

منشایابی رسوبات آبی در حوزه‌های آبخیز

مفاهیم، روش‌ها و فناوری‌های نوین

نویسندگان:

دکتر حمیدرضا صادقی

استاد دانشگاه تربیت مدرس

سید علی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

استاد توسعه فناوری آب، خشک‌سالی، فرسایش و مدیریت منابع

پیش‌گفتار

وجود محدودیت‌های طبیعی به‌ویژه تغییرات زمانی و مکانی بارندگی، تنش‌ها و مخاطرات آب و هدر رفتن نظیر خشک‌سالی و عواملی هم‌چون تخریب گسترده منابع طبیعی، هدررفت منابع، گسترش بی‌رویه شهرها، عدم توزیع مناسب و متعادل جمعیت و مشکلات ناشی از آن موجب کم‌آبی، گرسنگی، فرسایش و تخریب خاک، تولید رسوب، تهدیدهای زیست محیطی و افزایش آلودگی‌های متعدد در منابع زیستی شده است. بدیهی است مقابله با بروز چنین پدیده‌هایی که با سرعت فزاینده‌ای روبه‌گسترش بوده و نسل‌های آینده را به‌شدت مورد تهدید قرار می‌دهد، علاوه بر پیشرفت در زمینه دانش، نیاز به توسعه فناوری‌های متناسب با هریک از مقولات مورد اشاره دارد.

امروزه فناوری‌های نو نه تنها پاسخ به رفع نیازها، بلکه به‌عنوان ابزاری اقتدارآفرین و راهبردی برای کشورهای مختلف ایفای نقش می‌کنند. دانش به‌تنهایی منجر به پیشرفت و اقتدار آفرینی نمی‌شود، بلکه کاربست دانش و ارتباط آن با فناوری است که می‌تواند متضمن قدرت و عزت یک کشور باشد. از فناوری‌های مهم که اغلب عرب‌های موضوعی و مکانی از جمله فناوریهای نانو، بیو، میکرو، اطلاعات و ارتباطات را از اعماق فضا تا ده‌ها کیلومتر بالای جو در برمی‌گیرد، می‌توان به فناوری‌های آب و خاک اشاره کرد. این فناوری‌ها در نقشه جامع علمی جمهوری اسلامی ایران در بخش اولویت‌های علم و فناوری، موضوعات آب، خاک، هوا، کاهش آلودگی، مدیریت پسماندها، بیابان‌زدایی، مبارزه با خشک‌سالی و شوری به‌عنوان ریمت اول معرفی شده است.

در این راستا و به‌منظور فراهم نمودن شرایط لازم و تسهیل در توسعه فناوری‌های نو، نیاز و اقتدار آفرین، ستاد توسعه فناوری‌های آب، خشک‌سالی، فرسایش و محیط زیست به‌عنوان نهادی فرابخشی تشکیل شده است. این ستاد در آغاز فعالیت خود، بسترسازی توسعه فعالیت‌های مربوط به فناوری‌های راهبردی، کاربردی نمودن و تجاری‌سازی نتایج حاصل از پژوهش، استقرار الگوی

بومی توسعه فناوری را در دستور کار قرار داد، تا ضمن تلاش در هم‌راستا نمودن ظرفیت‌های موجود دستگاه‌های اجرایی، با توانمندسازی و به‌کارگیری قابلیت‌های بنگاه‌های خصوصی و شرکت‌های دانش بنیان، نهادهای علمی-پژوهشی و بهره‌مندی از ابزارهای توسعه فناوری (از جمله الکتیک فکری، حمایت‌های مالی و پولی) و ارتباطات بین‌الملل، توان و تلاش ملی را برای توسعه ورت‌های مرتبط و هم‌زمان نشر یافته‌های پژوهشی که به فناوری منجر می‌شود، بسیج کند.

