

## برآورد حجم رسوب ناشی از رگبارها در فرسایش آبکندی با استفاده از مؤلفه‌های مهم باران

\*سیدحمیدرضا صادقی<sup>۱</sup>، فرهاد نورمحمدی<sup>۲</sup>، مجید صوفی<sup>۳</sup> و بنفشه یثربی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس، نور، آدانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس، نور،

<sup>۲</sup>استادیار مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان فارس

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

### چکیده

فرسایش آبکندی از اشکال پیشرفته و حاد فرسایش آبی است که دلالت بر تلفات شدید خاک سطحی دارد. فرسایش آبکندی از نظر تولید رسوب نسبت به فرسایش سطحی از اهمیت بیشتری برخوردار است و مشکلات زیادی را به وجود می‌آورد. فرسایش آبکندی در ایران نیز به دلیل شرایط مختلف حاکم بر نقاط متفاوت گستره زیادی را به خود اختصاص داده و مطالعه ویژگی‌های مختلف آن به خصوص تولید رسوب ناشی از آنها بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق با توجه به اهمیت فرسایش آبکندی در شهرستان دره‌شهر واقع در استان ایلام، رابطه بین رسوب‌دهی فرسایش آبکندی و مقدار، شدت و تداوم بارندگی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ابتدا مناطق آبکندی تعیین و در مجموع ۱۸ آبکند خطی، پنجه‌ای و جبهه‌ای شناسایی شد و سپس خصوصیات مورفولوژیکی مختلف هر آبکند در ابتدا و بعد از وقوع ۵ رگبار منجر به تولید رواناب طی آبان تا دی ۱۳۸۴ برداشت گردید. سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی و آنالیز رگرسیون اقدام به تعیین مؤثرترین عامل رگبار در رسوب‌دهی فرسایش آبکندی گردید. نتایج تحقیق نشان داد که از مهم‌ترین عوامل اقلیمی می‌توان به زمان تداوم باران و شدت در پایه زمانی ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه اشاره کرد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل تشخیص نیز نشان داد که زمان تداوم باران مهم‌ترین عامل در رسوب‌دهی آبکندها در منطقه مورد مطالعه بوده و قابلیت برآورد رسوب ناشی از فرسایش آبکندی طی رگبارها با ضریب تبیین ۰/۸۱ و خطای تخمین ۲۸ درصد را داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** فرسایش آبکندی، تولید رسوب، مدل‌سازی رگبار، دره‌شهر، استان ایلام

### مقدمه

میلیون هکتار از اراضی ایران در معرض خسارت ناشی از فرسایش آبی بالاتر از ۱۰ تن در هکتار در سال بوده است. نتایج ارزیابی عرب‌خدری (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های بیش از ۲۰۰ ایستگاه رسوب‌سنجی نیز مؤید فرسایش سالانه خاک بیش از ۴/۱ میلیارد تن در سال می‌باشد. خسارت ناشی از فرسایش خاک و از دست رفتن منابع غذایی آن در کشور نیز سالانه بالغ بر ۷/۲ میلیارد دلار

خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین انواع منابع طبیعی نقش بسیار عمده‌ای در زندگی انسان دارد. طبق برآورد سازمان خواروبار کشاورزی جهانی در سال ۱۹۸۰ به نقل از دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۹۸۵)، بیش از ۵۶

برآورد گردیده است (دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۹۸۵؛ صمدنژاد، ۲۰۰۲). مطالعه فرسایش آبکندی<sup>۱</sup> در برخی از نقاط مختلف کشور نشانگر گسترش فراوان آن به دلیل شرایط اقلیمی خاص (احمدی، ۱۹۹۹)، هدررفت سطح زیادی از اراضی زراعی و روند تخریب اراضی می باشد (طباطبایی، ۲۰۰۰). مطالعات در زمینه فرسایش آبکندی در کشور بسیار محدود بوده و این در حالی است که فرسایش آبکندی به عنوان یکی از مهم ترین انواع فرسایش، به خصوص در قسمت های جنوبی کشور، باعث تخریب اراضی بسیاری شده و زندگی هم وطنان را تهدید کرده است (صمدنژاد، ۲۰۰۲).

با توجه به اهمیت فرسایش آبکندی در دنیا مطالعات مختلفی در سراسر جهان انجام شده است. بوفالو و ناهن (۱۹۹۲) به بررسی فرآیند تولید رسوب ۳ آبکند در مناطق هزاردره ای آبخیزی در فرانسه پرداختند. آنها میزان فرسایش خاک و بارندگی سالانه را به ترتیب ۱۹۰ تن در هکتار و ۸۴۰ میلی متر گزارش داده و رابطه ای را نیز به منظور برآورد مقدار تولید رسوب براساس شاخص انرژی جنبشی مؤثر ارایه دادند. لک و همکاران (۱۹۹۷) به بررسی تولید رواناب و رسوب ناشی از آبکندها در حوزه آبخیز آزمایشی شن چونگ<sup>۲</sup> در جنوب چین با مساحت ۰/۷۳ کیلومتر مربع پرداختند. آنها میزان تولید رسوب و رواناب در خروجی حوزه و همچنین در فاصله ۲۳۰ متری از آن را اندازه گیری کردند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که آبکندها بخش عمده رسوب حوزه را تولید می کنند و الگوی دبی رسوب از بارندگی تبعیت می کند. واندکرچف و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه آبکندهای تشکیل شده در دو منطقه متفاوت از نظر لیتولوژی، توپوگرافی و اقلیم در نواحی مدیترانه ای به این نتیجه رسیدند که اختلاف در عوامل ایجاد آبکندها در این دو منطقه نه تنها مربوط به خصوصیت متفاوت لیتولوژی و توپوگرافی آنهاست بلکه ممکن است به علت اختلاف اقلیم دو منطقه نیز باشد. آرچی بولد و همکاران (۲۰۰۳)

