



بیان دیگر نتوان آنها را به وسیله ی عملیات کشت و زرع معمولی تسطیح نمود [۱ و ۶].

کریمی [۴]، به نقل از لیپود^۱ اظهار داشته اند که سیلاب های شدید عامل توسعه و بریده بریده شدن آبکندها هستند. از علائم مشخصه آبکند وجود بریدگی عمودی در راس آن می باشد که دارای شیب تند و کمی محدب است. امروزه با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ به عنوان ابزاری با توانمندی ذخیره سازی داده های پر حجم، طبقه بندی و بازیابی آنها به صورت داده های عددی و نقشه ها، پردازش سریع آمار و داده ها نیز با دقت کافی از مزایای یاد شده است و به همین دلیل نیز از سامانه اطلاعات جغرافیایی در مطالعات و پژوهش های مربوط به علوم زمین به طور گسترده استفاده می شود [۸].

وندرك و همكاران [۱۶]، نیز با بکارگیری عکس هوایی و کنترل میدانی تصاویر ماهواره ای اقدام به محاسبه ی حجم آبکندها نموده و به این نتیجه رسیدند که اصولاً مطالعه طولانی مدت و دقیق فرسایش آبکندی تنها از راه استفاده از عکس های هوایی و یا تصاویر ماهواره ای است. به گونه ای که نتایج بدست آمده در این باره در ناحیه جنوب شرقی کشور اسپانیا دارای همبستگی بالائی با مقادیر اندازه گیری شده میدانی بوده است.

با توجه به مطالب بالا و مرور منابع پژوهشی درباره ی کاربرد عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای در مطالعات و پژوهش ها، بیشتر کارشناسان فرسایش و حفاظت خاک بر این باورند که با بکارگیری فن و دانش سنسجش از دور^۳ امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی آنهم با دقت زیاد امکان پذیر است [۱۵، ۱۴ و ۱۳]. فلفور و همکاران [۱۰]، نیز با بررسی عکس های هوایی در دوره های زمانی ۱۹۶۳-۱۹۵۲، ۱۹۷۴-۱۹۶۳ و ۱۹۸۹-۱۹۷۴ در یک آبخیز ۱۴۰ هکتاری در اولد مایرس^۴ تونس اقدام به مطالعه تغییرات طول آبکندها و مساحت حوزه آنها با استفاده از Arc/Info نموده و نتیجه گرفته اند که تفاوت های اساسی در طول و تراکم سرعت رشد آبکندها در هر یک از دوره های زمانی مورد مطالعه وجود داشته است. از همین رو، با تجزیه و تحلیل همبستگی بین رشد طولی و تراکم آبکندها به عنوان

بررسی و تعیین رشد طولی آبکند با استفاده از GIS و RS و معرفی مناسب ترین مدل پیش بینی رشد طولی آبکندها

قاسم مرتضایی فریزهندی^۱، جمال قدوسی^۲ و محمد جعفری^۳
تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۲

چکیده

این مطالعه در بخش مرکزی شهرستان زنجان در حوزه آبخیز گمیش آباد با استفاده از داده های بدست آمده از تفسیر عکس های هوایی مربوط به سال های ۱۳۳۵، ۱۳۴۶ و ۱۳۸۰ و تصاویر ماهواره ای لندست TM مربوط به سال های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷ همراه با عملیات میدانی و بازدیدها با تعیین موقعیت مکانی آبکندهای انتخابی، انجام شده است. با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی با نرم افزار ILWIS و داده های سنسجش از دور که بخش عمده آنرا آزمون های رگرسیون تشکیل می دهد تفسیر تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی انجام پذیرفته است. به گونه ای که بر این اساس اقدام به انتخاب ۳۲ آبکند و بررسی رشد طولی آنها از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۸۳ شده است، که در طی دوره ی یاد شده رشد طولی آبکندها متفاوت بوده است. ضمن آنکه از بین روش های FAO، SCS و Thompson مناسب ترین مدل پیش بینی رشد طولی آبکند در محدوده ی مطالعاتی، مدل FAO تشخیص داده شده است.

واژه های کلیدی: آبکند، رشد طولی آبکند، گمیش آباد، حوزه آبخیز، GIS، RS، FAO، رگرسیون، مدل

مقدمه

آبکند، آبراهه ای است نسبتاً دائمی که جریان های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب را در خود حمل می کند. روی هم رفته آبکند به آبراهه ای اطلاق می شود که وسائل کشت و زرع نتواند به گونه ی عمودی از آنها عبور کند یا به

۱- نویسنده مسئول و استادیار جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران
mortezaie@ut.ac.ir - mortezaie@acecr.ac.ir

۲- استادیار جهاد کشاورزی

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

1- Lipod

2- Geographical Information System (GIS)

3- Remote Sensing (RS)

4- Old Mires

متغیرهای وابسته و سازندهای زمین شناسی و واحدهای سنگی و مقادیر میانگین بارندگی سالانه به عنوان متغیرهای مستقل اقدام به ارائه مدل های رگرسیونی برای محاسبه ی نرخ یا سرعت رشد طولی آبکندها نموده اند.

با توسعه فن و دانش سنجش از دور شامل عکس های هوایی و انواع تصاویر ماهواره ای امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی با دقت زیاد امکان پذیر می باشد. از این رو استفاده از عکس هوایی و تصاویر ماهواره ای تهیه شده در مقاطع گوناگون زمانی در مطالعات پدیده فرسایش این امکان را فراهم می نماید که بتوان تغییرات ایجاد شده در سطح زمین در زمان و مکان را با دقت قابل قبول مورد بررسی قرار داده و عامل های مؤثر را شناسایی نمود [۵]. افزون بر آن امروزه با توجه به توانمندی های سیستم های اطلاعات جغرافیایی در ذخیره سازی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده ها می توان اقدام به گردآوری داده های پراکنده درباره ی ویژگی های مربوط به پدیده های مورد نظر با استفاده از عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای، داده های میدانی کرده و نتایج را به صورت نقشه ارائه نمود [۲]. دابا و همکاران [۱۱]، با ارزیابی فرسایش آبکندی از راه استفاده از تکنیک های عکس های هوایی مربوط به دو مقطع زمانی گوناگون (۱۹۶۶ و ۱۹۹۳) در شرق کشور اتیوپی به این نتیجه دست یافته اند که تغییرات حجم آبکندها طی دو مقطع زمانی مورد مطالعه به خوبی گویای توسعه حجم آنها است. گفتنی است که در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاع استفاده شده است. مارتینز [۹]، با تفسیر عکس هوایی در محیط سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به شناسایی کمی تغییرات آبکندها ناشی از رخداد فرسایش آبکندی در حوزه آبخیزی در ناحیه کاتالونیا کشور اسپانیا، بهره گیری از مدل های رقومی ارتفاع نموده و به این نتیجه رسیده است که اندازه گیری نرخ طولی آبکندها از این راه امکان پذیر است. به گونه ای که وی در منطقه ی مورد مطالعه به این نکته دست یافته است که سرعت عقب نشینی دیواره های آبکندها برابر ۰/۲ متر در سال بوده و بیشترین نرخ سرعت رشد نیز معادل ۰/۷ تا ۰/۸ متر در سال مربوط به رأس آبکندها و در محل پیچ های موجود در مسیر آنها بوده است. گابریس و همکاران [۱۲]، در مجارستان با استفاده از عکس های هوایی و تجزیه و تحلیل داده ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داده اند که وضعیت فعلی فرسایش آبکندی و رابطه آن با روند شکل گیری تغییرات، گسترش این نوع فرسایش در سال های پیشین، طول آبکندها در زمان های پیشین و مقایسه ی آنها با طول آبکندهای برداشت شده کنونی از راه مطالعات میدانی، تنها از طریق در دسترس بودن عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای امکان پذیر است.

متغیرهای وابسته و سازندهای زمین شناسی و واحدهای سنگی و مقادیر میانگین بارندگی سالانه به عنوان متغیرهای مستقل اقدام به ارائه مدل های رگرسیونی برای محاسبه ی نرخ یا سرعت رشد طولی آبکندها نموده اند.

