اولین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران
www.isconf.ir
انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین

کارایی دانه‌بندی رسوب در منشأیابی رسوبات آبی حوزه آبخیز نوده گناباد

حامد حدادیان سنو[۱]، مهدی بشیری[۲*]، علی گلکاریان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربت‌حیدریه
۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربت‌حیدریه
۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: (me.bashiri@yahoo.com)

چکیده

لازمه اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آن‌ها در تولید رسوب و درنتیجه شناسایی مناطق بحرانی در داخل حوزه‌های آبخیز است. رویکرد محاسباتی انگشت‌نگاری رسوب شامل دو مرحله اصلی است به‌طوری‌که در مرحله اول چند ردیاب تشخیص‌گر برای جدایش واضح و معنی‌دار منابع بالقوه رسوب انتخاب می‌شوند و در مرحله دوم ردیاب‌های انتخاب شده در منابع بالقوه رسوب، با مقادیر متناظر آن‌ها در نمونه‌های مستخرج از رسوب اخذشده در خروجی حوزه برای تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب حوزه مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در این پژوهش کارایی دانه‌بندی ذرات در منشأیابی رسوبات آبی در حوزه آبخیز نوده شهرستان گناباد بررسی شد. نتایج نشان داد که واحد زمین‌شناسی E^d به‌عنوان کوچک‌ترین واحد زمین‌شناسی، بیش‌ترین سهم را در رسوبات نهشته در خروجی حوزه به خود اختصاص داد. وسعت کم واحد E^d، فاصله زیاد از خروجی و حساسیت‌پذیری کم این واحد از نظر روش‌های E.P.M و P.S.I.A.C، نشان‌دهنده عدم توانایی فاکتورهای در نظر گرفته‌شده از دانه‌بندی رسوب در تعیین سهم واحدهای زمین‌شناسی مختلف از رسوب خروجی حوزه است.

کلمات کلیدی: دانه‌بندی، رسوب، انگشت‌نگاری، منشأیابی رسوب، نوده گناباد.

۱- مقدمه

امروزه هم‌زمانی افزایش قدرت بشر در استفاده از منابع طبیعی و افزایش تقاضا به سبب افزایش جمعیت سبب بروز و ظهور هرچه بیش‌تر مسائل و مشکلات زیست‌محیطی شده که این مشکلات زمینه‌ساز دیگر در جامعه بشری است به‌نحوی‌که استفاده صحیح، پایدار و نظام‌مند از منابع طبیعی، در بسیاری از نقاط جهان و به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه، از برنامه‌ها و شعارهای مدیریتی و اجرایی قرار گرفته است. به همین دلیل حفظ منابع آب و خاک و تحلیل فرایندهای حاکم بر آن، ازجمله فرسایش خاک و تولید رسوب بسیار حائز اهمیت 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 می‌شوند. درصورتی‌که عامل جداکننده ذرات از بستر و انتقال آن‌ها به مکانی دیگر، آب باشد به آن فرسایش آبی گفته می‌شود (رفاهی ۱۳۸۵).

رسوب نیز به مواد آزادشده طی فرآیند فرسایش، شامل شن، سیلت، رس و مواد دیگر که در پایین‌دست آبراهه‌ها برجا می‌مانند گفته می‌شود (بورتون[۱] ۲۰۰۷). فرسایش خاک و همچنین رسوب‌گذاری فرآیندهایی طبیعی هستند اما این فرآیندها بر اثر دخالت انسان در سراسر طبیعت با جنگل‌تراشی، چرای بیش‌ازحد مراتع و عملیات زراعی خارج از توان زمین حالت تشدیدی به خود می‌گیرند (زاپاتا[۲] ۲۰۰۳).

---

[1] Bortone

[2] Zapata

فرسایش باعث آثار درون عرصه‌ای می‌شود که این آثار خود مسائل برون عرصه‌ای را به دنبال دارد. فرسایش خاک آثار منفی و مثبت زیادی به دنبال دارد. ازجمله آثار مثبت فرسایش می‌توان به تشکیل اراضی آبرفتی و دشت‌های سیلابی و افزایش عمق خاک حاصل‌خیز در نقاط ته‌نشینی رسوبات اشاره کرد. این آثار مثبت، ناشی از فرسایش طبیعی است اما آثار منفی فرسایش که اغلب ناشی از فرسایش تشدیدی است، گستره وسیع‌تری دارد و خود به دو دسته کلی آثار محلی یا درون عرصه‌ای که خود شامل آثار مستقیم و غیرمستقیم می‌شود و آثار بیرونی یا برون عرصه‌ای تقسیم می‌شود (لال[1] ۱۹۹۸، والینگ و هی[2] ۱۹۹۷ و وارن[3] و همکاران ۲۰۰۳).

