

تخمین فرسایش و رسوب با استفاده از روشهای کیفی ژئومورفولوژی (واحدهای کاری) و مدل E.P.M. و مقایسه آن با آمار خروجی رسوب در حوضه آبریز سیاهرود گیلان

دکتر محمد رضا افشاری آزاد *

هاله پورکی **

چکیده:

با افزایش رشد جمعیت و توسعه روزافزون مناطق شهری و صنعتی شدن جوامع، از یک طرف و کاهش حریمهای طبیعی از طرف دیگر موجب کاهش سطح پوشش گیاهی، افزایش فرسایش خاک و افزایش مقدار ضریب جریان سطحی را در برداشته است. به منظور بررسی سیستم های مختلف فرسایش و برآورد شدت فرسایش و میزان رسوب به روش EPM، حوضه آبخیز سیاهرود در شهرستان رشت، به مساحت ۲۰۴/۳۳ کیلومتر مربع انتخاب گردیده و در این تحقیق حوضه مورد مطالعه از نظر فیزیوگرافی و توپوگرافی، هوا و اقلیم شناسی، هیدرولوژی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاکشناسی، پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت مطالعه و برآورد میزان فرسایش و رسوب استفاده گردیده و بدین ترتیب حوضه از ۱ واحد اصلی، ۵ زیرواحد، طبقه بندی گردیده است و در آن خصوصیات خاک، شیب متوسط، ضریب حساسیت خاک به فرسایش، ضریب استفاده از زمین، ضریب فرسایش، ضریب شدت فرسایش و طبقه شدت فرسایش تعیین شده است. و در حوضه آبخیز سیاهرود مقدار فرسایش ویژه، ضریب رسوبدهی، دبی رسوب ویژه، دبی رسوب کل محاسبه شده است.

با بررسی آمار دبی رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه رسوب سنجی بهدان در پریود زمانی ۱۸ ساله، مقدار کل رسوبات سالیانه سیاهرود ۲۵۱۶۱/۱۹ تن در سال بدست می آید. با مقایسه مقادیر رسوب اندازه گیری شده و رسوب برآوردی از طریق دو روش قدیمی و توسعه یافته E.P.M چنین نتیجه گیری می شود که مقادیر برآوردی با مقدار رسوب اندازه گیری شده، قرابت عدد ۹۶ درصد را با مقدار واقعی نشان می دهند.

واژگان کلیدی: حوضه سیاهرود، مدل EPM، واحدهای ژئومورفولوژی، فرسایش - رسوب، منحنی

رسوب

* دکترای تخصصی جغرافیای طبیعی و استادیار دانشگاه آزاد واحد رشت

** کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی)

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲

۱- مقدمه :

فرسایش در حوضه های آبریز سبب از بین رفتن قشر سطحی خاک و کاهش اراضی مزروعی می گردد. رسوبات ناشی از فرسایش حوضه های آبریز معمولاً پس از بارندگیها به رودخانه رسیده و با رسوبات ناشی از فرسایش دیواره رودخانه همراه می شوند. مقدار تولید رسوب بستگی به عوامل متعددی از قبیل سطح حوضه آبریز، پوشش گیاهی، زمین شناسی، توزیع زمانی و مکانی بارندگی و مدت آن دارد. (آل شیخ ۱۳۸۰، ص ۲) خاک یکی از مهم ترین منابع طبیعی و خدادادی در هر منطقه جغرافیایی به شمار می آید. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطر جدی برای آسایش و رفاه انسانها و حیات او محسوب می شود. علاوه بر این که فرسایش خاک در دراز مدت سبب از بین رفتن حاصلخیزی خاک می شود، بلکه سبب پر شدن سدها و آبگیرها شده و خسارت مالی فراوانی را به جامعه انسانی تحمیل می نماید. (رفاهی، ۱۳۸۲، ص ۱۱)

رواناب سطحی و فرسایش خاک تهدیدهای اصلی برای کشاورزی پایدار بوده و سازمان های ملی و بین المللی توجه ویژه ای برای خطر فرسایش دارند از آنجائیکه این پدیده حاصل اثرات متقابل مجموعه عواملی است که در طول زمان و مکان تغییر می کنند هیچ مدل ساده ای وجود ندارد که بتواند تمام این عوامل را مورد بررسی قرار دهد. (جانسون ۱۹۸۲ ص ۱۴۵) فرسایش و پیامدهای ناشی از آن با تشدید بهره برداری انسان از طبیعت از اوایل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است. (دانیل و همکاران ۱۹۹۸ ص ۱۱۴) مقدار موادی که از دامنه ها فرسایش داده می شود، میزان برهنه سازی و میزان ازدسترس خارج شدن خاک را نشان می دهد. از این رو، برآورد این بخش از فرسایش در بخش های عمرانی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است که به دلیل نبود آمار و امکانات پژوهشی معمولاً سعی می کنند از روش های تجربی استفاده نمایند. (جباری ۱۳۸۰ ص ۱۴۱۸۰) در مدل های تجربی که برای بررسی فرسایش و تولید رسوب بکار گرفته می شود رابطه معنی داری بین عوامل موثر در فرسایش و میزان فرسایش پذیری حوضه بدست آید. در مورد فرسایش در کشورهایی، چون: کانادا، ایالات متحده و استرالیا بسیار مطالعه شده و با توجه به روابط ارائه شده توسط (هورتن ۱۹۶۸)، (استرالر ۱۹۴۵)، و سایر ژئومورفولوژیست ها، امروزه دستیابی به بسیاری از پارامترهای ژئومورفولوژی در حوضه های آبی امکان پذیر است.

۲- پیشینه تحقیق :

