

بررسی توزیع مکانی پهنه‌های آبکندی در سطح حوزه‌های آبخیز ایران

رضا بیات^۱ و مجید صوفی^۲

۱- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

bayat52@gmail.com

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

خاک به‌عنوان بستر تولید غذا و حیات بشر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در اثر پدیده‌های مختلف از جمله فرسایش دچار آسیب می‌شود. یکی از انواع مهم فرسایش آبی، فرسایش آبکندی است که موجب بروز مشکلات و خسارات زیادی می‌شود. با توجه به اهمیت، خسارت و گستردگی فرسایش آبکندی در کشور، از سال ۱۳۸۰ پروژه تحقیقاتی برای بررسی وضعیت فرسایش آبکندی ایران در سه فاز جداگانه و در استان‌های مختلف کشور شروع شد. در فاز ۱ تعداد بیشتری از استان‌ها مشارکت داشته و بقیه استان‌های باقیمانده نیز در فازهای ۲ و ۳ مطالعه شدند و گزارش‌های آن‌ها نیز تهیه و چاپ شده است. مساحت فرسایش آبکندی در هر یک از استان‌ها با استفاده از مدارک تاریخی مانند عکس هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرائی مشخص شده و نقشه پراکنش آبکندها به‌صورت رقومی بر روی نقشه توپوگرافی تهیه و ارائه شده است. در نتایج تحقیق مذکور مشخص شده که آبکندها در کجای زمین منظر، در چه رقوم ارتفاعی از سطح دریا، با چه دما، محدوده بارش، با چه ویژگی‌های زمین‌شناسی و خاکی، بر روی چه کاربری در گذشته ایجاد شده و هم‌اکنون دارای چه کاربری اراضی هستند و علل ایجاد آن‌ها از نظر عوامل طبیعی و یا انسانی چه بوده است. همچنین معین شده آبکندهای مورد بررسی از نظر ویژگی‌های شکل‌شناسی نظیر طول، عرض، عمق، شکل مقطع عرضی، نوع پلان عمومی و پیشانی آبکند دارای چه وضعی هستند و در کدام یک از طبقه‌های مطرح قرار می‌گیرند. ضمناً بررسی شد که در آبکندهای مذکور چه نوع اقدامات کنترلی صورت گرفته و کدامیک موفق عمل کرده است. در این تحقیق از گزارش‌های سه فاز انجام شده، یک نقشه پراکنش آبکندهای ایران در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (ARC/GIS) تهیه و روی هم اندازی با نقشه رقومی تماب انجام شد و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات توزیع مکانی پهنه‌های آبکندی، حوزه‌های آبخیز دارای اولویت حفاظت مشخص شد. نتایج نشان داد که نزدیک به یک و نیم درصد مساحت کشور (نزدیک دو و نیم میلیون هکتار) تحت تأثیر فرسایش آبکندی است و زیر حوضه‌های کد ۲۱۴۱، ۲۴۲۶، ۲۴۲۳ و ۲۴۲۴ به ترتیب از نظر سهم گسترش فرسایش آبکندی در حوضه و زیر حوضه‌های کد ۲۴۲۳، ۲۲۳۴، ۲۱۶۳ و ۲۱۳۳ به ترتیب از نظر مقدار سطح متأثر از آبکندی شدن دارای اولویت برنامه‌ریزی‌های مدیریت و حفاظتی هستند.