خصوصیات مورفومتریک آبکندها را از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ در کانادا پایش کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که برش فوقانی آبکندها تقریباً ۷ تا ۱۹ متر در طول این مدت پیش روی داشته است. این پیش روی رابطه نزدیکی با رژیم بارش فصلی در دو زمان ریزش رگبارهای سنگین تابستانه و همچنین یخ و ذوب شدن جریان های زیر سطحی در هنگام ذوب برف داشته است. هسل و وان آس (۲۰۰۳) با مطالعه آبکندهای تشکیل شده روی لس های زرد چین با کمک مدل LISEM<sup>۳</sup> به این نتیجه رسیدند که فرسایش خاک درون آبکندها طی روانابها نبوده و معمولاً در فاصله زمانی بین دو رواناب دیواره ها و برش فوقانی ریزش کرده و در هنگام جریان رواناب حمل می شوند. والکارسل و همکاران (۲۰۰۵) علت تشکیل آبکندهای موقتی در زمین های کشاورزی اسپانیا را شیارهای ایجاد شده در فصول با شدت بارندگی کم اعلام نموده اند. در مطالعه ای دیگر اشمیت و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی آبکندهای واقع در لس های منطقه رزتوکس<sup>۴</sup> در جنوب شرق لهستان به این نتیجه رسیدند که در طول بارش های سنگین خاک های لسی به شدت فرسایش یافته و حجم عظیمی از رسوبات را در مناطق آبکندی جمع کرده و در اثر برداشت بی رویه از این مناطق به منظور تولید آهن و شیشه فرسایش آبکندی تشدید یافته است. ریجیدیچک و همکاران (۲۰۰۷) نیز به مقایسه میزان مشارکت فرسایش آبکندی، حرکات توده ای ساحلی و رودخانه ای در میزان تولید رسوب سالیانه پرداخته و میزان مشارکت فرسایش آبکندی در تولید رسوب را چشم گیر ارزیابی نمودند. در ایران نیز مطالعات گسترده ای در خصوص بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش آبکندی در بندر گناوه (راهی، ۱۹۹۸)، استان خوزستان (طباطبایی، ۲۰۰۰)، استان فارس (صمدنژاد، ۲۰۰۲)، بخشی از حوزه آبخیز زاینده رود (صادقی و همکاران، ۲۰۰۵) و استان قم (قرلی و همکاران، ۲۰۰۵) صورت گرفته است ولی مطالعه خاصی در ارتباط با تعیین نقش عوامل اصلی بارش بر

3- Limburg Soil Erosion Model  
4- Roztocze

1- Gully Erosion  
2- Shenchong

تولید رسوب رگبارهای ناشی از توسعه فرسایش آبکندی صورت نگرفته است.

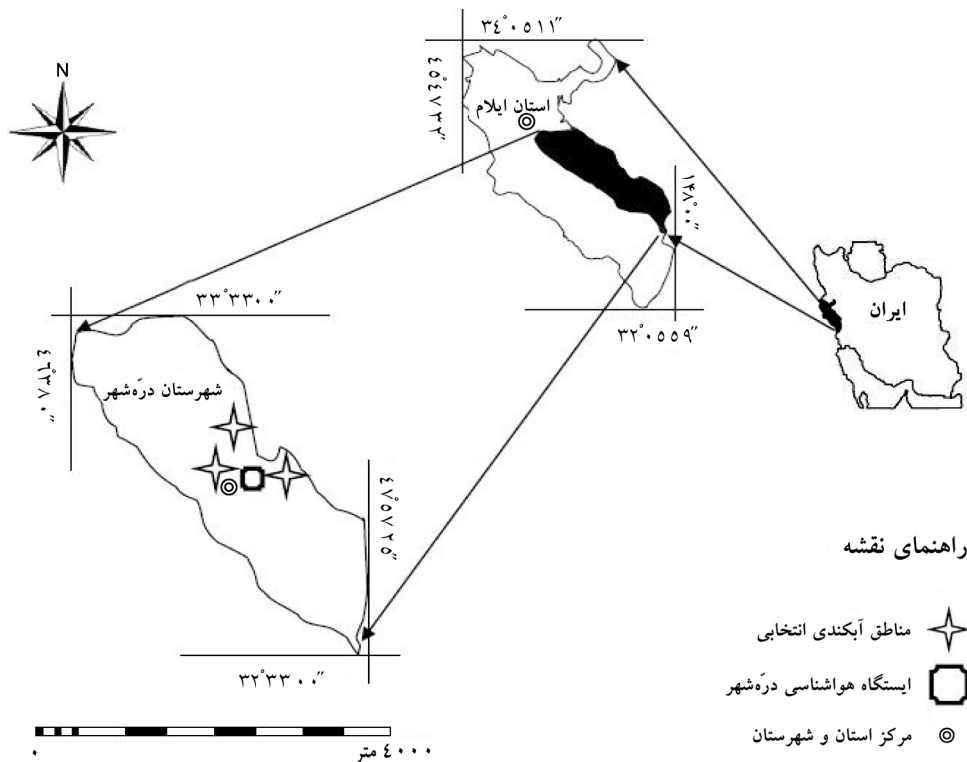
استان ایلام یکی از مناطقی است که فرسایش آبکندی در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی و ملی آن دیده می‌شود. منطقه دره‌شهر نیز دارای رخنمون فرسایشی آبکندی بوده و میزان فرسایش ویژه آن ۲۹ تن در هکتار در سال تخمین زده شده است (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰). از سویی دیگر این منطقه در حاشیه رودخانه سیمره واقع شده و هر ساله حجم عظیمی از رسوبات را وارد این رودخانه و نهایتاً سد کرخه می‌کند. از این رو ضرورت مطالعه میزان رسوب‌دهی آبکندهای منطقه، علل ایجاد آنها و ارتباط آن با خصوصیات حوزه در اراضی فوق از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. از این رو در این تحقیق با توجه به اهمیت فرسایش آبکندی در کشور و نیز شهرستان دره‌شهر در استان ایلام (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰)، سعی شده است تا برای اولین بار در کشور ارتباط خصوصیات مهم باران با تولید رسوب ناشی از رگبارها در فرسایش آبکندی و نیز متغیرهای تعیین‌کننده میزان تولید رسوب فرسایش آبکندی شناسایی تا برای مدیریت صحیح آنها مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان دره‌شهر با طول جغرافیایی "۳۸°۴۶ تا "۵۷°۲۵ ۴۷ شرقی و عرض "۳۲°۳۳ تا "۳۳°۳۳ شمالی، مساحت ۱۴۶۵۷۷/۲ هکتار و ارتفاع حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۷۹۰ و ۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰). میانگین درجه حرارت سالانه در شهرستان دره‌شهر (۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹) ۲۲/۶ درجه سانتی‌گراد بوده و بالاترین میانگین سالانه دما در استان را داراست. میانگین بارش سالانه این شهرستان