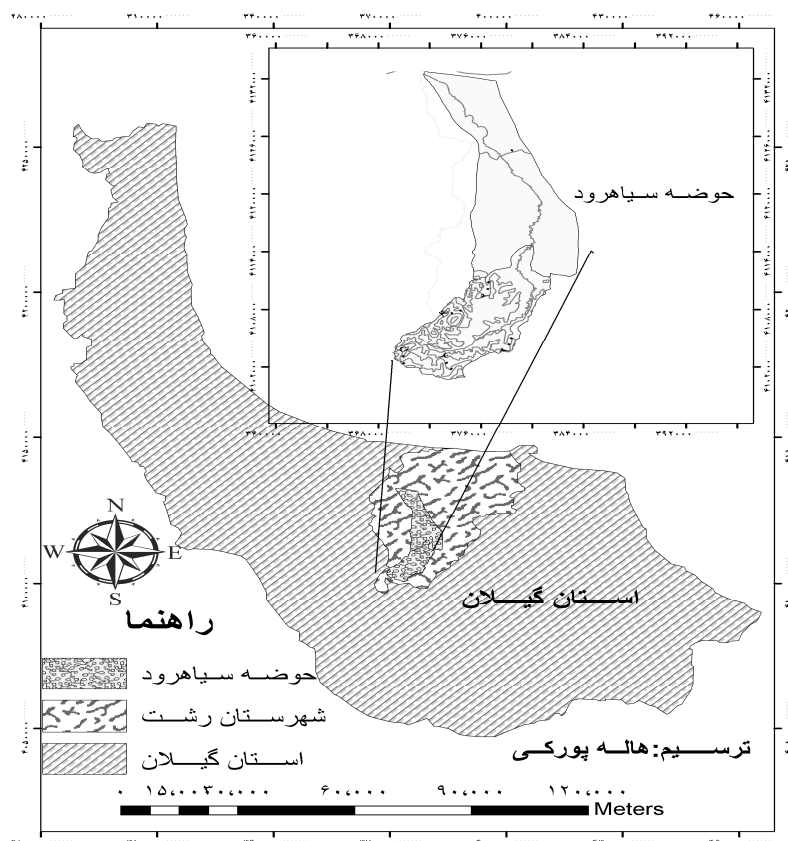
نبی پی لشکریان در بررسی تغییر استفاده از اراضی و تاثیر آن در میزان فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز ماسوله گیلان اشاره داشت که با کاهش وسعت جنگلها و مراتع و افزایش وسعت استفاده از اراضی میزان فرسایش و تولید رسوب افزایش می یابد. (نبی پی لشکریان، ۱۳۷۹، ص ۴۳) بیات و همکاران بر روی حوضه آبخیز طالقان مقادیر فرسایش و تولید رسوب با بکارگیری مدل تجربی EPM در حوضه آبخیز مورد مطالعه برآورد شده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که در فواصل زمانی ۱۳۴۹ - ۱۳۸۰ سطح اراضی مرتعی در آبخیز طالقان ۱۵ درصد افزایش داشته و سطح اراضی زراعی شامل دیم و آبی به ترتیب ۱۱/۱٪ و ۳/۸٪ کاهش داشته است. بررسی مقادیر بار معلق سالیانه در مقاطع زمانی ۱۳۶۶ - ۱۳۴۹ و ۱۳۸۰ - ۱۳۶۷ نیز حاکی از این بوده که در دوره ی مذکور به ترتیب مقدار بار معلق در رودخانه طالقان به وقوع و کاهش روبرو بوده است. بر اساس بررسی های انجام شده علت افزایش رسوب در دوره ۶۶ - ۴۹ بیشتر مربوط به تغییر در مقادیر ترسالیها و علت کاهش رسوب نیز در دوره ۱۳۸۰ - ۱۳۶۷ بیشتر مربوط به تغییر در نوع استفاده از اراضی بوده است. (بیات و همکاران، ۱۳۸۲، ص ۱۵) بهرامی در روش EPM چهار مشخصه شامل ضرایب فرسایش حوضه، کاربری زمین، حساسیت خاک به فرسایش و شیب متوسط حوضه در شبکه های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار داد. میزان رسوب ویژه در حوضه محاسبه گردید. (بهرامی، محمد، ۱۳۸۵ ص ۸)

۳- مواد و روشها :

روند مطالعه به شرح زیر انجام گرفته است در این تحقیق با بررسی ژئومورفولوژی و تعیین واحدهای کاری برای ورود به منطقه و برداشت اطلاعات و فاکتورهای مورد نیاز برای مدل EPM استفاده گردید. در تعیین واحد کاری به روش ژئومورفولوژی از تلفیق اطلاعات زمین شناسی، توپوگرافی و ژئومورفولوژی (تهیه از طریق تفسیر عکس های هوایی و بازدید صحرایی) استفاده شد. به طوری که به طور همزمان نیز مقادیر بار معلق در فواصل زمانی سال ، ۶۵ - ۸۲ محاسبه شده و سپس مقادیر فرسایش و تولید رسوب با بکارگیری مدل تجربی EPM در حوضه آبخیز مورد مطالعه برآورد شده است. سپس داده ها و اسناد ، جمع آوری شد. فاکتور های مورد نیاز بررسی و محاسبات مربوط برای هر زیر حوضه و کل حوضه انجام پذیرفت. در حین تحقیق چند مرحله بازدید میدانی صورت گرفت و همچنین تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزارهای Smada (روش رگرسیون چند متغیره) و Auto cade، GIS می باشد.

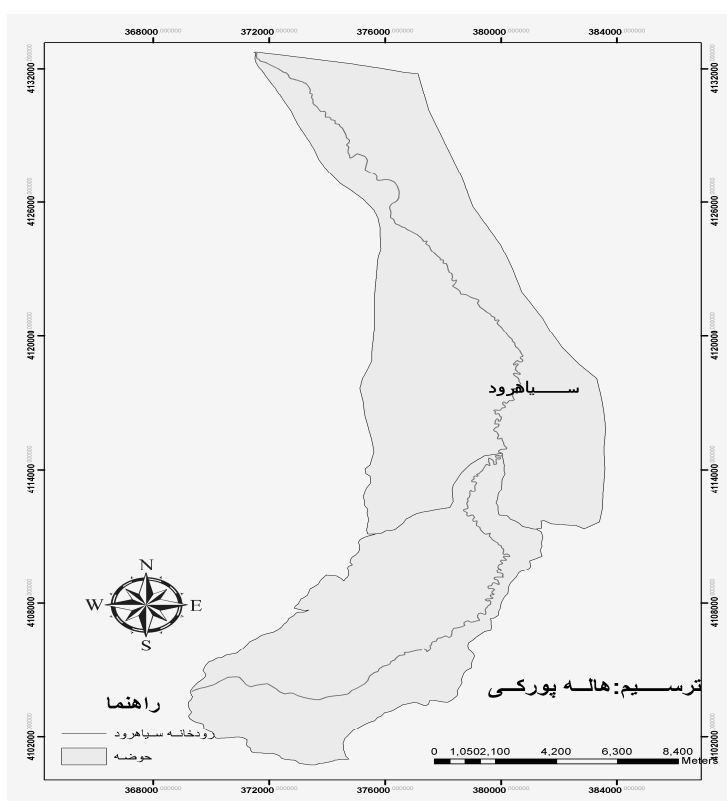
۳-۱ - تعیین خصوصیات ، موقعیت و ویژگیهای کلی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سیاهرود در استان گیلان از کوه های کم ارتفاع هزارمرز، نیزه سر ، چکول بندان ، کچادر حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان رشت با حداکثر ارتفاع ۸۱۰ متر از سطح دریای آزاد سرچشمه می گیرد و در امتداد جنوب به شمال پس از عبور از روستاهای بهدان ، چوماچا، دونهرسیاواش ، سنگر ، بیجارپس ، رودبراه ، گل پرده سر ، کسبخ و ... مسیری به طول ۸ کیلومتر را در شهر رشت می پیماید و در داخل شهر رشت در منطقه بوسار پس از طی مسیری به رودخانه گرمروود می پیوندد (رودخانه پیربازار) و در نهایت وارد تالاب انزلی می شود. در شکل ۱ موقعیت حوضه سیاهرود در نقشه مشخص شده است .



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبخیز سیاهرود

مساحت حوضه (شکل ۲) حدود ۲۰۴/۳۳ کیلومترمربع، محیط حوضه آن ۹۳/۶۴ کیلومتر. بلندترین خط طول رودخانه حوضه ۵۴/۴۴ کیلومتر است سیاهرود از حوضه های کم ارتفاع بوده و حداکثر ارتفاع ۸۱۰ متر و حداقل ۲۶- متر است. این رودخانه بیش از ۳۰ شاخه فرعی دارد و چشمه های طبیعی و ذوب برف در بالادست تأمین کننده آب آن است. (جدول شماره ۱) شیب متوسط حوضه مورد مطالعه ۳/۵۹ درصد، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۰۴/۵۶ متر می باشد. (جدول شماره ۲)



شکل ۲- نقشه حوضه آبخیز سیاهرود

جدول شماره ۱_ مشخصات فیزیکی حوضه سیاهرود

نام رودخانه	طول آبراهه اصلی	مساحت	پیرامون	شیب متوسط رودخانه اصلی	ارتفاع متوسط	ارتفاع بلندترین نقطه	ارتفاع خروجی	تفاوت ارتفاع حداکثر
	کیلومتر	کیلومترمربع	کیلومتر	درصد	متر	متر	متر	متر
سیاهرود	۵۴/۴	۲۰۴/۳	۹۳/۴	۳/۹	۱۰۴/۶	۱۰	-۲۶	۵۵

جهت بررسی شکل حوضه مورد مطالعه، پس از محاسبه تعدادی از خصوصیات حوضه، محاسبات مربوط به ضرایب شکل انجام گرفت که نتایج آن با استفاده از روش های متفاوت در جدول ۱ ارائه شده است. شکل حوضه براساس ضریب گراولیوس، کشیده و از جنوب غربی به شمال شرقی کشیده شده است.

