

برآورد عمق رواناب حوضه بدون ایستگاه کبوترلانه کنگاور با استفاده از یک رویداد بارش

ایرج جباری^۱، محمدرضا عارفی^۲

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه رازی، ایران

پذیرش: ۸۴/۱۱/۲۹

دریافت: ۸۴/۷/۱۰

چکیده

تنوع شرایط محیطی، بویژه آب و هوایی ایران، منجر به ایجاد رژیم‌های گوناگون تولید رواناب می‌شود. این وضعیت باعث می‌شود که مدل‌های تجربی برای همه مناطق ایران به یک‌اندازه مطمئن نباشند و حتی در آن نواحی که بارش‌های فصلی به‌صورت برف نازل می‌شود، کاربرد مدل پرستفاده SCS-CN نیز با شک و تردید همراه شود. از این‌رو، سعی بر این است تا روشی پیدا شود که با استفاده از آن، در مدت زمان کوتاه و با امکانات موجود، میزان رواناب حوضه‌های بدون ایستگاه اندازه‌گیری به‌دست آید. اندازه‌گیری میزان رواناب در یک بارش ۶۹ میلیمتری در حوضه کبوترلانه کنگاور این امکان را فراهم آورد تا با استفاده از پوشش گیاهی و شیب، مدلی تنظیم شود که با لحاظ کردن بارش‌های مؤثر و نوع بارش‌ها، مدل دیگری برای رواناب حاصل از یک رگبار به‌دست‌آید. با اعمال بارش‌های ماهیانه و بارش‌های سالیانه کل دوره آمارگیری، مدلی نهایی را برای محاسبه حجم رواناب حاصل از بارش‌های سالیانه و حتی ماهیانه می‌توان به‌دست‌آورد.

انعطاف‌پذیری مدل به‌دست‌آمده برای یافتن رواناب روزانه، ماهیانه و سالیانه و همچنین در شرایط تغییر کاربری اراضی، روش ساده مدلسازی و استفاده از داده‌های اصلی که از خود حوضه‌ها برای ساخت مدل استخراج می‌شود، از مزایای این روش می‌باشد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی این

تحقیق، برآورد حجم رواناب حوضه کیوترلانه را - که فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشد - مطمئنتر نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: عمق رواناب، حوضه کیوترلانه، هیدرولوژی، مدل آب‌شناختی.

۱- مقدمه

در اوایل قرن بیستم آب‌شناسانی مانند مید^۱ برای نشان دادن وضعیت هیدرولوژی یک رود، نمودار کل رواناب سالیانه را در مقابل بارش سالیانه ترسیم می‌کردند [۱]. هرچند که این نمودارها برای بیان وضعیت آبی سالیانه مفید بودند ولی برای دوره‌های کوتاه‌تر مانند فصول و ماهها، پراکندگی زیادی داشتند. این روش (برآورد مستقیم رواناب از رگبار) از تحقیقات میدانی پژوهشگران بعدی مانند: شرمان^۲ [۲]، ماکوس^۳ [۳]، آندروز^۴ [۴]، آگراسکی^۵ [۵] توسعه یافت. شرمان سعی کرد تا اطلاعات اضافی دیگری را وارد نمودارهای ترسیم شده به وسیله پژوهشگران قبلی کند.

او برای هر ماه منحنی جداگانه‌ای ترسیم کرد و جدولی برای بارشهای پیشین تهیه کرد و در واقع خواست تا درباره وضعیتهای حادثه بحث کند؛ ولی پراکندگی داده‌ها همچنان مهم بود. کوهلر و لینسلی^۶ دیدگاه شرمان را با نمودار همبستگی چندگانه گسترش دادند. در این روش عناصری مانند بارشهای پیشین، مدت رگبار همراه با مقادیر بارش و رواناب اصلی ترکیب داده می‌شدند [۶]. از آنجا که در این روش نمودار همبستگی دومحوری برای هر حوضه‌ای باید تولید می‌شد، این دیدگاه نمی‌توانست برای حوضه‌های بدون ایستگاه به کار گرفته شود؛ از این رو، ماکوس به دنبال روشی بود تا براساس آن رواناب را برای حوضه‌های کوچک و بدون ایستگاه برآورد کند. کار او منجر به تولید شماره‌های منحنی CN شد که سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) در سال ۱۹۷۲ با ترسیم نقشه‌های خاک کشورشان و طبقه‌بندی آنها از نظر ویژگیهای آب‌شناختی شماره‌های منحنی را برای هر

