

برآورد میزان فرسایش آبکندی و مقدار عقب نشینی دیواره‌های آبکند با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از حوضه آبخیز طالقان

امیر رئیسی نشاط^{۱*}، حسینقلی رفاهی، فریدون سرمدیان و منوچهر گرجی

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ Raeisi_n@yahoo.com

استاد گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ Rafahi@ut.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ fsarmad@ut.ac.ir

استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ mgorji@ut.ac.ir

چکیده

در مقایسه با تلاش‌های دهه‌های گذشته در جهت بررسی فرآیندهای فرسایش ورقه‌ای و شیاری خاک، مطالعات نسبتاً کمی در جهت کمی کردن و یا برآورد فرسایش آبکندی انجام شده است. گسترش استفاده از تکنولوژی‌های اطلاعات مکانی جدید، مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل رقومی ارتفاع و سنجش از دور، توانایی‌های جدیدی برای تحقیق در این زمینه فراهم کرده است. راه‌حلی که به صورت مرجعی در راستای تخمین اثرات تغییرات جهانی مانند تغییرات کاربری اراضی و اقلیم تنظیم گردیده، نقشه برداری و کمی کردن مقدار فرسایش آبکندی می‌باشد که شامل مقدار عقب‌نشینی دیواره‌های آبکند و تولید رسوب است. تحقیق حاضر روشی، جهت محاسبه مقدار عقب نشینی دیواره‌ها و تولید رسوب توسط فرسایش آبکندی ارائه می‌دهد. روش پیشنهاد شده از عکس‌های هوایی چند زمانه و مدل‌های رقومی ارتفاع چند زمانه که هر دو بوسیله تکنیک‌های اطلاعات جغرافیایی پردازش شده‌اند، استفاده می‌کند. تحقیق در زیر حوضه حاشان با وسعت ۲۵ هکتار در حوضه آبخیز طالقان انجام شده است. عکس-های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۷۰ و عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۰ جهت تهیه نقشه فرسایش آبکندی و تعیین مقدار رسوب تولید شده بین سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۰ استفاده شدند. مقدار برش آبکند و تولید رسوب از کم کردن مدل‌های رقومی ارتفاع چند زمانه محاسبه شدند. مقدار عقب‌نشینی دیواره‌های آبکند ۰/۲۰۲ متر در سال بوده است. حداکثر مقدار برش آبکند ۰/۹-۰/۵ متر در سال در راس آبکند و محل مئاندرها رخ داده است. مقدار رسوب تولید شده بوسیله فرسایش آبکندی 44 ± 38 تن در هکتار در سال بوده است. در مقایسه با دیگر روش‌ها که رسوب ناشی از فرآیندهای فرسایش آبکندی را محاسبه می‌کنند؛ روش پیشنهاد شده، مجموع هدر رفت خاک ناشی از رواناب سطحی، حرکت توده‌ای (فروپاشی دیواره‌ها) و عمیق شدن آبکند را محاسبه می‌کند علاوه بر این در مقایسه با مقدار رسوب تولید شده بوسیله فرسایش ورقه‌ای و شیاری مقادیر بسیار بزرگتری دارد و تصور می‌شود دستاوردی در جهت مکان‌یابی نواحی با فعالیت فرسایشی شدید در درون آبکند ها دارد.

واژه های کلیدی: فرسایش آبکندی، مقدار فرسایش، تفسیر عکس‌هوایی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل رقومی ارتفاع

۱- نویسنده مسئول، آدرس: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه مهندسی علوم خاک

* دریافت: بهمن ۱۳۸۵ و پذیرش: خرداد ۱۳۸۹

مقدمه

آبکند، آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی که جریان موقت آب هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و نمی‌توان آن را بوسیله عملیات کشت و زرع معمولی تسطیح نمود (قدوسی، ۱۳۸۲). کریمی (۱۳۷۷) به نقل از لیپود بیان می‌کند که از علائم مشخصه آبکند، وجود بریدگی عمودی در راس آن می‌باشد. فرسایش آبکندی به دلیل خصوصیات اقلیم، سنگ‌شناسی، خاک، پستی و بلندی، کاربری و پوشش اراضی مشکلی جدی در تعدادی از نقاط دنیا، می‌باشد. عوامل و فرآیندهای موثر و دخیل در شکل‌گیری و گسترش، روش‌های برآورد و کنترل فرسایش آبکندی موجب علاقه‌مندی بسیاری از محققین گردیده است. مراحل توسعه آبکند به عنوان اولین مرحله در ارزیابی فرسایش آبکندی و سنجش پتانسیل فرسایش آبکندی محسوب می‌شود (هید، ۱۹۷۹؛ ایمسون و کواد، ۱۹۸۰؛ کروچ و بلانگ، ۱۹۸۹؛ پویسن، ۱۹۹۳). مدل‌های فرسایش آبکندی بیشتر از اینکه در راستای ارائه مدل‌ها بر پایه تئوری‌های فیزیکی (مدل‌های فیزیکی) باشند، روی توسعه کیفی و مدل‌های آماری - تجربی متمرکز شده‌اند (بوکو، ۱۹۹۱؛ تامسون، ۱۹۶۴؛ ویلیامز و مورگان، ۱۹۷۶؛ استوکینگ، ۱۹۸۰؛ دانکر و دامن، ۱۹۸۴). تحقیقات اخیراً به کمک مدل‌های رقومی ارتفاع بیشتر در جهت پیش‌بینی زمان شکل‌گیری آبکند، یا اثرات توپوگرافی بر فرسایش آبکندی و همچنین تعیین میزان برش آبکند (آبکند)، پراکنش و محل تشکیل آبکندهای ناپایدار و آنی در شرایط مختلف سازماندهی و هدایت می‌شوند (مور و همکاران، ۱۹۹۸؛ وندل و همکاران، ۱۹۹۷؛ پراسر و ابرنسی، ۱۹۹۶؛ دسمت و همکاران، ۱۹۹۹).

روش‌های متفاوتی جهت مطالعه تیپولوژی آبکندها و اثرات فرسایش آبکندی (تولید رسوب، تخریب زمین) و تعیین خطر فرسایش آبکندی و اثرات محیطی، اجتماعی و اقتصادی آن بکار رفته، شامل: الف) تهیه نقشه آبکند های موجود و فعالیت فرسایشی در حال حاضر آن‌ها (ونزویدام، ۱۹۸۶؛ کروچ و بلانگ، ۱۹۸۹؛ پلاکیو و لویز، ۱۹۹۴). ب) شناسایی فرسایش آبکندی بر پایه شاخص‌ها (ویلیامز و مورگان، ۱۹۷۶). ج) تهیه نقشه خطر فرسایش آبکندی در حوضه‌های فرسایش پذیر فعال بر مبنای زمان شکل‌گیری آبکند و یا عوامل توپوگرافی مستخرج از مدل‌های رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی بالا (مور و همکاران، ۱۹۹۸؛ وندلو همکاران، ۱۹۹۷؛ دسمت و همکاران، ۱۹۹۹). د) تهیه نقشه مقدار عقب‌نشینی آبکند و کمی‌کردن تولید رسوب (دایموند و هیکز، ۱۹۸۶؛ دروسی و همکاران، ۱۹۹۸).

