

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

کریمی [۴]، به نقل از لیپود<sup>۱</sup> اظهار داشته‌اند که سیلاب‌های شدید عامل توسعه و بریده بریده شدن آبکندها هستند. از علائم مشخصه آبکند وجود بریدگی عمودی در راس آن می‌باشد که دارای شیب تند و کمی محدب است. امروزه با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> به عنوان ابزاری با توانمندی ذخیره‌سازی داده‌های پر حجم، طبقه‌بندی و بازیابی آنها به صورت داده‌های عددی و نقشه‌ها، پردازش سریع آمار و داده‌ها نیز با دقت کافی از مزایای یاد شده است و به همین دلیل نیز از سامانه اطلاعات جغرافیایی در مطالعات و پژوهش‌های مربوط به علوم زمین به طور گسترده استفاده می‌شود [۸].

وندرك و همکاران [۱۶]، نیز با بکارگیری عکس هوایی و کنترل میدانی تصاویر ماهواره‌ای اقدام به محاسبه‌ی حجم آبکندها نموده و به این نتیجه رسیدند که اصولاً مطالعه طولانی مدت و دقیق فرسایش آبکندی تنها از راه استفاده از عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای است. به گونه‌ای که نتایج بدست آمده در این باره در ناحیه جنوب شرقی کشور اسپانیا دارای همبستگی بالائی با مقادیر اندازه‌گیری شده میدانی بوده است.

با توجه به مطالب بالا و مرور منابع پژوهشی درباره‌ی کاربرد عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات و پژوهش‌ها، بیشتر کارشناسان فرسایش و حفاظت خاک بر این باورند که با بکارگیری فن و دانش سنجنش از دور<sup>۳</sup> امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی آنهم با دقت زیاد امکان پذیر است [۱۵، ۱۴ و ۱۳]. فلغور و همکاران [۱۰]، نیز با بررسی عکس‌های هوایی در دوره‌های زمانی ۱۹۶۳-۱۹۵۲، ۱۹۷۴-۱۹۶۳ و ۱۹۸۹-۱۹۷۴ در یک آبخیز ۱۴۰ هکتاری در اولد مایرس<sup>۴</sup> تونس اقدام به مطالعه تغییرات طول آبکندها و مساحت حوزه آنها با استفاده از Arc/Info نموده و نتیجه گرفته‌اند که تفاوت‌های اساسی در طول و تراکم سرعت رشد آبکندها در هر یک از دوره‌های 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 مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی رشد طولی آبکندها

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

### چکیده

این مطالعه در بخش مرکزی شهرستان زنجان در حوزه آبخیز گمیش‌آباد با استفاده از داده‌های بدست آمده از تفسیر عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۶ و ۱۳۸۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال‌های 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 داده‌های سنجنش از دور که بخش عمده آنرا آزمون‌های رگرسیون تشکیل می‌دهد تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی انجام پذیرفته است. به گونه‌ای 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 دوره‌ی یاد شده رشد طولی آبکندها متفاوت بوده است. ضمن آنکه از بین روش‌های FAO، SCS و Thompson مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی رشد طولی آبکند در محدوده‌ی مطالعاتی، مدل FAO تشخیص داده شده است.

واژه‌های کلیدی: آبکند، رشد طولی آبکند، گمیش‌آباد، حوزه آبخیز، GIS، RS، FAO، رگرسیون، مدل

### مقدمه

آبکند، آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب را در خود حمل می‌کند. روی هم رفته آبکند به آبراهه‌ای اتلاق می‌شود که وسائل کشت و زرع نتواند به گونه‌ی 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 جهادکشاورزی

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 زمین‌شناسی و واحدهای سنگی و مقادیر میانگین بارندگی سالانه به عنوان متغیرهای مستقل اقدام به ارائه مدل‌های رگرسیونی برای محاسبه‌ی نرخ یا سرعت رشد طولی آبکندها نموده‌اند.