رجمله دستاوردهای این اقدامات، سلسله کتبی است که به مرور منتشر و در اختیار عموم قرار می‌گت. کتبی اضافه به دلیل اهمیت منشأیابی رسوبات و معرفی فناوری‌های روزآمد آن در پیش‌گیری از فرسایش و تولید رسوب، با تلاش همکاران ستاد به رشته تحریر درآمده است که در این‌جا بر خود درم و منم همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه و نشر این اثر، نقش داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری

دیر ستاد توسعه فناوری آب، خشک‌سالی،

فرسایش و محیط زیست

دکتر حسینعلی بهرامی

مقدمه مولفان

افزایش روزافزون جمعیت و توسعه‌ی توان تغییر بشر در مجموعه‌ی منابع طبیعی، مسائل و پیام‌های زیادی را به دنبال داشته است. به نحوی که استفاده صحیح، پایدار و نظام‌مند منابع طبیعی و در نهایت حفظ شرایط موجود و یا ارتقای وضعیت کیفی منابع در بسیاری از نقاط جهان و به ویژه کشورهای در حال توسعه، سرلوحه‌ی شعارهای مدیریتی و اجرایی بسیاری از متخصصین، سیاست‌گذاران، مدیران اجرایی قرار گرفته است. در این میان، مقوله‌های مرتبط با منابع آب و خاک به سبب تأثیرپذیری سریع و مستقیم جوامع انسانی از کمیت و کیفیت آن‌ها بیش از سایر منابع مورد توجه است. به همین منوال، حفظ منابع خاکی و تحلیل فرآیندهای حاکم بر سلامت آن و از جمله فرسایش خاک و تولید رسوبات از اهم موضوعات قابل توجه بوده، به نحوی که تولید رسوب و تعیین منابع مکانی آنها از سبب نقش کلیدی در تبیین سیاست‌های صحیح مدیریتی و اجرایی از موضوعات قابل توجه تخصصی جهان بوده است. حال آن‌که مفاهیم و جزئیات فنی مترتب بر منابع مکانی و منشأ رسوبات کم‌تر در ایران حتی جهان مورد توجه قرار گرفته است.

نوشته‌ار پیش‌رو در تداوم و تکمیل سایر آثار پیشین نگارندگان و با تأکید بر منشأیابی رسوبات در سطح حوزه‌های آبخیز و رویه‌های فنی تعیین سه منابع مهم تولید رسوب در سطح حوزه‌های آبخیز تهیه و تدوین شده است. در این راستا، ضمن ذکر تلاش‌های پیشین متخصصین و همکاران گران‌قدر در مقوله‌های مرتبط، از نظرات فنی و سرانجامی استادان بزرگوار، آقایان دکتر حسینعلی بهرامی، دکتر مهدی همایی، دکتر منوچهر گرجی و دکتر رفیقا ابراهیمی به دلیل ارائه‌ی نقطه نظرات فنی تقدیر به عمل می‌آید. هم‌چنین، از مرحومین دکتر سید صادق شاه‌پوری و دکتر شاه‌رخ حکیم‌خانی به سبب انجام مطالعات ابتدایی منشأیابی رسوبات در ایران نیز با نهایت احترام پژوهشی و فناوری دانشگاه تربیت مدرس، استاد گران‌قدر جناب آقای دکتر یعقوب فتح‌الهی و نهایتاً تلاش‌های آقای دکتر محمود آذری به سبب طراحی اولیه‌ی جلد، و مهندس حسین خیرفام و

دکتر عبدالواحد خالدی درویشان در راستای ارائه‌ی برخی نکات ویرایشی و یکایک اعضای خانواده مؤلفان به سبب حمایت‌های مستدام در تمام مراحل زندگی کمال سپاس و قدردانی را دارد.