تحقیقات قبلی اکثراً از تکنیک‌های سنجش از دور، بویژه تفسیر عکس‌های هوایی و فتوگرامتری به دلیل پتانسیل بالای آن‌ها در راستای تهیه نقشه، پایش پیوسته و مدل‌کردن فرسایش آبکندی، استفاده کرده‌اند (بوکو، ۱۹۹۱؛ ناچرگیل و پویسن، ۱۹۹۳). تصاویر ماهواره‌ای در مواردی که نواحی تحت تأثیر آبکندها به اندازه کافی وسیع باشد و بوسیله تفکیک مکانی تصاویر پوشش داده شوند. این امکان وجود دارد که در بررسی فرسایش آبکندی به کار روند (گیوردانو و مارچیسو، ۱۹۹۱). در این رابطه از تکنیک‌های سنجش از دوری چند طیفی، جهت تهیه نقشه فرسایش آبکندی استفاده می‌شود (بوکو، ۱۹۹۸). و همچنین مارتینز-کازازنواز (۱۹۹۸) در تهیه نقشه فرسایشی زمان حال دیواره‌های آبکند از نقشه‌های پوشش گیاهی استفاده کرد.

عکس‌های هوایی چند زمانه، بزرگ و متوسط مقیاس و تکنیک‌های ویدئو گرافیک جهت پایش رشد آبکندهای زودگذر و آبکندها، محاسبه عقب‌نشینی آبکند و مقدار تولید رسوب بکار می‌رود. (پلاکیو و لویز، ۱۹۹۴؛ ناچرگیل و پویسن، ۱۹۹۳؛ اوستوود و همکاران، ۲۰۰۰). دیگر محققین نیز استفاده از تکنیک‌های فتوگرامتری و عکس‌های هوایی چند زمانه را در راستای ترسیم تغییرات حجمی در آبکندها و به تبع آن محاسبه مقدار مواد فرسوده، بررسی کرده‌اند (توماس و همکاران، ۱۹۸۶؛ دایموند و هیکز، ۱۹۸۶؛ پویسن و همکاران، ۱۹۹۶). واندرکوخ و همکاران (۲۰۰۳) با بکارگیری عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و کنترل میدانی اقدام به محاسبه حجم آبکندها نموده و به این نتیجه رسیدند که اصولاً مطالعات طولانی مدت و دقیق فرسایش آبکندی تنها با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای امکان پذیر است به گونه‌ای که نتایج به دست آمده در این رابطه در ناحیه جنوب شرقی اسپانیا دارای همبستگی بالایی با مقادیر اندازه‌گیری شده میدانی بوده‌است. همچنین گابریس و همکاران (۲۰۰۳) بیان می‌کنند که وضعیت فرسایش آبکندی و رشد آبکندها در سالهای قبل و زمان حال تنها از طریق در دسترس بودن عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است. در مجموع اخیراً فتوگرامتری پیشرفته، تکنولوژی تصویربرداری رقومی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بیشترین مشارکت را در کاربرد مدل‌های رقومی ارتفاع جهت محاسبه رسوب تولیدی توسط فرسایش آبکندی، دارند. (توماس و همکاران، ۱۹۸۶؛ دروسی و همکاران، ۱۹۹۸؛ مارتینز-کازازنواز، ۱۹۹۸؛ بتز و دروسی، ۱۹۹۹). تکنیک‌های تجزیه‌ای به کاررفته در این مطالعه، نتایج دیگر محققین را مبنی بر غیرقابل چشم‌پوشی بودن تولید رسوب توسط

درون‌یابی داخلی^۱ با خطای کمتر از یک پیکسل در زوج های استریو، درون‌یابی خارجی^۲ با ۸ نقطه کنترل زمینی و ۱۸ نقطه متناظر درون زوج عکس‌ها انجام شد، تبدیل هندسی انجام شده تولید یک خطای RMS ± 0.1 متر در جهت‌های x و y و 0.2 متر در جهت z (ارتفاع) می‌کند. نتیجه ترسیم مرز آبکندها در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ دو پوشش پلی‌گونی می‌باشد که هر دو بر اساس سیستم مختصات UTM 39-n زمین مرجع گردیده‌اند. دو پوشش پلی‌گونی با استفاده از تابع Arc Info، union هم گذاشته شدند که نتیجه این کار یک پوشش پلی‌گونی جدید است که اطلاعاتی در مورد هر کلاس نقشه جدید در زمانهای متناوب می‌دهد که این اطلاعات به صورت دو بعدی (سطحی) در دوره های زمانی ملاحظه شده، مشخص و دارای تغییراتی هستند که از روی آن مقدار عقب نشینی دیواره های آبکند محاسبه می‌شود.

تعیین مقدار برش آبکند و تولید رسوب

مقدار برش آبکند و تولید رسوب از تفریق مدل‌های رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی (یک متر) تهیه شده از روی عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ به فرمت رستری محاسبه گردید. جهت تعیین خطای سیستماتیک در تهیه مدل‌های رقومی ارتفاع، مدل‌های رقومی ارتفاع سال ۱۳۷۰ با مدل‌های رقومی ارتفاع ۱۳۸۰ در سلول‌های کنترل واقع در نواحی پایدار مانند تقاطع جاده‌ها و پل‌ها که در طی این ۱۰ سال، ارتفاع آنها تغییر نکرده با هم مقایسه شدند و مقدار تفاوت‌های ارتفاعی در این سلول‌های کنترل به صورت مقدار خطای سیستماتیک فرض گردید که این مقدار (۰/۶۸ m) از مقدار هر سلول مدل رقومی ارتفاع ۱۳۸۰ جهت تصحیح خطا کم شد، تفریق سلول‌های مدل‌های رقومی ارتفاع (۱۳۷۰-۱۳۸۰) تولید یک شبکه جدید با تفاوت‌های ارتفاعی برای هر سلول شبکه می‌کند. مقادیر منفی در سلول‌های شبکه به صورت فرسایش (کاهش سطح یا عمیق شدن آبکندها)، مقادیر مثبت به صورت پرشدن یا اضافه شدن و مقادیر کم یا صفر به صورت نواحی پایدار تفسیر گردید. مجموع تفاوت‌های ارتفاعی در سطح اطمینان ۹۵٪ ($\bar{X} =$) ($\bar{X} \pm 2 S.D$) میانگین تفاوت‌های ارتفاعی و S.D انحراف معیار) جهت محاسبه حجم مواد فرسوده شده و مقدار تولید رسوب به کار رفت. مقادیر تفاوت سطح اطمینان ۹۵٪ جهت تعیین دامنه تغییرات استفاده شد.