واژه‌های کلیدی: آبکند، اولویت، حفاظت خاک، حوزه‌های آبخیز، ایران

مقدمه

انسان برای ادامه حیات خود به مواد غذایی نیاز دارد و خاک به عنوان بستر تولید غذا و حیات بشر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در اثر پدیده‌های مختلف از جمله فرسایش دچار آسیب می‌شود (رفاهی ۱۳۷۹). یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی، فرسایش آبکندی است که باعث کاهش امکان تردد وسایط نقلیه و ماشین‌آلات کشاورزی می‌شود و در نتیجه افزایش هزینه حمل‌ونقل و در برخی موارد موجب خراب شدن محصولات کشاورزی به دلیل عدم وجود راه‌های ارتباطی می‌شود. همچنین در این نوع فرسایش، هدر رفت خاک چندین برابر بیشتر از فرسایش سطحی و شیاری است. (Morgan, ۲۰۰۳)، که پیامد آن پرشدن مخازن سدها، کاهش ظرفیت انتقال آبراهه‌ها، رودخانه‌ها و تخریب اراضی کشاورزی زیردست آن‌ها است. به‌طور کلی فرسایش آبکندی از سه نظر در بین انواع فرسایش آبی اهمیت دارد. اول تحقیقات کمی درباره آن انجام شده و دوم تولید چند برابری رسوب نسبت به سایر فرسایش‌ها نظیر پاشمان و سطحی برای مخازن سدهای احداث شده، هدر رفت خاک حاصلخیز تولید شده و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها و سوم تخلیه رطوبت خاک و آب زیرزمینی که در شرایط خشک‌سالی و در مناطق خشک می‌تواند به تشدید بحران کمبود آب کمک نماید (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳).

بررسی تحقیقات انجام شده در باره فرسایش آبکندی نشان می‌دهد که نیاز است دانسته شود آبکندها در چه محیط‌های اکولوژیک از نظر بارش سالانه، طبقات ارتفاعی، چه نوع خاک با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و چه اقلیمی ایجاد می‌شوند (صوفی، ۱۳۹۴). (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). دومین چالش موجود در زمینه فرسایش آبکندی شناخت ویژگی‌های شکل‌شناسی آبکندها از نظر ابعاد و تغییر آن‌ها در رابطه با تغییر شرایط اکولوژیک است. عوامل متعددی در تغییر پارامترهای شکل‌شناسی آبکندها مؤثر است. آنچه اهمیت ویژگی‌های آبکندها را دو چندان می‌کند استفاده از علائم ظاهری آن‌ها در پی بردن به فرایندهای ایجاد و گسترش آن‌ها است که در مبحث کنترل فرسایش آبکندی بسیار نقش ایفاء می‌نماید.

(احمدی، ۱۳۷۸) در طبقه‌بندی خود به آبکندی کوچک می‌گوید که عمقی کمتر از ۰/۹ متر داشته باشد در حالی که (رفاهی، ۱۳۷۹) عمق کوچک‌تر از دو متر را آبکند کوچک می‌داند. لذا لازم است ابتدا آبکندهای ایران مورد اندازه‌گیری از نظر عمق قرار گیرند و سپس بر اساس منابع خارجی و سپس داخلی یک طبقه‌بندی برای آبکندها از نظر عمق ارائه شود و فلسفه طبقات طبقه‌بندی نیز بیان شود. ایشان آبکندها را بر اساس عمق به سه دسته به شرح زیر تقسیم کرده است:

عمق	اندازه
الف: عمق کمتر از ۰/۹ متر	کوچک
ب: عمق بین ۰/۹ تا ۴/۵ متر	متوسط
ج: عمق بزرگ‌تر از ۴/۵	بزرگ

درحالی‌که (رفاهی، ۱۳۷۹) آبکندها را بر اساس عمق به دسته‌های زیر تقسیم کرده است:

عمق	اندازه
آبکند کوچک	تا ۲ متر
آبکند متوسط	۲ تا ۵ متر
آبکند بزرگ	۵ تا ۱۰ متر
آبکند خیلی بزرگ	بزرگ‌تر از ۱۰ متر

از نظر زمان کنترل مهم است که دانسته شود آبکندهای مورد مطالعه دارای چه دوره تکاملی هستند که از شاخص پیوستگی آن‌ها استفاده می‌شود و می‌توان آن‌ها را به دودسته پیوسته (مسن) و ناپیوسته (جوان) طبقه‌بندی کرد و اولویت کنترل می‌تواند برای جوان‌ها باشد زیرا امکان تولید رسوب و پیشروی آن‌ها بیشتر خواهد بود.

