰	۷۸/۷	۴۳۱/۰	۱۳/۱	۷۹/۱	۴۳۳/۲	۱۳/۲

مآخذ : برآورد محقّق

مقایسهٔ رسوب ویژهٔ برآورد شده با نتایج ایستگاه‌های رسوب‌سنجی

رسوب سنجی مخزن سدّ میناب :

پس از احداث سد میناب و جمع شدن آب در پشت سد، طیّ سال‌های ۱۳۶۱ الی ۱۳۶۳ عملیّات نقشه‌برداری و عمق‌یابی توسّط مرکز تحقیقات منابع آب کشور (تماب) از مخزن سد صورت گرفت . به این ترتیب پس از عملیّات نقشه‌برداری ، حجم مخزن سد ۳۵۶/۶ میلیون مترمکعّب برای ۱۰۰ درصد حجم مفید برآورد گردید وآب موجود در پشت سد به میزان ۸۵ درصد حجم مفید ذخیرهٔ سد و برابر با ۱۱۲/۵ میلیون مترمکعب بوده است؛ در حالی که حجم مفید سد قبل از آبگیری در سطح ۸۵ درصدی برابر با ۱۳۰ میلیون مترمکعّب تعیین شده بود . تفاوت موجود به میزان ۱۷/۵ میلیون مترمکعّب بیانگر حجم رسوبی است که طیّ دو سال در پشت سد ذخیره شده است. در سال ۱۳۷۱ نیز عملیّات نقشه‌برداری و عمق‌یابی جهت تعیین حجم مخزن صورت گرفت که در رقوم صد درصد حجم نهایی، میزان آن برابر با ۳۲۵/۳ میلیون مترمکعّب محاسبه گردید؛ در حالی‌که حجم آن در سال ۱۳۶۴ برابر با ۳۶۵/۵ میلیون مترمکعّب بوده است که در مقایسه با حجم مفید اوّلیّهٔ سد یعنی ۳۷۴/۵ میلیون مترمکعّب، حدود ۴۹/۳ میلیون مترمکعّب تفاوت نشان می‌دهد. این مطلب بیانگر میزان رسوب ته‌نشین شده طیّ یازده سال (۱۳۶۰ الی ۱۳۷۱) است. بر این اساس میزان رسوب سالانه در پشت سد ۴/۴۸ میلیون مترمکعّب محاسبه شده، در حالی‌که اگر مبنای محاسبه را عملیّات نقشه‌برداری انجام شده طیّ سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۷۱ قرار دهیم ، میزان رسوب برابر بار ۴/۵ میلیون مترمکعّب در سال برآورد خواهد شد که با در نظرگرفتن وزن مخصوص رسوب خشک به میزان ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعّب، وزن رسوبات چهار میلیون تن محاسبه می‌گردد که این میزان با رسوب ویژهٔ محاسبه شده تقریباً برابر است.

رسوب در محلّ ایستگاه‌ها :

جهت بررسی پتانسیل رسوب زائی حوضه های آبریز مورد مطالعه ، انجام مقایسهٔ بین مدل‌های محاسباتی و آمار و اطّلاعات موجود الزامی بنظر می‌رسد. بدین منظور با استفاده از داده‌های رسوب‌سنجی سه ایستگاه موجود بر روی رودخانه‌های میناب ، شمیل و جاماش ابتدا وضعیّت آبدهی، دبی ویژه و بار جامد آنها مورد بررسی قرار گرفت وسپس روابط همبستگی میان دبی ویژه و بار جامد معلّق اندازه گیری شده در ایستگاه‌ها به شرح زیر بدست آمد :

برای رودخانهٔ میناب در ایستگاه برنطین :

$$\begin{cases} Q_s = 4.1 Q_w^{2.3} & Q_w < 10 \quad \text{متر مکعّب در ثانیه} \\ Q_s = 14 Q_w^{1.76} & Q_w > 10 \quad \text{متر مکعّب در ثانیه} \end{cases}$$

برای رودخانهٔ شمیل ایستگاه شمیل :

$$Q_s = 612 Q_w^{1.32}$$

برای رودخانهٔ جاماش در ایستگاه سرمقسم :

$$\begin{cases} Q_s = 100 Q_w^{2.6} & Q_w < 5.7 \quad \text{متر مکعّب در ثانیه} \\ Q_s = 3020 Q_w^{0.65} & Q_w > 5.7 \quad \text{متر مکعّب در ثانیه} \end{cases}$$

Q_w = دبی جریان رودخانه بر حسب متر مکعّب در ثانیه

Q_s = دبی موادّ جامد بر حسب تن در روز

جهت محاسبهٔ میزان متوسّط سالانهٔ موادّ جامد معلّق رسوبی سه ایستگاه یاد شده، از جداول تیپ ادارهٔ عمران ایالات متّحده[1] (آبورزان ۱۳۷۸ ،صص۶-۳) استفاده گردید که نتایج در جدول شمارهٔ (۸) منعکس شده است.