فرسایش آبکندی را تأیید می‌کند (پویسن و همکاران، ۱۹۹۶) و پیشنهاد می‌کند که نیاز به تأکید بیشتری بر اهمیت فرسایش آبکندی می‌باشد. علی‌رغم مطالعات بالا تعدادی از محققین متذکر می‌شوند که بر خلاف مطالعات انجام شده در دهه های اخیر در زمینه فرسایش شیاری و بین شیاری مطالعات نسبتاً کمی در زمینه کمی کردن و مدل کردن فرسایش آبکندی صورت گرفته است. (بوکو، ۱۹۹۱؛ پویسن و همکاران، ۱۹۹۶). روش بکار رفته در این تحقیق از عکس‌های هوایی چند زمانه و مدل‌های رقومی ارتفاع چند زمانه که بوسیله تکنیک‌های فتوگرامتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش شده‌اند جهت محاسبه مقدار عقب نشینی دیواره‌های آبکند و مقدار تولید رسوب استفاده می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

زیر حوضه حاشان در شمال غربی استان تهران در حوضه آبخیز طالقان واقع شده‌است؛ که در راستای اجرای تحقیق آبکند حاشان بروی سازند نئوژن (میوسن) با مواد مادری مارنی، انتخاب گردید، کاربری اراضی در محل آبکند مرتع با پوشش متوسط، متوسط شیب ۱۰-۰ درصد است. مقدار بارش منطقه ۵۵۰-۵۸۰ میلی‌متر در سال، اقلیم برطبق سیستم دو مارتن گسترش یافته، نیمه مرطوب فراسرد، خاک‌ها شدیداً آهکی و براساس ۲۰۰۶ (Typic و Typic Haploxerepts) Soil Survey Staff Calcixerepts هستند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه تجزیه‌های چند زمانه زوج های استریو عکس‌های هوایی ۱۳۷۰ (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰) و زوج‌های استریو عکس‌های هوایی ۱۳۸۰ (مقیاس ۱:۴۰۰۰۰) و مدل‌های رقومی ارتفاع با رزولوشن بالا (۱ متر) انجام شد. روش کلی در (شکل ۲) تشریح شده است.

تعیین مقدار عقب نشینی دیواره‌های آبکند

نقشه نواحی آبکندی شده سال ۱۳۷۰ با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و ارتوفتو تهیه شده و مرز آبکند که برش آبکند ها را درون مواد مادری نشان می‌دهد، ترسیم شد.

نقشه نواحی آبکندی شده سال ۱۳۸۰ از روی ارتوفتو تهیه شده از عکس‌های هوایی (۱:۴۰۰۰۰) که بوسیله تکنیک‌های فتوگرامتری رقومی به مقیاس (۱:۲۰۰۰۰) باز گردانی شده، ترسیم گردید.

- 1- Interior orientation
- 2- Exterior orientation
- 3- sediment production rate

نمی‌تواند آنها را مجزا کند، بنابراین مقدار متوسط عقب نشینی خطی دیواره‌های آبکند، مقداری قراردادی می‌باشد. نتایج حاصل از ترسیم پروفیل‌های طولی درون آبکند (شکل ۱۴)

رأس آبکند حاشان ۲۰۱۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد، که نزدیک پل احداث شده در زیر جاده در یک فاصله ۵۰۰ متری ارتفاع به ۲۰۰۰ متر می‌رسد، بیانگر شیب ۲٪ است، در این مسیر طولی در بسیاری از نقاط نمودار تفاوت‌های ارتفاعی مثبت (افزایش سطح) را نشان می‌دهد (شکل ۶).

در پائین دست آبکند حاشان ارتفاع از ۲۰۰۰ متری نزدیک پل بعد از طی یک مسیر ۸۰۰ متری در محل خروجی آبکند به ۱۹۰۰ متر می‌رسد، نمودار تفاوت‌های ارتفاعی نشان می‌دهد، در فواصل کوتاهی از مسیر که شیب کم، دارای مقادیر مثبت (رسوبگذاری، پر شدن) و در دیگر فواصل مقادیر منفی می‌باشد، شیب پروفیل طولی در بیشتر مسیر (حدود ۶٪) و با احتساب شیب پرتگاهی نزدیک خروجی آبکند در مجموع شیب آبکند ۱۲٪ می‌باشد (شکل ۷).

نتایج حاصل از ترسیم پروفیل‌های عرضی آبکند (شکل ۱۴)

فعالترین فرآیندهای برش کف بالا دست آبکند حاشان در راس آبکند (۰/۲-۰/۵ متر در سال) (شکل ۸)، همچنین در محل مئاندرها (۰-۱ متر در سال) برش مشاهده می‌شود (شکل ۹).

در پائین دست آبکند در محل مئاندرها (۰/۷-۰/۹ متر در سال) برش آبکند مشاهده گردید (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). در طول محور آبکند نزدیک خروجی آبکند مقدار برش در کناره‌ها (۰/۱-۰/۵ متر در سال) مشاهده شد و بستر آبکند تغییر چندانی نکرده است (شکل ۱۳) و همچنین در هدکت ثانویه آبکند مقدار برش (۰/۵-۰/۷ متر در سال) به دست آمد (شکل ۱۰).

بحث و نتیجه‌گیری

عقب نشینی دیواره‌های آبکند

مقدار عقب نشینی خطی دیواره‌های آبکند در نواحی آبکندی شده منطقه حاشان (۰/۲۰۲ متر در سال) می‌باشد، دیگر محققین نیز با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع و تفسیر عکس‌های هوایی مقادیر عقب نشینی را به طور مثال مارتینز-کازازنواز (۲۰۰۳) در منطقه پندس واقع در جنوب شرقی اسپانیا ۰/۲ متر در سال و یا در بدلدن‌های باراسونا واقع در جنوب شرقی اسپانیا ۲/۸ درصد در واحد سطح حوضه آبخیز در طی یک دوره

مقادیر تولید رسوب بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید (مارتینز-کازازنواز، ۲۰۰۳).

$SPR^3 =$ مقدار تولید رسوب (تن در هکتار در سال)

$GR =$ تفکیک مکانی شبکه افقی (متر)

$ED =$ مجموع تفاوت‌های ارتفاعی در دوره مطالعه (متر)

$$SPR = (ED * GR^2 * Bd) / (A * T) \quad (1)$$

$Bd =$ وزن مخصوص ظاهری (تن در متر مکعب)

$A =$ سطح شبکه آبکندی (هکتار)

$T =$ زمان دوره مطالعه (سال)

مقدار وزن مخصوص ظاهری از روی نمونه‌های برداشت شده از عمق‌های مختلف پروفیل‌های حفر شده در نواحی آبکندی ۱/۶۸۹ تن در متر مکعب محاسبه گردید.

نتایج

گسترش نواحی آبکندی و مقدار عقب‌نشینی دیواره‌های آبکند

تفسیر عکس‌های نواحی آبکندی شده در سال-های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ و ترسیم مرز آبکندها از روی ارتو فتوهای تهیه شده تولید دو نقشه گسترش نواحی آبکندی می‌کند (شکل‌های ۲ و ۳)

با اعمال تابع union بر روی نقشه‌های پلی‌گونی سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ و انجام آنالیزهای عددی تولید یک ماتریس پیوستگی می‌کند که دو مجموعه اطلاعات کلی قابل استخراج است.

(۱) نواحی جدیداً فرسوده شده که نتیجه عقب نشینی دیواره‌های آبکند هستند و مقدار عقب نشینی دیواره‌های آبکند (مقدار قرمز شده).