آبکندها بر اساس ملاحظات عملی^۱ بر مبنای نسبت عرض به عمق^۲ نیز طبقه‌بندی شده‌اند (Govers و Poesen، ۱۹۹۰). (Poesen، ۱۹۹۳). در اراضی زراعی نسبت‌های بزرگ‌تر از یک عرض به عمق می‌تواند خسارات زیادی را برای کشاورزان ایجاد کند. از طرف دیگر بخش عمده‌ای از فرسایش خاک در این آبکندها مربوط به خاک سطحی و حاصلخیز است که قادر است مواد آلی و کود شیمیائی را با خود به منابع آبی انتقال دهد. از طرف دیگر این آبکندها به سهولت قابل کنترل بوده لذا اولویت اول از نظر پروژه‌های کنترل آبکند محسوب می‌شود. گرچه مطالعات زیادی درباره علل ایجاد آبکند انجام شده است اما هنوز این موضوع مورد بحث محققین این فن قرار دارد (Graf، ۱۹۷۳). (Soufi، ۱۹۹۷). مجموعه تحقیقات انجام شده منجر به ارائه سه نظریه کلی درباره علل ایجاد آبکند شده است که عبارت‌اند از:

۱- تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی به وسیله انسان^۳

۲- تغییر اقلیم^۴

۳- تغییرات درونی سامانه^۵ یا تغییرات تصادفی در مقدار و فراوانی وقایع^۶

معمولاً عوامل متعددی در ایجاد آبکند تأثیرگذار هستند که امروزه مهم‌ترین آن عامل انسان یا اقدامات انسان به‌عنوان بهره‌بردار است. برای مطالعه فرسایش آبکندی ابتدا نوع کاربری اراضی در ایجاد آبکندها نقش دارد. به‌عنوان مثال در کاربری جنگل کمتر آبکند مشاهده می‌شود ولی در مراتع و دیمزارها بیشتر این نوع فرسایش در ایران مشاهده می‌شود که علت آن تخریب مراتع و تبدیل مراتع از وضعیت خوب یا متوسط به وضعیت فقیر و یا تبدیل مراتع به دیمزارهای کم بازده است. وقتی کاربری اراضی مشابه است ولی در بخشی از آن آبکند ایجاد می‌شود در این حالت سایر عوامل نظیر پستی و بلندی می‌تواند نقش ایفاء کند. در چنین حالتی احتمالاً شیب قسمتی از کاربری بیشتر از سایر بخش‌ها است. تحقیقات انجام شده در دنیا نشان‌دهنده (Valentin و همکاران، ۲۰۰۵) که تغییر کاربری اراضی تأثیری بیشتری از تغییر اقلیم بر فرسایش آبکندی داشته است.