۴۲۸/۷ میلی‌متر، حداکثر میانگین ماهانه در این شهرستان در آذر ماه با میزان ۶۹/۸ میلی‌متر و اصولاً ماه‌های مرداد و شهریور فاقد بارندگی می‌باشد. مقدار بارندگی ماهیانه از مهر تا بهمن ماه به تدریج افزایش و از بهمن تا شهریور کاهش می‌یابد. به‌طور کلی قسمت اعظم بارندگی سالیانه در استان ایلام و شهرستان دره‌شهر در سه ماه آذر، دی و بهمن اتفاق می‌افتد. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه نیمه‌خشک می‌باشد (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰). در شکل ۱ نمایی کلی از منطقه مورد مطالعه، ایستگاه هواشناسی و منطقه مطالعاتی فرسایش آبکندی نشان داده شده است.

از نظر زمین‌شناسی حوزه مورد مطالعه در زون ساختاری زاگرس چین‌خورده واقع گردیده است. رخساره‌های سنگی و رسوبی این زون تحت تأثیر رخدادها و تحولات زمین‌شناسی به‌وقوع پیوسته دارای خصوصیات متمایزی نسبت به زون‌های ساختاری دیگر بوده و به ترتیب از قدیم به جدید شامل رخساره‌های دوران پالئوزوئیک، مزوزوئیک و دوره‌های نئوژن و کواترنر می‌باشد. وسعت مراتع قابل بهره‌برداری، کشاورزی آبی و باغ‌ها، زراعت دیم، مناطق مسکونی، اراضی بدون پوشش، بستر رودخانه‌ها، مناطق جنگلی انبوه، جنگلی نیمه انبوه و جنگلی تنک به ترتیب ۴۳۰۲۶/۹۹، ۱۶۲۲۶/۰۸، ۳۶۱۷/۴۸، ۲۹۲/۴۴، ۳۵۷/۹۰، ۵۴۵/۶۶، ۸۲۶/۵۰، ۶۰۹۳۸/۹۸، ۲۰۷۴۵/۱۷ هکتار می‌باشند. تیپ‌های جنگلی موجود در منطقه شامل بلوط، بلوط-بنه، بلوط-بنه، زالزالک و بلوط-ارژن-کیکم است. گونه‌های مرتعی غالباً شامل خانواده Poaceae و بیش‌تر گونه‌های *Bromus danthonia*، *Pionomon acarna*، *Bromus sterilis* و *Bromus tectorum* می‌باشد (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰).



شکل ۱- نمایی کلی از منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و کشور.