(۲) نواحی که قبلاً آبکندی بوده و جدیداً پر شده‌اند (مقدار برجسته شده).

نواحی متأثر شده بوسیله عقب نشینی آبکند در طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۰، ۰/۷۷۲ هکتار و سطح نواحی که آبکندی بوده و طی این دوره زمانی ۱۰ ساله پر شدند ۰/۱۸۲ هکتار محاسبه شد (جدول ۱). هر دو ناحیه همچنین در شکل (۴) ارائه شده است. در ناحیه مطالعه شده سطح پر شدن آبکند در ۱۰ سال ۰/۰۵٪ سطح نواحی آبکندی شده سال ۱۳۷۰ می‌باشد. به علت اینکه پر شدن آبکند را نمی‌توان یک فرایند برگشتی فرسایش دانست، فقط نواحی متأثر شده بوسیله عقب نشینی آبکندها (۰/۷۷۲ هکتار در ۱۰ سال) که بیانگر یک مقدار (۰/۷۷۲ هکتار در سال است) جهت محاسبه مقدار فرسایش بکار رفت. مقدار متوسط عقب نشینی خطی دیواره‌های آبکند حاشان در طول دوره مطالعه ۰/۲۰۲ متر در سال است. ممکن است، نواحی در طول دوره مطالعه فرسوده و پر شده باشند و فرایند تفسیر عکس

تولید رسوب و روش به کار رفته

تفاوت‌های ارتفاعی در داخل نواحی آبکندی حاشان یک تعادل مثبت را در بالادست و یک تعادل منفی در پائین دست آبکند حاشان ایجاد می‌کند. در مجموع تفاوت‌های ارتفاعی در داخل نواحی آبکندی حاشان موجب تعادل منفی در آن می‌شود و بر طبق معادله (۱)، محاسبه میزان فرسایش و رسوب نشان داد، مقدار رسوب تولیدی محاسبه شده در آبکند حاشان 44 ± 438 (تن در هکتار در سال) و در مقایسه با مقدار تولید رسوب محاسبه شده در دیگر حوضه های مدیریت‌شده توسط فرسایش آبکندی، به طور مثال ۱۹۰ (تن در هکتار در سال) در بدلد جنوب شرقی فرانسه (بوفالو و ناهول، ۱۹۹۲). مقدار $455 - 302$ (تن در هکتار در سال) اندازه گیری شده در بدلد حوضه باراسونا واقع در جنوب شرقی اسپانیا (مارتینز-کازانوا، ۱۹۹۸) و همچنین دروسیو همکاران (۱۹۹۸) در جنگل‌های منگاتو نیوزیلند، مقدار تولید رسوب را در دامنه‌ای $60 \pm 2480 - 50 \pm 1550$ (تن در هکتار در سال) اندازه‌گیری کردند و در منطقه پندس اسپانیا مقدار فرسایش آبکندی 44 ± 1322 (تن در هکتار در سال) محاسبه گردید (مارتینز-کازانوا، ۲۰۰۳) میزان بیشتری را نشان می‌دهد.

با توجه به موارد ذکر شده، دلیل تفاوت‌ها در رابطه با دامنه مقدار تولید رسوب به روش‌های به کار رفته جهت تعیین رسوب بر می‌گردد، روش بکار رفته توسط بوفالو و ناهول (۱۹۹۲) یا توسط مارتینز - کازانوا (۱۹۹۸) فقط شامل تولید رسوب ناشی از فرآیند جریان روستحی می‌باشد ولی روش به کار رفته توسط دروسیو همکاران (۱۹۹۸) و مارتینز - کازانوا (۲۰۰۳) و تحقیق حاضر تولید رسوب از مجموع رسوب‌های تولید شده توسط چندین فرآیند رواناب سطحی (باعث فرسایش ورقه‌ای)، برش کف (باعث برش آبکند و عمیق شدن آبکند)، برش راس (باعث عقب نشینی آبکند به داخل نواحی آبکندی نشده سرآب، پیشروی آبکند به سمت بالادست) و حرکت توده‌ای و فرسایش کناری (باعث برش زیری و فروپاشی دیواره های آبکند) محاسبه می‌شود. به این معنی است که مقدار تولید رسوب محاسبه شده به وسیله روش‌های مختلف را به دلیل اینکه تعداد فرآیند‌های فرسایشی ملاحظه شده در آنان متفاوت است نمی‌توان با هم مقایسه کرد.

این تحقیق روشی جهت برآورد میزان فرسایش آبکندی بر پایه تفریق مدل‌های رقوم‌ارتفاع با دقت بالا، (تفکیک مکانی یک متر) ارائه می‌دهد. در مقایسه با روش‌های سنتی اندازه‌گیری تولید رسوب در روش پیشنهادی حاضر میزان رسوب تولید شده، به علت اینکه

مطالعاتی ۲۸ ساله محاسبه کردند. مقدار عقب نشینی اندازه‌گیری شده مشابه نتایج مارتینز است ولی نباید چنین استنباط شود که مقدار عقب نشینی آبکند در یک محدوده خاص می‌باشد چرا که بر اساس شرایط مختلف منطقه زمین شناسی، خاک، اقلیم، کاربری و پوشش و اینکه اقدامات حفاظتی در آن مناطق انجام شده است یا نه، مقدار عقب نشینی می‌تواند متفاوت باشد. مقدار عقب نشینی مشابه محاسبه شده به علت شرایط مشابه دو منطقه می‌باشد

برش آبکند

برش آبکند الگوی یکنواخت و همشکلی درون آبکند ندارد. مقدار برش آبکند در آبکند حاشان، دامنه‌های متفاوتی در محل‌های مختلف آبکند (راس، محور، منادر، و در فواصلی که شیب طولی کاهش می‌یابد) دارد و مقادیر مثبت و منفی که نشان دهنده کاهش و یا افزایش سطح آبکند می‌باشد. فعالترین فرآیندهای برش در رأس، محور آبکند، هدکتهای ثانویه، منادرها و همچنین محل‌هایی که فرآیندهای حرکت توده‌ای غالب، قرار دارند و در آن محل‌ها مقدار کاهش سطح زیاد است. جاهایی که شیب پروفیل طولی مسطح است، به خصوص در محور آبکند، افزایش سطح (رسوبگذاری) اتفاق می‌افتد. دیگر محققین که از روش‌های تفریق مدل‌های رقوم‌ارتفاع جهت تعیین برش آبکند استفاده کرده اند به طور مثال دروسیو همکاران (۱۹۹۸) مقادیر برش $0.77 - 0.79$ متر در سال را در جنگل‌های منگاتو نیوزیلند در فاصله بین سال‌های ۱۹۵۸ تا ۱۹۹۲ محاسبه کردند، همچنین مارتینز-کازانوا (۲۰۰۳) مقادیر $0.7 - 0.8$ متر در سال را در منطقه پندس در طی دوره مطالعه (۱۹۹۳-۱۹۵۷) برآورد کرد. و همچنین دروسیو همکاران (۱۹۹۸) مقدار برش آبکند را در جنگل‌های منگاتو نیوزیلند طی دوره مطالعاتی (۱۹۵۸-۱۹۳۸) $2.3 - 1.3$ متر در سال بیان می‌کنند. آنچه از موارد ذکر شده بالا بر می‌آید این است که بر خلاف شرایط متفاوت در دو منطقه منگاتو نیوزیلند و پندس اسپانیا ولی مقدار برش آبکند تقریباً به میزانی برابر برآورد شده است.