پیش‌زمینه مدیریت کسب اطلاعات درست و کافی است. کسب این اطلاعات در زمینه فرسایش و رسوب با استفاده از روش‌های سنتی امری زمان‌بر و پرهزینه است (کالینز[4] و همکاران ۱۹۹۷؛ کالینز و والینگ ۲۰۰۲؛ کراوس[5] و همکاران ۲۰۰۳؛ والینگ ۲۰۰۵؛ حکیم‌خانی و همکاران ۱۳۸۶). اما منشأیابی رسوب با استفاده از انگشت‌نگاری ترکیبی، روشی است که علاوه بر رفع محدودیت‌های روش‌های سنتی فرآیندهایی را در اختیار قرار می‌دهد که منجر به ارتقاء شیوه‌های مدیریت حوزه‌های آبخیز و ذخیره منابع مالی و درنهایت هدفمند شدن برنامه‌های حفاظتی و مهار فرسایش می‌شود (صادقی و نجفی۱۳۹۳).

در زمینه منشایابی رسوبات، ملکوتی (۱۳۵۳) چگونگی حرکت تپه ماسه‌ها را در سیستان و بلوچستان موردبررسی قرار داده و بـه مطالعات دانه‌بندی و کانی‌شناسی پرداخته است. طبق نتایج، منشأ تپه‌های ماسه‌ای شرق زابل، رودخانه هیرمند و شعبات آن و سواحل دریاچه هامون، اراضی متروکه و فاقد پوشش گیاهی معرفـی شده است. شکویی (۱۳۷۱) وسعت ماسه‌زارهای حوزه جازموریان را حدود ۳۹۱۳۰۰ هکتار برآورد کرده و حدود ۲۵ درصد ماسه‌زارها را فعال و بقیه را نیمه‌فعال تـا غیرفعال تشخیص داده است. خواجه و همکاران (۱۳۸۳) به‌منظور تعیین جهت بادهای غالب، تغییرات جانبی انـدازه ذرات و ترکیب کانی‌شناسی به‌ویژه کوارتز را بـه‌عنوان معیار موردتوجه قرار دادند و نتیجه گرفتند که به‌وسیله تغییرات اندازه دانه و مقدار سیلیس در جهت جانبی می‌توان به جهت کلی بادهای غالب پی‌برد ولی برای تعیین منشا لس‌های گلستان نیاز به تحقیقات بیش‌تر در زمینه SEM، ژئوشیمی ایزوتوپی و فراوانی عناصر فرعی و کمیاب است. عباسی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به بررسی دانه‌بندی و کانی‌شناسی به‌منظور منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای پرداختند و با توجه به قطر ذرات و رابطه آن با مسافت حمل شده توسط باد، مناطق برداشت را در فاصله ۲۰ تا ۵۰ کیلومتری تعیین کردند.

با توجه به پیشینه مطالعات در زمینه کاربرد دانه‌بندی در منشایابی رسوبات، در پژوهش حاضر باهدف شناسایی سهم هر یک از منابع رسوب، از روش‌های سنجش دانه‌بندی و بافت رسوب و همچنین شاخص‌های آماری مربوطه استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نوده با مساحتی در حدود ۲۲۸۱/۱۷ هکتار در حوزه آبخیز کویر مرکزی و ازنظر کشوری در محدوده شهرستان گناباد واقع‌شده است. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز نوده بین طول جغرافیایی۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۵۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۸ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۴درجه و ۱۶ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه می‌باشد. حوزه آبخیز موردنظر دارای ۶ واحد زمین‌شناسی در نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۰۰۰۰ ساخته‌شده در مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری حوزه غرب و جنوب غرب گناباد است که در جدول ۱ مشخصات این واحدها ذکر شده است.