مشخص و قابل اندازه‌گیری مورد کنترل قرار گرفتند. برای انتخاب مناطق مورد بررسی، آبکندها در مناطقی انتخاب شدند که معرف کل سطح منطقه مورد مطالعه بوده و با توجه به وضعیت پراکنش آنها به دقت بتوان نقش اقلیم، جنس سازند و خاک در ایجاد آبکندها را مورد ارزیابی قرار داد. سپس براساس مرفولوژی عمومی آبکندها، سه نوع آبکند جبهه‌ای، خطی و پنجه‌ای (آرچی‌بولد و همکاران ۲۰۰۳) شناسایی شدند. از هر نوع آبکند جبهه‌ای، خطی و پنجه‌ای حداقل سه آبکند در دو مرحله‌ی تشکیل و توسعه به‌واسطه ضرورت اطمینان از تغییر مرفولوژی آبکند در کوتاه‌مدت و طی رگبارها و در مجموع ۱۸ آبکند انتخاب گردید. در مرحله‌ی بعد برای هر آبکند سه مقطع بالادست، میانی و پایین‌دست مشخص و مقاطع مورد نظر با پیکه‌های چوبی نصب شده در طرفین مقطع، مشخص گردیدند. سپس فاکتورهای مختلف مرفولوژیکی آبکندها به کمک نخ با فواصل مدرج ۲۵ سانتی‌متری و نصب شده روی پیکه‌ها (ریس‌آلوس و رودریگز، ۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد. فاکتورهایی مانند عرض

روش تحقیق: به‌منظور بررسی ارتباط خصوصیات مهم اقلیمی و میزان تولید رسوب ناشی از رگبارها در مناطق فرسایش آبکندی منطقه دره‌شهر، ابتدا اطلاعات موجود در این زمینه از مراکز مختلف تحقیقاتی و اجرایی جمع‌آوری شد. در مرحله بعدی اقدام به تعیین مناطق عمده‌ی آبکندی در استان ایلام به‌وسیله عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۶۷ تا ۷۳ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و گزارش‌های تهیه شده توسط مراکز جهاد کشاورزی شهرستان‌های استان ایلام و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، مناطق عمده‌ی آبکندی در استان شناسایی شد. همچنین با توجه به گزارش‌های موجود (جهاد کشاورزی استان ایلام، ۲۰۰۰)، شهرستان دره‌شهر دارای بیش‌ترین مناطق خسارت دیده از لحاظ فرسایش آبکندی بوده و بنابراین جهت انجام کارهای صحرائی و ثبت متغیرهای مورد نظر از قبیل متغیرهای مختلف مرفولوژیکی جهت تعیین حجم رسوب تولیدی انتخاب شد. سپس در مطالعات میدانی حدود و ثغور مناطق تعیین شده و نیز وجود آبکندهای

کارآیی مدل‌های تهیه شده (صادقی و همکاران، ۲۰۰۵a) استفاده شد.

### نتایج و بحث

به منظور بررسی تحلیل نقش عوامل بارندگی در تولید رسوب آبکندها، تنها پنج رگبار در طول مدت مطالعه مهر تا اسفند ۱۳۸۴ به وقوع پیوسته که منجر به تولید رواناب و طبعا انتقال رسوب در آبکندهای مورد بررسی شد. اطلاعات مربوط به رگبارهای ثبت شده در جدول ۱ خلاصه شده و همچنین حجم رسوب تولیدی از هر آبکند به ازای هر یک از رگبارهای به وقوع پیوسته در جدول ۲ ارائه شده است.

همچنین تغییرات ایجاد شده در آبکند شماره ۱ طی پنج رگبار مورد مطالعه در شکل ۲ به عنوان نمونه ارائه شده است. ماتریس همبستگی بین پارامترهای مختلف باران و حجم رسوب ناشی از هر رگبار در جدول ۳ آورده شده است. همان گونه که جدول ماتریس همبستگی نشان می‌دهد مهم‌ترین پارامترهای مؤثر باران در تولید حجم رسوب ناشی از فرسایش اغلب آبکندهای مورد مطالعه در منطقه زمان تداوم باران و شدت در پایه زمانی ۱۰، ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه بوده است. همچنین ارتباط مشابه به‌رغم غیرمعنی‌دار بودن ضرایب به‌دست آمده در مورد آبکندهای دیگر نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

بالا و پایین هر مقطع، عمق، فواصل بین مقاطع، ارتفاع رأس، فاصله از رأس، طول آبکند، قبل از شروع فصل باران اندازه‌گیری و ثبت و برای هر آبکند شناسنامه‌ای تنظیم گردید. بعد از هر رگبار دوباره این پارامترها اندازه‌گیری و ثبت شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Auto-CAD مقاطع برداشت شده ترسیم و اختلاف حجم به‌وجود آمده به‌میزان هدررفت خاک ناشی از فرسایش آبکندی طی رگبار مذکور نسبت داده شد (ریس‌آلوس و رودریگز، ۲۰۰۵).

برای دستیابی به مشخصات بارندگی منطقه مورد مطالعه از داده‌های مربوط به ایستگاه هواشناسی شهرستان دره‌شهر مجهز به باران‌نگار و مستقر در فاصله تقریبی ۱۵ کیلومتری جنوب منطقه استفاده شد. در این تحقیق متغیرهای شدت‌های مختلف، مقدار، تداوم و شدت متوسط بارندگی آن مورد استفاده قرار گرفت. شدت‌های باران ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه‌ای، شدت متوسط و همچنین تداوم باران با استفاده از منحنی‌های تجمعی باران و چارت‌های باران‌نگاری ایستگاه مذکور استخراج شد. برای به‌دست آوردن تداوم باران نیز از چارت‌های باران‌نگاری ایستگاه مذکور استفاده شد (علیزاده، ۱۹۹۹). در تجزیه و تحلیل اطلاعات جهت بررسی ارتباط بین عوامل اقلیمی و فرسایش آبکندی، از تجزیه و تحلیل عاملی، تحلیل رگرسیون و شاخص خطای نسبی به‌ترتیب به‌منظور کاهش متغیرهای مورد بررسی، تحلیل روابط و

جدول ۱- خصوصیات رگبارهای مورد مطالعه در بررسی خصوصیات اصلی باران و تولید رسوب در منطقه دره‌شهر، ایلام.