در تحقیق حاضر به دلیل نامناسب بودن عکس‌های هوایی (مقیاس $1:50000$ مربوط به سال ۱۳۳۵) و عدم امکان تهیه مدل رقوم‌ارتفاع (با تفکیک مکانی یک متر) از عکس‌های هوایی، امکان بررسی تغییرات مقدار برش آبکند در سال‌های قبل از ۱۳۷۰ نبوده، ولی مسلم است که مقدار برش آبکند و به تبع آن میزان فرسایش آبکندی در یک منطقه در بازه‌های زمانی مختلف، متفاوت است چرا که مقدار نزولات در مقاطع زمانی مختلف متغیر و ممکن است تغییری در کاربری اراضی ایجاد شود.

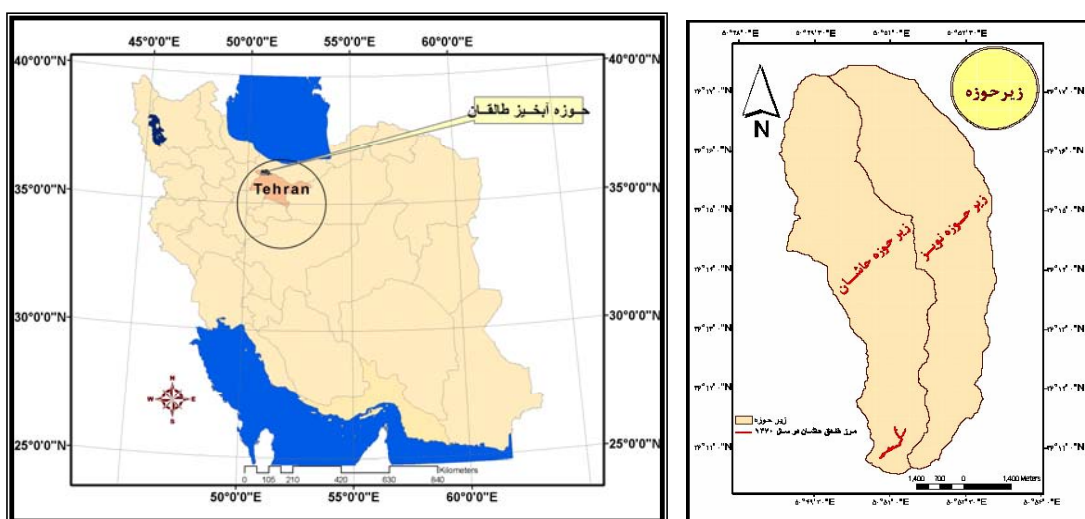
نمی توان اعتباردهی کرد. تفریق مدل های رقومی ارتفاع با این وجود تغییرات معنی داری در نواحی آبکندی نشان می دهد که بیانگر این است، خطای معنی داری در مدل های رقومی ارتفاع تهیه شده داخل نشده و تکنیک بکار رفته را تأیید می کند. در روش کم کردن مدل های رقومی ارتفاع میزان تأثیر فرآیند های فرسایشی دخیل در جریان تولید رسوب را نمی توان تعیین کرد و می تواند به عنوان محدودیتی برای این روش مطرح گردد.

در این روش هدر رفت خاک بوسیله چند فرآیند، رواناب سطحی، حرکت توده‌ای، فرسایش کناری، برش کف و برش سر آبکند باهم آمیخته می شود، نسبتاً بیشتر از دیگر مطالعات می باشد و تفکیک اثر هر کدام از فرآیند های دخیل در تولید رسوب نیاز به تفسیر اضافی عکس های هوایی بزرگ مقیاس و کارهای میدانی برای نقشه کردن نواحی درون آبکند که هر کدام از فرآیند ها رخ می دهد، دارد.

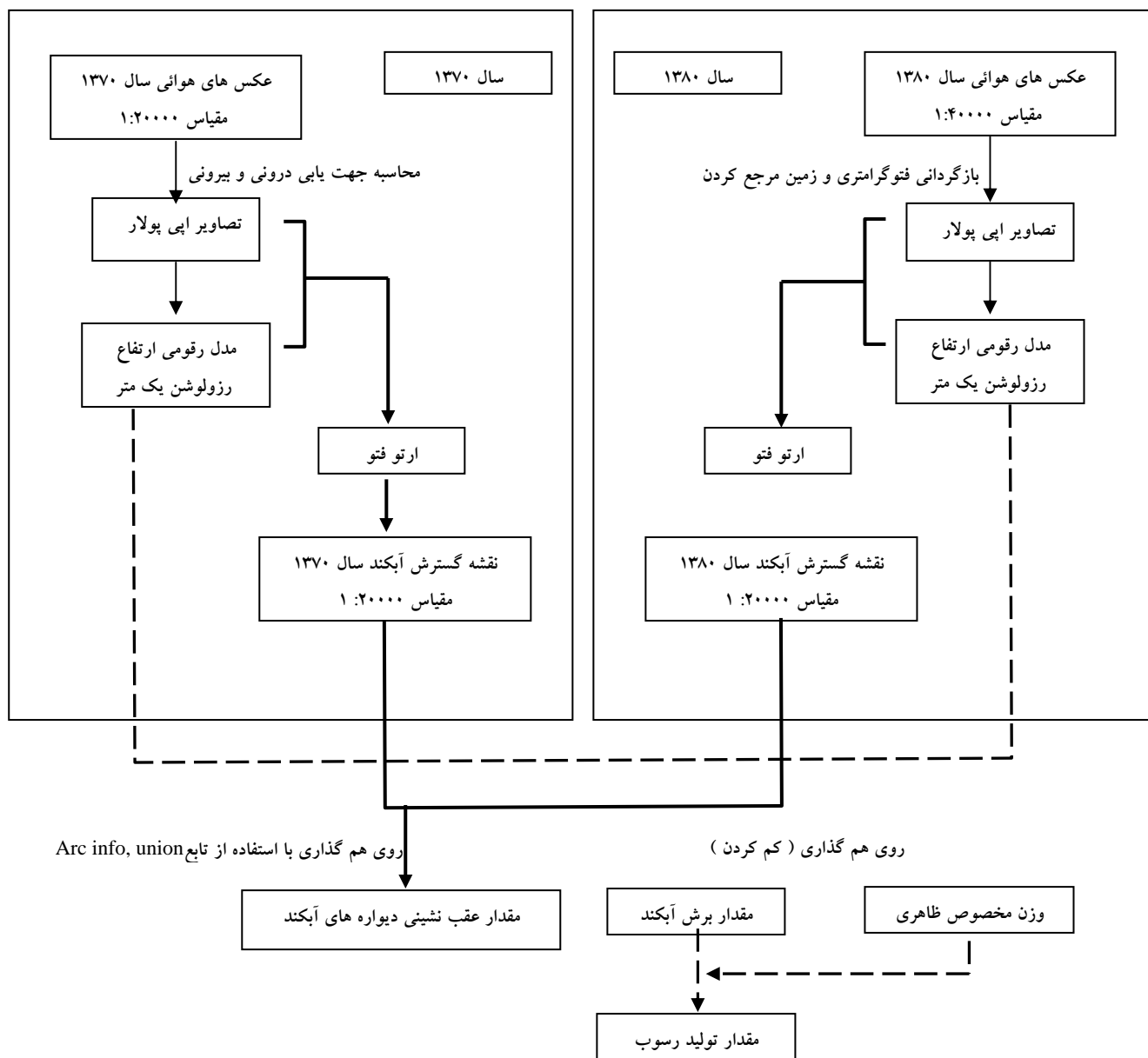
رسوب تولید شده بوسیله روش تفریق مدل های رقومی ارتفاع را با دیگر اندازه گیری های مزرعه‌ای