[1] Lal
[2] Walling & He
[3] Warren
[4] Collins
[5] Krause

جدول۱- واحدهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز نوده گناباد به همراه مشخصات آن‌ها

شماره	نام واحد زمین‌شناسی	اجزا واحد زمین‌شناسی	مساحت (هکتار)	حساسیت به فرسایش با روش‌های EPM و PSIAC
۱	E^r	ریولیت، آلکالی ریولیت، آلکالی تراکیت، ریوداسیت، داسیت، لاتیت، توف اسیدی	۷۰،۵۹	کم
۲	R_{sh}	دولومیت	۲۴۱،۶۷	کم تا متوسط
۳	K^l	آهک اوربیتولین دار	۶۳۸،۰۱	کم تا متوسط
۴	E^d	داسیت، آندزی بازالت، ریولیت	۴۵،۶۱	کم
۵	E^c	آندزیت، داسیت، ریوریوداسیت، لاتیت، بازالت	۸۱۶،۸۷	کم
۶	E^a	گدازه‌های آتشفشانی	۴۶۸،۴۲	کم
مجموع			۲۲۸۱،۱۷	

۳- روش‌کار

۳-۱- نمونه‌برداری

به‌طورکلی هنگامی‌که هدف پژوهش تفسیر فرآیند رسوب‌گذاری است، حدود ۲۰۰ گرم نمونه برای ماسه سفت نشده و حدود ۵۰ گرم نمونه برای گل مناسب است (داگلاس و مک‌کونچی[1] ۱۹۹۴). در پژوهش حاضر برای هر تکرار بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم از رسوبات رودخانه‌ای تهیه گردید و پس از مشخص کردن واحدهای کاری (واحدهای زمین‌شناسی)، از واحدهای کاری و همچنین رسوبات حاصل از تلفیق آبراهه‌های حداقل دو واحد زمین‌شناسی نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۵ سانتی‌متری انجام گرفت (فیض‌نیا ۱۳۷۸، کریراس و همکاران ۲۰۱۰ و روتون[2] و همکاران ۲۰۱۱).

۳-۲- دانه‌بندی[3] و تعیین بافت خاک

برای بررسی دانه‌بندی و بافت خاک از هر نمونه یک زیرنمونه ۲۰۰ گرمی و یک زیرنمونه ۵۰ گرمی تهیه شد. ابتدا نمونه‌های ۲۰۰ گرمی از هفت الک درشت‌تر از ۶۳ میکرون سری الک ادن-ونت‌ورث[4] به روش الک تر عبور داده شد. همچنین زیرنمونه‌های ۵۰ گرمی که به روش الک خشک از رسوبات زیر ۲ میلی‌متر تهیه‌شده بود با استفاده از هیدرومتر و روش ASTM سال ۲۰۰۸ برای اندازه‌گیری درصد رس، سیلت و شن استفاده شد و در نهایت دانه‌بندی ذرات رسوب، چولگی، کشیدگی و D10, D50, D90 (قطری از ذرات که ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد از ذرات کوچک‌تر از آن هستند) با استفاده از نرم‌افزار GRADISTAT نسخه ۸ تعیین شد.

۳-۳- آنالیزهای آماری

آنالیزهای آماری انگشت‌نگاری رسوب شامل دو مرحله اصلی است. نخست چند ردیاب برای جدایش واضح و معنی‌دار منابع بالقوه رسوب انتخاب می‌شوند و در مرحله دوم ردیاب‌های انتخاب‌شده در منابع بالقوه رسوب با مقادیر متناظر آن‌ها در نمونه‌های مستخرج از رسوب اخذشده در خروجی حوزه برای تعیین سهم منابع رسوب حوزه مورد مقایسه قرار می‌گیرند (کالینز و والینگ ۲۰۰۲؛ حکیم‌خانی و همکاران ۱۳۸۶؛ فیض‌نیا ۱۳۷۸). لازمه اجرای منشأیابی رسوب تعیین ترکیب بهینه‌ای از ردیاب‌ها یا مجموعه‌ای از خصوصیات مواد منابع رسوب است که توانایی و قدرت تشخیص و تفکیک منابع بالقوه رسوب را داشته باشد. در این مطالعه، ردیاب‌های بافت و دانه‌بندی نمونه‌ها در قالب یک روش آماری سه‌مرحله‌ای برای انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌هایی که قادر به جداسازی و تفکیک منابع رسوب هستند استفاده