تاریخ رگبار	۱۳۸۴/۸/۲۶	۱۳۸۴/۹/۲۵	۱۳۸۴/۱۰/۳	۱۳۸۴/۱۰/۶	۱۳۸۴/۱۰/۱۹
مقدار (میلی‌متر)	۳۲/۲	۲۲/۴	۲۶/۹	۹/۷	۱۷/۵
تداوم (ساعت)	۲۵	۲۸	۲۳	۱۸	۲۰
۱۰ دقیقه‌ای	۲۸/۸	۴۶/۸	۶۸/۴	۲۶/۵	۲۶/۴
۲۰ دقیقه‌ای	۱۴/۴	۱۷/۱	۳۲/۴	۸/۲	۱۱/۲۸
۳۰ دقیقه‌ای	۵/۶	۱۲/۸	۱۲	۶/۲۴	۵/۴
۶۰ دقیقه‌ای	۳	۲/۷	۴/۸	۱/۱۸	۲/۱۳
۱۲۰ دقیقه‌ای	۱/۴	۱/۱۷	۱/۴	۰/۴۸	۰/۸۵
متوسط	۱/۲۹	۰/۸	۱/۱۷	۰/۵۴	۰/۸۸

شدت (میلی‌متر در ساعت)

جدول ۲- مقدار رسوب‌دهی آبکندها (سانتی متر مکعب) به ازای رگبارهای مورد مطالعه در منطقه دره‌شهر، ایلام.

رگبار					شماره و نوع آبکند
۱۳۸۴/۱۰/۱۹	۱۳۸۴/۱۰/۶	۱۳۸۴/۱۰/۳	۱۳۸۴/۹/۲۵	۱۳۸۴/۸/۲۶	
۱۴۶/۵۹	۱۴۰/۶۸	۵۲۳/۹۱	۲۴۸۴/۴۷	۱۶۴۰/۸۸	۱ پنجه‌ای
۲۵/۳۹	۱۳۲/۸۵	۹۳/۳۷	۳۶۹/۹۷	۱۶۸/۴۲	۲ پنجه‌ای
۶۷/۱۳	۱۲۸/۷۸	۲۶۱/۵۴	۴۸۲/۶۱	۵۱۴/۰۲	۳ خطی
۱۰/۰۸	۱۷۷/۱۴	۱۶۱/۷۲	۹۰/۴۸	۱۷۶/۰۲	۴ خطی
۳۳/۷۷	۴۲/۵۳	۲۵۷/۹۶	۸۸/۳۸	۱۸۵/۳۹	۵ خطی
۴۷/۳۷	۶۳/۲۸	۷۴/۲۱	۱۱۹/۷۶	۸۳/۷۶	۶ خطی
۴۲۰/۳۳	۴۱۱/۲۰	۱۲۰/۸۲	۱۱۷/۰۳	۱۲۶/۷۷	۷ پنجه‌ای
۱۹۴/۴۱	۶۳/۸۸	۱۹۳/۳۸	۱۶۵/۸۷	۲۵۸/۷۷	۸ پنجه‌ای
۱۹۲/۲۳	۲۷۶/۴۲	۴۰۲/۲۲	۴۱۱/۹۴	۱۱۷۸/۵۳	۹ پنجه‌ای
۵۱/۴۳	۱۶۲/۸۳	۱۷۸/۹۳	۱۶۹/۶۰	۴۲۵/۴۸	۱۰ خطی
۲۲/۵۲	۱۷۴/۰۱	۳۱۱/۸۹	۴۷۳/۸۲	۸۰۳/۷۰	۱۱ جبهه‌ای
۷۹/۵۷	۷۱/۷۷	۲۲۷/۹۰	۴۳۸/۲۵	۳۴۴/۷۲	۱۲ جبهه‌ای
۵۵/۴۷	۲۲۸/۵۲	۱۵۲/۳۴	۳۹۲/۴۷	۶۸۴/۳۶	۱۳ جبهه‌ای
۴۵/۴۴	۱۲۷/۶۳	۱۵۷/۲۵	۱۴۱/۹۷	۲۱۵/۳۰	۱۴ جبهه‌ای
۱۰/۰۴	۲۷۶/۶۰	۴۴۵/۵۸	۴۵۷/۳۶	۴۱۵/۰۵	۱۵ جبهه‌ای
۹/۱۵	۴۹/۲۵	۱۲۷/۲۳	۱۵۲/۵۱	۲۶۰/۴۵	۱۶ جبهه‌ای
۱۴۳/۷۲	۶۷/۸۰	۷۳/۹۶	۱۳۹/۸۵	۴۱۲/۶۳	۱۷ جبهه‌ای
۲۱/۵۲	۴۳/۰۷	۷۳/۱۰	۹۶/۴۶	۹۸/۸۲	۱۸ خطی
۱۵۷۶/۲۴	۲۶۳۸/۳۱	۳۸۳۷/۳۹	۶۷۹۲/۸۶	۷۹۹۳/۱۵	مجموع