کتاب پیش رو در بخش‌های مختلف و با تأکید بر رویکردها و روش‌های سنتی، جدید و نوآوری‌های نوظهور در مطالعات تغییرات مکانی و منشأیابی تولید رسوب تدوین شده است. همچنین، بخشی از این کتاب نیز مشخصاً بر طرح مفاهیم خاص آماری و ارائه‌ی جزئیات کاربردی آن اشاره داشته است. بدیهی است طرح موضوعات گسترده‌ی آماری در بخش‌های یادشده برای زمینه‌سازی تعیین طرح‌های مناسب و کاربردی آماری، تبیین روش‌های صحیح پایش و نمونه‌برداری، تهیه‌ی بانک‌های اطلاعاتی و داده‌ای مناسب، بهره‌برداری از روش‌های صحیح تجزیه و تحلیل آماری و نیز تفسیر و جمع‌بندی مناسب و قابل اعتماد نتایج حاصل، در راستای تأمین اهداف منشأیابی رسوبات با استفاده از شیوه‌های مختلف انجام شده است. این کتاب مشخصاً به منظور توسعه‌ی دیدگاه‌های فناوری‌های مختلف روش‌های منشأیابی رسوبات آبی از حوزه‌های آبخیز و به عنوان یکی از مبانی تفاهات صحیح از منابع آب و خاک و مبتنی بر شناسایی نقاط یا مناطق بحرانی تولید رسوب به رشته‌ی تحقیقاتی رسیده است. کتاب حاضر برای مطالعه‌ی همکاران دانشگاهی، پژوهش‌گران، دانشجویان رشته‌ی مختلف مرتبط با علوم و مهندسی آبخیزداری، مدیریت منابع آب و خاک، خاک‌شناسی و به خصوص در مقاطع تحصیلی ارشد و دکتری و هم‌چنین کارشناسان و اعضای هیات علمی مراکز پژوهشی و مراکز پیشنهاد می‌شود. بدیهی است نوشتار مزبور مقدمه‌ای بر گستره‌ی وسیع مفاهیم حاکم بر منشأ رسوبات در حوزه‌های آبخیز بوده و علی‌رغم ویرایش‌ها، بازخوانی‌های متعدد و نیز اعمال نظرات و پیشنهادات کاستی‌های احتمالی فراوانی را دارد. لذا نویسندگان منت‌دار نظرات تکمیلی، پیشنهادها و داده‌های علمی خوانندگان عزیز و از هر طریق ممکن برای استفاده در چاپ‌های بعدی می‌باشند.

سیدحمیدرضا صادقی و سعید نجفی

دانشگاه تربیت مدرس، تابستان ۱۳۹۳

رایانامه‌ها: sadeghi@modares.ac.ir

najafisaid65@yahoo.com

فصل اول

۱- مقدمه و کلیات	۲
۱-۱- فرسایش خاک و تولید رسوب	۲
۱-۲- وضعیت فرسایش و رسوب در ایران	۵
۱-۳- روش‌های شناسایی فرسایش و رسوب	۶
۱-۴- ضرورت و اهداف منشأیابی رسوبات	۹
۱-۵- مبانی حاکم منشأیابی رسوبات	۱۱
۱-۶- طبقه‌بندی انواع رسوبات	۱۶
۱-۷- روش‌های کلی منشأیابی رسوبات	۱۷

فصل دوم

۲- رویکردها و روش‌های سنتی منشأیابی رسوبات	۲۲
۲-۱- رویکردهای مبتنی بر تحلیل مکانی فرسایش رسوبات	۲۳
۲-۱-۱- تجهیز زیرحوزه‌های آبخیز	۲۳
۲-۱-۲- روش‌های چشمی و کیفی	۲۵
۲-۱-۳- استفاده از عکس و تصویر	۲۹
۲-۱-۴- استفاده از مدل‌ها	۳۱
۲-۱-۵- استفاده از اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای پراکنده	۳۵
۲-۱-۶- روش سنتی تعیین پیلان رسوب	۳۶
۲-۲- روش‌های مبتنی بر تحلیل مکانی فرسایش و رسوب	۴۴