1. Mead
2. Sherman
3. Mackus
4. Andrews
5. Ogrosky
6. Kohler and Linsly

خاک با وضعیت کاربری زمینی مختلف تعریف کرد [۷، ص ۳۸۹] و با این روش که تحت عنوان روش SCS-CN معروف شد، عمق رواناب با مراجعه به جدول ارائه شده به وسیله این سازمان برای حوضه‌های کوچک و بدون ایستگاه مقذور شد.

اکنون روش SCS-CN عمومی‌ترین روش برای محاسبه رواناب سطحی ناشی از حادثه بارش به شمار می‌رود و از آنجا که در آن برای محاسبه رواناب به کاربری اراضی نیز نقش داده می‌شود، وسیله‌ای است که از طریق آن، تغییر رواناب به علت تغییر کاربری زمین نیز به سرعت قابل برآورد می‌باشد [۸]. این روش موقعی خیلی رضایت‌بخش است که با ارزیابی آثار تغییر کاربری اراضی، انواع مختلف مسائل آب‌شناختی حل شود [۹، صص ۱-۱۷]، به عنوان مثال، پوروانتو و دونکر^۱ مدلی ساختند که اوج جریان را با تغییر کاربری زمین پیش‌بینی می‌کرد [۲۴۱-۲۵۳].

متأسفانه، استفاده از روش SCS-CN در نواحی سردسیر به دلیل بارش برفی خیلی مطمئن نیست؛ به عنوان مثال، براساس تحقیقات ولی‌خوجینی تفاوت معناداری بین رواناب حاصل از روش SCS-CN با رقم واقعی در سلسله جبال البرز وجود دارد [۱۱، صص ۱۴ و ۱۵]. معمولاً پژوهشگران یا کاربران به سه‌شیوه با این مسأله مقابله کرده‌اند. یک گروه سعی کرده‌اند به‌نحوی این مدل را با سازش دادن به محیط خود و یا با استفاده از روشهایی برای برآوردهای پارامترهای آن به کار بگیرند، مانند کایت و کودل^۲ [۱۲، صص ۳۱۹۳-۳۲۰۰] که این مدل را برای محاسبه رواناب - بارش و ذوب برف تهیه کردند و یا مانند شومان [۱۳، صص ۵۱۹-۵۲۸] واریک و هانز^۳ [۱۴، صص ۳۶۶-۳۷۹] و ملزه و شیه^۴ [۱۵، صص ۱۷۳-۱۸۰] که از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای برآورد پارامترهای مدل استفاده کردند. یک گروه دیگر سعی کرده‌اند مدل دیگری را طرح‌ریزی کنند، مانند سینغ و همکاران^۵ [۱۶، صص ۶۳۷-۶۵۲] و کادی‌اوغلی و شن^۶ [۱۷، صص ۲-۱۱] که تنها با استفاده از رابطه بارش یا درجه حرارت با رواناب پیش‌بینی نموده‌اند؛ اما ساده‌ترین روش این بوده

1. Purwanto and Donker
2. Kite and Kauwen
3. Warwick and Hannes
4. Melsse and Shih
5. Singh, Rasatri, Kumar and Arora
6. Kadioglou and Sen

است که بعضی از کاربران مانند شرکت‌های مشاوره- شاید به دلیل نبود داده‌های پایه مناسب- ترجیح می‌دهند از روش‌های تجربی مانند روش جاستین و انجمن تحقیقات کشاورزی هند (که برای مناطق خاصی تهیه شده‌اند) به عنوان روش‌های معتبر برای برآورد عمق رواناب حوضه‌های بدون ایستگاه هیدرومتری استفاده کنند [۱۸، ص ۲۱]. از این رو، همواره به وجود روشی ساده که بتواند با کمترین اطلاعات و در کمترین زمان به نتیجه مطلوب برسد، نیازمندیم.