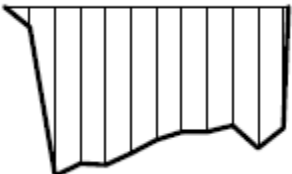
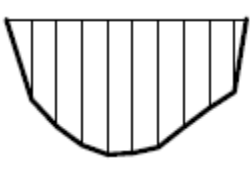
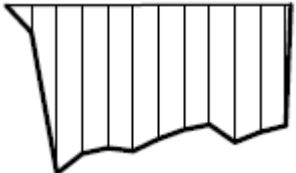
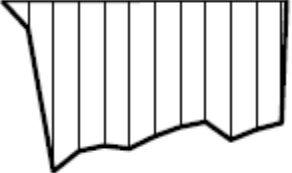
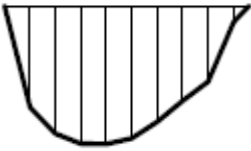
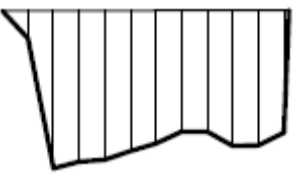
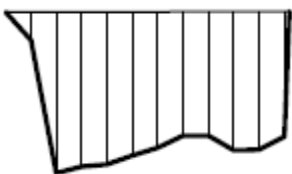
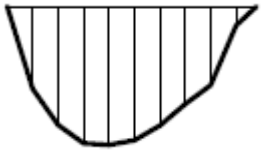
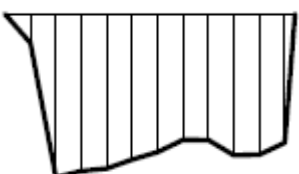
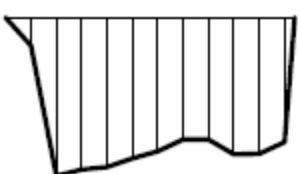
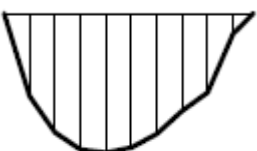
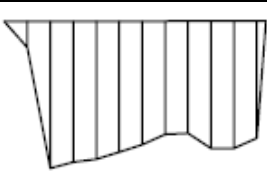
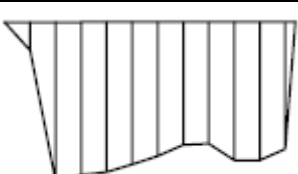
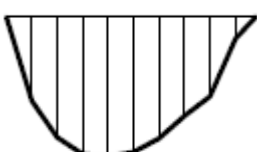
تداوم و شدت ۱۰، ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه‌ای آن از اهمیت بیش‌تری در فرسایش آب‌کنندی منطقه برخوردار بوده است. مقدار حداقل بارندگی لازم برای شروع رواناب و تولید رسوب با توجه به رگبارهای ثبت شده طی فرصت مطالعاتی (آبان تا دی ماه ۱۳۸۴) برابر ۹/۷ میلی‌متر بوده که از مقدار اعلام شده حدود ۲۷ میلی‌متر توسط اعظمی و همکاران (۲۰۰۵) برای شروع رواناب در کنگیر ایلام هم‌خوانی ندارد. همچنین نقش کنترل‌کنندگی مقدار بارندگی با ضریب تبیین حدود ۹۰ درصد در تولید رسوب ناشی از وقوع رگبار در آبکندهای مورد مطالعه از دیگر یافته‌های تحقیق حاضر بوده که با یافته‌های بوفالو و ناهن (۱۹۹۲) نیز تأیید می‌گردد.

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی روابط مختلف بین متغیرهای مستقل بارندگی و حجم رسوب تولیدی در آبکندهای مورد مطالعه نیز بررسی و تنها نتیجه مستخرج از آنها برای آبکندهای گروه پنجه‌ای با روش گام به گام با ضریب تبیین ۰/۸۱ و خطای تخمین ۲۸ درصد به دست آمد:

$$V = 4/9X - 4658 \quad R^2 = 0/81 \quad (1)$$

که در آن  $V$  حجم رسوب تولیدی به سانتی‌متر مکعب و  $X$  زمان تداوم رگبار به دقیقه می‌باشد. در مورد آبکندهای خطی و جبهه‌ای مدل رگرسیونی مناسبی به دست نیامد.

از مجموع عوامل بارندگی مطالعه شده طی تحقیق حاضر و براساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عاملی،

رگبار	مقطع بالادست	مقطع میانی	مقطع پایین دست
۱			
	حجم مقطع = ۳۳۳۶۵ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۳۳۶۵ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۳۳۶۵ سانتی متر مکعب
۲			
	حجم مقطع = ۳۳۰۷۲/۸ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۳۰۷۲/۸ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۲۲۱۱۰ سانتی متر مکعب
۳			
	حجم مقطع = ۳۲۹۸۲/۸ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۲۹۸۲/۸ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۲۱۹۸۰ سانتی متر مکعب
۴			
	حجم مقطع = ۳۳۵۵۶/۳ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۳۵۵۶/۳ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۲۲۱۱۳/۷ سانتی متر مکعب
۵			
	حجم مقطع = ۳۳۵۲۳ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۳۳۵۲۳/۸ سانتی متر مکعب	حجم مقطع = ۲۲۲۱۹ سانتی متر مکعب

شکل ۲- تغییرات ایجاد شده در آبکند شماره ۱ طی پنج رگبار.