جدول ۸ – مشخّصات جریان‌ها و موادّ رسوبی در ایستگاه های مورد مطالعه

ردیف	نام رودخانه و ایستگاه رسوب‌سنجی	آبدهی (متر مکعب در ثانیه)	مساحت حوضهٔ آبریز (کیلومتر مربّع)	میزان موادّ معلق (میلیون تن در سال)	غلظت موادّ معلق (در لیتر)	وزن کل موادّ رسوبی و بار بستر (میلیون تن در سال)	تخریب مخصوص (تن در کیلومتر مربّع)
۱	میناب –برنطین	۱۰/۹۵	۱۰۲	۵/۱۵	۱۴/۹	۵/۹۲	۵۸۰
۲	شمیل – شمیل	۱/۴۰	۱۷/۱۵	۰/۸۰	۱۸/۱	۰/۹۲	۵۳۷
۳	جاماش – سرمقسم	۲/۰۵	۱۰/۴۸	۰/۵۰	۷/۸	۰/۵۸	۵۵۴

مآخذ : طرح جامع آب کشور، حوضهٔ آبریز میناب ساحلی ۱۳۷۸، ص ۲۷۰

با توجّه به جدول فوق ملاحظه می شود که غلظت موادّ معلّق در رودخانه‌های میناب و شمیل حدود ۱۵ الی ۱۸ گرم در لیتر است که از این نظر جزء غلظت‌های بالا محسوب می‌شود . در جدول شمارهٔ ۹ مقایسه‌ای بین رسوب محاسبه شده و نتایج رسوب‌سنجی در سه ایستگاه فوق‌الذّکر بعمل آمده‌است . با توجّه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که در ایستگاه‌های برنطین، شمیل سرمقسم ارقام محاسبه شده و ارقام اندازه‌گیری شده در مدل ام. پسیاک بسیار نزدیک هستند.

جدول ۹- مقایسه‌ای بین میزان رسوب محاسبه شده و میزان رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی

ردیف	نام ایستگاه رسوب‌سنجی	نام واحد مطالعاتی	مساحت Km 2	مساحت حوضهٔ آبریز Km 2	متوسّط سالانهٔ وزن رسوب Ton	میزان رسوب ویژه Ton/Km2/Y	میزان رسوب ویژه m3/Km2/Y	میزان رسوب ویژه در مدل PSIAC m3/Km2/Y
۱	برنطین	رودان	۱۶۵۶	۱۰۲	۵۹۲۰۰۰۰	۵۸۰	۴۴۶	۳۷۴/۵۳
۲	شمیل	احمدی- پوراحمدی	۱۰۲۸	۱۷/۱۵	۹۲۰۰۰۰	۵۳۷	۴۱۲	۴۱۱/۶۹
۳	سرمقسم	شمیل – تخت	۳۵۹۱	۱۰/۴۸	۵۸۰۰۰۰	۵۵۴	۴۲۶	۴۱۶/۳۷

مآخذ: برآورد محقّق

1 – U.S.B.R

خلاصه و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی‌های بعمل آمده به شرح زیر می‌باشد :

- بررسی عوامل نه گانهٔ مؤثّر در برآورد فرسایش که بر اساس مدل پسیاک اصلاح شده مورد بررسی قرارگرفت، نشان می‌دهد که نحوهٔ استفاده از زمین و فقر عمومی پوشش گیاهی مؤثّرترین عامل در فرسایش‌پذیری حوضه‌های آبریز مورد مطالعه است و پس از آن فرسایش سطحی ناشی از هرزآب‌های اوّلیّه و شبکهٔ آب‌های سطحی در ردهٔ بعدی قرار دارد.
- ویژگی‌های زمین شناسی و سنگ نگاری حوضه‌ها نیز نقش بارزی در فرسایش‌پذیری آنها دارد؛ به طوری که حوضه‌هایی که در زون زمین‌ساختی مکران واقع شده‌اند ، به علّت حسّاسیّت نسبتاً زیاد سنگ‌ها به ویژه سنگ‌های مارن، کنگلومرا، فلیش و شیل موجب تشدید فرسایش‌پذیری این حوزه‌ها شده و علیرغم وسعت نسبتاً اندک حوضهٔ آبریز رودخانه‌های موجود در این بخش ، حجم رسوبدهی آنها قابل توجّه است . در حالی که واحدهای هیدرولوژیک موجود در زون اسفندقه – مریوان که عمدتاً از سنگ‌های نفوذی و دگرگونی تشکیل شده‌اند، ظرفیّت تولید رسوب به مراتب کمتری دارند و لذا رودخانه‌های گز، حیوی و مازابی که حوضهٔ خود را در شرق تنگهٔهرمز و در زون زمین‌شناختی مکران گسترش داده‌اند، با حجم قابل توجّه رسوبات خود ، دلتای وسیعی تشکیل داده و موجب پسروی خطوط ساحلی و پیشروی خشکی به سمت دریا شده‌اند .