[1] Douglas & McConchie
[2] Rhoton
[3] Granulometry
[4] Udden-Wentworth Sieve Series

شد. در مرحله اول، متغیرهایی که دارای غنی‌شده‌گی یا تهی‌شده‌گی بودند حذف شدند. در مرحله دوم برای بررسی بیشتر و تأیید مرحله سوم از آزمون کروسکال‌والیس[1] بهره گرفته شد. در مرحله سوم برای کاهش تعداد ردیاب‌های انتخاب‌شده برای منشأیابی از آنالیزتشخیص[2] در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد. درنهایت با کمینه‌سازی مجموع مربعات خطای نسبی با استفاده از افزونه SOLVER نرم‌افزار Excel سهم هر یک از واحدهای زمین‌شناسی در تولید رسوب تعیین شد.

به‌منظور ارزیابی صحت روش مذکور، از روش‌های تجربی ارزیابی میزان فرسایش در حوضه مورد مطالعه استفاده شد. در روش E.P.M از چهار مشخصه شامل: ضریب فرسایش حوزه آبخیز(φ)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوزه (I) استفاده می‌شود. همچنین در روش P.S.I.A.C از متغیرهای زمین‌شناسی، خاک، آب‌وهوا، روان‌آب، پستی‌وبلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای استفاده می‌شود.

۴- نتایج

در این مطالعه از الک‌های با منافذ ۴۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۳ و کوچک‌تر از ۶۳ میکرون استفاده شد و پارامترهای D10, D50, D90، درصد شن، درصد سیلت، درصد رس و چولگی و کشیدگی ذرات با استفاده از نرم‌افزار GRADISTAT تعیین و همراه با نتایج بافت سنجی خاک، برای تحلیل استفاده شد. جدول۲ نتایج پارامترهای دانه‌بندی رسوبات واحدهای مختلف زمین شناسی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نتایج دانه‌بندی و بافت‌سنجی رسوبات در واحدهای مختلف زمین‌شناسی