(۱۹۹۸) بیان می‌کند که ۹۰ درصد رگبارهای اتفاق افتاده در مناطق آبکندی بندر گناوه دارای شدتی بیش از ۱۰ میلی‌متر در ساعت بوده‌اند. از طرفی صمدنژاد (۲۰۰۲) نیز نشان داد که ۹۱ درصد از آبکندهای منطقه فارس در مناطق با شدت بارندگی بین ۴۲ تا ۶۰ میلی‌متر در ساعت ایجاد شده‌اند.

همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیش‌ترین فرسایش آبکندی در رگبارهای با شدت متوسط بین ۰/۵۵ تا ۱/۲۸ میلی‌متر در ساعت رخ داده است. که با نظرات واکارسل و همکاران (۲۰۰۵) در خصوص نقش بارندگی‌های با شدت کم در تشکیل آبکندهای موقتی اراضی کشاورزی اسپانیا هم‌خوانی داشته حال آنکه راهی

جدول ۳- ماتریس همبستگی بین پارامترهای باران و حجم رسوب آبکندهای مورد مطالعه در منطقه دره شهر، ایلام.

باران آبکند	شدت (میلی متر در ساعت)							تداوم باران (دقیقه)
	۱۰ دقیقه‌ای	۲۰ دقیقه‌ای	۳۰ دقیقه‌ای	۶۰ دقیقه‌ای	۱۲۰ دقیقه‌ای	شدت متوسط	مقدار بارندگی (میلی متر)	
۱	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۲۰	۰/۹۹**
۲	۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۶۰	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۲۰	-۰/۲۰	۰/۷۰
۳	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۵۰	-۰/۲۰	۰/۸۰
۴	۰/۱۰	-۰/۳۰	۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۰۵	-۰/۳۰	-۰/۵۰	-۰/۳۰
۵	۰/۹۰*	۰/۸۰	۰/۵۰	۰/۹۰*	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۳۰	۰/۵۰
۶	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۶۰	۰/۱۰	۰/۹۰*
۷	۰/۹۰*	-۰/۸۰	۰/۶۰	-۰/۹۰*	-۰/۵۶	-۰/۸۰	-۰/۵۰	-۰/۸۰
۸	-۰/۱۰	-۰/۲۰	-۰/۶۰	-۰/۵۰	-۰/۶۱	۰/۲۰	-۰/۳۰	۰/۳۰
۹	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۵۰	-۰/۲۰	۰/۸۰
۱۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۶۰	-۰/۱۰	۰/۶۰
۱۱	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۵۰	-۰/۲۰	۰/۸۰
۱۲	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۲۰	۰/۹۰**
۱۳	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۳۶	۰/۱۰	-۰/۵۰	۰/۶۰
۱۴	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۳۰	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۶۰	-۰/۱۰	۰/۶۰
۱۵	۰/۹۰*	۰/۸۰	۰/۹۰*	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۸۰	۰/۵۰	۰/۸۰
۱۶	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۵۰	-۰/۲۰	۰/۸۰
۱۷	-۰/۲۰	۰/۱۰	-۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۱۰	-۰/۴۰	۰/۵۰
۱۸	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۵۰	۰/۲۰	۰/۶۰

\* و \*\* به ترتیب نمایانگر سطح معنی داری ۹۵ و ۹۹ درصد می باشد.

شده‌اند و به دلیل انجام عملیات غیراصولی شخم و همچنین آبیاری غرقابی و دارا بودن بیش از یک راس در آبکندهای پنجه‌ای با افزایش زمان تداوم باران بر میزان رواناب تولیدی از این اراضی افزوده شده و در نتیجه میزان تولید رسوب آبکندها تحت تأثیر زمان تداوم باران قرار گرفته است.

براساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر پیشنهاد می‌گردد که ایستگاه‌های تحقیقاتی مجهز به ایستگاه‌های رسوب‌سنجی و باران‌سنج‌های ثابت در مناطق دارای فرسایش آبکندی نصب شده و در تحقیقات گسترده‌تر در این زمینه سایر عوامل دخیل در رسوب‌دهی آبکندها شناسایی شوند.

یافته‌های به دست آمده طی تحقیق حاضر همچنین با اظهارات رز (علیزاده، ۱۹۹۹) مبنی بر وقوع ۶۸ درصد از تلفات خاک طی بارندگی‌های با شدت ۱۵ تا ۶۰ میلی متر در ساعت نیز هم‌خوانی ندارد که خود دلیلی بر تفاوت فاحش عکس‌العمل متفاوت حوزه‌های آبخیز تحت شرایط یکسان می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر همچنین با یافته‌های واکارسل و همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر تشکیل آبکندهای موقتی در زمین‌های کشاورزی اسپانیا در فصول با شدت بارندگی خیلی کم در اثر ایجاد شیارهایی ناشی از عملیات شخم مطابقت دارد. نتایج نشان داد که زمان تداوم مهم‌ترین پارامتر باران در تولید رسوب آبکندهای پنجه‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است. بیشتر آبکندهای پنجه‌ای در منطقه مورد مطالعه درون اراضی کشاورزی واقع