با توسعه فن و دانش سنجش از دور شامل عکس های هوایی و انواع تصاویر ماهواره ای امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی با دقت زیاد امکان پذیر می باشد. از این رو استفاده از عکس هوایی و تصاویر ماهواره ای تهیه شده در مقاطع گوناگون زمانی در مطالعات پدیده فرسایش این امکان را فراهم می نماید که بتوان تغییرات ایجاد شده در سطح زمین در زمان و مکان را با دقت قابل قبول مورد بررسی قرار داده و عامل های مؤثر را شناسایی نمود [۵]. افزون بر آن امروزه با توجه به توانمندی های سیستم های اطلاعات جغرافیایی در ذخیره سازی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده ها می توان اقدام به گردآوری داده های پراکنده درباره ی ویژگی های مربوط به پدیده های مورد نظر با استفاده از عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای، داده های میدانی کرده و نتایج را به صورت نقشه ارائه نمود [۲]. دابا و همکاران [۱۱]، با ارزیابی فرسایش آبکندی از راه استفاده از تکنیک های عکس های هوایی مربوط به دو مقطع زمانی گوناگون (۱۹۶۶ و ۱۹۹۳) در شرق کشور اتیوپی به این نتیجه دست یافته اند که تغییرات حجم آبکندها طی دو مقطع زمانی مورد مطالعه به خوبی گویای توسعه حجم آنها است. گفتنی است که در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاع استفاده شده است. مارتینز [۹]، با تفسیر عکس هوایی در محیط سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به شناسایی کمی تغییرات آبکندها ناشی از رخداد فرسایش آبکندی در حوزه آبخیزی در ناحیه کاتالونیا کشور اسپانیا، بهره گیری از مدل های رقومی ارتفاع نموده و به این نتیجه رسیده است که اندازه گیری نرخ طولی آبکندها از این راه امکان پذیر است. به گونه ای که وی در منطقه ی مورد مطالعه به این نکته دست یافته است که سرعت عقب نشینی دیواره های آبکندها برابر ۰/۲ متر در سال بوده و بیشترین نرخ سرعت رشد نیز معادل ۰/۷ تا ۰/۸ متر در سال مربوط به رأس آبکندها و در محل پیچ های موجود در مسیر آنها بوده است. گابریس و همکاران [۱۲]، در مجارستان با استفاده از عکس های هوایی و تجزیه و تحلیل داده ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داده اند که وضعیت فعلی فرسایش آبکندی و رابطه آن با روند شکل گیری تغییرات، گسترش این نوع فرسایش در سال های پیشین، طول آبکندها در زمان های پیشین و مقایسه ی آنها با طول آبکندهای برداشت شده کنونی از راه مطالعات میدانی، تنها از طریق در دسترس بودن عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای امکان پذیر است.

با توجه به گسترش وسیع اراضی آبکندی در حوزه آبخیز زنجانرود، در این پژوهش سعی بر این بوده است که با بهره گیری از فن و دانش سنجش از دور شامل عکس های هوایی و تصاویر

مواد و روش ها

این مطالعه در بخش مرکزی شهرستان زنجان در حوزه آبخیز گمیش آباد در محدوده جغرافیائی ۵۶° ۵۰' تا ۴۷° ۵۲' تا ۴۸° ۰۳' طول شرقی و ۵۷° ۵۸' تا ۲۹° ۰۷' ۳۷ عرض شمالی با استفاده از داده های بدست آمده از تفسیر عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای همراه با عملیات میدانی با تعیین موقعیت مکانی آبکندهای انتخابی، انجام شده است. در انجام این پژوهش از مواد زیر با توجه به موضوع و ماهیت پژوهش و روش های بکار رفته، استفاده شده است:

۱- مشخص کردن محدوده ی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ بر اساس آمار و داده های بدست آمده از مطالعات پیشین انجام شده در آبخیز زنجانرود

۲- بازدید از منطقه از راه پیمایش میدانی و مشخص کردن موقعیت مکانی آبکندهای ۱ با استفاده از دستگاه GPS² جهت انتخاب آبکندهای مورد آزمایش

۳- تفسیر چشمی تصاویر ماهواره ای لندست^۳ منطقه ی مورد مطالعه جهت مشخص کردن مناطق آبکندی شده و محل و مسیر آبکندهای انتخابی با استفاده از داده های GPS بر روی تصاویر رقومی لندست (TM) (۱۳۷۰ و ۱۳۷۷).

۴- نمایان سازی^۴ آبکندها بر روی تصاویر ماهواره ای در مقاطع گوناگون (سال های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷) منطقه از راه کنترل کیفیت، پیش پردازش، پس پردازش تصاویر و انجام آزمون ترکیب باندها با استفاده از اندکس و انتخاب مناسب ترین ترکیب باندها و تحلیل شکل، بافت و اندازه ی آبکندها با بکارگیری روش های رقم طبیعی^۵ و مشخص کردن حدود تغییرات شماره های

1- Permanent Gully

2- Geographic Position System (GPS)

3- Thematic Mapper (TM)

4- Detection

5- Spectral Signature

نسبت بین سطح آبخیز بالادست آبکندها در دو مقطع زمانی گوناگون لحاظ شده در مدل نسبتاً زیاد محسوس باشد. این مدل توسط سرویس حفاظت خاک بخش کشاورزی کشور ایالات متحده آمریکا از راه اصلاح و تغییر مدل Thompson (1964) به شرح زیر ارائه شده است:

$$R_2 = R_1 \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{0.46} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.2}$$

R2: رشد طولی سر آبکند در سال های آتی (فوت در سال)

R1: رشد طولی سر آبکند در سال های گذشته (فوت در سال)

A2/A1: نسبت مساحت آبخیز واقع در بالادست در سر آبکند به مساحت کل حوزه آبخیز آبکند،

و P2/P1: نسبت مقدار بارندگی ۲۴ ساعته مساوی یا بیشتر از ۰/۵ اینچ به متوسط بارندگی سالانه ۲۴ ساعته مساوی یا بیشتر از ۰/۵ اینچ در دوره آماری است.

مدل Thompson در سال ۱۹۶۴ برای پیش بینی رشد طولی آبکند ارائه گردیده است. به گونه ای که در آن رشد طولی آبکند تابعی از وسعت آبخیز آبکند، شیب کف آبکند، مقادیر بارندگی بیش از ۰/۵ اینچ در ۲۴ ساعت و مقدار رس موجود در خاک آبخیز واقع در سر آبکند، در نظر گرفته شده به صورت رابطه ی (۲) ارائه شده است:

$$R = 0.15A^{0.49} S^{0.14} P^{0.74} E \quad (2)$$

R: رشد طولی آبکند (فوت در سال)

A: سطح حوزه آبخیز واقع در بالادست سر آبکند (ایکر)

S: شیب کف آبکند (درصد)

P: ارتفاع بارندگی مساوی یا بیشتر از ۰/۵ اینچ در ۲۴ ساعت

E: میزان رس موجود در خاک حوزه آبخیز واقع در بالادست سر آبکند (درصد) است.

نتایج

بر اساس روش پژوهش اقدام به انتخاب ۳۲ آبکند و بررسی رشد طولی آنها از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۸۳ شده است (شکل ۱ و جدول های ۱ تا ۲). لازم به توضیح است که در جدول ۲ تغییرات مربوط به رشد طولی آبکندها و مقایسه نرخ رشد آنها در سری های زمانی ۱۳۴۶-۱۳۳۵ و ۱۳۸۰-۱۳۴۶ آورده شده است.

- مساحت حوزه آبخیز آبکندها

از آنجا که مساحت آبخیز واقع در بالا دست رأس یا پیشانی آبکندها یکی از عامل های موثر و لحاظ شده در مدل های پیش بینی رشد طولی آبکندها می باشد، از این رو در جدول های (۳) و (۴) به ترتیب مساحت حوزه آبخیز گمیش آباد سراسر طول آبکند هر یک از ۳۲ آبکند و مساحت تا پیشانی (راس) آبکندها با توجه به رشد طولی آبکندها طی سال های ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۸۳ ارائه شده است.