با توسعه فن و دانش سنجش از دور شامل عکس‌های هوایی و انواع تصاویر ماهواره‌ای امکان بررسی ابعاد گوناگون انواع فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندی با دقت زیاد امکان‌پذیر می‌باشد. از این رو استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده در مقاطع گوناگون زمانی در مطالعات پدیده فرسایش این امکان را فراهم می‌نماید که بتوان تغییرات ایجاد شده در سطح زمین در زمان و مکان را با دقت قابل قبول مورد بررسی قرار داده و عامل‌های مؤثر را شناسایی نمود [۵]. افزون بر آن امروزه با توجه به توانمندی‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در ذخیره‌سازی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان اقدام به گردآوری داده‌های پراکنده درباره‌ی ویژگی‌های مربوط به پدیده‌های مورد نظر با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های میدانی کرده و نتایج را به صورت نقشه ارائه نمود [۲]. دابا و همکاران [۱۱]، با ارزیابی فرسایش آبکندی از راه استفاده از تکنیک‌های عکس‌های هوایی مربوط به دو مقطع زمانی گوناگون (۱۹۶۶ و ۱۹۹۳) در شرق کشور اتیوپی به این نتیجه دست یافته‌اند 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 عکس‌های هوایی در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به شناسایی کمی تغییرات آبکندها ناشی از رخداد فرسایش آبکندی در حوزه آبخیزی در ناحیه کاتالونیا کشور اسپانیا، بهره‌گیری از مدل‌های رقومی ارتفاع نموده و به این نتیجه رسیده است که اندازه‌گیری نرخ طولی آبکندها از این راه امکان‌پذیر است. به گونه‌ای که وی در منطقه‌ی مورد مطالعه به این نکته دست یافته است که سرعت عقب‌نشینی دیواره‌های 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 پیچ‌های موجود در مسیر آنها بوده است. گابریس و همکاران [۱۲]، در مجارستان با استفاده از عکس‌های هوایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داده‌اند که وضعیت فعلی فرسایش آبکندی و رابطه آن با روند شکل‌گیری تغییرات، گسترش این نوع فرسایش در سال‌های پیشین، طول آبکندها در زمان‌های پیشین و مقایسه‌ی آنها با طول آبکندهای برداشت شده کنونی از راه مطالعات میدانی، تنها از طریق در دسترس بودن عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است.

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

ماهواره‌ای در دوره‌های زمانی متفاوت در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نسبت به بررسی تغییرات طول آبکندها با لحاظ ویژگی‌های مکانی و زمانی از یک سو و واسنجی مدل‌های انتخاب شده برآورد رشد طولی آبکندها از سوی دیگر اقدام به معرفی مناسب‌ترین مدل موجود از بین مدل‌های انتخابی و ارائه مدل سازگار و در تطبیق با شرایط منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. پیشنهاد می‌گردد در ادامه‌ی این پژوهش با استفاده از دانش سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به بررسی ابعاد گوناگون آبکندها در سایر مناطق که از نظر اقلیمی و توپوگرافی با منطقه‌ی مورد مطالعه اختلاف دارند، در چارچوب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری پرداخت.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در بخش مرکزی شهرستان زنجان در حوزه آبخیز گمیش‌آباد در محدوده جغرافیایی ۵۶° ۵۰' تا ۴۷° ۵۲' طول شرقی و ۵۷° ۵۸' تا ۲۹° ۰۷' عرض شمالی با استفاده از داده‌های بدست آمده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای 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 روش‌های بکار رفته، استفاده شده است:

۱- مشخص کردن محدوده‌ی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ بر اساس آمار و داده‌های بدست آمده از مطالعات پیشین انجام شده در آبخیز زنجانرود

۲- بازدید از منطقه از راه پیمایش میدانی و مشخص کردن موقعیت مکانی آبکندهای دائمی<sup>۱</sup> با استفاده از دستگاه GPS<sup>۲</sup> جهت انتخاب آبکندهای مورد آزمایش

۳- تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای لندست<sup>۳</sup> منطقه‌ی مورد مطالعه جهت مشخص کردن مناطق آبکندی شده و محل و مسیر آبکندهای انتخابی با استفاده از داده‌های GPS بر روی تصاویر رقومی لندست TM (۱۳۷۰ و ۱۳۷۷).