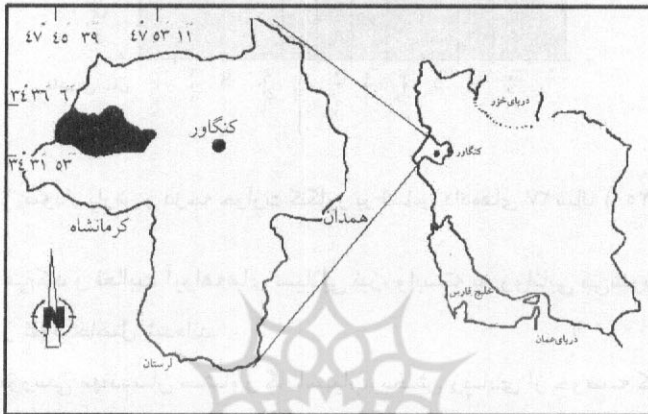
در این تحقیق، فرض می‌شود که اندازه‌گیری‌های مستقیم می‌تواند برآورد مطمئنتری را ارائه بدهد تا با اندازه‌گیری میداتی یک رویداد بارش و با استفاده از عوامل شیب و پوشش گیاهی (که در مدل SCS-CN به کار گرفته شده‌است) مدل مخصوصی برای برآورد رواناب حوضه ساخته شود که بتواند برای سایر بارشها قابل محاسبه باشد. حوضه کبوترلانه که دارای بعضی داده‌های مناسب برای این پژوهش بوده است، برای انجام این تحقیق انتخاب شده است.

۲- معرفی حوضه مطالعه شده

حوضه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۴۳ کیلومترمربع و با ارتفاع متوسطی در حدود ۱۹۵۸ متر، بخشی از حوضه رودخانه کبوترلانه می‌باشد که در عرض جغرافیایی $31^{\circ} 03' 34''$ تا $31^{\circ} 06' 36''$ شمالی و در طول جغرافیایی $47^{\circ} 45' 39''$ تا $47^{\circ} 53' 05''$ شرقی در شمال غربی شهرستان کنگاور و در شرق استان کرمانشاه واقع شده است. (شکل ۱). این حوضه با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی به طول متوسط ۱۲ کیلومتر و عرض متوسط ۲/۵۸ کیلومتر یکی از زیرحوضه‌های رودخانه خرم رود و از سرشاخه‌های رودخانه گاماسیاب به شمار می‌رود که در نهایت، جریانهای سطحی آن پس از پیوستن به سیمره به دریاچه سد کرخه می‌ریزد.

حوضه کبوترلانه با بلندی ۱۶۰۰ - ۳۲۰۰ متر از سطح دریا، اختلاف ارتفاعی در حدود ۱۶۰۰ متر را داراست. این منطقه با قرارگیری در شمال بخش زاگرس چین خورده و یا زاگرس خارجی در حدود ۷۶ درصد مساحتش از عمده سنگهای آندزیتی، آهک و ماسه سنگهای دوران دوم و ۲۴ درصد مساحت آن از کنگلومراهای دوران سوم تشکیل می‌شود.

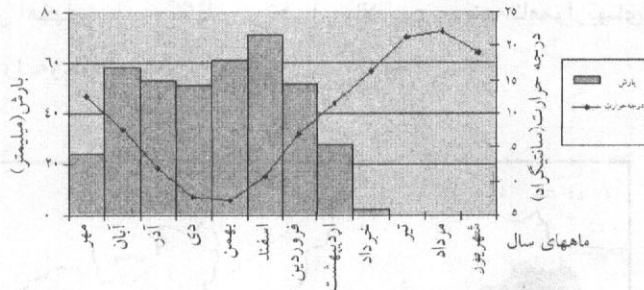
سنگهای آندزیتی معمولاً در بخش پایین دست حوضه زمینهای کم‌شیب و تپه ماهوری را ایجاد کرده‌اند و آهکها و ماسه‌سنگها در بخشهای بالادست حوضه ناهمواریهای پرشیب ۳۰ - ۶۰ درصدی را به وجود آورده‌اند.



شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مطالعه شده

متوسط درجه حرارت سالیانه این حوضه ۹/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد که در ماههای دی و بهمن متوسط درجه حرارت ماهیانه آن به زیر صفر می‌رسد؛ در حالی که در ماههای تیر و مرداد این مقدار به بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد صعود می‌کند (شکل ۲). تابستان برای این حوضه فصل خشکی محسوب می‌شود؛ زیرا علاوه بر درجه حرارت بالا، کمترین مقدار بارش آن نیز در این فصل رخ می‌دهد. حوضه یاد شده که متوسط بارندگی سالیانه ۴۳۳ میلیمتر را نشان می‌دهد، در طول آبان تا اردیبهشت توازن نسبی را از نظر توزیع بارشها در بین ماهها برقرار می‌کند، ولی فصل تابستان با میزان بارش تقریباً صفر، بیشترین نوسانها را در آن پدید می‌آورد [۱۹، ص ۱۲] (شکل ۲).

با وجود این، حوضه کبوترلانه آبراهه با جریان دائمی ندارد و شبکه هیدرگرافی آن به‌طور فصلی و بعضی از آنها تنها در مواقع سیلابی فعال می‌شوند. جریان آبراهه‌های فصلی غالباً از چشمه‌سارها تأمین می‌شود و از اواسط مهرماه شروع و تا اواخر اردیبهشت



شکل ۲ نمودار بارش و درجه حرارت کنگاور بر اساس داده‌های ۲۷ ساله (۱۳۵۰-۱۳۷۶)

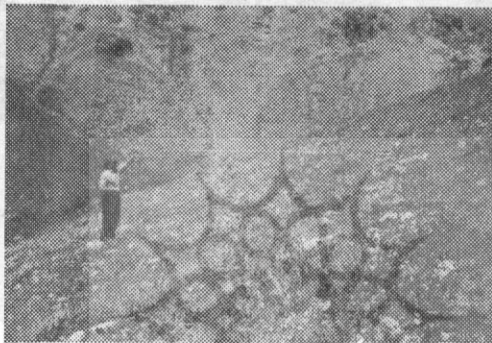
ادامه پیدا می‌کند و فعالیت آبراهه‌های سیلابی نیز، وابسته به روانابی می‌شوند که بر اثر بارش مازاد بر نفوذ حاصل شده‌اند.

براساس بررسی مهندسان مشاور گاماسیاب، بخش زیادی از حوضه کبوترلانه به اراضی مرتعی اختصاص پیدا کرده است [۲۰، ص ۲۴]. در حدود ۶۸ درصد از مساحت حوضه (۲۹۲۱ هکتار) را مرتع کوهستانی و ۳۲ درصد (۱۳۷۹ هکتار) آن را زمینهای کشاورزی به خود اختصاص می‌دهند. هر دو این زمینها تحت فشار ساکنان این منطقه در معرض فرسایش تشدید می‌باشند.

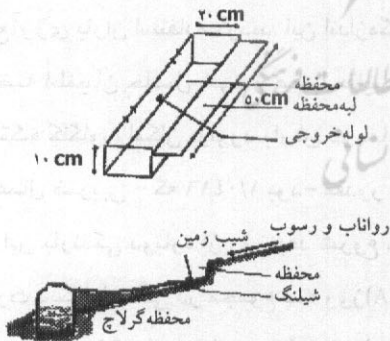
۳- مواد و روشها

مدلسازی رواناب حوضه بررسی شده، براساس ایجاد رابطه با شیب و پوشش گیاهی استوار می‌باشد. برای برقراری این رابطه نخست ۱۰ کرت آزمایشی در حوضه ایجاد شد. هر یک از این کرتها که با ۰/۵ متر عرض و ۵ متر طول، ۲/۵ مترمربع از مساحت زمین را اشغال می‌کردند، به طور تصادفی در محلهایی با درجه شیب و نوع شیپهای گوناگون، پوشش گیاهی با کاربریهای اراضی مختلف و خاکهای متفاوت ایجاد شدند. برای جلوگیری از تبادل رواناب از این کرتها و محیط پیرامون آنها جوی و پشته‌هایی در حاشیه آنها ساخته شد. با آماده شدن کرتها، ویژگیهای پوشش گیاهی، شیب، رواناب و رسوب هر یک از آنها روی زمین قابل اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری شیب از شیب‌سنج ، متر و شاخص استفاده شد (شکل ۳). برای مساحت تراکم پوشش گیاهی از پلاتهای ۱×۱ متری استفاده گردید. به‌منظور اندازه‌گیری رواناب از روش گِرایج^۱ [۲۱، صص ۴۲۹۲-۴۲۹۷] و گرلیز^۲ استفاده به عمل آمد [۲۲]. پیرو این روش یک جعبه رسوبگیر گِرایج به ابعاد ۱۰×۲۰×۵۰ سانتیمتری و به‌حجم ۱۰ لیتر تهیه و در انتهای پایین‌دست هر کرت کار گذاشته شد؛ سپس با شیلنگی به یک مخزن به حجم ۳۰ لیتری وصل شد (شکل ۴). در هنگام بارش، رواناب به سمت جعبه هدایت و در مخزن جمع‌آوری شد.