جدول ۱- ماتریس پیوستگی نواحی آبکندی شده در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰

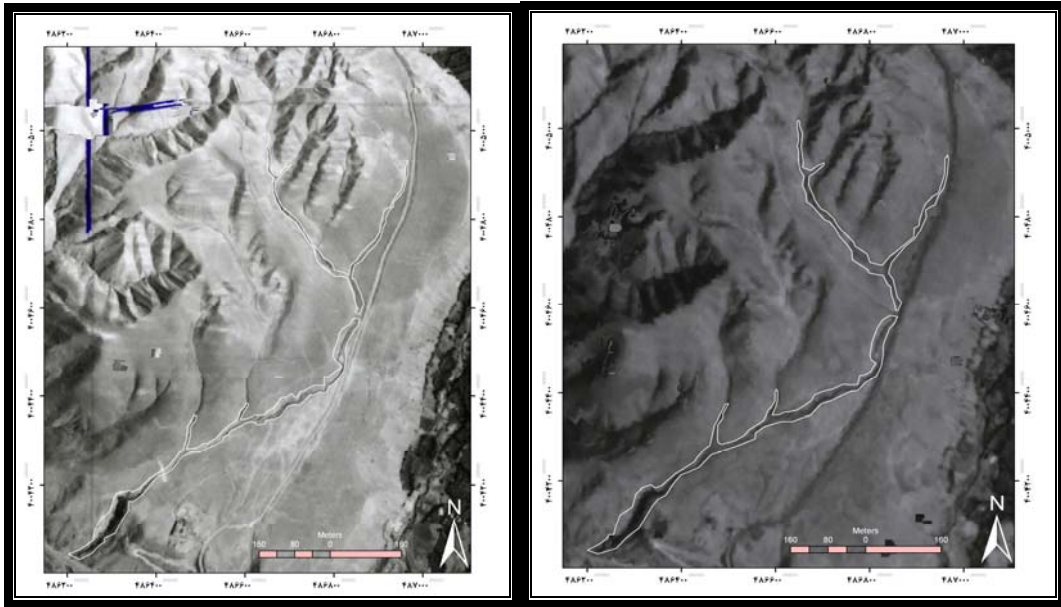
سال ۱۳۷۰ (هکتار)		سال ۱۳۸۰ (هکتار)	
مجموع (سال ۱۳۸۰)	نواحی آبکندی نشده	نواحی آبکندی شده	نواحی آبکندی شده
۳۱۰۷۲	۰/۷۷۲	۲/۳	نواحی آبکندی شده
۲۲/۵۸۲	۲۲/۴	۰/۱۸۲	نواحی آبکندی نشده
۲۵/۶۵۴	۲۳/۱۷۲	۲/۴۸۲	مجموع (سال ۱۳۷۰)