زمین‌شناسی	نام واحد	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	۴< mm	۲< mm	۱< mm	۵۰۰< µm	۲۵۰< µm	۱۲۵< µm	۶۳< µm	۶۳> µm	D10	D50	D90	چولگی	کشیدگی
		۱۶,۱۶	۱۸	۶۵,۸۴	۳۵,۸۴	۳۵,۴۴	۴۱,۰۴	۱۹,۰۲	۱۰,۵۹	۶,۲۴	۹,۷۳	۳۶,۲۱	۱۷,۳۴	۱۱۳۳	۴۶۶۷,۱	-۰,۹۲	۲,۴۲۹
E^r		۲۲,۱۶	۲۶	۵۱,۸۴	۲۰,۲۳	۱۲,۰۶	۲۳,۹۹	۱۷,۵۶	۸,۳۹	۹,۸۳	۳۴,۱۶	۶۶,۷۸	۸,۷۳	۸۵,۹۲	۴۰۶۲,۴	۰,۰۹۹	۱,۵۵۳
		۲۰,۱۶	۲۴	۵۵,۸۴	۴۲,۱۵	۳۴,۰۶	۳۴,۴۴	۱۸,۲۱	۵,۵۲	۴,۴۶	۸,۷۶	۴۸,۷۹	۱۱,۹۶	۱۱۲۹	۴۷۸۷,۴	-۰,۷۱	۱,۸۷۴
		۲۱,۴۴	۳۶,۷۲	۴۱,۸۴	۳۴,۸۶	۱۲,۵۱	۷,۲۴	۳,۸	۳,۴۶	۷,۷۱	۴۱,۰۷	۱۶۶,۱	۶,۲۱	۳۹,۶۱	۴۲۸۷,۳	۱,۰۱۹	۲,۴۴۵
R_{sh}		۲۲,۷۲	۴۴,۵۶	۳۲,۷۲	۳۵,۶۱	۱۰	۷,۳۵	۶,۶۳	۱۳,۳۱	۱۰,۷۲	۳۵,۰۲	۱۵۷,۷	۶,۳۶	۴۴,۶۵	۴۳۱۳,۱	۰,۸۷۷	۲,۲۱۳
		۲۶,۷۲	۴۶,۵۶	۲۶,۷۲	۲۸,۴	۷,۴۲	۵,۵۱	۴	۴,۱۴	۴,۹	۴۱,۰۶	۱۷۴,۲	۶,۰۱	۳۳,۶	۴۰۶۸,۸	۱,۲۸۲	۳,۱۵
		۱۸,۱۶	۴۸	۳۳,۸۴	۷۲,۵۶	۲۸,۴۴	۸,۹۶	۴,۰۳	۲,۶۴	۳,۹۲	۱۹,۶۸	۴۹,۰۵	۱۱,۴۲	۲۱۵۶	۵۱۲۹,۴	-۰,۵۶	۱,۵۶۷
K^l		۱۹,۴۴	۵۰,۷۲	۲۹,۸۴	۳۷,۳۳	۶,۲۳	۳,۱۲	۱,۲۵	۱,۵۱	۳,۷۴	۴۸,۴۳	۹۲,۷۳	۷	۶۵,۰۹	۴۷۰۰,۲	۰,۷۳۶	۱,۹۹
		۱۶,۷۲	۵۰,۵۶	۳۲,۷۲	۷۲,۱۵	۷,۴	۶,۵	۱,۷۳	۱,۵۷	۳,۲۵	۲۷,۹۴	۷۶	۸,۰۲	۸۳,۷۲	۵۱۰۹,۵	۰,۰۳۶	۱,۲۰۵
		۸,۷۲	۲۰,۵۶	۷۰,۷۲	۰,۴	۳,۴۷	۱۸,۹۵	۲۴,۹	۳۶,۴۲	۳۳,۰۲	۴۸,۵۱	۲۹,۳	۲۴,۸۵	۱۵۵,۳	۱۰۶۰,۸	-۰,۵۲	۲,۶۹۲
E^d		۱۲,۷۲	۲۲,۵۶	۶۴,۷۲	۱,۱	۴,۵	۲۱,۰۶	۲۲,۸۳	۳۰,۹۳	۲۸,۷۱	۵۰,۲۳	۳۲,۰۱	۲۰,۵۹	۱۴۸,۳	۱۱۲۷,۷	-۰,۳۹	۲,۴۸۳
		۱۰,۱۶	۱۸,۵۶	۷۱,۲۸	۲,۵	۳,۸۶	۲۴,۳۵	۲۳,۷	۳۳,۸۶	۴۰,۳۵	۴۲,۵	۲۳,۵	۳۹,۰۷	۱۶۵,۹	۱۱۶۸,۲	-۰,۴۹	۲,۹۸۴
		۱۰,۷۲	۳۰,۵۶	۵۸,۷۲	۸۵,۲۹	۹,۹۸	۸,۱۲	۴,۵۱	۷,۴	۱۰,۸۹	۳۲,۹۳	۳۸,۶۹	۱۶,۱۹	۱۲۰۴	۵۱۷۹,۶	-۰,۴۸	۱,۶۵۵
E^c		۸,۷۲	۱۸,۵۶	۷۲,۷۲	۶۸,۳	۳۰,۳۵	۳۴,۴۶	۱۷,۶۳	۹,۶۹	۵,۳۲	۱۱,۴۶	۲۰,۴۵	۵۷,۴۱	۱۳۹۸	۵۰۸۰,۴	-۱,۳۲	۳,۶۷۷
		۱۱,۴۴	۴۶,۷۲	۴۱,۸۴	۳۰,۵۲	۱۰,۱۴	۷,۵۸	۳,۶۵	۴,۲۵	۱۸,۰۴	۵۶,۵۴	۶۴,۳۴	۹,۰۸	۷۷,۶۷	۴۵۱۶,۴	۰,۴۳	۱,۹۰۹
		۱۰,۷۲	۱۴,۵۶	۷۴,۷۲	۱۸,۵	۷,۱	۱۹,۲۹	۲۷,۵۵	۲۶,۸۲	۳۲,۶۸	۲۸,۷۶	۳۷,۳۱	۱۷,۰۹	۲۵۰,۸	۲۶۳۲,۶	-۰,۲۶	۲,۲۷۴
E^a		۷,۴۴	۲,۷۲	۸۹,۸۴	۱۸,۲۳	۴,۷۲	۲۳,۵۴	۳۵,۰۴	۵۴,۳۴	۲۳,۴۹	۲۱	۱۷,۷۸	۶۵,۲۱	۳۱۷	۲۵۰۱	-۰,۵۸	۳,۴۷۱
		۸,۷۲	۱۶,۵۶	۷۴,۷۲	۲۵,۴۴	۱۹,۱۴	۳۷,۸۱	۲۸,۵۷	۲۰,۱۳	۱۱,۰۹	۱۵,۵۲	۲۲,۴۷	۳۶,۳۱	۶۴۶	۴۴۱۲,۶	-۰,۸۷	۲,۸۸۴
رسوب		۷,۴۴	۱۶,۷۲	۷۵,۸۴	۳۰,۴۵	۱۱,۰۸	۱۲,۶۸	۸,۴۱	۲۲,۷۴	۳۱,۴۷	۳۲,۵۸	۴۷,۲۲	۱۲,۴۳	۱۵۴,۹	۴۵۰۶,۴	۰,۰۰۳	۱,۸۹۳