۴- نمایان سازی<sup>۴</sup> آبکندها بر روی تصاویر ماهواره‌ای در مقاطع گوناگون (سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷) منطقه از راه کنترل کیفیت، پیش‌پردازش، پس‌پردازش تصاویر و انجام آزمون ترکیب باندها با استفاده از اندکس و انتخاب مناسب‌ترین ترکیب باندها و تحلیل شکل، بافت و اندازه‌ی آبکندها با بکارگیری روش‌های رقم طبیعی<sup>۵</sup> و مشخص کردن حدود تغییرات شماره‌های

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<sup>۱</sup> با توجه به روش نمایان سازی مناطق تحت تأثیر فرسایش آبکندی و آبکندهای ارائه شده، با استفاده از نرم افزار ILWIS<sup>۲</sup> 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<sup>۳</sup>، FAO<sup>۴</sup>، SCS 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.

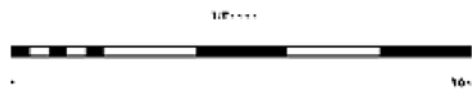
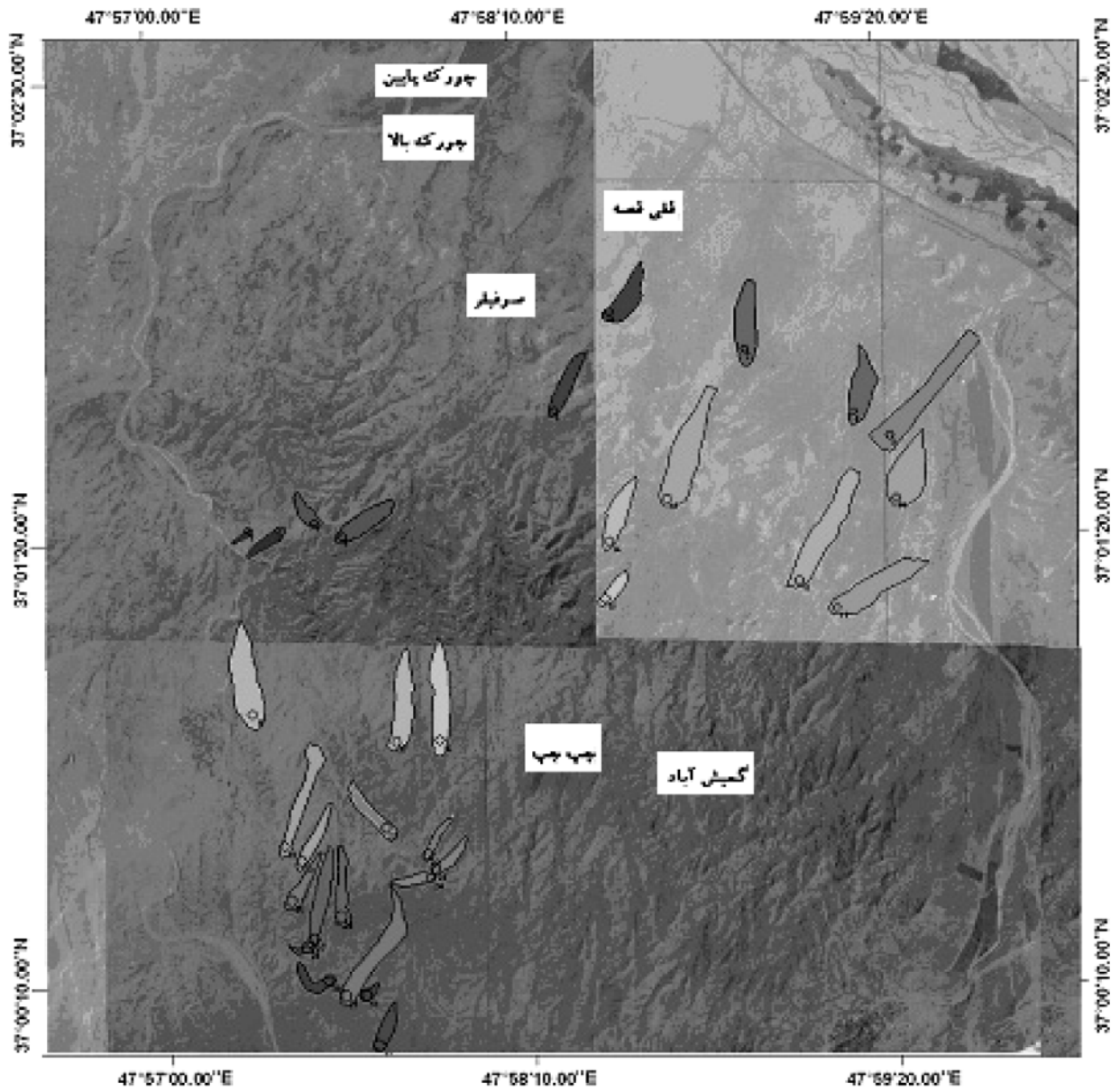
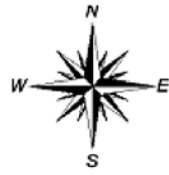
مدل سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای پیش بینی و برآورد رشد طولی یا عقب نشینی پیشانی آبکندها ارائه شده است. از این مدل تنها می توان در مناطقی استفاده نمود که از یک سو آمار بارندگی بلند مدت که بتوان تجزیه و تحلیل آماری مورد نیاز را انجام داد در دسترس باشد و از سوی دیگر رشد آبکندها در حدی باشد که