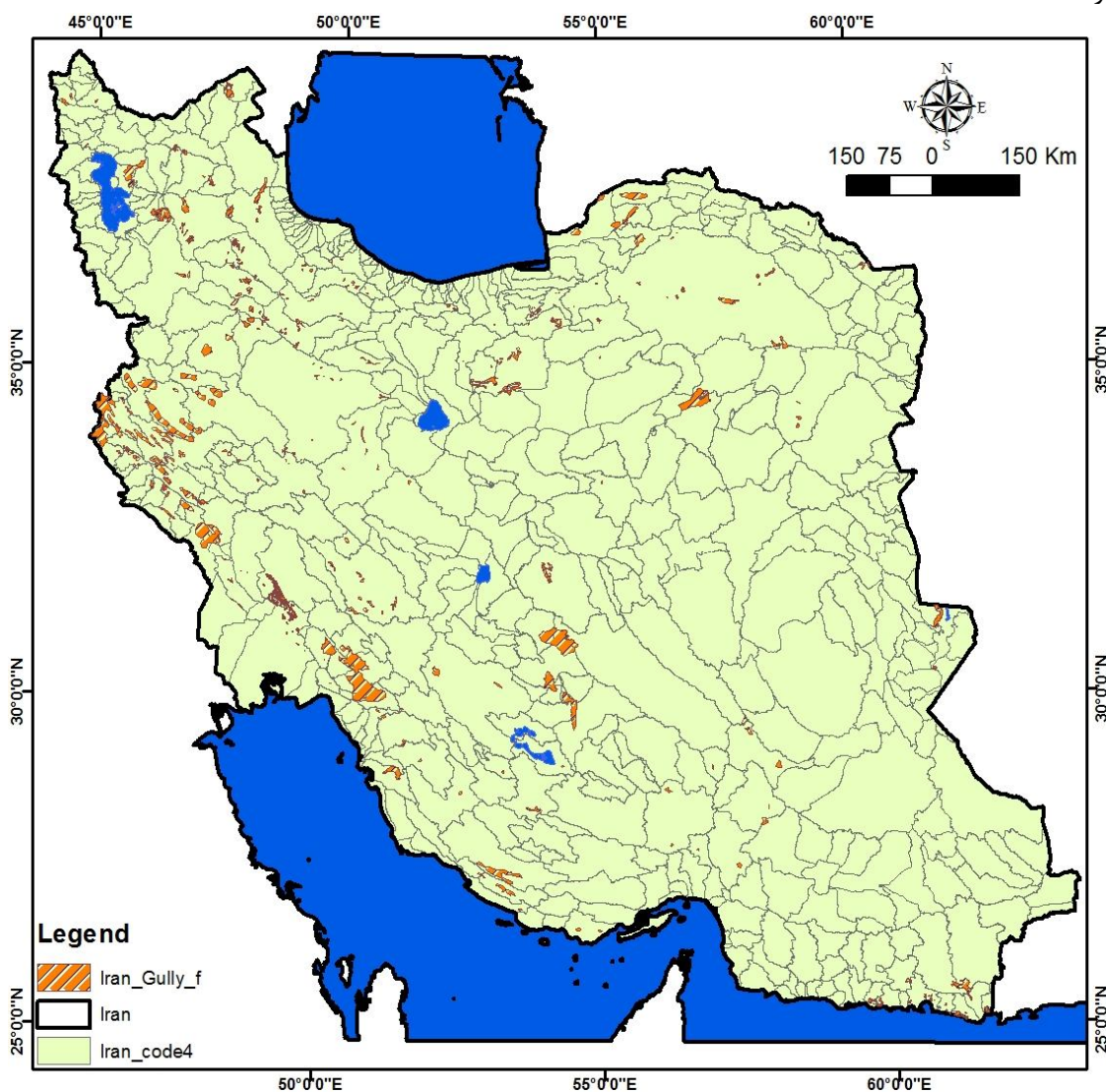
با توجه به بررسی‌های موجود در باره فرسایش آبکندی در کشورهای مختلف و عدم وجود تحقیقات جامع و هدفمند روی این شکل از فرسایش در ایران، تصمیم گرفته شد که بسیاری از نظریه‌های موجود در باره فرسایش آبکندی در شرایط میدانی کشور مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به تحقیقات انجام شده درباره فرسایش آبکندی در استان‌های ایران در سه فاز از سال ۱۳۸۰ (صوفی و همکاران، ۱۳۹۶). (صوفی و بیات، ۱۳۹۵). (صوفی و بیات، ۱۳۹۴) به نظر می‌رسد برای تحلیل و جمع‌بندی نهایی و ارائه نظریه‌های جدید بر اساس شواهد موجود لازم است کلیه مطالعات انجام شده در این فازها تلفیق و نتیجه‌گیری نهایی برای آبکندهای ایران استخراج و در دسترس جوامع دانشگاهی، تحقیقاتی و اجرایی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق اطلاعات طرح که در سه مرحله مختلف از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ انجام شده بود، جمع آوری و در قالب یک لایه رقومی اطلاعات پراکنش آبکندها استفاده شد. در این پروژه‌ها ابتدا با بررسی اطلاعات و اسناد موجود، نقشه اقلیم استان‌ها با استفاده از روش دومارتن گسترده حاصل از مطالعات جاماب تهیه و بر اساس اطلاعات موجود در گزارش‌های مدیریت آبخیزداری و مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌ها، بازدیدهای صحرایی و در صورت لزوم بررسی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی،