پس از حذف متغیرهای دارای تهی‌شده‌گی یا غنی‌شده‌گی، با استفاده از آزمون کروسکال‌والیس داده‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ آنالیز شدند. در جدول ۳ متغیرهایی که تفاوت معنی‌داری داشتند ذکر شد؛ متغیر درصد رس دارای تهی‌شده‌گی و متغیرهایی که از نظر از نظر آزمون کروسکال والیس تفاوت معنی‌داری نداشتند شامل، >۲۰۰۰، >۶۳، D50، چولگی و کشیدگی از مراحل بعدی حذف شدند.

[1] Kruskall Wallis

[2] Discriminant Analysis

جدول ۳- نتایج بررسی معنی‌داری آماره مربع کای در آزمون کروسکال‌والیس

	سیلت	شن	۴<	۱<	۵۰۰<	۲۵۰<	۱۲۵<	۶۳>	D10	D90
آماره مربع کای	۱۴,۳۵۴	۱۴,۵۰۱	۱۳,۶۰۸	۱۱,۹۹۴	۱۵,۰۳۵	۱۴,۴۷۴	۱۴,۶۸۴	۱۳,۱۶۴	۱۳,۱۱۷	۱۳,۷۴۹
درجه آزادی	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
معنی‌داری	۰,۰۱۴	۰,۰۱۳	۰,۰۱۸	۰,۰۳۵	۰,۰۱۰	۰,۰۱۳	۰,۰۱۲	۰,۰۲۲	۰,۰۲۲	۰,۰۱۷

در مرحله سوم برای انتخاب متغیرهایی که بتوانند گروه‌های از پیش تعیین‌شده را به‌درستی تشخیص دهند از آنالیزتشخیص استفاده و مدل مناسب ارائه شد. در این روش متغیرها به‌صورت یکجا وارد مدل شد. در این مرحله هیچ‌کدام از متغیرها با اطمینان ۹۵ درصد از آزمون حذف نشدند. در جدول ۴ ماتریس ساختار توابع تشخیص آورده شده است.

جدول ۴- ماتریس ساختار توابع تشخیص

عامل‌های بکاررفته	توابع				
در مدل	۱	۲	۳	۴	۵
۶۳>	-.۲۹۴*	.۲۱۸	.۱۶۹	.۱۵۲	-.۱۴۴
۵۰۰<	.۰۹۸	-.۳۶۹*	.۰۲۲	.۲۷۶	-.۰۴۱
D90	-.۱۱۰	.۲۰۴	-.۴۶۶*	-.۳۴۵	.۱۲۹
۴<	-.۰۰۵	.۱۵۳	-.۲۱۷*	-.۱۴۶	.۰۸۴
۲۵۰<	.۰۷۶	-.۱۶۸	.۱۲۱	.۳۳۴*	-.۱۳۳
۱۲۵<	.۱۰۶	-.۱۳۴	.۲۲۷	.۳۰۶*	.۱۶۴
D10	.۰۵۵	-.۰۵۹	-.۰۳۹	.۱۶۴*	.۱۵۱
درصد شن	.۱۱۰	-.۲۳۵	-.۰۴۹	.۲۲۳	.۴۵۱*
درصد سیلت	-.۰۶۱	.۲۴۸	.۰۲۹	-.۱۵۲	-.۳۹۳*
۱<	.۰۲۴	-.۱۵۹	-.۰۵۴	-.۱۱۷	.۲۶۹*