رقومی^۱ با توجه به روش نمایان سازی مناطق تحت تأثیر فرسایش آبکندی و آبکندهای ارائه شده، با استفاده از نرم افزار ILWIS^۲ و تهیه نقشه های نظارت شده موقعیت مکانی و مسیر آبکندها
۵- مشخص نمودن محدوده ی مساحت آبخیزهای واقع در بالا دست رأس آبکندها بر روی نقشه های نظارت شده موقعیت مکانی آبکندهای انتخاب شده

۶- نقشه برداری و تهیه پلان، نیم رخ های طولی و عرضی آبکندهای انتخابی به منظور تعیین شکل، ابعاد و شیب کف آبکندها در زمان انجام پژوهش

۷- محاسبه و مشخص کردن تغییرات رشد طولی آبکندها همراه با مساحت های کل و مساحت آبخیزهای واقع در بالا دست رأس آبکندها و ویژگی های مرفومتری آنها.

۸- مقایسه ی سه مدل پیش بینی رشد طولی آبکندها شامل مدل های سرویس حفاظت خاک آمریکا^۳ FAO، SCS^۴ و Thompson با استفاده از داده های مربوط به منطقه ی مورد مطالعه و مقایسه ی تطبیقی نتایج با رشد طولی اندازه گیری شده آبکندهای مورد آزمون در مقاطع زمانی گوناگون به منظور انتخاب مناسب ترین مدل.

مدل FAO در سال ۱۹۷۷، توسط سازمان کشاورزی و خواربار جهانی معرفی شده است. رشد طولی آبکند به عنوان تابعی از نرخ یا روند افزایش طولی آبکند در سنوات پیشین، مساحت کل آبکند، مساحت آبخیز بالادست سر آبکند و ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته بیش از ۰/۵ اینچ قلمداد گردیده و رابطه ی (۱) برای پیش بینی رشد طولی آبکندها ارائه شده است.

$$R_f = R_p(A)^{0.46} (P)^{0.2} \quad (1)$$

RF: میانگین نرخ رشد طولی آبکند در سنوات آتی (فوت)

Rp: میانگین نرخ رشد طولی آبکند در سنوات پیشین (فوت)

A: نسبت مساحت آبخیز واقع در بالادست سر آبکند به مساحت حوزه ی آبخیز کل آبکند از دهانه خروجی آن،

P: نسبت مقدار بارش ۲۴ ساعته مورد انتظار به میانگین بارندگی سالانه است.

لازم به توضیح است که در این مدل پیشینه ی بارندگی ۲۴ ساعته مساوی یا بیشتر از ۰/۵ اینچ در طول دوره آماری مورد استفاده قرار می گیرد.

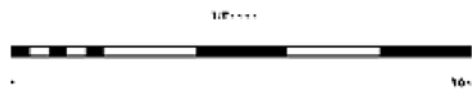
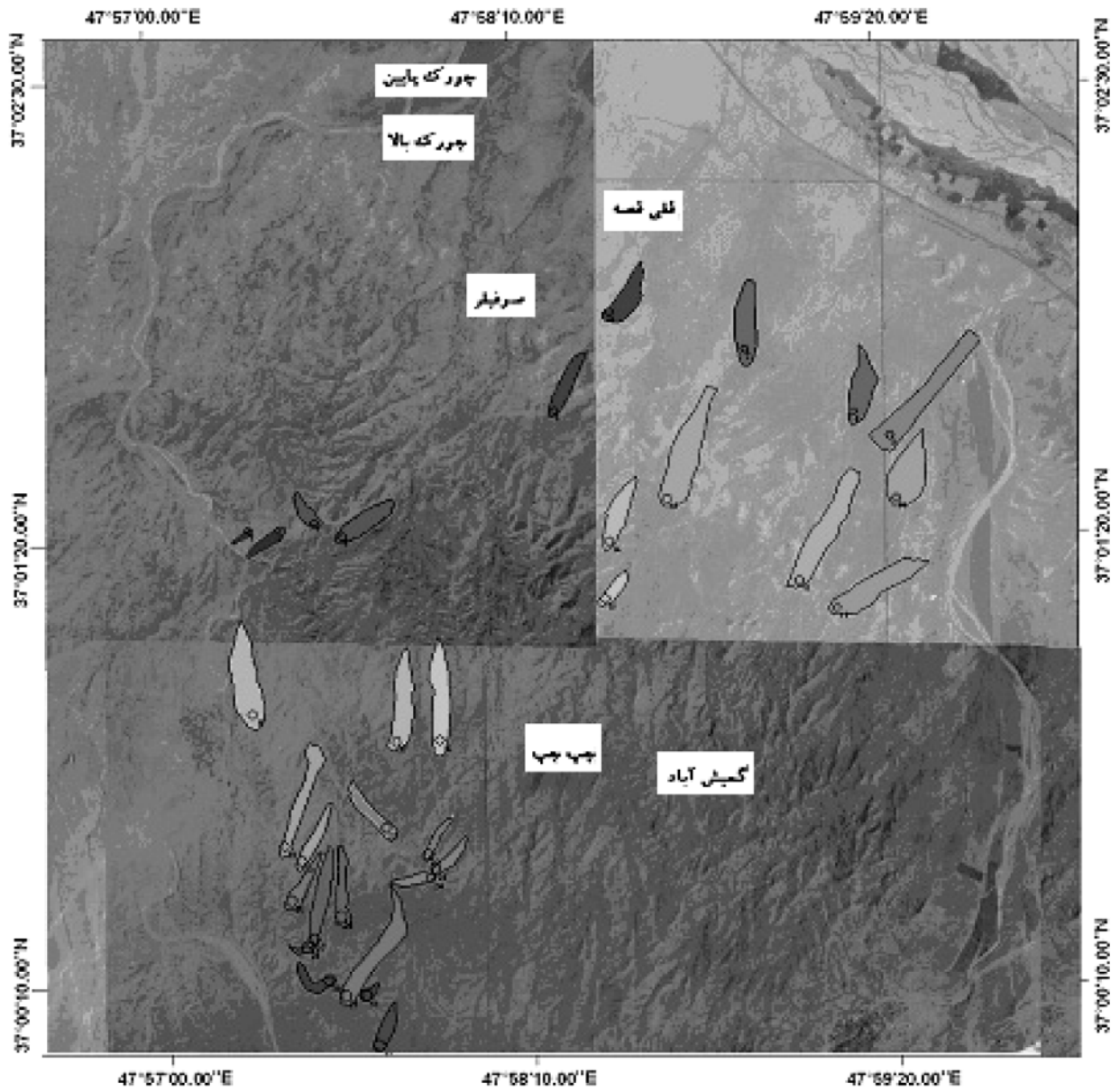
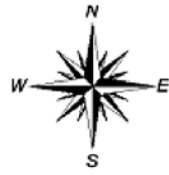
مدل سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای پیش بینی و برآورد رشد طولی یا عقب نشینی پیشانی آبکندها ارائه شده است. از این مدل تنها می توان در مناطقی استفاده نمود که از یک سو آمار بارندگی بلند مدت که بتوان تجزیه و تحلیل آماری مورد نیاز را انجام داد در دسترس باشد و از سوی دیگر رشد آبکندها در حدی باشد که

1- Digital Number

2- Information System Integrated Land and Watershed

3- Food and Agricultural Organization

4- Soil Conservation Service (USDA-SCS)



شکل ۱- موقعیت آبکندهای مورد بررسی بر روی عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۶ زیر آبخیز گمیش آباد

جدول ۱- تغییرات میزان طول آبکندها بر حسب متر در سال طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳

سال	آبکند	۱۳۳۵	۱۳۴۶	۱۳۷۰	۱۳۷۷	۱۳۸۰	۱۳۸۳
۱	۶۵	۷۸	۱۱۰	۱۱۸	۱۲۲	۱۲۶	۱۲۶
۲	۸۲	۱۰۹	۱۷۳	۱۸۰	۱۸۵	۱۹۰	۱۹۰
۳	۱۱۳	۱۲۷	۱۶۵	۱۸۵	۱۹۲	۲۰۰	۲۰۰
۴	۲۱۲	۲۵۸	۳۷۵	۳۹۴	۴۰۰	۴۰۷	۴۰۷
۵	۲۰۰	۲۲۰	۲۸۶	۲۹۴	۳۰۲	۳۰۵	۳۰۵
۶	۲۰۴	۲۴۵	۳۶۲	۳۸۴	۴۰۱	۴۰۳	۴۰۳
۷	۲۴۱	۲۴۵	۲۴۸	۲۵۰	۲۵۴	۲۵۹	۲۵۹
۸	۲۰۲	۲۳۵	۳۰۵	۳۱۲	۳۲۵	۳۲۶	۳۲۶
۹	۴۱۱	۴۴۵	۵۲۵	۵۵۵	۵۷۵	۵۹۵	۵۹۵
۱۰	۲۹۴	۳۲۹	۴۲۷	۴۳۵	۴۴۳	۴۵۲	۴۵۲
۱۱	۳۳۵	۴۰۰	۵۳۵	۵۸۵	۶۰۲	۶۱۵	۶۱۵
۱۲	۴۳۵	۴۹۲	۵۴۱	۵۴۵	۵۵۹	۵۶۱	۵۶۱
۱۳	۳۹۱	۴۴۵	۵۹۰	۶۲۰	۶۳۰	۶۴۵	۶۴۵
۱۴	۱۸۱	۲۳۵	۳۷۵	۴۱۵	۴۲۰	۴۲۵	۴۲۵
۱۵	۱۳۳	۱۹۵	۳۲۹	۳۷۵	۳۹۵	۴۲۰	۴۲۰
۱۶	۳۳۰	۳۵۵	۴۴۵	۴۶۵	۴۷۲	۴۸۱	۴۸۱
۱۷	۳۰۱	۳۳۵	۴۱۸	۴۴۰	۴۵۲	۴۶۲	۴۶۲
۱۸	۳۸۵	۴۳۵	۵۴۵	۵۸۰	۵۹۵	۶۰۵	۶۰۵
۱۹	۲۱۱	۲۶۹	۴۲۰	۴۶۵	۴۸۵	۴۹۰	۴۹۰
۲۰	۱۹۰	۲۲۷	۲۸۵	۳۰۵	۳۰۹	۳۳۰	۳۳۰
۲۱	۱۸۳	۲۰۱	۲۴۱	۲۶۹	۲۷۴	۲۷۴	۲۷۴
۲۲	۱۲۳	۱۶۲	۲۴۰	۲۵۶	۲۶۵	۲۷۹	۲۷۹
۲۳	۱۴۵	۱۷۵	۲۶۵	۲۹۴	۳۱۰	۳۱۷	۳۱۷
۲۴	۱۲۸	۱۷۹	۳۱۷	۳۴۴	۳۴۷	۳۴۹	۳۴۹
۲۵	۳۸۳	۴۳۵	۵۰۱	۵۲۵	۵۴۰	۵۵۲	۵۵۲
۲۶	۱۶۴	۲۰۲	۳۰۲	۳۲۵	۳۳۶	۳۴۹	۳۴۹
۲۷	۳۲۵	۳۷۵	۴۹۰	۵۲۵	۵۳۶	۵۴۸	۵۴۸
۲۸	۲۳۳	۲۶۹	۳۷۵	۳۹۳	۴۰۳	۴۱۲	۴۱۲
۲۹	۶۶	۹۶	۱۲۴	۱۴۴	۱۵۰	۱۵۶	۱۵۶
۳۰	۱۵۷	۲۰۰	۲۹۰	۳۰۹	۳۱۹	۳۲۵	۳۲۵
۳۱	۵۱	۷۹	۱۳۵	۱۴۸	۱۵۲	۱۵۶	۱۵۶
۳۲	۱۵۶	۱۹۶	۲۹۵	۳۱۰	۳۱۹	۳۳۳	۳۳۳

جدول ۲- مقایسه نرخ رشد طولی آبکندهای مورد آزمون بر حسب متر در سال طی ۲ دوره‌ی زمانی (۱۳۴۶-۱۳۸۰ و ۱۳۳۵-۱۳۴۶)

تفاوت نرخ رشد طولی	۱۳۴۶-۱۳۸۰	۱۳۳۵-۱۳۴۶	سال
			آبکند
۰/۸۹۸	۱/۳۱	۱/۱۷	۱
۱/۰۵۱	۲/۲۵	۲/۳۷	۲
۰/۶۵۷	۱/۹۲	۱/۲۶	۳
۱	۴/۱۸	۴/۲	۴
۰/۷۶۹	۲/۴۱	۱/۸۶	۵
۰/۸۱۴	۴/۵۹	۳/۷۳	۶
۱/۲۱۹	۰/۲۶	۰/۳۲	۷
۱/۱۴۹	۲/۶۴	۳/۰۳	۸
۰/۸۱۵	۳/۸۲	۳/۱۲	۹
۰/۹۴۵	۳/۳۵	۳/۱۷	۱۰
۰/۹۹۵	۵/۹۴	۵/۹۱	۱۱
۲/۵۸۵	۱/۹۸	۵/۱۲	۱۲
۰/۹۰۱	۵/۴۴	۴/۹	۱۳
۰/۸۹۸	۵/۴۴	۴/۸۹	۱۴
۰/۹۵۹	۵/۸۸	۵/۶۴	۱۵
۰/۶۶	۳/۴۴	۲/۲۷	۱۶
۰/۸۸۶	۳/۴۴	۳/۰۵	۱۷
۰/۹۵۸	۴/۷۱	۴/۵۱	۱۸
۰/۸۲۸	۶/۳۵	۵/۲۶	۱۹
۱/۴	۲/۴۱	۳/۳۸	۲۰
۰/۷۷۳	۲/۱۴	۱/۶۵	۲۱
۱/۱۵۶	۳/۰۳	۳/۵	۲۲
۰/۶۷۹	۳/۹۶	۲/۶۹	۲۳
۰/۹۳۶	۴/۹۵	۴/۶۳	۲۴
۱/۵۳۸	۳/۰۹	۴/۷۵	۲۵
۰/۸۶۶	۳/۹۴	۳/۴۱	۲۶
۰/۹۶۲	۴/۷۳	۴/۵۵	۲۷
۰/۸۲۵	۳/۹۳	۳/۲۴	۲۸
۱/۶۸۴	۱/۶	۲/۶۹	۲۹
۱/۱۱۳	۳/۵	۳/۹	۳۰
۱/۲۰۴	۲/۱۵	۲/۵۸	۳۱
۰/۹۹۷	۳/۶۲	۳/۶۱	۳۲

جدول ۳- مساحت حوزه آبخیز کل آبکندها بر حسب هکتار طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳

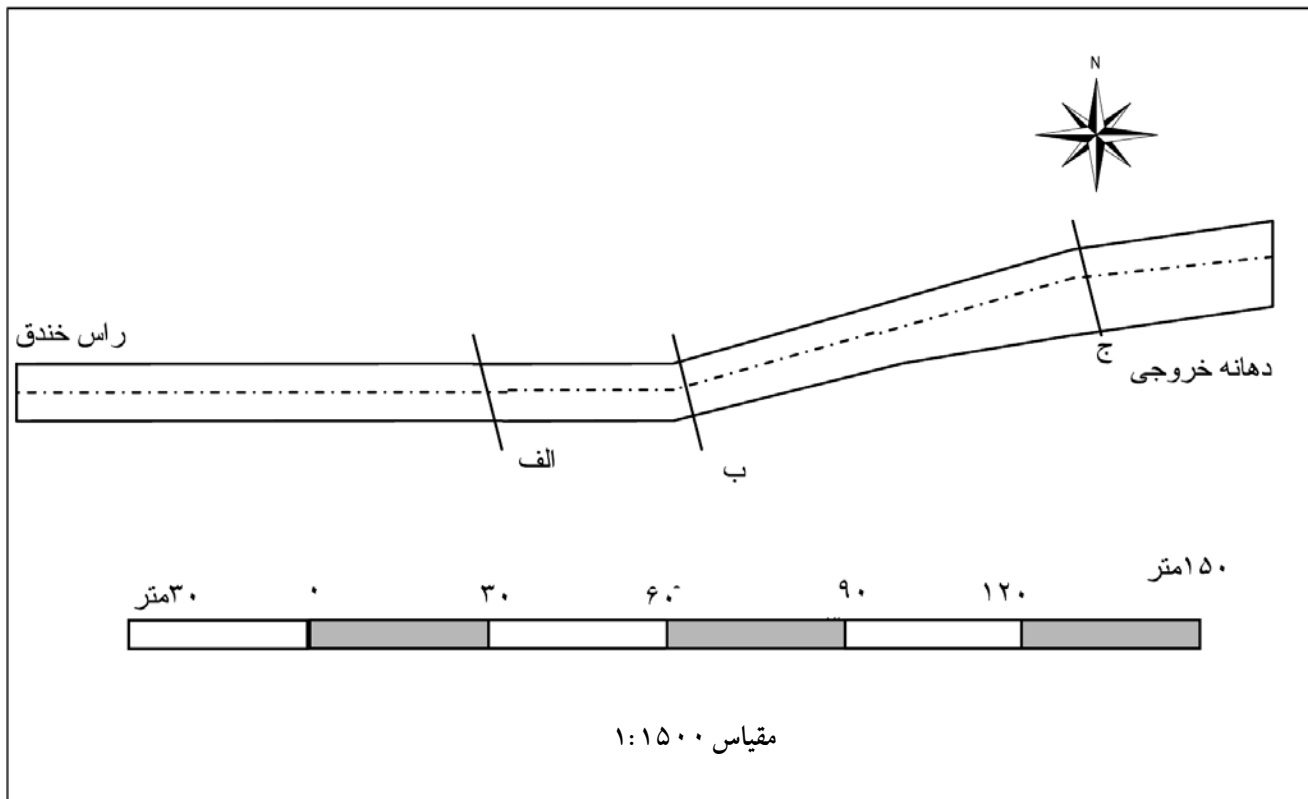
سال	۱۳۳۵	۱۳۴۶	۱۳۷۰	۱۳۷۷	۱۳۸۰	۱۳۸۳
۱	۱۴۵	۲۱۰	۵۳۵	۵۶۲	۶۶۶	۶۷۳
۲	۷۹۱	۸۱۸	۱۵۲۵	۱۵۳۳	۱۸۵۶	۱۸۷۵
۳	۱۰۰۲	۱۰۷۶	۱۹۹۵	۲۱۰۷	۲۴۵۹	۲۴۸۴
۴	۱۲۸۸	۲۴۰۵	۵۰۰۹	۵۳۱۷	۵۹۵۰	۶۰۱۰
۵	۱۳۸۸	۱۸۷۸	۳۰۰۹	۳۱۴۶	۳۶۱۸	۳۶۵۴
۶	۱۰۱۵	۲۴۹۳	۵۶۶۹	۵۸۱۲	۶۲۱۷	۶۲۷۹
۷	۳۳۸۴	۳۴۹۶	۴۰۰۳	۴۱۸۵	۴۶۹۸	۴۷۴۵
۸	۱۱۸۳	۲۹۸۴	۳۸۵۱	۳۹۰۱	۴۳۶۴	۴۴۰۸
۹	۳۴۱۰	۶۰۶۵	۱۱۸۴۳	۱۲۱۷۸	۱۲۸۳۵	۱۲۹۶۳
۱۰	۱۸۴۸	۴۴۱۸	۶۵۰۹	۷۰۲۴	۷۵۸۱	۷۶۵۷
۱۱	۴۳۲۲	۴۶۵۱	۹۲۳۶	۹۵۸۶	۱۰۱۶۸	۱۰۲۷۰
۱۲	۵۷۶۳	۵۸۱۲	۸۵۱۰	۸۷۲۸	۹۱۵۹	۹۲۵۱
۱۳	۳۹۷۶	۶۳۰۱	۹۷۹۵	۱۰۵۵۱	۱۱۱۴۳	۱۱۲۵۴
۱۴	۷۸۴	۲۵۱۷	۶۴۱۸	۶۷۱۸	۷۲۵۵	۷۳۲۸
۱۵	۶۵۵	۱۰۱۴	۴۷۸۸	۵۰۳۶	۵۵۰۵	۵۵۶۰
۱۶	۲۰۰۳	۴۲۰۱	۶۸۶۰	۷۱۷۸	۷۶۰۸	۷۶۸۴
۱۷	۳۲۷۶	۳۷۵۹	۴۳۷۹	۴۷۸۵	۵۱۰۵	۵۱۵۶
۱۸	۳۶۳۷	۵۲۷۶	۹۱۳۶	۹۶۸۱	۱۰۲۳۷	۱۰۳۳۹
۱۹	۷۷۸	۳۰۹۵	۴۱۲۱	۴۲۵۰	۴۴۷۰	۴۵۱۵
۲۰	۹۱۸	۱۴۴۹	۱۹۶۸	۲۰۲۵	۲۳۲۶	۲۳۴۹
۲۱	۱۲۵۹	۱۸۷۸	۲۵۴۹	۲۶۴۶	۳۰۰۳	۳۰۳۳
۲۲	۳۰۶	۷۲۵	۱۰۵۹	۱۱۱۰	۱۱۷۱	۱۱۸۳
۲۳	۷۰۰	۹۳۳	۱۴۲۹	۱۵۴۹	۱۷۴۸	۱۷۶۵
۲۴	۵۳۲	۷۸۵	۱۲۲۹	۱۲۷۷	۱۴۶۵	۱۴۸۰
۲۵	۳۲۳۷	۴۴۳۰	۶۸۱۵	۶۹۲۳	۷۷۸۵	۷۸۶۳
۲۶	۸۰۷	۱۴۲۸	۴۲۷۵	۴۴۱۰	۵۰۵۸	۵۱۰۹
۲۷	۶۹۱	۲۵۹۹	۴۷۷۱	۴۹۱۷	۵۶۴۵	۵۷۰۱
۲۸	۵۵۴	۱۸۲۶	۲۹۴۱	۳۰۱۳	۳۴۶۸	۳۵۰۳
۲۹	۵۶	۲۳۷	۳۹۲	۴۲۳	۴۸۳	۴۸۸
۳۰	۳۱۳	۹۹۴	۱۷۶۲	۱۷۹۳	۱۹۵۳	۱۹۷۳
۳۱	۲۱۸	۳۴۵	۸۱۱	۹۰۱	۱۱۱۰	۱۱۲۱
۳۲	۸۶۵	۱۰۷۴	۲۵۵۲	۲۵۹۰	۲۸۴۴	۲۸۷۲

جدول ۴- مساحت حوزه آبخیز تا پیشانی (رأس) آبکندها بر حسب هکتار طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳

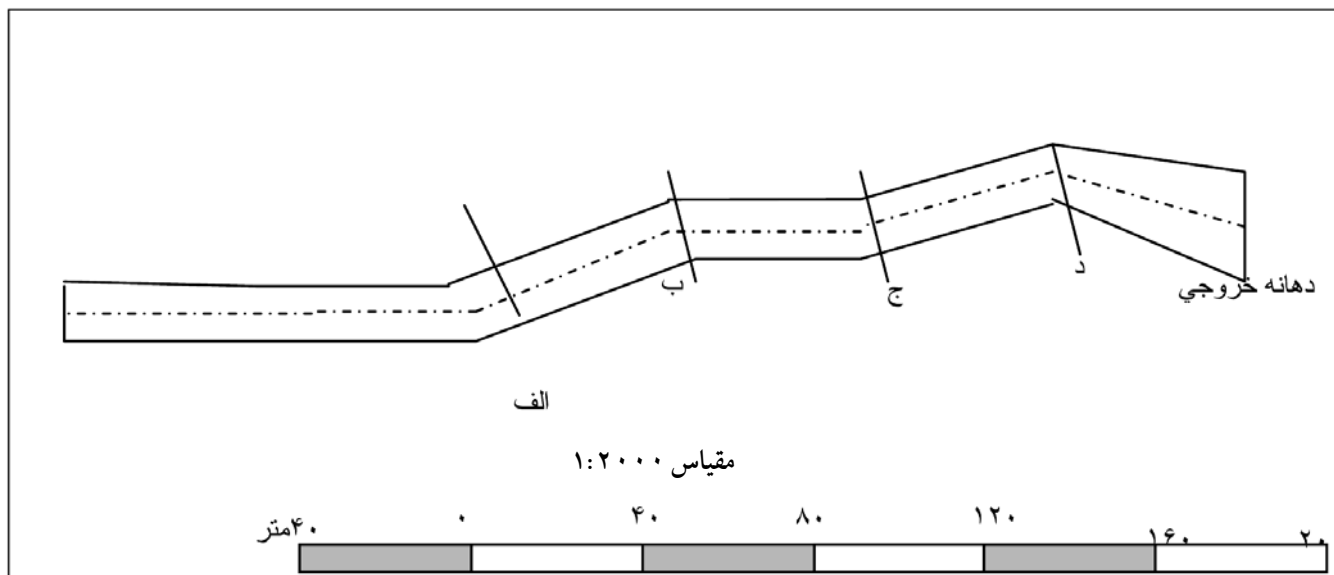
سال	آبکند	۱۳۳۵	۱۳۴۶	۱۳۷۰	۱۳۷۷	۱۳۸۰	۱۳۸۳
۱	۹۳	۹۰	۸۰	۷۶	۳۱	۲۶	۲۶
۲	۶۴	۶۳	۶۲	۵۶	۵۲	۵۰	۵۰
۳	۴۲	۴۱	۴۱	۴۱	۳۳	۳۳	۳۳
۴	۱۶۴	۱۶۲	۱۶۲	۱۶۲	۱۵۶	۱۵۳	۱۵۳
۵	۳۵۳	۳۵۲	۳۵۲	۳۵۲	۳۲۵	۳۲۴	۳۲۴
۶	۳۵۸	۳۵۵	۳۴۵	۳۳۵	۳۲۹	۳۲۶	۳۲۶
۷	۱۸۰	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۶۱	۱۶۱	۱۶۱
۸	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۲	۳۱۲	۳۰۹	۳۰۸	۳۰۸
۹	۲۲۰	۲۲۰	۲۱۵	۲۱۲	۲۰۲	۲۰۰	۲۰۰
۱۰	۵۲۱	۵۲۱	۵۱۵	۵۱۵	۴۱۲	۴۱۲	۴۱۲
۱۱	۳۵۹	۳۵۹	۳۵۸	۳۵۵	۳۴۱	۳۴۱	۳۴۱
۱۲	۱۴۸	۱۴۸	۱۴۶	۱۳۴	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱
۱۳	۱۲۹۴	۱۲۸۸	۱۲۵۶	۱۱۷۹	۱۰۱۳	۱۰۱۳	۱۰۱۳
۱۴	۵۶۴	۵۶۲	۵۵۴	۵۴۸	۵۴۸	۵۴۸	۵۴۸
۱۵	۵۵۶	۶۰۵	۶۰۴	۵۷۲	۵۰۵	۵۰۵	۵۰۵
۱۶	۶۳۸	۶۳۶	۶۱۶	۵۷۱	۵۲۰	۵۲۰	۵۲۰
۱۷	۵۰۰	۴۸۵	۴۷۸	۴۷۱	۴۱۸	۴۱۸	۴۱۸
۱۸	۲۲۷	۲۲۴	۲۲۴	۲۲۴	۱۵۱	۱۵۱	۱۵۱
۱۹	۲۶۴	۲۶۳	۲۶۲	۲۶۲	۲۴۲	۲۴۲	۲۴۲
۲۰	۱۵۲	۱۵۱	۱۵۰	۱۵۰	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱
۲۱	۵۰۵	۵۰۴	۴۵۱	۴۴۳	۴۴۳	۴۴۰	۴۴۰
۲۲	۸۲	۸۰	۸۰	۷۹	۷۵	۷۵	۷۵
۲۳	۳۹۲	۳۸۸	۳۶۰	۳۳۶	۳۰۳	۲۸۸	۲۸۸
۲۴	۲۷۴	۲۷۲	۲۶۹	۲۶۲	۲۵۲	۲۵۲	۲۵۲
۲۵	۲۶۵	۲۶۲	۲۶۰	۲۶۰	۲۵۱	۲۴۶	۲۴۶
۲۶	۴۱۹	۴۱۸	۳۸۱	۳۷۸	۳۷۰	۳۷۰	۳۷۰
۲۷	۳۳۵	۳۳۰	۳۲۵	۳۲۲	۳۲۲	۳۲۰	۳۲۰
۲۸	۶۰۳	۶۰۱	۵۵۵	۵۲۵	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
۲۹	۶۰	۶۰	۵۸	۵۸	۵۲	۵۲	۵۲
۳۰	۳۱۸	۳۱۶	۳۱۲	۳۱۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰
۳۱	۲۵۸	۲۵۰	۲۲۵	۲۱۸	۲۱۲	۲۱۲	۲۱۲
۳۲	۳۲۵	۳۲۵	۳۰۳	۳۰۳	۲۴۳	۲۴۳	۲۴۳

پلان آبکندها نیز از راه نقشه برداری مقاطع عرضی و طولی همراه نقشه برداری حاشیه آنها تهیه گردید. در شکل های (۲) و (۳) پلان و نیم رخ طولی آبکندهای ۱ و ۲ و محل تهیه نیم رخ عرضی در سه نقطه الف، ب و ج برای نمونه ارائه شده است.

- پلان و نیم رخ طولی آبکندها:
برای مشخص کردن موقعیت جغرافیایی آبکندها همان گونه که پیشتر نیز بیان گردید، از دستگاه GPS و نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱ : ۲۵۰۰۰ و عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای لندست TM استفاده و اقدام به تهیه نقشه موقعیت مکانی ۳۲ آبکند گردید.



شکل ۲- پلان و نیم رخ طولی آبکند ۱



شکل ۳- پلان و نیم رخ طولی آبکند ۲

- پیش بینی رشد طولی آبکند توسط سه مدل:

به منظور مشخص کردن مناسب ترین روش یا مدل پیش بینی رشد طولی آبکندها و با توجه به انتخاب سه مدل متداول شامل^۱ FAO،^۲ SCS و Thompson اقدام به محاسبه رشد طولی آبکندها و مقایسه مقادیر برآورد شده با مقادیر رشد طولی اندازه گیری شده در هر یک از سه مدل گردید که نتیجه در جدول (۵) آورده شده است.

با مقایسه ی میانگین رشد طولی برآورد شده برای آبکندها با استفاده از مدل FAO با مقادیر اندازه گیری شده ملاحظه می شود که مقادیر برآورد شده دارای اختلاف تنها در حد سانتی متر با هم اختلاف دارند.