1. Practical
2. Width/Depth
3. Human impact
4. Climate change
5. Intrinsic change
6. Random frequency-magnitude variations

موقعیت جغرافیایی مناطق دارای فرسایش آبکندی بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ مشخص شد. دو منطقه دارای فرسایش آبکندی در هر اقلیم از استان انتخاب و در هر یک از دو منطقه منتخب، طبقه‌بندی آبکندها از نظر موقعیت مکانی، مرحله تکاملی، شکل پلان عمومی آبکند، پروفیل عمودی سر آبکند و شکل مقطع آن صورت می‌گیرد. از هر طبقه یک آبکند به‌عنوان معرف انتخاب‌شده و عملیات نقشه‌برداری و نمونه‌برداری از خاک برای آن انجام شد. برای هر آبکند اطلاعاتی نظیر سازند زمین‌شناسی، شیب اراضی در بالادست و اطراف آبکند، کاربری اراضی، ویژگی‌های شکل‌شناختی، علل ایجاد، میزان و نوع خسارت حاصل از آبکند در محل و خارج از آن جمع‌آوری می‌شود. برای جمع‌آوری مشخصات آبکندها یک شناسنامه هشت صفحه‌ای فراهم‌شده است. اندازه‌گیری‌های فوق بدون عملیات نقشه‌برداری در ۲ آبکند دیگر از هر منطقه تکرار می‌شده که جزئیات نتایج در گزارش‌های نهایی مربوطه ارائه‌شده است.



نقشه ۱- توزیع پهنه‌های آبکندی در سطح کشور و حوزه‌های آبخیز کد ۴ تماب

پس از دریافت اطلاعات، تجمیع و تهیه نقشه کشوری پراکنش آبکندها در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (ARC/GIS)، روی هم اندازی با نقشه مرز حوزه‌های آبخیز کشور (کدگذاری شده به وسیله تماب)، انجام و با تحلیل اطلاعات حاصله (جدول‌ها و نقشه‌ها)، توزیع مکانی پهنه‌های آبکندی انجام و حوزه‌های آبخیز دارای اولویت اقدامات حفاظتی مشخص شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تحقیق و محاسبات انجام شده، نزدیک به یک و نیم درصد مساحت کشور (حدود ۲۳۳۵۰۰۰ هکتار) تحت تأثیر فرسایش آبکندی است که نقشه ۱ توزیع پهنه‌های آبکندی در سطح کشور و حوزه‌های آبخیز کد ۴ تماب را نشان می‌دهد. پنج زیر حوضه کد ۲۱۴۱، ۴۴۲۶، ۲۴۲۳، ۲۴۲۴ و ۲۱۳۲ به ترتیب از نظر سهم گسترش فرسایش آبکندی در حوضه (درصد فرسایش آبکندی نسبت سطح کل) و زیر حوضه‌های کد ۲۴۲۳، ۴۴۱۳، ۲۲۳۴، ۲۱۶۳ و ۲۱۳۳ به ترتیب از نظر مساحت متأثر از آبکندی شدن در اولویت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظتی هستند که ۲۰ اولویت اول حوزه‌های آبخیز کشور از نظر فرسایش آبکندی با طبقه‌بندی کد ۴ تماب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ نشان می‌دهد که بعد از سطح کلان کشوری آبکندها با بیش از دو میلیون هکتار، ۲۰ زیرحوضه مذکور دارای بیشترین سطح متأثر از این پدیده هستند ولی در جدول ۲ موضوع اولویت هر زیر حوضه در داشتن سهم (درصد) گسترش این نوع فرسایش مطرح است و اولویت مذکور نشان می‌دهد که در هر یک از زیرحوضه‌ها چه درصدی از کل منطقه را در برمی‌گیرد.