بنابراین با توجّه به عوامل اصلی و تأثیرگذار در فرسایش‌پذیری حوضه‌های آبریز مورد مطالعه پیشنهادهایی به شرح زیر عنوان می‌شود :

۱- تقویت پوشش گیاهی از طریق بذرپاشی ، کنترل چراء، قرق، حفاظت و ... در حوضه‌های آبخیز به ویژه حوضهٔ آبریز رودخانه‌های گز، حیوی و مازابی؛
۲- جلوگیری از تغییر کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی کشاورزی و ساخت و سازهای شهری و روستائی؛
۳- اجرای عملیّات حفاظت از مراتع؛
۴- اجرای عملیّات آبخیزداری به منظور کنترل هرزآب های اوّلیّه و جریان‌های سطحی؛
۵- ایجاد حوضچه‌های رسوبگیر و سدهای انحرافی جهت کنترل طغیان‌ها و انتقال رسوب به خطّ ساحلی؛
۶- احداث سدهای مخزنی و انحرافی جهت ذخیره سازی آب و کنترل جریان سیلاب‌ها؛
۷- لایروبی بستر مسیل‌ها و رعایت حریم بستر رودخانه‌ها ؛
۸- افزودن موادّ آلی بر خاک در اراضی کشاورزی فقیر به لحاظ موادّ آلی؛

منابع و مآخذ :

۱- احمدی ، حسن(۱۳۷۴)، مبانی ژئومورفولوژی کاربردی ، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- ادارهٔ کلّ منابع طبیعی استان هرمزگان(۱۳۸۱) ، اطلاعات مراتع استان.

۳- سازمان زمین‌شناسی، نقشه‌های زمین‌شناسی ۲۵۰/۰۰۰ : ۱ و ۱۰۰/۰۰۰ : ۱ محدوده استان هرمزگان.

۴- سازمان نقشه‌برداری کشور ، اطلس نقشه‌های ۲۵/۰۰۰ : ۱ توپوگرافی ۱۳۷۸.

۵- سازمان نقشه‌برداری کشور ، عکس‌های ۲۵/۰۰۰ : ۱ توپوگرافی ۱۳۷۸.

۶- سازمان هواشناسی کشور ، داده‌های آماری ایستگاه‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۶۵ – ۱۳۸۱.

۷- شرکت ملی نفت ، نقشه‌های زمین‌شناسی ۲۵۰/۰۰۰ : ۱، شیت بندرعبّاس ۱۳۵۶.

۸- صادقی، سیدحمیدرضا(۱۳۷۰)، فرسایش و رسوب و برآورد آنها، دومین سمینار آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۹- صوفی، علی‌اکبر(۱۳۷۷)، بررسی پتانسیل فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز زارم‌رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشددانشگاه تهران.

۱۰- علیزاده، امین(۱۳۶۸)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ سوم، مشهد.

۱۱- کردوانی، پرویز(۱۳۶۷)، جغرافیای خاک‌ها، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم، تهران.

۱۲- کردوانی، پرویز(۱۳۶۷)، حفاظت خاک ، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم ، تهران.

۱۳- مهندسین مشاور آب ورزان(۱۳۷۸)، طرح جامع سنتز مطالعات و منابع طبیعی کشاورزی استان هرمزگان، وزارت جهاد کشاورزی ، تهران.

۱۴- مهندسین مشاور پیشاهنگان آمایش(۱۳۸۲)، طرح توسعه و عمران (جامع) ناحیه بندرعبّاس ، وزارت مسکن و شهرسازی ، تهران.

۱۵- مهندسین مشاور جاماب(۱۳۷۸)، طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز میناب – جاسک ، وزارت نیرو.

۱۶- مؤسّسهٔ تحقیقات اقتصاد کشاورزی(۱۳۷۸)، طرح جامع ستنز مطالعات کشاورزی استان هرمزگان، وزارت جهاد کشاورزی سال، تهران.

۱۷- مؤسّسه تحقیقات خاک و آب(۱۳۷۶)، نقشه قابلیّت خاک و منابع اراضی استان هرمزگان ، تهران.

۱۸- مؤسّسهٔ جغرافیا، اطلس شیب ایران ، دانشگاه تهران.

۱۹- هدایی، علی‌اصغر(۱۳۸۳)، فرسایش ساحلی سواحل تنگهٔ هرمز و مدیریت آن، رساله دکتری، دانشگاه تهران.

۲۰- وزارت مسکن و شهرسازی(۱۳۷۵)، طرح کالبد ملی جمهوری اسلامی ایران ، نقشه‌های کاربری اراضی.

۲۱- وزارت نیرو ، داده‌های آماری ایستگاه‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۸۱ – ۱۳۷۰.