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۴۶	۱-۲-۲ مشاهدات مستقیم صحرایی
۴۷	۲-۲-۲ تهیه نقشه‌ی فرسایش
۴۸	۳-۲-۲ استفاده از نیمرخ‌سنج‌ها
۴۹	۴-۲-۲ استفاده از میخ‌های فرسایشی
۵۰	۵-۲-۲ استفاده از پل‌ها و قاب‌های فرسایشی
۵۱	۶-۲-۲ تحلیل تغییرات نیمرخ عمودی
۵۱	۷-۲-۲ استفاده از سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی
۵۲	۸-۲-۲ گداز سنج گدازی گیاهی
۵۳	۹-۲-۲ فروری
۵۴	۱۰-۲-۲ استفاده از کارت فرسایشی
۵۴	۱۱-۲-۲ استفاده از فلانکس پائیزی
۵۶	۱۲-۲-۲ پایش بار رسوبی
۶۲	۱۳-۲-۲ سنجش از دور
۶۳	۱۴-۲-۲ استفاده از مخازن سدها و برش‌ها
۶۴	۱۵-۲-۲ استفاده از ردیاب‌های فرسایش خاک

فصل سوم

۷۰	۳- روش‌ها و فناوری‌های جدید منشأیابی رسوبات
۷۰	۱-۳ استفاده از شاخص‌های آسیب‌پذیری
۷۱	۲-۳ استفاده از رسوب‌نمودها و حلقه‌های رسوبی
۷۵	۳-۳ استفاده از انگشت‌نگاری رسوب

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۱-۳-۳ منشأیابی با خصوصیات منفرد و سیر تکوین آن	۷۶
۲-۳-۳ منشأیابی با خصوصیات ترکیبی	۸۳
۱-۲-۳-۳ ویژگی مورد نظر برای ردیاب‌ها	۸۴
۲-۲-۳-۱ انواع ردیاب‌های مورد استفاده	۸۵
۲-۲-۳-۲ استفاده از خصوصیات فیزیکی	۹۰
۵-۳-۲ استفاده از اینترپ‌های پایدار	۹۱
۶-۳-۲ استفاده از خصوصیات کانی‌شناسی	۹۱
۷-۳-۲ استفاده از رسوبات رنگ‌خاک و رسوب	۹۲
۸-۳-۲ روش جدید تعیین پیلان رسوب	۹۳

فصل چهارم

۴- روش‌های آماری و تحلیل نتایج در منشأیابی رسوبات	۱۰۲
۱-۴ منشأیابی کیفی و کمی	۱۰۲
۲-۴ آمار توصیفی حاصل از منشأیابی	۱۰۳
۳-۴ آزمون توزیع نرمال و بررسی داده‌های پرت	۱۰۷
۱-۳-۴ آزمون توزیع نرمال	۱۰۷
۲-۳-۴ بررسی داده‌های پرت	۱۱۶
۳-۳-۴ روش‌های تعیین داده‌های پرت	۱۱۸
۴-۴ تحلیل تشخیص و کاربرد آن در منشأیابی رسوبات	۱۲۵
۱-۴-۴ اهداف تحلیل تشخیص	۱۲۵
۲-۴-۴ مراحل استفاده از تحلیل تشخیص	۱۳۱

۱-۲-۴-۴	تعیین متغیرها و نمونه‌ها	۱۳۱
۲-۲-۴-۴	فرض‌های تحلیل تشخیص	۱۳۷
۳-۲-۴-۴	برآورد توابع (مدل‌های) تشخیص	۱۴۲
۴-۲-۴-۴	برآزش کلی توابع (مدل‌های) تشخیص به‌دست آمده	۱۵۳
۵-۲-۴-۴	تفسیر توابع تشخیص به‌دست آمده	۱۷۰
۲-۲-۴-۴	ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج	۱۷۳
۴-۲-۴-۴	تحلیل خوشه‌ای و تحلیل آن در منشأیابی رسوبات	۱۷۳
۵-۲-۴-۴	اهداف تحلیل خوشه‌ای	۱۷۴
۲-۵-۴-۴	نحوه مدل‌سازی خوشه‌ای در حالت کلی	۱۷۶
۳-۵-۴-۴	مراحل انجام مدل‌سازی خوشه‌ای	۱۷۷
۱-۳-۵-۴	اهداف و سوالات پژوهش	۱۷۹
۲-۳-۵-۴	طرح پژوهش در روش‌های	۱۸۰
۳-۳-۵-۴	فرض‌های تحلیل خوشه‌ای	۱۹۱
۴-۳-۵-۴	استخراج خوشه‌ها و ارزیابی به‌دست آمده	۱۹۳
۵-۳-۵-۴	تفسیر خوشه‌ها	۲۰۸
۶-۳-۵-۴	اعتبارسنجی و ارزیابی الگوی خوشه‌ها	۲۰۸
۶-۲-۴-۴	مدل‌های مورد استفاده در منشأیابی رسوبات	۲۰۹
۱-۶-۴-۴	مدل‌های چندمتغیره‌ی ترکیبی	۲۱۰
۱-۱-۶-۴	عوامل‌های اصلاحی مدل	۲۱۲
۲-۲-۶-۴	ارزیابی مدل‌های چند متغیره‌ی ترکیبی	۲۱۸
۲-۶-۴	سایر مدل‌ها	۲۱۸