جدول شماره ۲_ جدول ضریب شکل حوضه آبریز شهر رشت

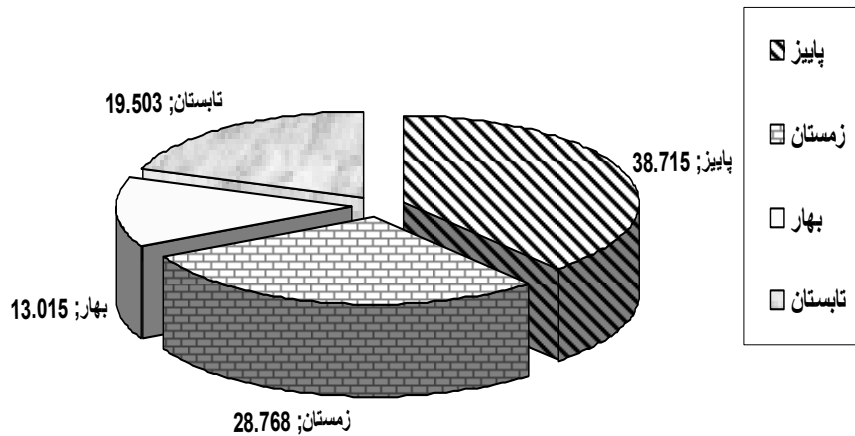
زمان تمرکز (ساعت)			شیب متوسط حوضه	عرض مستطیل معادل	طول مستطیل معادل	ضریب شکل			نام رودخانه
روش چاو	روش کریچ	روش کالیفرنیا	درصد	کیلومتر	کیلومتر	میلر	گراولیوس	هورتن	
۵/۲۸	۵/۱۴	۵/۱۸	۴۳/۷۸	۴/۷۶	۳۴/۰۹	۰/۳۴	۱/۷۱	۰/۷۸	سیاهرود

۳ - ۲ - اقلیم
۳ - ۲ - ۱ - بارندگی

پارامترهای اقلیمی مورد نیاز برای این مطالعه شامل بارندگی و دماست که برای این منظور از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک رشت استفاده شده است. طبق جدول شماره ۳ میانگین بارندگی ۳۰ ساله برابر با ۱۳۰۴ میلی متر در سال تعیین شده است. اقلیم منطقه در روش دمارتن برابر 49/58 و بسیار مرطوب می باشد. نمودار شماره ۱ درصد بارندگی فصلی در ایستگاه سینوپتیک رشت را نشان می دهد.

جدول شماره ۳ - متوسط باران، درصد بارش ماهانه، میانگین و در صد بارش فصلی در ایستگاه سینوپتیک رشت

فصل	بارش فصلی به در صد	درصد بارش ماهانه به درصد	متوسط باران به میلیمتر
پاییز	۳۸/۷۱	۱۴/۳۸	۱۸۷/۵ مهر
		۱۲/۹۳	۱۶۸/۶ آبان
		۱۱/۴	۱۴۸/۷ آذر
زمستان	۲۸/۷۷	۹/۲۴	۱۲۰/۵ دی
		۱۰/۴۱	۱۳۵ بهمن
		۹/۱۲	۱۱۸/۹ اسفند
بهار	۱۳/۰۱	۵/۲۷	۶۸/۷ فروردین
		۴/۴۶	۵۸/۱ اردیبهشت
		۳/۲۹	۴۲/۹ خرداد
تابستان	۱۹/۵۱	۳/۴۷	۴۵/۲ تیر
		۴/۲۱	۵۴/۹ مرداد
		۱۱/۸۲	۱۵۴/۲ شهریور
	۱۰۰	۱۰۰	۱۳۰۳/۹ سالانه



نمودار شماره ۱- درصد بارندگی فصلی در شهر رشت

بارندگیهای سالانه ایستگاه رشت در یک دوره آماری (۸۶-۱۳۷۵) طبق نمودار ۲ نشان می دهد که تغییرات محسوس در بارندگیهای سالانه مشاهده می شود. به طوریکه کمترین مقدار بارندگی آن با رقم ۱۰۷/۵ میلیمتر متعلق به سال ۷۶-۷۵ و بیشترین بارش اتفاق افتاده در این منطقه مربوط به سال ۷۲-۷۱ با رقم ۱۸۵۷/۳ میلیمتر میباشد



نمودار ۲_ نمودار میانگین بارندگی سالانه ایستگاه رشت بر حسب میلیمتر

از آنجائی که تناوب حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته یکی از عواملی است که در محاسبات مربوط به طغیان ها و پخش سیلاب و کنترل رسوب دارای اهمیت زیادی می باشد، لذا برای تحلیل بارش مناطق از حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته استفاده می شود. در جدول شماره ۴ مقادیر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره بازگشتیهای مختلف برای ایستگاه سینوپتیک رشت ارائه شده است.

جدول شماره ۴ - جدول بارندگی ۲۴ ساعته در ایستگاه رشت بر حسب میلیمتر

66-67	67-68	68-69	69-70	70-71	71-72	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	آبدهی سالانه رودخانه سیاهرو دسال آبی
۸۰	۱۲۰	۱۵۸/۵	۹۰	۱۳۸	۸۲	۱۶۷	۸۹	۱۰۹	۱۰۳/۵	۸۴	۹۵	۸۶	۹۰	۲۰۲/۶	۹۲/۲	بارندگی ۲۴ ساعته

۳ - ۲-۲ - درجه حرارت

به منظور بررسی رژیم حرارتی در منطقه مطالعاتی از داده های ۲۰ ساله ایستگاه های سینوپتیک رشت استفاده شده است. (جدول شماره ۵)

جدول شماره ۵ - جدول مشخصات دما در ایستگاه سینوپتیک رشت بر حسب درجه سانتیگراد

سینوپتیک رشت	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر مطلق	۳۷/۴	۳۲/۵	۲۹/۲	۲۹/۲	۲۹/۴	۳۴/۶	۳۷	۳۷/۶	۳۵/۲	۳۶	۳۷/۲	۴۰	۴۰
میانگین حداکثر	۲۲/۳	۱۷/۲	۱۳/۳	۱۱	۱۱/۶	۱۴	۱۹/۳	۲۳/۷	۱۸/۱	۳۰/۲	۳۰/۵	۲۶/۶	۲۰/۶
متوسط	۱۸/۱	۱۳/۱	۹/۲	۷	۷/۳	۹/۹	۱۴/۷	۱۹/۲	۲۳/۶	۲۵/۷	۲۵/۹	۲۲/۴	۱۶/۳
میانگین حداقل	۱۳/۹	۹	۵/۲	۳/۱	۳/۱	۵/۷	۱۰/۱	۱۴/۷	۱۹	۲۱/۲	۲۱/۴	۱۸/۲	۱۲
حداقل مطلق	۶/۸	-۱	-۳/۸	-۸/۲	-۸/۶	-۳	-۰/۶	۳/۶	۱۱/۶	۱۴/۶	۱۵/۲	۱۱	-۸/۶

۳ - ۳ - هیدرولوژی

با توجه به نتایج آبدهی بدست آمده در جدول شماره ۶ در ایستگاههای هیدرومتری منطقه ، ملاحظه می گردد که بیشترین آبدهی فصلی رودخانه ها مربوط به فصل پائیز و ماههای آبان و آذر و کمترین آن مربوط به فصل تابستان و مردادماه می باشد . بعد از فصل پائیز و شروع فصل زمستان ، آبدهی رودخانه ها کاهش یافته تا اینکه از اواسط زمستان مجدداً اوج می گیرند . اما افزایش جریان تا اوایل اسفند ماه تداوم داشته و از این تاریخ تا اواسط فروردین ماه ، دبی افت محسوسی پیدا می نماید . سپس جریان با شیب ملایمی کاهش یافته و به مرز دبی پایه نزدیک می شود . بیشترین ارتفاع رواناب در اردیبهشت ماه ۱۳۰.۱ میلیمتر و کمترین آن در مردادماه ۵۹ میلیمتر می باشد. جدول شماره ۷ آبدهی سالانه رودخانه سیاهرود در ایستگاه پل سازمان برحسب متر مکعب بر ثانیه ارائه شده است .