*بزرگ‌ترین همبستگی مطلق بین هر متغیر و توابع تشخیص

نهایتاً با محاسبه مجموع مربعات خطای نسبی حداقل، سهم و اهمیت نسبی هرکدام از منابع رسوب، به کمک افزونه SOLVER به دست آمد که نتایج آماری همراه با حساسیت به فرسایش واحدها در جدول ۵ نمایش داده شد.

جدول ۵- نتایج سهم و درصد اهمیت نسبی واحدها با حساسیت به فرسایش با روش‌های EPM و PSIAC

شماره	نام واحد زمین‌شناسی	سهم در رسوبات	درصد اهمیت نسبی
۱	E^r	۰,۱۱۱	۱۳,۳۰۳
۲	T_{sh}	۰,۰۶۵	۲,۲۷۶
۳	K^l	۰,۳۷۰	۴,۹۰۳
۴	E^d	۰,۴۲۷	۷۹,۲۴۶
۵	E^c	۰,۰۲۶	۰,۲۶۸
۶	E^a	۰,۰۰۱	۰,۰۰۴
مجموع		۱	۱۰۰

۵- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص شده، حساسیت به فرسایش واحدهای زمین‌شناسی محاسبه شده در مطالعات گذشته منطقه، از نظر دو روش E.P.M و P.S.I.A.C کاملا مشابه به یک‌دیگر و با نتایج به‌دست آمده از انگشت‌نگاری متفاوت است.

در این پژوهش با استفاده از روش الک تر و هیدرومتری، پارامترهای دانه‌بندی و بافت رسوب به‌عنوان ردیاب‌های رسوبات آبی محاسبه شدند. با استفاده از حداقل کردن مجموع مربعات خطا نسبی، واحد زمین‌شناسی E^d به‌عنوان کوچک‌ترین واحد زمین‌شناسی بیش‌ترین

سهم و بالاترین اهمیت نسبی را در رسوبات نهشته شده در خروجی حوضه به خود اختصاص داد که نشان‌دهنده عدم توانایی فاکتورهای درنظر گرفته‌شده از دانه‌بندی رسوب در تعیین سهم واحدهای زمین‌شناسی مختلف از رسوب پایین‌دست است و نتایج به‌دست آمده کاملا با بازدیدهای میدانی متفاوت است. همچنین این واحد زمین‌شناسی فاصله بسیار زیادی از خروجی حوزه داشته که امکان نهشته شدن رسوبات این واحد را در طول مسیر به وجود می‌آورد و مطالعات[1] منطقه نیز این نتیجه را اثبات می‌کند.

نتایج پژوهش حاضر در منشأیابی رسوب با نتایج ملکوتی (۱۳۵۳)، شکویی (۱۳۷۱) و عباسی و همکاران (۱۳۹۰) کاملاً متفاوت بوده و به‌هیچ‌وجه تشخیص مناسبی را نشان نمی‌دهد. به نظر می‌رسد عدم توانایی عامل‌های در نظر گرفته‌شده از دانه‌بندی رسوبات، ناشی از این باشد که رسوبات منشأ آبی دارند و به همین جهت در طول مسیر حرکت، ترکیب دانه‌بندی رسوبات تغییر کرده و هیچ‌گونه شباهت واضحی را با منشأ نشان نمی‌دهند؛ زیرا رسوبات آبی در طول مسیر حرکت در معرض اصطکاک بیش‌تری نسبت به رسوبات بادی قرار می‌گیرند. به همین علت پیشنهاد می‌شود در مطالعات منشایابی رسوبات آبی، از عواملی که در طول مسیر متحمل تغییرات کمی می‌شوند و می‌توان فرض ثبات و خطی بودن را در مورد آن‌ها در نظر گرفت استفاده شود.