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل پنجم

۲۲۴.....	۵- فناوری‌های نوظهور منشأیابی رسوبات
۲۲۴.....	۱- معرفی و کاربرد ردیاب‌های جدید
۲۲۵.....	۵- استفاده از آنزیم‌ها و یا فعالیت‌های میکروبی
۲۲۶.....	۳- استفاده از خاک‌دانه‌های رنگی مصنوعی
۲۲۹.....	۴- استفاده از مرکب‌های آلومینیومی
۲۳۱.....	۵-۵ استفاده از سببیت شستگی و نوع هوموس
۲۳۲.....	۵-۶ استفاده از سببیت رسوبات

۲۳۵.....	منابع
----------	-------

۲۴۷.....	پیوست: فهرست کلمات تخصصی به ترتیب در متن
----------	--

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ مبانی کلی روش انگشت‌نگاری رسوب در حوزه‌های آبخیز	۱۴
شکل ۲-۱ مراحل مختلف روش انگشت‌نگاری رسوب در تعیین منابع رسوب	۱۵
شکل ۱-۲ کرت‌های آزمایشی مستقر در بخش‌های مختلف و نیز حوضچه‌های احداث شده در حوزه آبخیز سنگانه در استان خراسان رضوی	۲۵
شکل ۲-۲ نقشه کاربری اراضی و سیمای فرسایش مربوط به سال ۱۳۵۸ و ۱۳۸۱ با استفاده از تصاویر Landsat 5 و ETM 2002	۳۲
شکل ۳-۲ نمونه‌های چگونگی اندازه‌گیری یک آبکند	۴۰
شکل ۴-۲ نحوه‌ی اندازه‌گیری عمق و دیواره‌های کناری آبکند در چند مقطع مختلف	۴۱
شکل ۵-۲ چارچوب بررسی منابع رسوبخانه‌ای رسوب معلق	۴۷
شکل ۶-۲ شمای کلی، ابعاد و اجزای مختلف یک فنتجان پاشمان	۵۵
شکل ۷-۲ پراکنش و چگونگی استقرار ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب معلق در حوزه‌ی آبخیز Mie در ژاپن	۵۸
شکل ۸-۲ نحوه‌ی استقرار و پراکنش مکان‌های اندازه‌گیری رسوب در زیرحوضه‌های اصلی آبخیز هراز برای منشأیابی سستی رسوبات	۵۸
شکل ۹-۲ روند تغییرات رسوب فصلی زیرحوضه‌های مهم حوزه‌ی آبخیز هراز سال ۱۳۸۳	۵۹
شکل ۱۰-۲ روند تغییرات رسوب ماهانه‌ی زیرحوضه‌های مهم حوزه‌ی آبخیز هراز، سال ۱۳۸۳	۶۰
شکل ۱-۳ نمونه‌هایی از آب‌نمودها و رسوب‌نمودها و حلقه سنجه‌های رسوب رگبارهای ثبت شده در حوزه‌ی آبخیز کوجک جنگل‌کاری شده Mie در ژاپن	۷۳