جدول شماره ۶ - جدول آمار آبدهی و رواناب ماهانه و سالانه رودخانه سیاهرود در ایستگاه پل سازمان -

دوره شاخص ۳۰ ساله برحسب متر مکعب بر ثانیه

متوسط	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه سیاهرود
۵/۶۶	۵/۳۷	۶/۵۴	۶/۷۴	۵/۳۳	۵/۳۴	۴/۷۲	۴/۲۴	۳/۵۸	۴/۸۱	۵/۹۸	۸/۱۸	۷/۱۵	میانگین دبی (متر مکعب بر ثانیه)
۱۱۰۰	۸۵/۷	۱۰۴/۵	۱۰۷/۷	۸۷/۹	۸۸/۱	۷۷/۹	۷۰	۵۹	۷۹/۴	۹۵/۵	۱۳۰/۱	۱۱۴/۲	روناب (میلیمتر)

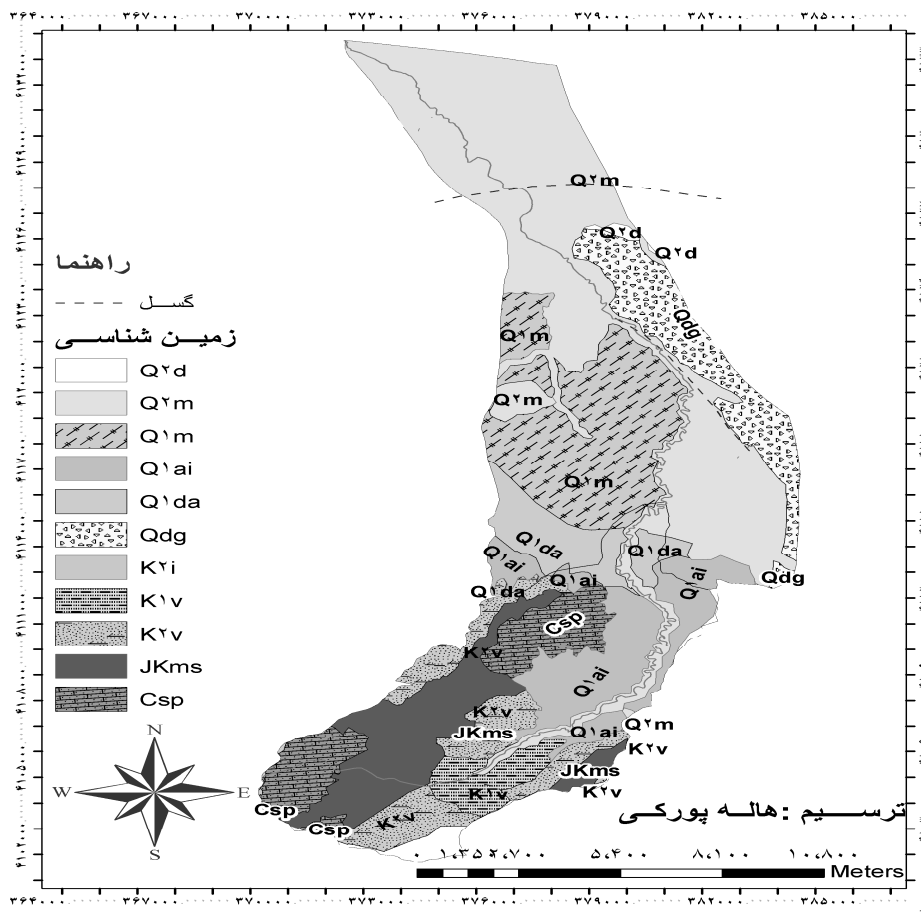
جدول شماره ۷ - جدول آمار آبدهی سالانه رودخانه سیاهرود در ایستگاه پل سازمان برحسب متر مکعب بر

ثانیه

66-67	67-68	68-69	69-70	70-71	71-72	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	آبدهی سالانه رودخانه سیاهرود دسال آبی
۶/۳۴	۵/۲۱	۶/۷۷	۴/۶۱	۴/۹۵	۵/۸۴	۷/۱۴	۵/۳۶	۵/۹۲	۴/۹۲	۶	۴/۴۱	۴/۹۳	۵/۲۲	۵/۲۶	۶/۰۹	میانگین دبی (متر مکعب بر ثانیه)

۳-۴- مشخصات زمین شناسی منطقه

تاریخ زمین شناسی حوضه مورد مطالعه طبق شکل ۳ از واحدهای مربوط به دوران های زمین شناسی ، پالئوزوئیک و مزوزوئیک و بخشی از دوره کواترنر تشکیل شده است . این ناحیه از سنگهای دگرگونی پرکامبرین شروع شده و تا رسوبات کواترنر و عهد حاضر ادامه می یابد که جدیدترین رسوبات این منطقه می باشد . در اواخر دوره سوم زمین شناسی، رسوبات این بخش را رسوبات به شدت تخریبی و با فرسایش پذیری بالایی تشکیل می دادند . این امر به آب شستگی سریع این رسوبات در بخشهای مرتفع تر اطراف جلگه و ته نشینی آنها در پایین دست منجر شده است رسوبات کواترنر در این منطقه بیشتر بصورت رسوبات آبرفتی می باشد که با یک ناپوستگی بر روی رسوبات قدیمی تر قرار گرفته اند.



شکل ۳- نقشه زمین شناسی حوضه آبخیز سیاهرود

۳-۷- خاک

خاک این حوضه (شکل ۴) در بالادست عمدتاً شنی لومی و در قسمت های میانی، لومی می باشد و به طور کلی سه گروه عمده خاک در حوضه مورد مطالعه وجود دارد که عبارتند از خاک های لیتوسل، قهوه ای جنگلی و آبرفتی. از نظر رده بندی جدید می توان خاک های آنتی سل، اینسپتی سل و آلفی سل را نام برد. قرار گرفتن خاکها در زیر گروه آکوئیک به علت وجود آبهای زیر زمینی و بارندگی زیاد منطقه می باشد و حاصلخیز بودن خاکها به خاطر بالا بودن مواد آلی در سطح خاکها میباشد شستشوی خاکها، تخریب انواع سنگها، پستی و بلندی، پوشش گیاهی موجودات زنده خاک، زمان و اثرات انسان بر روی خاکها خصوصاً در خاک شالیزارها موجب پیدایش خاکهای متنوعی در این حوضه شده اند.