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 عکس های 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

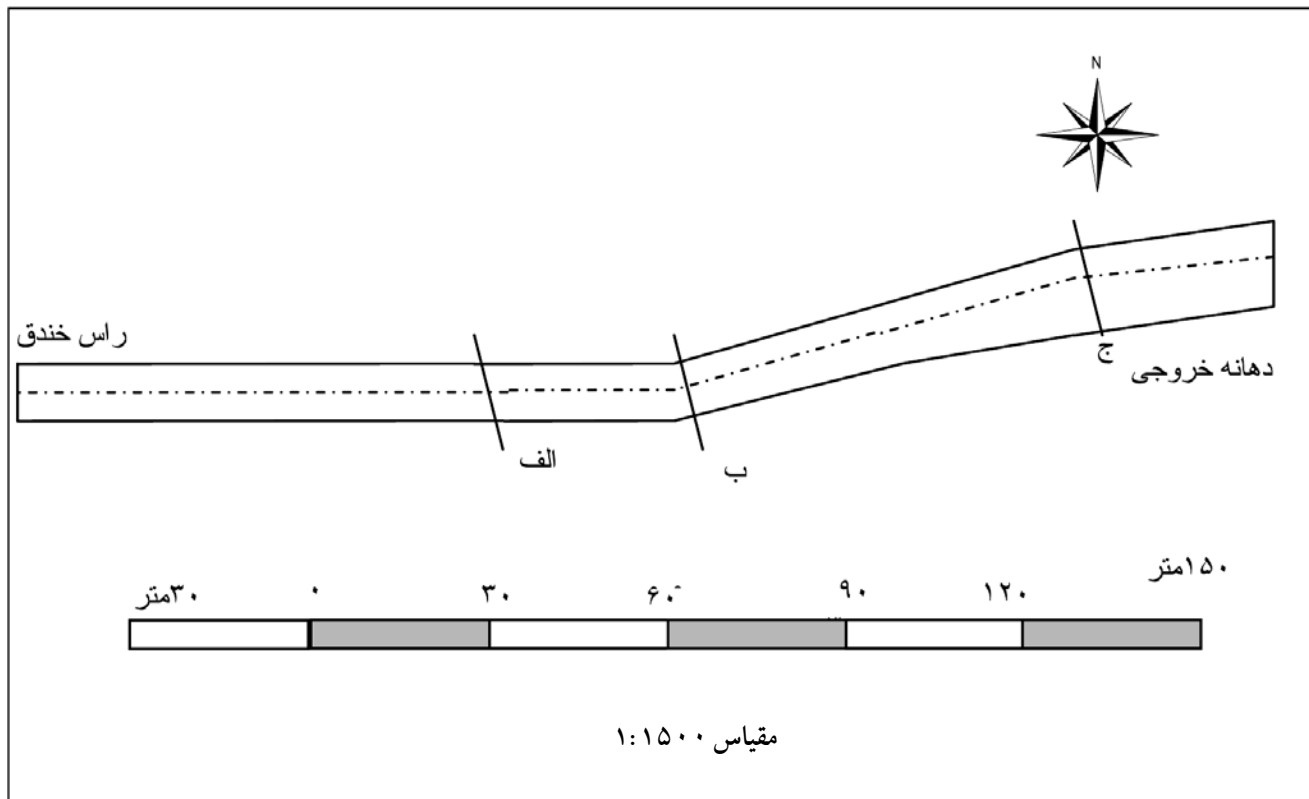
جدول ۴- مساحت حوزه آبخیز تا پیشانی (رأس) آبکندها بر حسب هکتار طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۳