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

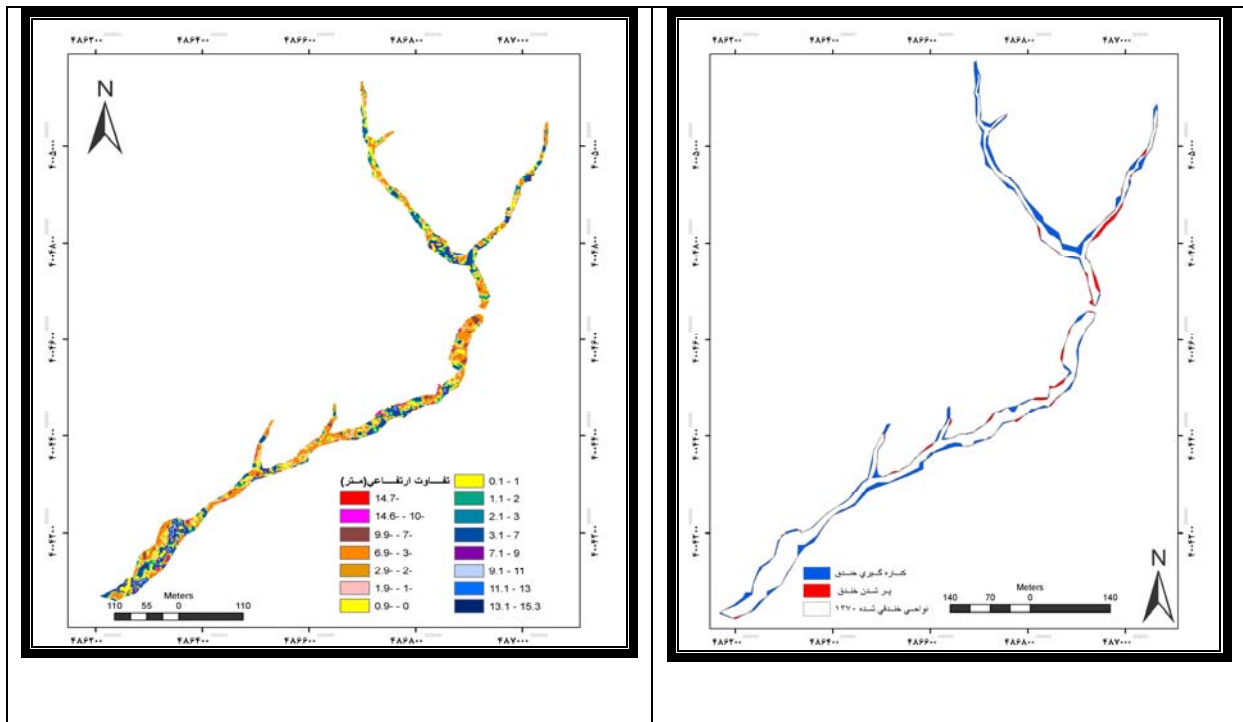


شکل ۲- روند کلی جریان کار محاسبه مقدار تولید رسوب و عقب نشینی آبکند



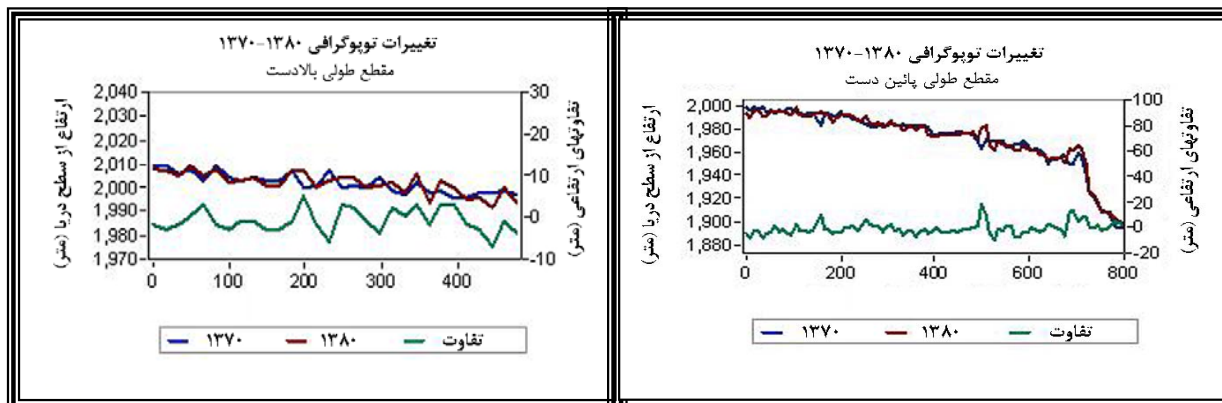
شکل ۳- مرز آبکند حاشان در سال ۱۳۸۰

شکل ۲- مرز آبکند حاشان در سال ۱۳۷۰



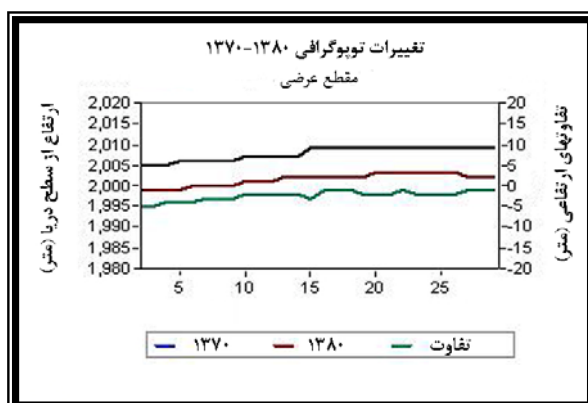
شکل ۵- تفاوت‌های ارتفاعی درون نواحی آبکندی در طی دوره مطالعه (۱۳۷۰-۱۳۸۰)

شکل ۴- عقب نشینی و پر شدن نواحی آبکندی در طی دوره مطالعه (۱۳۷۰-۱۳۸۰)

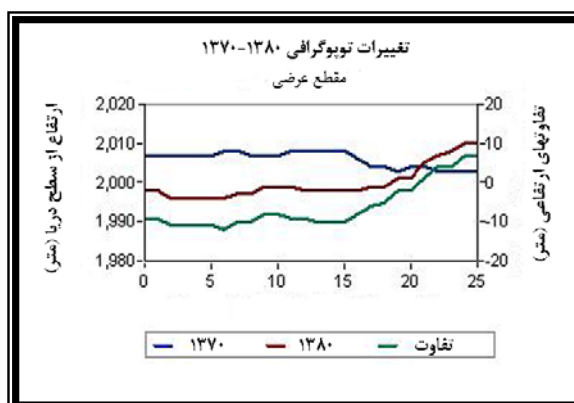


شکل ۶- پروفیل طولی بالا دست آبکند حاشان

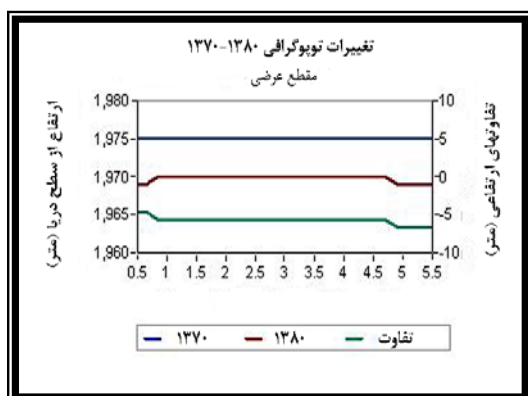
شکل ۷- پروفیل طولی پائین دست آبکند حاشان شکل



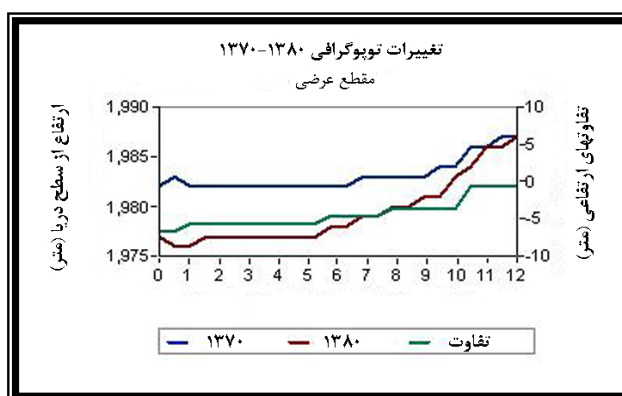
شکل ۸- پروفیل عرضی در راس آبکند



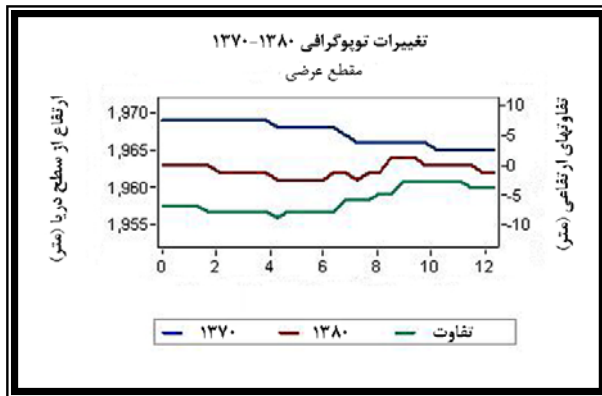
شکل ۹- پروفیل عرضی در ماندر بالا دست آبکند



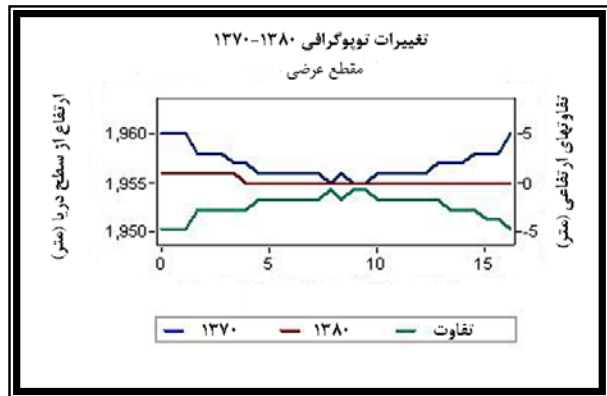
شکل ۱۰- پروفیل عرضی در هدکت ثانویه آبکند