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
شکل ۲-۳	نمونه‌هایی از آب‌نمودها و رسوب‌نمودها و حلقه‌سنجه‌های رسوب رگبارهای ثبت شده
۷۴	در حوزه‌ی آبخیز جنگلی آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس
شکل ۳	نمونه‌هایی از آب‌نمودها و رسوب‌نمودها و حلقه‌سنجه‌های رسوب رگبارهای ثبت شده
۷۵	در حوزه‌ی آبخیز چهل‌گزی سد قشلاق در استان کردستان
شکل ۲-۳	نمونه‌هایی از رسوبات معلق از خواص مغناطیسی مورد استفاده در تعیین منابع تولید رسوب
۸۰	در حوزه‌ی آبخیز Stour Source در انگلستان
شکل ۵-۳	نمودار محورهای اصلی داده‌های منابع و مواد معلق رسوب در حوزه‌ی آبخیز Stour
۸۱	Source در انگلستان
شکل ۶-۳	روابط بین خصوصیات مواد معلق و نمونه‌های رسوب معلق در حوزه‌ی آبخیز Stour
۸۲	Source در انگلستان
شکل ۷-۳	نمونه‌ای از دستگاه ICP-MS در دانشگاه تربیت مدرس
۸۷	شکل ۸-۳ الگوهای کانی‌شناسی رسوبات معلق در یک آبخیز و زیرحوضه‌های مرتبط
۹۲	شکل ۹-۳ رویکرد کلی برای مطالعه‌ی بیان رسوبات معلق به روش پدیدارشناسی و مبتنی بر کاربرد رادیونوکلوئیدها
۹۵	شکل ۱۰-۳ مبانی استفاده از روش سزیم برای تعیین بیان رسوب در حوزه‌های آبخیز
۹۶	شکل ۱۱-۳ نمونه‌های اندازه‌گیری شده‌ی سزیم نیمرخ خاک در یک نقطه‌ی مرجع و مناطق با کاربری‌های مختلف در بالادست حوضه‌ی Kaleya در کشور زامبیا
۹۹	شکل ۱-۴ نمایی کلی از توزیع نرمال و توزیع‌هایی با چولگی و کشیدگی متفاوت
۱۰۸	

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲ هیستوگرام فراوانی مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های رسوب حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۰۹
شکل ۴-۳ نمونه‌هایی از توزیع احتمال نرمال بر اساس مقایسه‌ی داده‌های واقعی با احتمال نرمال	۱۱۱
شکل ۴-۴ نمودار توزیع احتمال نرمال برای غلظت آرسنیک (As) در نمونه‌های منبع مواد رسوبی حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۱۲
شکل ۴-۵ توزیع متغیره نمودار احتمال نرمال برای کربن آلی در نمونه‌های منبع مواد رسوبی حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۱۲
شکل ۴-۶ نمونه‌هایی از توزیع احتمال نرمال بر اساس نمودارهای احتمال نرمال بدون روند شده یک سری داده‌های آزمایشی	۱۱۴
شکل ۴-۷ نمودار جعبه‌ای غلظت روی (Zn) در نمونه‌های منبع مواد رسوبی موجود در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۱۹
شکل ۴-۸ نمودار جعبه‌ای مربع فاصله‌ی Mahalanobis برای داده‌های پرت به تفکیک واحدهای کاری در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۲۴
شکل ۴-۹ نمودار جعبه‌ای مربع فاصله‌ی Mahalanobis برای داده‌های پرت به تفکیک انواع فرسایش در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان	۱۲۴
شکل ۴-۱۰ نحوه‌ی جدایش دو گروه الف و ب از یکدیگر بر اساس نمودار Z در دو حالت متفاوت تمایز خوب و نامناسب	۱۲۹