## منابع

1. Ahmadi, H. 1999. Applied geomorphology, University of Tehran Publications, Vol. 1, 688p. (In Persian).
2. Alizadeh, A. 1999. Soil erosion and conservation, Morgan, R.P.C. (Ed.), Razavi Astan Ghods Publications, 258p. (In Persian)
3. Arabkhedri, M. 2003. Suspended sediment yield in Iran, Journal of Watershed Management, 11: 4-6. (In Persian).
4. Archibold, O.W., Levesque, J.M.L., De Boer, D.H., Aitken, A.E., and Delanoy, L. 2003. Gully retreat in a semi-urban catchment in Saskatoon, Journal of Applied Geomorphology, 23:261-279.
5. Azami, A., Hosseinzadeh, H., and Pirani, A. 2005. Study on effects of vegetation cover on runoff and sediment, Final Research Report, Ilam Research Centre for Agriculture and Natural Resources, 36p. (In Persian).
6. Bufalo, M., and Nahon, D. 1992. Erosion processes of Mediterranean badlands: a new erosion index for predicting sediment yield from gully erosion, Geoderma, 52(1-2):133-147.
7. Bureau of Soil Conservation and Watershed Management. 1985. An overview on soil conservation and watershed management in Iran, past, present and future, 108p.
8. Gherli, H., Fattahi, M.M., and Soufi, M. 2005. Study on climatological and morphological characteristics of gullies (Case Study: Qom Province), In: Proceedings of 3<sup>rd</sup> National on Soil Erosion and Sediment Yield, Tehran, August 28-30, 2005: 264-269. (In Persian)
9. Hessel, R., and Van Ash, T. 2003. Modelling gully erosion for small catchment on the China loess Plateau, Catena, 54:131-146.
10. Ilam Province Jihad-e-Agriculture. 2000. Physiographical report on Darehshahr Watershed, 150p. (In Persian)
11. Luk, S.H., DiCenzo, P.D., and Liu, X.Z. 1997. Water and sediment yield from a small catchment in the hilly region, South China, Catena, 29(2):177-189.
12. Rahi, Gh.R. 1998. Study on mechanism and affecting factors on gully formation in Genaveh Port, Master Thesis of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, 85p. (In Persian)
13. Ries Alves, R., and Rodrigues, S.C. 2005. Gully's Monitoring: Morphometric and sediments study at Brazil's Savanna, Journal of Sociedade and Natureza, Uberlandia, 295-304.
14. Rijdsdijk, A., Bruijnzeel, L.A., and Prins, Th.A. 2007. Sediment yield from gullies riparian mass wasting and bank erosion in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia, Journal of Geomorphology, 87:38-52.
15. Sadeghi, S.H.R., Moradi, H.R., Mozayyan, M., and Vafakhah, M. 2005a. Comparison of different statistical analysis methods in rainfall-runoff modeling (Case study: Kasilian watershed). Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 12(3):81-90. (In Persian)
16. Sadeghi, S.H.R., Shojaei, Gh.R., and Moradi, H.R. 2005b. Relationship between Land Use and Soil Erosion in Manderijan Catchment in Zayandehrud Dam Basin, Water and Watershed Journal, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 1(4):17-23. (In Persian)
17. Samadnezhad, A.H. 2002. Study on main factors on gully formation in Fars Province, Master Thesis of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, 68p. (In Persian)
18. Schmitt, A., Rodzik, J., Zglobocki, W., and Russok, C. 2006. Time and scale of gully erosion in the Jedliczny Dol gully system, south-east Poland, Catena, 52:186-199.
19. Tabatabaei, S.M.R. 2000. Study on variation of gully erosion in Khuzistan Province, using satellite images interpretation and geographical information system, In: Proceedings of 2<sup>nd</sup> National on Soil Erosion and Sediment Yield, Khorramabad, August 28-30, 2000: 273-301. (In Persian)
20. Valcarcel, M., Taboada, T., Paz, A., and Dafonte, J. 2005. Ephemeral gully erosion in north western Spain, Catena, 50:199-266.
21. Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwaud Wijdenes, D., Gyssels, G., Beuselinck, L., and DeLuna, E. 2000. Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments, Journal of Geomorphology, 33:37-58.

## **Estimation of storm-wise sediment yield from gully erosion using important rainfall components**

**\*S.H.R. Sadeghi<sup>1</sup>, F. NoorMohammadi<sup>2</sup>, M. Soufi<sup>3</sup> and B. Yasrebi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, Iran,

<sup>2</sup>Former M.Sc. students, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, Iran,

<sup>3</sup>Assistant Prof., Fars Research Centre for Agriculture and Natural Resources, Iran

---

---

### **Abstract**

Gully erosion is one of the developed and extreme types of water erosion that indicates sever soil loss. Gully erosion is more important than other surface erosions in sediment yield view point so that create many difficulties. Gully erosion also extends in many parts of Iran and its study particularly in view point of sediment yield is therefore very important to be taken into account. The present study was taken place in Darehshahr city in Ilam province, Iran, in order to investigate the relationship between sediment yield from gully erosion and rainfall depth, intensities and duration. For this purpose, 18 axial, frontal and degitated gullies were precisely selected and their morphometric variations were surveyed at the beginning and end of 5 storm runoff events during November 2005 to January 2006. The important affecting factors were then determined with the help of factor and regression analyses. The results of the study showed that rainfall duration, 10, 30 and 60 minutes intensities were important factors controlling sediment yield by gully erosion. The rainfall duration was then found as the best indicator for sediment yield based on discriminative analysis. A significant relationship was ultimately established between sediment yield and rainfall duration with respective determination coefficient and estimation error of 81 and 28%.

**Keywords:** Darehshahr; Gully erosion; Ilam province; Iran; Sediment yield; Storm-wise modeling

---

\*-Corresponding Author; Email: sadeghi@modares.ac.ir