بررسی داده‌های پایه نشان می‌دهد که ۳۵ درصد این مناطق اولویت‌دار دارای کاربری مرتع ضعیف بوده و بیش از ۶۰ درصد این مناطق دارای سازندهای با درجه حساسیت ۶ و بیشتر در مقیاس ده‌گانه حساسیت سازندها هستند. نکته قابل توجه این‌که از نظر اقلیمی بخش عمده‌ای از این مناطق در اقلیم خشک (۲۵ درصد) و نیمه‌خشک (۸۰ درصد) واقع شده است.

جدول ۱- ترتیب اولویت حوزه‌های آبخیز کد ۴ تماب بر اساس مقدار مساحت پهنه‌های آبکندی

order	Gully Area ha	Gully Area %	Total	non-gully	Parameter/Basin
1	160643.7	36.477	440392.6	279748.9	2423
2	98003.5	16.844	581834.6	483831.1	4413
3	96631.8	17.607	548817.6	452185.8	2234
4	82267.4	20.658	398227.4	315960.0	2163
5	81061.7	26.700	303599.9	222538.2	2133
6	78107.1	32.364	241336.4	163229.3	2424
7	67875.3	16.689	406713.2	338837.9	2121
8	58602.5	5.226	1121369.7	1062767.3	2614
9	56044.4	51.528	108764.0	52719.6	2141
10	52745.8	14.702	358756.4	306010.6	2232
11	49653.6	8.537	581626.7	531973.0	4741
12	45888.2	14.226	322558.4	276670.2	4414
13	44993.1	1.687	2666896.9	2621903.8	4912
14	44571.2	0.795	5603317.5	5558746.3	4764
15	43796.5	10.973	399144.4	355347.8	2215
16	41970.0	12.959	323862.9	281892.9	2231
17	39903.0	3.383	1179662.0	1139759.0	2235
18	37603.1	4.202	894837.5	857234.5	4712
19	37026.7	3.501	1057483.1	1020456.4	4742
20	36601.2	11.066	330750.9	294149.6	173

جدول ۲- ترتیب اولویت حوزه های آبخیز کد ۴ تما ب بر اساس سهم پهنه های آبکندی از سطح حوضه

Order	Gully Area %	Grand Total	Gully Area ha	non-gully	Parameter/Basin
1	51.528	108764.0	56044.4	52719.6	2141
2	47.482	44317.7	21043.1	23274.5	4426
3	36.477	440392.6	160643.7	279748.9	2423
4	32.364	241336.4	78107.1	163229.3	2424
5	27.273	50671.8	13819.5	36852.3	2132
6	26.700	303599.9	81061.7	222538.2	2133
7	20.658	398227.4	82267.4	315960.0	2163
8	17.607	548817.6	96631.8	452185.8	2234
9	17.074	37850.7	6462.7	31388.0	2162
10	16.844	581834.6	98003.5	483831.1	4413
11	16.689	406713.2	67875.3	338837.9	2121
12	15.900	187265.8	29774.8	157491.0	3033
13	14.702	358756.4	52745.8	306010.6	2232
14	14.226	322558.4	45888.2	276670.2	4414
15	13.156	191665.0	25216.2	166448.9	522
16	13.132	262373.2	34455.2	227918.0	2415
17	13.117	224544.7	29453.4	195091.3	2413
18	12.959	323862.9	41970.0	281892.9	2231
19	12.814	120364.4	15423.7	104940.7	2144
20	12.026	224129.4	26953.3	197176.0	1625

نتیجه گیری

نقشه آبکندهای ایران برای اولین بار در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تولید شده است. اطلاعات این نقشه مربوط به برداشتهای میدانی تا قبل از سال ۱۳۹۰ بوده است. نکته قابل ذکر اینکه برداشت میدانی و تهیه نقشه برای آبکندهای با مساحت مساوی یا بزرگتر از ۵۰۰ هکتار صورت گرفته است زیرا مقیاس بررسی آبکندها و تعیین محدوده آنها نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ ایران و نقشه خروجی در هر استان مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ بوده است.