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱۱ چارچوب مراحل مختلف کاربرد آنالیز تشخیص در تحلیل جامعه‌ی آماری مورد استفاده در منشأیابی رسوبات.....	۱۳۰
شکل ۱۲-۱ مایش تصویری چگونگی تفکیک بین گروهی توسط سه متغیر تشخیص‌گر بالاتر.....	۱۳۳
شکل ۴-۱۳ نمایش نمودار چگونگی تفکیک بین گروهی با توجه به مقادیر ترکیبی دو ردیاب فرضی X_1 و X_2	۱۳۴
شکل ۴-۱۴ مثال‌هایی از فرض عدم برابری و برابری ماتریس‌های پراکندگی کوواریانس عناصر مورد استفاده در منشأیابی رسوبات حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۴۱
شکل ۴-۱۵ مفهوم تصویری جدایش سه گروه با متغیرهای انفرادی و ترکیبی و ابعاد تشخیص حاصل از طریق توابع تشخیص و چگونگی وزن‌دهی به متغیرها.....	۱۴۵
شکل ۴-۱۶ چگونگی روند تکاملی جدایش منبع مکانی رسوب به وسیله‌ی ردیاب‌های مورد استفاده در گام‌های مختلف ترکیب ردیاب‌ها در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۴۶
شکل ۴-۱۷ خروجی نرم‌افزار SPSS برای روش گام به گام در تفکیک منابع رسوب از میان ۱۳ ردیاب مورد استفاده در انگشت‌نگاری حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۴۹
شکل ۴-۱۸ گام‌های مختلف انتخاب ردیاب‌های تشخیص‌گر تعیین منابع رسوب بر اساس مربع فاصله‌ی Mahalanobis در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۵۱
شکل ۴-۱۹ چگونگی جداسازی سه نوع واحد سنگ‌شناسی توسط دو تابع تحلیل تشخیص در منشأیابی منابع رسوب حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۵۶

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲۰ چگونگی جداسازی سه نوع فرسایش توسط دو تابع تحلیل تشخیص در منشأیابی	۱۵۷
شکل ۴-۲۱ تاثیر نمره‌ی آستانه‌ی بهینه (بحرانی) در نحوه‌ی تفکیک گروه‌ها با تعداد نمونه‌های	۱۶۲
شکل ۴-۲۲ تاثیر نمره‌ی آستانه‌ی بهینه (بحرانی) در نحوه‌ی تفکیک گروه‌ها با تعداد نمونه‌های	۱۶۲
شکل ۴-۲۳ راجع به معضلی استفاده و اجزای بخش‌های تحلیل خوشه‌ای در تهیه‌ی واحدهای	۱۶۲
شکل ۴-۲۴ نمودار مشخصه‌ی بررسی داده‌های پرت مربوط به پنج متغیر مورد	۱۸۳
شکل ۴-۲۵ فرآیند چگونگی خوشه‌بندی بر اساس معیار فاصله و نمودار درختی تفکیک گروه‌ها	۱۸۸
شکل ۴-۲۶ چگونگی محاسبه‌ی فاصله‌ی اقلیدسی در ارزیابی تشابه بین گروهی خوشه‌های تفکیک	۱۸۹
شکل ۴-۲۷ شرح نموداری دو روش سلسله‌مراتبی تجمیعی و تقسیم‌رای خوشه‌بندی	۱۹۴
شکل ۴-۲۸ چگونگی ادغام دو خوشه‌ی غیرمشابه به روش تک‌پیوندی	۱۹۶
شکل ۴-۲۹ مقایسه‌ی دو روش تک‌پیوندی (انفرادی) و پیوند کامل از نظر مشاهده‌ی مشاهدات	۱۹۸
شکل ۴-۳۰ نمودار خوشه‌ای مبتنی بر روش میانگین پیوند و مفاهیم تغییرات درون و برون	۱۹۹
گروهی	۱۹۹