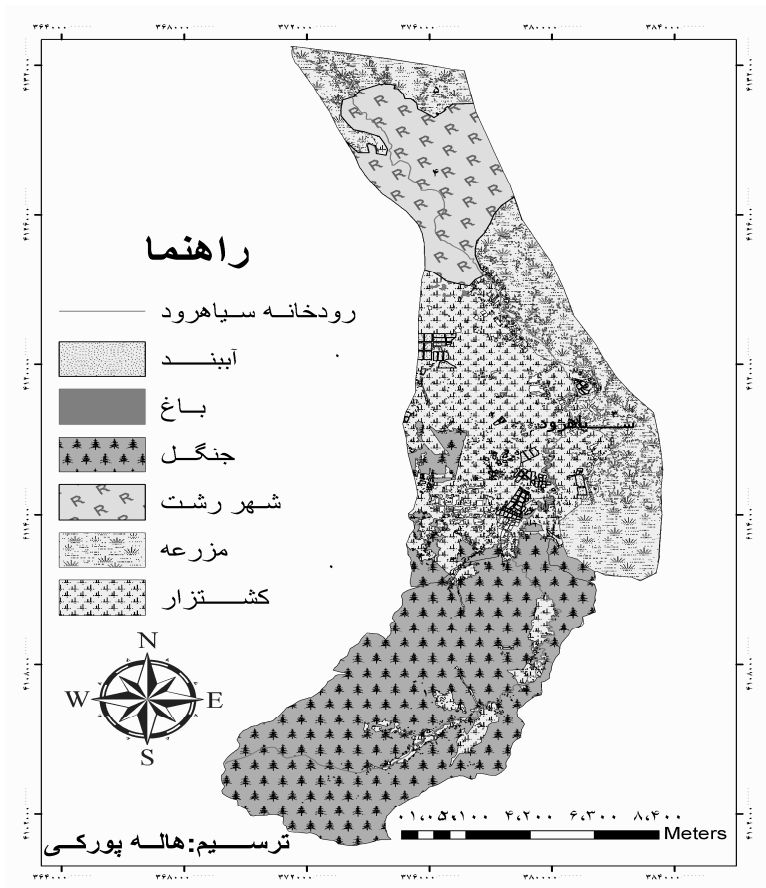
شکل ۴- نقشه خاک حوضه آبخیز سیاهرود

۳-۸- پوشش گیاهی و کشاورزی

حوضه مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی کامل جزء جنگل های مرطوب ایران است و حدود ۶۸ درصد آن (تا محل پل سازمان) ، زیر ارتفاع ۲۰۰ متر قرار دارد . (شکل ۴) همچنین پوشش گیاهی با کند نمودن جریان آبهای سطحی ناشی از بارش باران و نفوذ تدریجی آن به خاک موجب غنی شدن سفره های آب های زیرزمینی می گردد و جریان پایه آب های جاری شده و آب مورد نیاز مصارف کشاورزی را افزایش می دهد . علاوه بر این نقش بسیار بارز در جلوگیری از فرسایش خاک ایفا می کند .

عمده ترین پوشش گیاهی منطقه شامل پوشش درختی و درخچه ای عبارتند از :

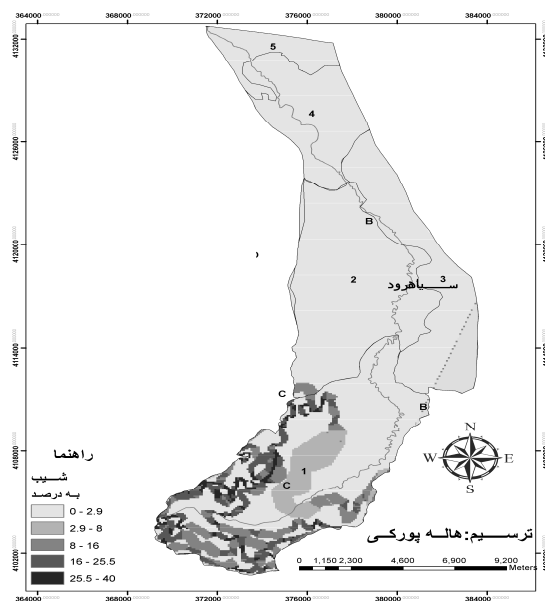
هلو، آلو، گیلاس ، انار ، فندق ، انجیر ، ازگیل ، آلوچه و سایر درختان و درخچه ای و پوشش علفی : تمشک ، پونه ، ماچک ، سبزیجات و غیره می باشند. کشاورزی در این منطقه بدلیل شرایط آب و هوایی مناسب خاک مرغوب رونق فراوانی دارد و کشت توتون ، چای ، برنج و سبزیجات بسیار مشاهده می شود .



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز سیاهرود

۳-۹- بررسی شیب حوزه سیاهرود

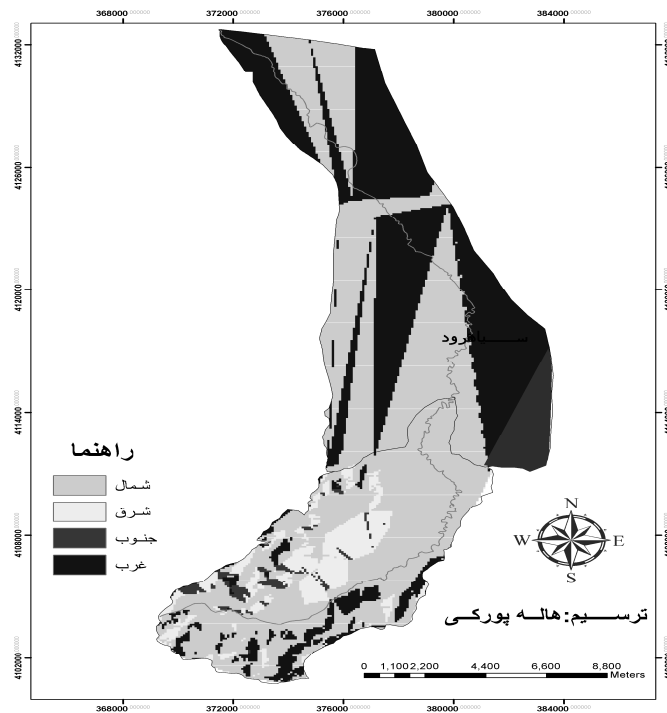
در خصوص عامل شیب و تهیه نقشه آن، (شکل ۵) ابتدا با ملاحظه وضعیت توپوگرافی حوزه و نیاز مطالعاتی، با نرم افزار GIS نقشه شیب و طبقات شیب در پنج دسته در نظر گرفته و ترسیم شد. شیب متوسط حوزه ۳/۵۹ درصد بدست آمد.



شکل ۵- نقشه شیب حوزه آبخیز سیاهرود

۳-۱۰- جهت حوضه سیاهرود

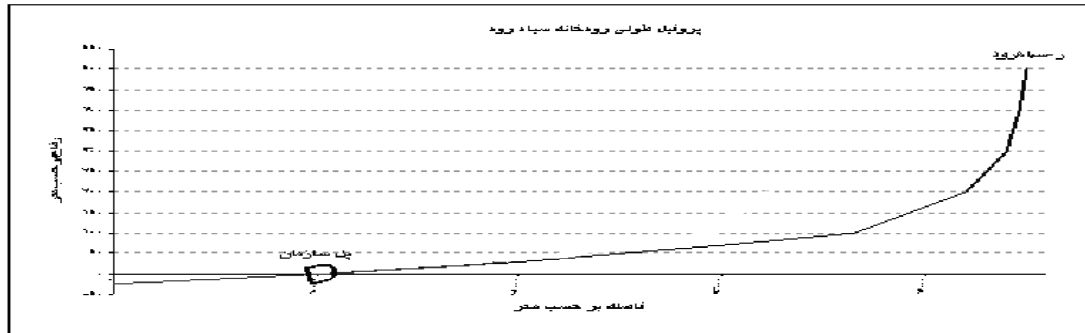
جهت شیب اثر غیر مستقیم در آبدوی و فرسایش دارد. شیب هم جهت با جهات مختلف یک منطقه معمولاً به طور یکسان با خطر فرسایش روبرو نیستند. اثر عمده شیب در میزان آبدوی و فرسایش به علت اختلاف میکرو اقلیمهای موجود در شیبهای مختلف است. وضع قرار گرفتن شیب نسبت به خورشید در حرارتی که شیب دریافت می کند تاثیر دارد. در شیبهای آفتاب گیر تابش شدید خورشید با تجزیه مواد آلی، هوموس را از بین می برد و در نتیجه خاک چسبندگی خود را از دست می دهد و مستعد فرسایش می شود. شیب عمومی حوضه بر اساس شکل ۶ به طرف شمال بوده و به صورت جهات چهارگانه مورد بررسی قرار گرفته است.