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

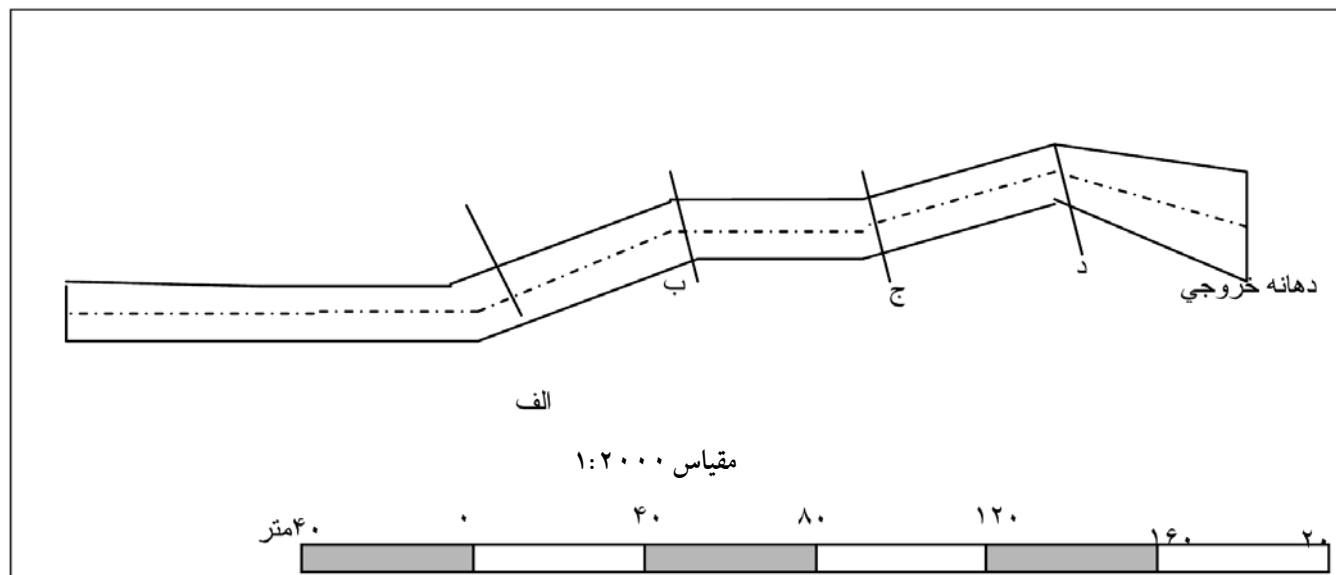


پلان آبکندها نیز از راه نقشه برداری مقاطع عرضی و طولی همراه نقشه برداری حاشیه آنها تهیه گردید. در شکل های (۲) و (۳) پلان و نیم رخ طولی آبکندهای ۱ و ۲ و محل تهیه نیم رخ عرضی در سه نقطه الف، ب و ج برای نمونه ارائه شده است.

- 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<sup>۱</sup> FAO،<sup>۲</sup> 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 سنجنش 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

Archive of SID