در بسیاری از مناطق مقادیر برآورد شده رشد طولی آبکندها با استفاده از مدل SCS با مقادیر واقعی اندازه گیری شده دارای تفاوت فاحشی بوده است. علت این تفاوت مربوط به ضریب ثابت ۱/۵ لحاظ شده مدل است که بالطبع این ضریب تنها می تواند در تطبیق و سازگاری با شرایط ابداع مدل در منطقه راکی ماتین ۳ ایالت متحده آمریکا باشد. از سوی دیگر مربوط به لحاظ نسبت بین بارندگی ها گذشته (به وقوع پیوسته) به بارندگی های پیش بینی شده که با دوره های برگشت معین بایستی محاسبه شوند، باشند که به دلیل عدم امکان دسترسی به آمار بارندگی بلند مدت در بیشتر مناطق محاسبه دقیق آن میسر نمی باشد. بنابراین از آنجایی که برای استفاده از این مدل نیاز به آمار بارندگی دقیق می باشد بنابراین از این مدل تنها می توان در مناطقی استفاده نمود که از یک سو آمار بارندگی بلند مدت که بتوان تجزیه و تحلیل آماری مورد نیاز را انجام داد در دسترس باشد و از سوی دیگر رشد آبکندها در حدی باشد که نسبت بین سطح آبخیز بالادست آبکندها در دو مقطع زمانی مختلف لحاظ شده در مدل نسبتاً زیاد محسوس باشد.

نتایج بدست آمده از برآورد رشد طولی آبکندهای مورد آزمون با استفاده از مدل Thompson و مقایسه نتایج مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه گیری و مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه در جدول (۵) ارائه شده است.

از آنجا که یکی از هدف های اصلی این پژوهش بررسی و ارزیابی مدل های متداول پیش بینی رشد طولی آبکندها از راه مقایسه ی مدل ها در منطقه ی مورد مطالعه به منظور معرفی مناسب ترین مدل یا مدل ها از یک طرف و ارائه مدل مناسب برای منطقه و مناطق مشابه آن از طرف دیگر بوده است از این رو، نتایج مقایسه مدل های انتخاب شده شامل FAO، Thompson و SCS که در جدول (۵) ارائه شده است. حاکی از سازگاری قابل قبول نتایج حاصل از بکارگیری مدل FAO با حداکثر خطای ۱۲ درصد در مقایسه با دو مدل یاد شده دیگر است. به گونه ای که بر این اساس می توان مدل یاد شده را از این دیدگاه به عنوان مناسب ترین مدل برای پیش بینی رشد طولی آبکندها

1- Food and Agricultural Organization

2- Soil Conservation Service

3- Rocky Mountain

در منطقه ی مورد مطالعه و تمامی مناطق دارای شرایط مشابه اقلیمی و زمین محیطی معرفی نمود.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مساحت آبخیز واقع در بالادست پیشانی (رأس) آبکندها در ۵ مقطع زمانی نتیجه گرفته می شود که بیشترین رشد طولی مربوط به آبکندهایی است که آبخیز واقع در بالادست پیشانی دارای مساحت بیشتری بوده اند. بدیهی است این موضوع مربوط به رابطه بین دبی جریان های سطحی با مساحت آبخیزها است که پایه و اساس بسیاری از مدل های پیش بینی هیدرولوژیکی مانند مدل دیکن [۷] یا جاستین [۳] است. با مقایسه ی میانگین رشد طولی برآورد شده برای آبکندها با استفاده از مدل FAO با مقادیر اندازه گیری شده ملاحظه می شود که مقادیر برآورد شده تنها در حد سانتی متر با هم اختلاف دارند. در مدل FAO سه پارامتر مهم را که به ترتیب عبارتند از متوسط نرخ رشد طولی آبکند در سال های پیشین، نسبت مساحت حوزه آبخیز بالادست آبکند در حال حاضر به مساحت آبخیز همان آبکند در سال های پیشین و نسبت بارش ۲۴ ساعته مورد انتظار به میانگین بارش سالانه بلند مدت برای بیشینه ی بارش ۲۴ ساعته مساوی یا بزرگتر از ۰/۵ اینچ در دوره آماری، در نظر گرفته که هر سه پارامتر به سهولت قابل دستیابی هستند. مدل سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای پیش بینی و برآورد رشد طولی یا عقب نشینی پیشانی آبکندها در سال ۱۹۶۶، بر اساس مطالعات انجام شده در مناطق غربی ایالات متحده آمریکا ارائه شده است.

در بسیاری از مناطق مقادیر برآورد شده رشد طولی آبکندها با استفاده از مدل SCS با مقادیر واقعی اندازه گیری شده دارای تفاوت فاحشی بوده است. علت این تفاوت مربوط به ضریب ثابت ۱/۵ لحاظ شده مدل است که بالطبع این ضریب تنها می تواند در تطبیق و سازگاری با شرایط ابداع مدل در منطقه راکی ماتین ایالت متحده آمریکا باشد. از سوی دیگر مربوط به لحاظ نسبت بین بارندگی های گذشته (بوقوع پیوسته) به بارندگی های پیش بینی شده که با دوره های برگشت معین بایستی محاسبه شوند، باشند که به دلیل عدم امکان دسترسی به آمار بارندگی بلند مدت در بیشتر مناطق محاسبه ی دقیق آن امکان پذیر نمی باشد. بنابراین از آنجایی که برای استفاده از این مدل نیاز به آمار بارندگی دقیق می باشد بنابراین از این مدل تنها می توان در مناطقی استفاده نمود که از یک سو آمار بارندگی بلند مدت که بتوان تجزیه و تحلیل آماری مورد نیاز را انجام داد در دسترس باشد و از سوی دیگر رشد آبکندها در حدی باشد که نسبت بین سطح آبخیز بالادست آبکندها در دو مقطع زمانی گوناگون لحاظ شده در مدل نسبتاً زیاد محسوس باشد. از این رو، نتایج واسنجی مدل های انتخاب شده شامل FAO، Thompson و SCS که در جدول ۵ در بخش نتایج به صورت مشروح و در جدول ۶ به صورت خلاصه ارائه شده است. نتایج برآورد حاصل از بکارگیری مدل FAO با بیشینه ی خطای ۱۲ درصد در مقایسه با دو مدل یاد شده دیگر است. به گونه ای که بر این