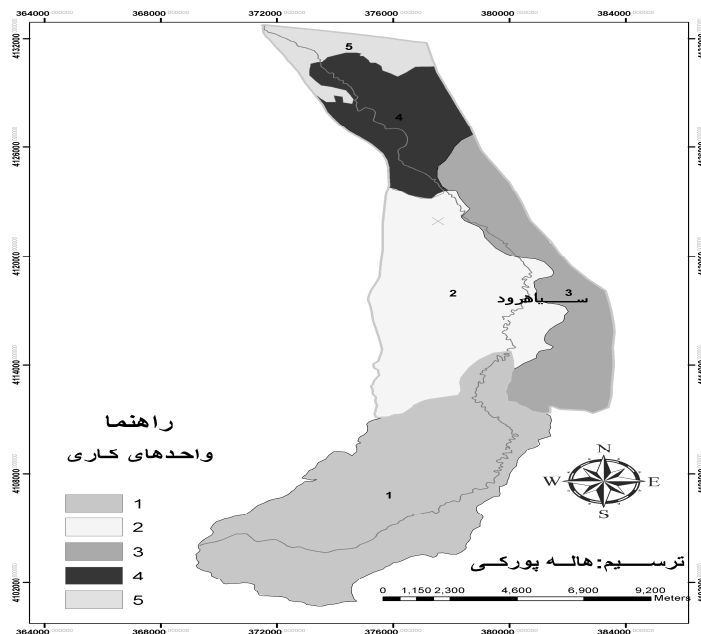
شکل ۶ - نقشه جهت شیب حوضه آبخیز سیاهرود

۳-۱۱- نیمرخ طولی

نیمرخ طولی در واقع نمایش طولی یک رشته با ارتفاع است، با رسم چنین نیمرخ می توان ارتفاع و همچنین شیب رودها را در مقاطع مختلف محاسبه و جهت اجرای انواع سازه ها و اقدامات مدیریتی مورد استفاده قرار داد. رسم پروفیل طولی یک رشته می تواند اطلاعات مفیدی در مورد حوضه مانند سرعت آب و قدرت فرسایشی رشته و زمان تمرکز بدست دهد. از آنجائی که قدرت تخریبی رشته ها بستگی مستقیم به سرعت جریان آب و سرعت جریان آب نیز به نوبه خود به شیب رشته بستگی دارد، لذا آگاهی از شیب نقاط مختلف مسیر رشته می تواند تصویر روشنی از قدرت تخریب رشته در نقاط مختلف بدست دهد. براساس نمودار شماره ۳ آن چه مشاهده می شود، در قسمت بالادست رودخانه شیب نسبتاً تند و در قسمت های میانی و پایین دست شیب کند می باشد.



نمودار شماره ۳ - نمودار نیمرخ طولی رودخانه های سیاهرود
 طبق شکل شماره ۷ حوضه آبخیز سیاهرود به ۱ واحد اصلی و ۵ زیر واحد، طبقه بندی شد.



شکل ۷ - نقشه واحدهای کاری حوضه آبخیز سیاهرود

۳-۱۲- بررسی شدت فرسایش حوضه آبخیز سیاهرود با استفاده از روش EPM

روش EMP با استفاده از اطلاعات حاصل از قطعه زمینهای فرسایشی و اندازه گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق بدست آورده و برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه توسط گاوریلیوویچ ارائه گردیده است.

در این روش چهارعامل، ضریب فرسایش، ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت خاک به فرسایش و شیب متوسط حوضه مشخص می شود.

شدت فرسایش در حوضه مورد مطالعه با استفاده از فرمول $Z = Y \cdot Xa (\psi + I0.5)$ تعیین شد. در این روش چهارعامل: ضریب شدت فرسایش (Z) ضریب کاربری زمین (xa) ضریب حساسیت خاک به فرسایش (y) ضریب فرسایش (Q) و شیب متوسط حوضه (I) هستند.

سپس محاسبه (شدت فرسایش) صورت گرفته شد. بر اساس مشاهدات میدانی و نقشه هوایی شرایط ضریب فرسایش آبخیز در واحد کاری ۱ سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده و غالباً تحت پوشش جنگلی و گیاهان

دائمی است. در واحد کاری ۲ سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده و اغلب دارای پوشش زراعی است. در واحد کاری ۳ و ۵ سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده ولی در کنار رودخانه ها واریزه و لغزش مشاهده می شود و در واحد کاری ۴ که در آن شهر رشت واقع شده و به علت آسفالت شدن معابر و غیر قابل نفوذ بودن سطح زمین فاقد فرسایش می باشد. مقادیر ضریب استفاده از زمین در واحد کاری ۱ جنگل های خوب بر روی شیب های تند واقع شده و در واحد کاری ۲ مزارع دائمی و باغات در واحد کاری ۳ و ۵ مراتع زهکشی شده و پوشیده از گراس ها در واحد کاری ۴ اراضی غیر قابل کشت و زرع تشکیل شده است. از نظر مقادیر حساسیت خاک زمین به فرسایش در واحد کاری ۱ خاکهای جنگلی قهوه ای و در واحد کاری ۲ و ۳ و ۵ لاشبرگ، خاکهای هموسی و در واحد کاری ۴ به علت آسفالت شدن شهر فرسایش بسیار ناچیز می باشد. برآورد ضریب شدت فرسایش در هر زیرحوضه در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول شماره ۸_ جدول ضریب شدت فرسایش و عوامل موثر در فرسایش حوضه آبخیز سیاهرود

شماره زیر حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	کل حوضه
شدت فرسایش	کم	متوسط	متوسط	کم	متوسط	متوسط
ضریب شدت فرسایش Z	۰/۲۱	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۳۴
عوامل موثر در فرسایش	پوشش جنگلی کامل	تغییر کاربری و تخریب جنگل ۲-خاک حساس به فرسایش	تغییر کاربری و تخریب جنگل ۲-خاک حساس به فرسایش	تغییر کاربری و گسترش شهر	تغییر کاربری و تخریب جنگل ۲- خاک حساس به فرسایش	تغییر کاربری و تخریب جنگل ۲-خاک حساس به فرسایش

فرسایش ویژه، مقدار فرسایش ویژه سالانه برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال است. از فرمول زیر مشخص شد که در جدول شماره ۹ ارائه شده است.

$$W_{SP} = T.H.\pi.Z^{1.5}$$

T = ضریب درجه حرارت که از رابطه بدست می آید که در آن t میانگین درجه حرارت سالانه در حوضه آبخیز به درجه سانتیگراد می باشد.

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1 \right)^{0.5}$$

بر اساس میانگین درجه حرارت سالانه حوضه T=۱/۳۲ بدست آمد.

H = ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز ۱۳۰۴ میلی متر می باشد و I عدد پی برابر ۳/۱۴ می باشد.

جدول شماره ۹_ جدول فرسایش ویژه حوضه آبخیز سیاهرود برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

زیر حوضه	۱	۲	۳	۴	۵	کل
فرسایش ویژه W _{sp} برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال	۵۲۰/۱۳	۱۵۶۸/۱۳	۱۳۱۶/۳۷	۷۵۸/۲۸	۱۳۱۶/۳۷	۱۰۹۵/۵۲

برای تعیین ضریب رسوب دهی حوضه معمولاً مقدار رسوبی که در محل خروجی رودخانه اندازه گیری می شود از خاک فرسایش یافته در سطح حوزه آبخیز کمتر است. زیرا ممکن است مقدار زیادی از خاک فرسایش یافته در نقطه دیگری از حوضه رسوب نماید و به همین جهت لزوم تعیین ضریب رسوب دهی حوزه ضرورت دارد.

$$RU = L (P \cdot D) 0.5$$

$RU =$ ضریب رسوب دهی حوضه آبخیز

$P =$ محیط حوضه آبخیز که برابر $93/64$ کیلومتر می باشد

$L =$ طول حوضه برابر $54/44$ کیلومتر در فرمول بالا مقدار D از طریق فرمول روبرو بدست می آید.

$$D = (Dav - DO)$$

$Dav =$ ارتفاع متوسط حوضه آبخیز برابر $104/56$ و $DO =$ ارتفاع نقطه خروجی در رودخانه که برابر 15 متر می

باشد. که بر اساس این پارامترها مقدار ضریب رسوب دهی حوضه سیاهرود در جدول شماره 10 بدست آمد.

جدول شماره 10 - جدول ضریب رسوب دهی حوضه آبخیز سیاهرود

کل	حوضه سیاهرود
$0/12$	ضریب رسوب دهی حوضه RU

برای محاسبه دبی رسوب ویژه مقدار فرسایش ویژه را در ضریب رسوب دهی ضرب می نمایم و در جدول شماره 11 دبی رسوب ویژه در حوضه سیاهرود برآورد شده است:

$$GSP = WSP \cdot RU$$

$GSP =$ دبی رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

جدول شماره 11 - جدول ضریب رسوب دهی حوضه آبخیز سیاهرود

کل	حوضه سیاهرود
$117/88$	دبی رسوب ویژه GSP

برای محاسبه دبی رسوب کل؛ دبی رسوب ویژه را در مساحت کل حوضه آبخیز ضرب می نمایم:

$$GS = GSP \cdot F$$

$GS =$ دبی رسوب کل حوضه بر حسب متر مکعب در سال

$GSP =$ دبی رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در سال در کیلومتر مربع

$F =$ مساحت حوضه آبخیز بر حسب کیلومتر مربع

جدول شماره 12 - جدول دبی رسوب کل حوضه آبخیز سیاهرود

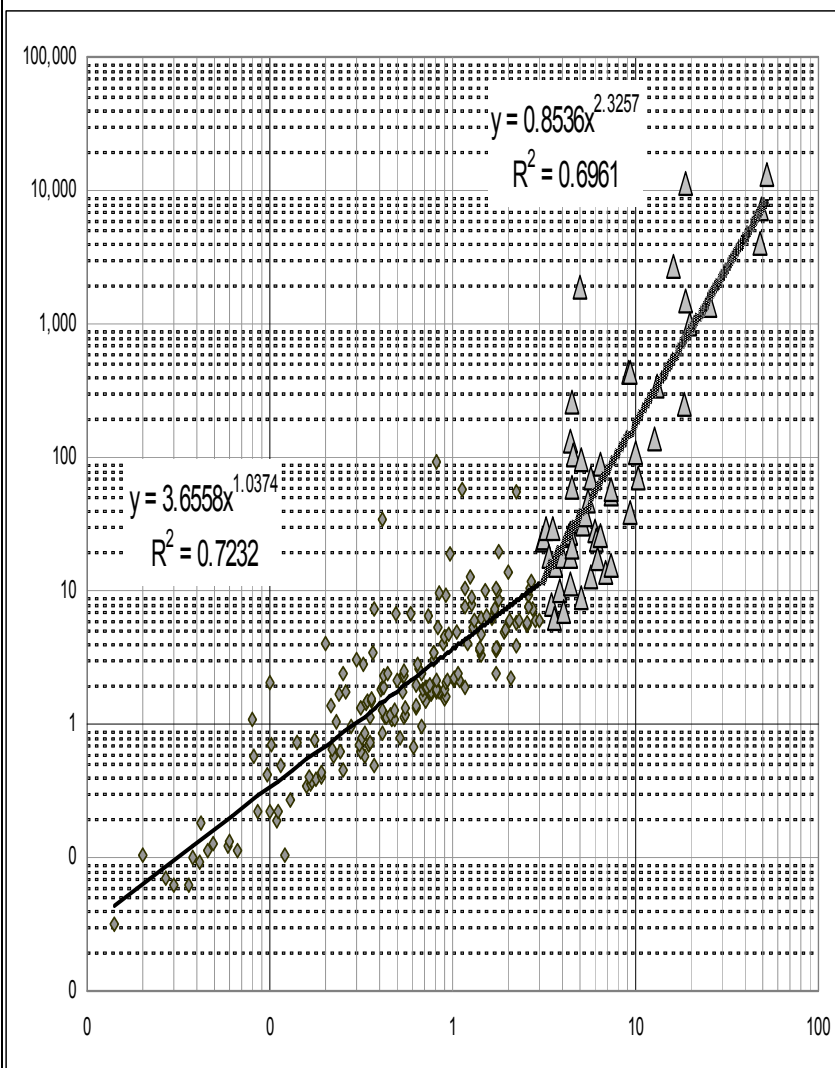
کل	حوضه سیاهرود
24086	دبی رسوب کل حوضه GS

برای بدست آوردن میزان رسوب به کمک آمار مشاهده ای، از منحنی سنج رسوب استفاده شد. مقایسه رسوب برآورد شده مدل تجربی با رسوب ایستگاه رسوب سنجی و بررسی کارایی مدل طبق محاسبات انجام شده از طریق

آمار ۱۸ ساله ایستگاه رسوب سنجدی سیاهرود بهدان متوسط بار رسوب سالیانه بار معلق طبق جدول شماره ۱۳
25161/19 تن در سال محاسبه گردید.

جدول شماره ۱۳_ جدول دبی رسوب
سالانه حوضه آبخیز سیاهرود بر حسب تن

دبی رسوب سالانه متوسط بر حسب تن	
سال آبی	سالانه
1381-82	32568
1380-81	28560
1379-80	24549
1378-79	11979
1377-78	47189
1376-77	11788
1375-76	120211
1374-75	4873
1373-74	3067
1372-73	22053
1371-72	3821
1370-71	7023
1369-70	6643
1368-69	39191
1367-68	6917
1366-67	32147
متوسط	25161/19



نمودار شماره ۴_ نمودار منحنی رسوب حوضه آبخیز سیاهرود

۴- بحث و نتیجه گیری

رسوب برآورد شده در سطح حوضه برابر با 25161/19 تن در سال می باشد. نسبت مقدار واقعی به رسوب برآورد شده توسط مدل (۹۶ درصد) نشان دهنده این است که مدل E.P.M می تواند با دقت مناسبی مقدار رسوب و فرسایش را در حد زیر حوضه ها و حوضه های کوچکی مانند سیاهرود برآورد نماید

شیب بستر نقش تعیین کننده ای بر انتقال رسوب دارد که با توجه به شیب نسبتاً تند زرجوب در قسمت های بالا دست و شیب کند آن در بستر میانی و پایین دست، ملاحظه می شود که قدرت تخریبی زیاد در نواحی پر شیب با کندن و حمل مواد، باعث رسوب گذاری در بخشهای میانی و پایین دست رودخانه می گردد. انباشت رسوبات در این بخش باعث بالا آمدن کف و بستر رودخانه شده و بدین ترتیب خطر سیل گیری روستاها و اراضی رودخانه افزایش می یابد.