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
شکل ۴-۳۱	مقایسه‌ی میانگین فراوانی تجمعی توزیع اندازه‌ی ذرات در مواد منبع مختلف و نمونه‌های رسوب
شکل ۳-۳۱۵	مقایسه‌ی بین سطح ویزه‌ی ذرات نمونه‌های مواد منبع و رسوب
شکل ۴-۳۱۷	مقایسه‌ی بین میانگین مقدار کربن آلی مواد منبع و نمونه‌های رسوب
شکل ۵-۳۱۷	نمونه‌های خاک‌دانه‌های رنگی مصنوعی
شکل ۵-۲	مشخصات کرت‌ها، محل قرارگیری فنجان‌های پاشمان و مناطق سه‌گانه‌ی بررسی تراکم خاک‌دانه‌ها از طریق تصاویر برآوردی قبل و بعد از اعمال باران مصنوعی
شکل ۵-۳	نحوه‌ی تغییرات رنگ خاک‌دانه‌های رنگی در قبل و بعد از اعمال بارش در سطح کرت به‌منظور تعیین میزان فرسایش پاشمانی از پاش‌های ابتدایی، میانی و انتهایی کرت‌های مطالعاتی
شکل ۵-۴	نمونه‌هایی از قطعات آلومینیومی که استفاده در پایش فرسایش مکانیکی، نحوه‌ی قرارگیری و چینش مکعب‌های آلومینیومی در عمق شخم خاک و ردیف‌های مربوطه برای شخم
شکل ۵-۵	نمایی از دستگاه دانه‌بندی لیزری HORIBA LA-950
شکل ۵-۶	نمودار تجمعی اندازه‌ی رسوبات آب‌راه‌های و معلق رودخانه در حوضه‌ی آبخیز جنگلی آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در روزهای مختلف نمونه‌برداری

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ طبقه‌بندی محلی شاخص‌های رایج فرسایش خاک به‌وسیله‌ی کشاورزان در کنیا.....	۲۷
جدول ۲-۲ مقادیر رسوب، وسعت کاربری اراضی و شکل‌های مختلف فرسایش خاک در حوزه	
آبخیز مندریجان.....	۳۱
جدول ۳-۲ سهم هر یک از آبخیزهای بالادست سدها یا بندهای احداث شده در سه شهرستان	
منان، شاه‌سود و دامغان در تولید رسوب.....	۶۴
جدول ۱-۱ آمارهای توصیفی عناصر اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های منابع رسوب (منشأ) در	
حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۰۵
جدول ۲-۴ آمارهای توصیفی عناصر اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های رسوب تهیه شده از محل	
خروجی حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۰۶
جدول ۳-۴ مربع فاصله‌ی MD^2 Man-Whitney و معیار MD^2/df برای نمونه‌های منابع رسوب	
در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۲۲
جدول ۴-۴ نمونه‌های پرت و آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از Kolmogorov-Smirnov برای	
نمونه‌های منابع رسوب در حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۲۳
جدول ۵-۴ ماتریس همبستگی بین عناصر مورد استفاده در منشأ رسوب تولید رسوب در حوزه‌ی	
آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۳۹
جدول ۶-۴ معیارهای تشخیص هم‌خطی عناصر مورد استفاده در منشأ رسوب تولید رسوب در	
حوزه‌ی آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۴۰

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۴-۷ نمرات تشخیص سه گروه مورد بررسی بر اساس دو ردیاب X_1 و X_2 و میانگین نمرات تشخیص گروهی.....	۱۴۲
جدول ۴-۸ همای ورود عناصر به مدل بر اساس حداقل فاصله Mahalanobis و تاثیر آنها بر توان جدایی تحلیل تشخیص برای انواع فرسایش در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۵۰
جدول ۴-۹ مشابهت توابع تشخیص حاصل برای انواع فرسایش در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۵۲
جدول ۴-۱۰ ماتریس طبقه‌بندی تعیین منابع تولید رسوب بر اساس انواع فرسایش در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۶۵
جدول ۴-۱۱ ماتریس طبقه‌بندی تعیین منابع تولید رسوب بر اساس واحدهای سنگ‌شناسی در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۶۶
جدول ۴-۱۲ نتایج ماتریس طبقه‌بندی اصلی نمونه‌های منابع تولید رسوب بر اساس انواع فرسایش با استفاده از تحلیل تشخیص در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۶۷
جدول ۴-۱۳ اندازه‌گیری تشابه بین گروهی با استفاده از مقادیر همبستگی.....	۱۸۶
جدول ۴-۱۴ بررسی تشابه نمونه‌های خاکی واحدهای سنگ‌شناسی در قلات، استان زنجان با استفاده از مقادیر همبستگی حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان.....	۱۸۷
جدول ۴-۱۵ عدم قطعیت‌های متصور در استفاده از رویکرد انگشت‌نگاری رسوب.....	۲۱۹