جدول ۵- نتایج پیش بینی رشد طولی آبکندها توسط سه مدل FAO ، Thompson و SCS

درصد خطای مدل			رشد طولی برآورد شده آبکندها (متر)			متوسط رشد طولی سالانه (متر) ۱۳۸۳-۱۳۴۶	شماره آبکندها
SCS	FAO	Thompson	SCS	FAO	Thompson		
۳۳۵/۸	۱/۰	۶۸/۸	۵/۷۱	۱/۳	۰/۴۱	۱/۳۰	۱
۹۸/۶	۱۷/۷	۷۳/۷	۴/۳۹	۲/۶۱	۰/۵۸	۲/۲۱	۲
۹۰/۷	۳۱/۸	۶۹/۳	۳/۷۴	۱/۳۴	۰/۶۰	۱/۹۶	۳
۸۱/۹	۱۳	۸/۱	۷/۳۴	۴/۵۶	۳/۷۱	۴/۰۳	۴
۳۰۴/۳	۱۱/۶	۴۴/۵	۹/۲۳	۲/۰۲	۱/۲۷	۲/۲۸	۵
۱۲۹/۷	۴/۸	۱۴/۴	۹/۷۸	۴/۰۶	۳/۶۴	۴/۲۵	۶
۱۷۱۷/۷	۷/۲	۱۱۵/۳	۶/۸۷	۰/۳۵	۰/۸۱	۰/۳۸	۷
۲۹۲/۵	۳۴/۵	۳۲/۷	۹/۵۹	۳/۲۹	۱/۶۴	۲/۴۴	۸
۸۵/۲	۱۶/۳	۹۲/۳	۲۴/۶۳	۳/۳۹	۷/۷۹	۴/۰۵	۹
۲۵۲/۸	۴/۴	۱۴۵/۷	۷/۵۱	۳/۴۶	۸/۱۳	۳/۳۱	۱۰
۷۸	۱۲/۳	۱۸۳/۵	۱۰/۳۴	۶/۵۲	۱۶/۴۷	۵/۸	۱۱
۲۵۵/۷	۱۹۴	۲۸۱/۹	۶/۷۱	۵/۵۵	۷/۲۱	۱/۸۸	۱۲
۲۰۴/۴	۰/۳	۳۰۰/۳	۱۶/۴۵	۵/۴۲	۲۱/۶۳	۵/۴	۱۳
۱۴۶/۵	۵/۳	۹۵/۱	۱۲/۶۶	۵/۴۱	۱۰/۰۲	۵/۱۳	۱۴
۱۱۵/۲	۲/۴	۷۰/۷	۱۳/۰۸	۶/۲۲	۱۰/۳۸	۶/۰۸	۱۵
۲۶۰/۴	۲۷/۸	۱۲۶/۱	۱۲/۲۷	۲/۴۶	۷/۷۰	۳/۴	۱۶
۲۳۴	۴	۱۰۴/۴	۱۱/۴۶	۳/۲۹	۷/۰۱	۳/۴۳	۱۷
۷۳/۹	۶/۴	۸۸/۹	۷/۹۹	۴/۸۸	۸/۶۸	۴/۵۹	۱۸
۴۹/۹	۳/۴	۸۲/۶	۸/۹۶	۵/۷۷	۱۰/۹۱	۵/۹۷	۱۹
۱۵۶	۳۱/۴	۳۸۳/۹	۷/۱۱	۳/۶۵	۱۳/۴۴	۲/۷۷	۲۰
۴۴۶/۷	۱۰/۵	۲۴/۲	۱۰/۸۸	۱/۷۸	۱/۵۱	۱/۹۹	۲۱
۴۷/۴	۱۹/۵	۸۰/۷	۴/۶۷	۲/۹۲	۰/۶۱	۳/۲	۲۲
۱۶۵/۲	۲۴/۱	۵۷/۸	۱۰/۱۸	۹/۵۷	۱/۶۲	۳/۸۴	۲۳
۹۳/۹	۹/۷	۶۶/۹	۸/۹۱	۵/۰۴	۱/۵۲	۴/۶	۲۴
۱۹۶/۶	۶۵/۸	۳۹۹/۲	۹/۳۷	۵/۲۴	۱۵/۷۷	۳/۱۶	۲۵
۱۵۱/۳	۵/۱	۱۸/۷	۹/۹۸	۳/۷۷	۳/۲۳	۳/۹۷	۲۶
۹۲/۱	۷/۴	۱۰۴/۴	۸/۹۶	۵/۰۰	۹/۵۳	۴/۶۶	۲۷
۲۰۵/۳	۱۰	۰/۲	۱۱/۸	۳/۴۸	۳/۸۶	۳/۸۶	۲۸
۱۴۶/۸	۷۴/۴	۷۳	۴/۰۲	۲/۸۴	۰/۴۴	۱/۶۲	۲۹
۱۸۱/۷	۲۵	۵۷/۵	۹/۵۴	۴/۲۳	۱/۴۴	۳/۳۸	۳۰
۲۸۰/۷	۳۴/۶	۷۸/۳	۷/۹۲	۲/۸۰	۰/۴۵	۲/۰۸	۳۱
۱۳۵/۷	۵/۶	۷۳	۸/۷۴	۳/۹۲	۱/۰۰	۳/۷۱	۳۲
۲۲۲	۱۲/۷	۵۴/۱	۸/۹۹	۳/۷۵	۵/۷	۳/۴۶	متوسط

جدول ۶- خلاصه مقایسه سه مدل FAO، Thompson و SCS در پیش بینی رشد طولی آبکند

درصد خطای مدل			رشد طولی برآورد شده آبکندها (متر)			متوسط رشد طولی سالیانه اندازه گیری آبکندها طی مقطع زمانی ۱۳۸۳-۱۳۴۶ (متر)
SCS	FAO	Thompson	SCS	FAO	Thompson	
۲۲۲	۱۲/۷	۵۴/۱	۹/۰۰	۳/۷۵	۵/۷	۳/۴۶

۴- کریمی، محمد. ۱۳۷۷. بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش آبکندی و معرفی مناسب ترین راه های مهار آن در منطقه زهان قائن، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۲ صفحه.

۵- قدوسی، جمال. ۱۳۸۲. مدل سازی مورفولوژی فرسایش آبکندی و پهنه بندی خطر آن (مطالعه موردی در آبخیز زنجان رود) رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۶۶ صفحه.

۶- مرتضایی، قاسم. ۱۳۸۴. ارزیابی اثر کمی متغیرهای محیطی در رخداد فرسایش آبکندی و ... - رساله دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، ۱۸۲ صفحه.

۷- مهدوی، محمد. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران- جلد دوم، ۳۶۲ صفحه.

8- Bonham, J. Carter, G.F. 1996. Geographic information systems for Geosciences, Modelling with GIS. Computer Methods in the Geosciences, Volume 13, pergamon Elsevier science Ltd, UK.

9- Casanvas-Martinez, J.A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion, Catena, 56. 293- 308

10- Felfour, Mlaouhi, Boussema, and Snane. 1999. Assessment of the influence of the lithology and Rainfall events on gully erosion in owed maize watershed in central Tunisia, 2nd Inter-Regional Conference in Environment - Water 99.

11- Daba, W.R. and Strauss, P. 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques, Catena 50, 273-291.

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 V50, pages 151-164.

اساس می توان مدل یاد شده را از این دیدگاه به عنوان مناسب ترین مدل برای پیش بینی رشد طولی آبکندها در منطقه ی مورد مطالعه و تمامی مناطق دارای شرایط مشابه اقلیمی و زمین محیطی معرفی نمود. این یافته در تطبیق با نتیجه ی پژوهش انجام شده توسط کریمی [۴] در منطقه قائن (خراسان) است که مدل FAO را در مقایسه با نتایج حاصل از واسنجی مدل های Thompson، SCS، بیر- جانسون به عنوان مناسب ترین مدل معرفی نموده است. در حوزه ی آبخیز گمیش آباد بر اساس استفاده از عکس های هوایی سال های ۱۳۳۵، ۱۳۴۶ و ۱۳۸۰ و تصاویر ماهواره ای سال های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷ و برداشت میدانی در طی مطالعات در سال ۱۳۸۳، تغییرات رشد طولی آبکندها در طی دوره ی ۴۸ ساله بین سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳ مشخص شده است.

فلفور و همکاران [۱۰]، نیز با بررسی عکس های هوایی اقدام به مطالعه تغییرات طول آبکندها و مساحت حوزه آنها نموده و نتیجه گرفته اند که تفاوت های اساسی در طول و تراکم سرعت رشد آبکندها در هر یک از دوره های زمانی مورد مطالعه وجود داشته است. وندرک و همکاران [۱۶]، نیز با بکارگیری عکس هوایی و کنترل میدانی تصاویر ماهواره ای اقدام به محاسبه حجم آبکندها نموده و به این نتیجه رسیدند با توجه به مطالب بالا و مرور منابع پژوهشی درباره ی کاربرد عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای در مطالعات و پژوهش ها، بیشتر کارشناسان فرسایش و حفاظت خاک بر این باورند که با بکارگیری فن و دانش سنجش از دور امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی آن هم با دقت زیاد امکان پذیر است [۱۵، ۱۴ و ۱۳].

در مجموع این پژوهش نظرات پژوهشگران نامبرده را تایید نموده و همچنین ادامه ی این پژوهش برای سایر مناطق که دارای تفاوت های اقلیمی هستند، توصیه می گردد.

منابع

- ۱- احمدی، حسن. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی- جلد ۱- انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۶۸۸ صفحه.
- ۲- تجویدی، گیتی. ۱۳۸۱. مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، سازمان نقشه برداری کشور، ۳۲۰ صفحه.
- ۳- علیزاده، امین. ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی- چاپ سوم، ۶۳۴ صفحه.

16- Vandekerckhove, L. poesen, J. and Govers. 2003. Medium term gully headcut retreat rates in southeast spain determined from aerial photographs and ground measurements, Catena volume 50, 2003, pages 329-352

13- Florinsky, I.V. 1998. combined analysis of digital terrain models and remotely sensed data in landscape investigations processes in physical Geography 22. (11-33-60)

14- Harley, A.M. 1999. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion JAG. Volume 1-pages 91-101

15- Seginer, I. 1996. Gully development and sediment yield, Journal of hydrology, volume 4, pages 236-253