با توجه به خصوصیات رژیم بارش در قلمرو حوضه آبخیز زرجوب بخوبی می توان دریافت که پیامدها تخریبی بارشهای تند چندان هم ضعیف نیست و نباید آن را نادیده گرفت. با توجه نتایج بدست آمده جدول شماره ۱۲، کمترین مقدار رسوب در سال آبی ۱۳۷۴-۱۳۷۳ و بیشترین رسوب در سال ۱۳۷۵-۱۳۷۶ بدست آمده که در شهریور ماه همان سال میزان رسوب برابر با ۱۰۶۹۳۶ تن می باشد که بر اثر بارندگی ۲۴ ساعته ۱۰۳/۵ میلیمتر و دبی ۵/۳۶ مترمکعب بر ثانیه اتفاق افتاده است. شدت بارندگی بخصوص شیب نسبتاً تند زرجوب در قسمت های بالا دست افزایش دبی حاصل از بارندگی و سیلاب را در برداشته و نتیجتاً افزایش فرسایش خاک و افزایش مقدار ضریب جریان سطحی را نیز به دنبال داشته است.

از طرف دیگر رویش طبیعی گیاهان در کناره های رودخانه که به صورت طبیعی حفاظتی در مقابل فرسایش به شمار می آید، در تمامی مسیر بستر عملکرد ثابتی ندارد. در برخی مقاطع رودخانه رویش گیاهان چوبی و درختچه ها و بوته ها باعث تنگ تر شدن بستر و در نتیجه محدود شدن مسیر جریان آب می گردد. این عمل باعث می شود که در مواقع طغیانی سرریز آب به فضاهای کناری و اراضی خارج از بستر جریان یافته و خساراتی به وجود می آورد تغییرات فیزیکی که در کیفیت آب به هنگام طغیانی شدن رودخانه به وجود می آید، باعث می شود که مواد معلق آب در بستر کم شیب بر جای گذاشته شده و سطح اساس رودخانه دچار تغییر ارتفاعی شود. علاوه بر آن اثرات تخریبی که سیل به صورت رسوب گذاری در محل مصب زرجوب با تالاب بر جای می گذارد، از نظر پیشروی خشکی در آب قابل توجه است. طی چنین فرآیندی بندر سابق پیر بازار که روزگاری در کنار تالاب و موج خور آن قرار داشته، امروزه با ساحل تالاب فاصله زیادی پیدا کرده است. به همین نسبت رودخانه زرجوب در فاصله پیر بازار تا رشت که تا اوایل قرن اخیر قابل قایقرانی بوده و کالاهای تخلیه شده در بند پیر بازار از طریق این آبراهه طبیعی به بازار رشت حمل می شد، امروزه دیگر برای چنین مقصودی قابلیت کارایی ندارد.

عمده ترین مواد طبیعی آلاینده آب های جاری را می توان رسوبات معلق دانست که در اثر فرسایش و به همراه رواناب های ناشی از بارندگی ها و سیلاب ها حمل و وارد رودخانه می شوند. کدورت و گل آلودگی رودخانه سیاهرود در مواقع بارندگی های (رگباری) و فصول سیلابی عمدتاً به دلیل ورود مواد معلق در آب است.

براساس مطالعه انجام شده در حوضه آبخیز سیاهرود نتایج زیر به دست آمد:

تغییر کاربری اراضی و تخریب جنگل از دلایل عمده فرسایش منطقه می باشد و چون فرسایش عمدتاً در مناطق پرشیب و حساس از نظر زمین شناسی مشاهده می شود، تخریب جنگل هم در آنجا صورت گرفته است، لذا توصیه می شود با آگاهی دادن به مردم نظارت و کنترل بیشتر از تخریب جنگل به ویژه در مناطق حساس به فرسایش جلوگیری به عمل آید.

با تخلیه فاضلاب ها و هرز آب های سطحی شهر به رودخانه، به ویژه هنگامی که حجم و سرعت جریان آن افزایش می یابد تخریب فیزیکی به صورت فرسایش در محل ریزش انجام می گیرد که در نتیجه آن پایه های دیوارها و پل ها و سایر ساخت و سازه ها صدمه می بینند. از طرف دیگر تخلیه مواد جامد سبک و سنگین به رودخانه ها توسط کانون های شهری باعث می شود که این مواد بتدریج در مسیر رودخانه حرکت کرده و به حوضه های آبریز انتهایی برسد. رسوب گذاری مواد جامد ریخته شده به رودخانه در محل مصب آن باعث ایجاد تخریب فیزیکی شده و بدین

ترتیب به پر شدن تدریجی آن منجر می گردد. واز تغییر کاربری اراضی جنگل و تبدیل به اراضی کشاورزی خودداری نمود.

منابع و مأخذ :

- ۱- آل شیخ ، مکان یابی عرصه های مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، همایش ملی مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، ۱۳۸۰، ص ۱۰
- ۲- احمدی، حسن؛ ژئومرفولوژی کاربردی، ج 1، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران، 688، 1378 ص
- ۳- اصلاح عربانی، ابراهیم و همکاران . کتاب گیلان، جلد اول، انتشارات گروه پژوهشگران ایران، ۱۳۷۴.
- ۴- بهرامی، محمد ، برآورد حجم رسوب (ناشی از فرسایش) در حوضه آبخیز تنگ شیروان واقع در ۲۰ کیلومتری غرب شهر قیر (استان فارس) به روش های تجربی EPM , MPSIAC و Fournier در قالب GIS ، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، 1385.
- ۵- بیات ، همکاران، بررسی کارایی مدل های MPSIAC و EPM در برآورد رسوب حوضه طالقان، مجله علوم کشاورزی ایران ، جلد ۳۲ ، شماره اول، ۱۳۸۰ ص ۲۱۷.
- ۶- رفاهی، حسینقلی ؛ فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، 519 ، 1379 ص.
- ۷- سازمان آب منطقه ای گیلان .آمار هواشناسی سینوپتیک ایستگاه بهدان و پل سازمان سال 1366-۱۳۸۲.
- ۸- علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ نهم ، بنیاد فرهنگی آستان قدس رضوی، 1385، 518 ص.
- ۹- فیض نیا سادات . مقاومت سنگ ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، ۱۳۷۴.
- ۱۰- نبی پی لشکریان، سعید، بررسی اثرات کاربری اراضی در فرسایش خاک و رسوب دهی حوضه آبخیز ماسوله رودخان در گیلان، دانشگاه علوم پزشکی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۷۹، ۱۲۲ صفحه

11-- Daniels ,R.C, R, H Huxfrd and D .McCadless , 1998 , coastline mapping and idenfication of erosion hazard areas in pacific county , Washington , Department of Ecology , Coastal Monitoring and analysis program , pp: 113-142.

12- gohson, c,w,& k.A. Gebhardt , 1982 ,predicting sediment yields from sagebrush rangelands. In proceedings of workshop on estimating erosion and sediment yield on rangelands , Tucson , Arizona .USDA-sea-arm western series , no 26 . 145-156

13. Horton, R. E. (1945) . Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approachto quamtitative Morphology Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 56, 257- 370