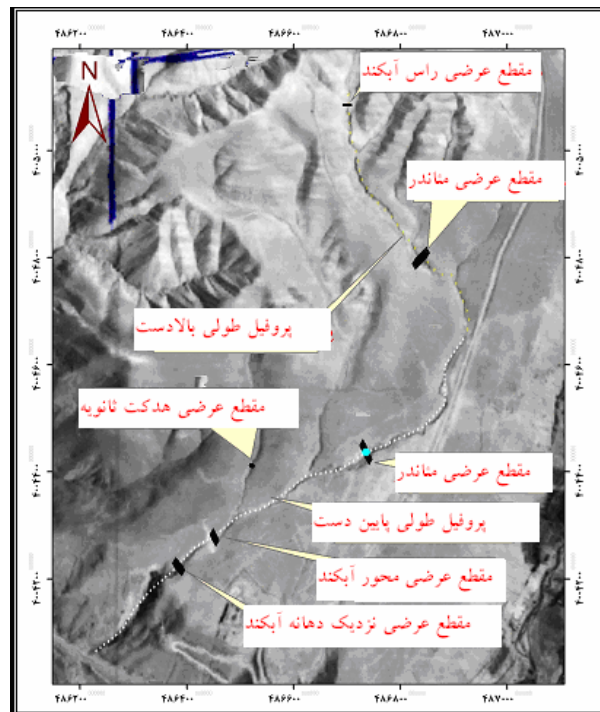
شکل ۱۱- پروفیل عرضی در ماندر آبکند



شکل ۱۲- پروفیل عرضی در محور آبکند



شکل ۱۳- پروفیل عرضی در نزدیکی دهانه خروجی آبکند



شکل ۱۴- محل پروفیل‌های طولی و مقاطع عرضی بر روی ارتوفتو ۱۳۷۰

فهرست منابع:

۱. قدوسی جمال. ۱۳۸۲. مدل سازی مورفولوژی فرسایش آبکندی و پهنه بندی خطر آن (مطاله موردی در آبخیز زنگان رود)، رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۶۶ صفحه.
۲. کریمی، محمد. ۱۳۷۷. بررسی عوامل موثر بر فرسایش آبکندی و معرفی مناسبترین راههای مهار آن در منطقه زهان قائن، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده تربیت مدرس، ۱۹۲ صفحه
3. Betts, H.D. and DeRose, R.C. 1999. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 1: 91 – 101.
4. Bocco, G. 1990. Gully erosion analysis using remote sensing and GIS. PhD thesis,

University of Amsterdam, Amsterdam. Pp. 215.

5. Bocco, G. 1991. Gully erosion: processes and models. *Progress in Physical Geography* 15: 392 – 406.
6. Bufalo, M. and Nahon, D. 1992. Erosional processes of Mediterranean badlands: A new erosivity index for predicting sediment yield from gully erosion. *Geoderma* 52: 133 – 147.
7. Crouch, R.J. and Blong, R.J. 1989. Gully sidewall classification: methods and applications. *Zeitschrift fur Geomorphologie N.F.* 33: 291 – 305.
8. DeRose, R.C., Gomez, B., Marden, M. and Trustrum, N.A. 1998. Gully erosion in Mangatu forest, New Zealand, estimated from digital elevation models. *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 1045 – 1053.
9. Desmet, P.J.J., Poesen, J., Govers, G. and Vandaele, K. 1999. Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. *Catena* 37: 377 – 392.
10. Donker, N.H.W. and Damen, C.J. 1984. Gully system development and assessment of gully initiation risk in Miocene deposits near Daroca-Spain. *Zeitschrift fur Geomorphologie N.F. Supplementband* 49: 37– 50
11. Dymond, R.J. and Hicks, D.L. 1986. Steep land erosion measured from historical aerial photographs. *Journal of Soil and Water Conservation* 41: 252 – 255.
12. Gabris, G. Y., Kertez, A. and Zambo, L. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchments. *Catena* 50: 51-164.
13. Giordano, A. and Marchisio, C. 1991. Analysis and correlation of the existing soil erosion maps in the Mediterranean basin. *Quaderni di Scienza Del Suolo* 3: 97 – 132.
14. Heede, H. 1979. Gully development and control. USDA Forest Service Research Paper RM-169, Second edition, Fort Collins.
15. Imson, A.C. and Kwaad, F.J.P.M. 1980. Gully types and gully prediction. *K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift XVI* 5: 430 – 441.
16. Martinez-casasnovas, J.A. 1998. Soil– landscape erosion. Gully erosion in the Alt Penedes-Anoia (Catalonia, Spain). A spatial information technology approach: spatial databases, GIS and remote sensing. PhD thesis, University of Lleida, Lleida, Spain.
17. Martinez-casasnovas, J.A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. *Catena* 50: 293-308
18. Moore, I.D., Burch, G.J. and Mackenzie, D.H. 1988. Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. *Transactions of the ASAE* 31: 1098 – 1107.
19. Nachtergaele, J. and Poesen, J. 1999. Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high-altitude (stereo) aerial photographs. *Earth Surface Processes and Landforms* 24: 693 – 706.
20. Oostwoud Wijdenes, D.J., Poesen, J., Vandekerckhove, L. and Ghesquiere, M. 2000. Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment. *Catena* 39: 147 – 167.
21. Palacio, J.L. and Lopez, J. 1994. Videography: an alternative remote sensing tool for monitoring gully erosion. *ITC Journal* 3: 233– 237.
22. Poesen, J.W. 1993. Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: Wicherek, S. (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier Sciences Publishers, Amsterdam, the Netherlands, pp. 221 – 239.
23. Poesen, J.W., Vandaele, K. and van Wesemael, B. 1996. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In: Walling, D.E., Webb, B.W. (Eds.), *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. IAHS Publication, IAHS Press, Wallingford 236: 251 – 266.
24. Prosser, I.P. and Abernethy, B. 1996. Predicting the topographic limits to a gully

- network using a digital terrain model and process thresholds. *Water Resources Research* 32: 2289– 2298.
25. Soil Survey Staff. 2006. *Keys to Soil Taxonomy*, 10th ed. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. Pp.333.
 26. Stocking, M.A. 1980. Examination of the factors controlling gully growth. In: De Boodt, M., Gabriels, D. (Eds.), *Assessment of Erosion*. Wiley, Chichester, pp. 505 – 520.
 27. Thomas, A.W., Welch, R. and Jordan, T.R. 1986. Quantifying concentrated-flow erosion on cropland with aerial photogrammetry. *Journal of Soil and Water Conservation* 41: 249 – 252.
 28. Thompson, J. R. 1964. Quantitative effect of watershed variable on rate of gully. head advancement. *Transactions of the ASAE*. 7: 54 – 55.
 29. Van Zuidam, R. A. 1986. *Aerial Photo interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC, Smits Publisher the Hague, Holland, pp. 440 - 442.
 30. Vandaele, J.W., Poesen, J.W. and van Wesemael, B. 1997. Gully erosion: importance and model implications. In: Boardman, J., Favis-Mortlock, D. (Eds.), *Modeling Soil Erosion by Water*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin, 55: 285 – 311.
 31. Vandekerckhove, L., Poesen, J. and Gover. 2003. Medium term gully headcut retreat in southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. *Catena* 50: 151-164
 32. Williams, A. R. and R. P.C. Morgan. 1976. Geomorphological mapping applied to soil erosion evaluation. *J. Soil and Water Conservation*.31: 164 – 168.