منابع

۱- حکیم‌خانی، ش، احمدی، ح، غیومیان، ج، فیض‌نیا، س، بی‌همتا، م، تعیین ترکیب مناسبی از عناصر ژئوشیمیایی برای جداسازی واحدهای سنگ‌شناسی حوضه پخش‌سیلاب پلدشت، نشریه منابع طبیعی، دوره ۶۰ ، شماره ۳، ص ۶۹۳ تا ۷۱۱، ۱۳۸۶.

۲- خواجه، م، غیومیان، ج، فیض‌نیا، س، بررسی تغییرات جانبی اندازه ذرات و کانی‌شناسی به‌منظور تعیین جهت باد غالب در تشکیل رسوبات لسی استان گلستان، نشریه بیابان، جلد ۹، شماره ۲۰، ص۲۹۳-۳۰۷، ۱۳۸۳.

۳- رفاهی، ح. ق، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ص۵۵۱، ۱۳۷۵.

۴- شکویی، م، شناخت شن‌زارهای حوضه آبریز شرق جازموریان. سمینار بررسی مناطق بیابانی و کویری ایران، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، جلد۱، ص۱۲۹-۱۴۰، ۱۳۷۱.

۵- صادقی، ح، نجفی، س، منشأیابی رسوبات آبی در حوزه‌های آبخیز مفاهیم، روش‌ها و فناوری‌های نوین، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۲۵۶، ص۱۱، ۱۳۹۳.

۶- عباسی، م، فیض‌نیا، س، عباسی، ح.ر، کاضمی، ی، قرنجیک، ا، بررسی دانه‌بندی و کانی‌شناسی رسوبات در منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای بلوچستان، فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، ص۴۴۱-۴۵۱، ۱۳۹۰.

۷- فیض‌نیا، سادات، رسوب‌شناسی کاربردی با تأکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳۵۶، ص۱۷۳، ۱۳۸۷.

۸- ملکوتی، م.ج، بررسی چگونگی حرکت تپه ماسه‌ای در استان سیستان و بلوچستان با بهره‌گیری از عکس‌های هوایی.پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ص۴۹، ۱۳۵۳.

9. A. Collins and D. Walling, "Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins," *Journal Of Hydrology*, vol. 261, pp. 218-244, 2002.

10. A. K. Krause, S. W. Franks, J. D. Kalma, R. J. Loughran and J. S. Rowan, "Multi-parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia," *Catena*, vol. 22, p. 327–348, 2003.

11. A. L. Collins, D. E. Walling and G. L. Leeks, "Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique," *catena*, vol. 29, pp. 1-27, 1997.

12. D. E. Walling and Q. He, "Use of fallout 137Csin investigations of overbank sediment deposition on river floodplains," *Catena*, vol. 29, pp. 263-282, 1997.

13. D. E. Walling, "Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems,"

[1] مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری حوزه غرب و جنوب غرب گناباد

Science of the Total Environment, vol. 26, p. 159– 184, 2005.

14. F. E. Rhoton, W. E. Emmerich, M. A. Nearing, D. S. McChesney and J. C. Ritchie, "Sediment source identification in a semiarid watershed at soil mapping unit scales," *Catena,* vol. 87, pp. 172-181, 2011.

15. F. Zapata, "The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments," *Soil and Tillage Research,* vol. 69, no. 1-2, pp. 3-13, 2003.

16. G. Bortone, "Sediment Treatment — a General Introduction," *Sustainable Management of Sediment Resources,* vol. 2, pp. 1-10, 2007.

17. L. Douglas W and D. McConchie, Analytical Sedimentology, New York: Chapman & Hall, 1994.

18. N. M. Carreras, Udelhoven, Krein, Gallart, Iffly, Ziebel, Hoffmann, Pfister and Walling, "The use of sediment colour measured by diffuse reflectance spectrometry to determine sediment sources: Application to the Attert River catchment (Luxembourg)," *Journal of Hydrology,* vol. 15, p. 49–63, 2010.

19. N. Warren, I. J. Allan, J. E. Carter, W. A. House and A. Parker, "Pesticides and other micro-organic contaminants in freshwater sedimentary environments—a review," *Applied Geochemistry,* vol. 18, p. 159–194, 2003.

20. R. Lal, "Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality," *Critical Reviews in Plant Sciences,* vol. 17, pp. 319-464, 1998.