داده های موجود نشان می دهد که غالب مناطق آبکندی در دو اقلیم خشک و نیمه خشک و سپس در اقلیم مدیترانه ای ایجاد شده است. غالب آبکندها در مراتع با وضعیت فقر ایجاد شده اند و مراتع متوسط و اراضی کشاورزی در رده های بعدی قرار دارند. از نظر حساسیت به فرسایش مناطق آبکندی ایران عمدتاً در طبقات هفت و شش قرار می گیرند. با توجه به تأثیر آبکندها در تخلیه رطوبت خاک و کاهش تولیدات گیاهی مخصوصاً در مراتع و اراضی کشاورزی و وجود تغییر اقلیم به نظر می رسد با استفاده از اطلاعات تهیه شده در طرح ملی آبکندهای ایران بتوان اولویت بندی مناطق آبکندی ایران را از نظر اقدامات و پروژه های کنترلی انجام داد. آبکندهای ایران با این مساحت قابل توجه و خسارت چند صد میلیارد ریالی در بخش تخریب اراضی زراعی و مراتع، راه های و لوله های انتقال نفت و گاز و تخریب روستاهای مسکونی از اهمیت خاصی برای مطالعه، پیشگیری و کنترل برخوردارند. باید توجه داشت که این آمار و نقشه ها به طور متوسط مربوط به ۱۵ سال گذشته است و از طرفی با توجه به اهمیت موضوع فرسایش آبکندی و خسارات مترتب از آن، شایسته است مدیریت کلان حوزه های آبخیز کشور و دیگر مسئولین مربوطه نسبت به پیش بینی اعتبارات لازم برای بروز رسانی اطلاعات و نقشه ها و به کارگیری نتایج حاصله اهتمام خاصی نشان دهند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی «بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آبکندهای ایران» است که با استفاده از امکانات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده و بدین‌وسیله از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده و زحمات مجریان استانی سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- احمدی، ح. ۱۳۷۸، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ ص.
- رفاهی، ح. ۱۳۷۹، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ ص.
- صوفی، م. بیات، ر. ۱۳۹۴، بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آبکندهای ایران، فاز ۲، استان‌های زنجان، خوزستان، مازندران، ایلام و تهران، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۸۲ ص.
- صوفی، م. بیات، ر. ۱۳۹۵، بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک آبکندهای ایران، فاز ۳: استان‌های قزوین، لرستان و اردبیل، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۸ ص.
- صوفی، م. چرخابی، ا. ح. بیات، ر. ۱۳۹۶، بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران (فاز ۱: استان‌های اصفهان، بوشهر، چهارمحال و بختیاری، سیستان و بلوچستان، فارس، گلستان، یزد، هرمزگان، آذربایجان شرقی، خراسان، کردستان، کرمان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گیلان، قم، آذربایجان غربی، مرکزی، سمنان و همدان) سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۰۸ ص.
- Graf, W.L. 1983. The Arroyo Problem: Paleohydrology and Paleohydraulics in the Short Term. In: G.K. Gregory, (Ed.), Background to Paleohydrology, John Wiley and Sons, London, PP.262- 303.
- Morgan, R.P.C. and Mngomezulu, D. 2003. Threshold condition of valley-side gullies in the Middle Veld of Swaziland, *Catena* 50, 401-414.
- Poesen, J. 1993. Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: Wicherek, S. (Ed.), Farmland erosion in temperate plains environment and hills. Elsevier, Amsterdam, 221-239.
- Poesen, J. and Govers, G. 1990. Gully Erosion in the Loam Belt of Belgium: Typology and Control Measures. In: J. Boardman, Foster, I.D.L. and Dearing, J. A. Eds.), Soil Erosion on Agriculture Land, John Wiley and Sons, Chichester, England, 513-531.
- Posesen, J., J. Nachtorgale, J. and Verstrac, G. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs, *Catena*, 50, 91-133.
- Soufi, M. 1997. Processes and Rates of Gully Development in Pine Plantations, South eastern new South Wales, Ph.D. Dissertation, Univ. of N.S.W. Sydney.
- Valentin, C., Poesen, J. and Li, Y. 2005). Gully erosion: Impacts, factors and control, *Catena* 63, 132-153.