(الف)



(ب)

(ج)

شکل ۳ اندازه‌گیری شیب در پلاتهای آزمایشی

1. Gerlach
2. Gellis



شکل ۴ اندازه‌گیری رواناب با جعبه رسوبگیر و محفظه گِراچ (شکل شماتیک چپ و بر روی زمین راست) و اندازه‌گیری آن در خروجی حوضه (پایین)

۲۸ فروردین ماه ۱۳۸۱ ه.ش. بارشی در حدود ۲/۵ میلیمتر به وقوع پیوست. این بارشها در ظروف مخصوصی که قبلاً در حوضه کار گذاشته شده بود، جمع‌آوری و هر چند وقت یک بار ثبت شد. لازم به ذکر است که از همین ظروف در نزدیک ایستگاه کنگاور نیز برای جمع‌آوری باران استفاده گردید. این اندازه‌گیری اجازه می‌دهد تا هم از دقت اندازه‌گیری در حوضه اطمینان حاصل شود و هم با مقایسه بارشهای حوضه با بارشهای همان ساعتها ایستگاه کنگاور، امکان برآورد بارش در ساعت‌های شب که تیم تحقیق در محل حضور نداشت، با اعمال ضربی - که ۱/۰۴۱۶ بود - مقدور شود.

این بارندگی دوباره از روز بعد شروع شد و تا دو روز به طور متناوب ادامه پیدا کرد؛ به عبارت دیگر بارندگی در مجموع سه روز (۲۸ و ۲۹ و ۳۰ فروردین ماه) ادامه داشت و در طی این سه روز ۶۹ میلیمتر بارش تولید شد (شکل ۵). با وجود این، روز اول هیچ‌گونه روانایی از این بارش حاصل نشد. روز بعد تا ۱۳/۵ میلیمتر باران روانابی تولید نشد و این نشان می‌دهد که در این منطقه به طور متوسط تا ۱۶ میلیمتر بارندگی، روانابی ایجاد نمی‌شود. لیکن از این به بعد با شروع بارندگی رواناب جریان پیدا می‌کرد. مقدار این رواناب در هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری و یادداشت شد؛ سپس با تقسیم حجم کل رواناب هر کرت بر مساحت آن

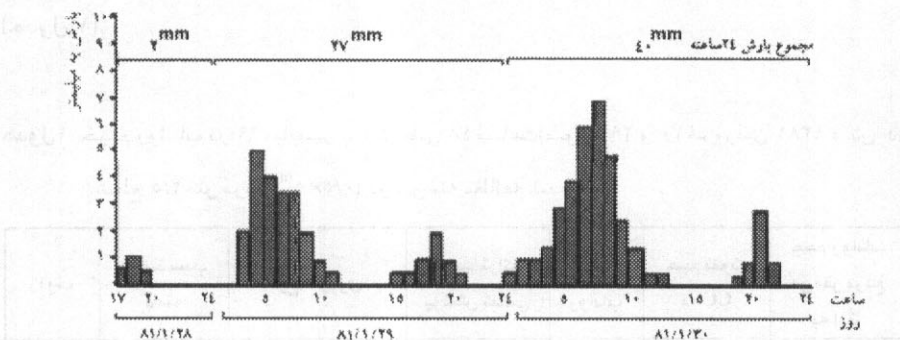
(۲/۵ متر مربع) میزان رواناب حاصل از ۶۹ میلیمتر بارش در هر متر مربع به‌دست‌آمد (جدول ۱).

جدول ۱ حجم رواناب در ۶۹ میلیمتر بارش طی ۴۸ ساعت (مورخ ۲۹ و ۳۰ فروردین ۱۳۸۱ ه.ش. در سطح ۲/۵ متر مربع (0.05×5^m) در حوضه مطالعه شده

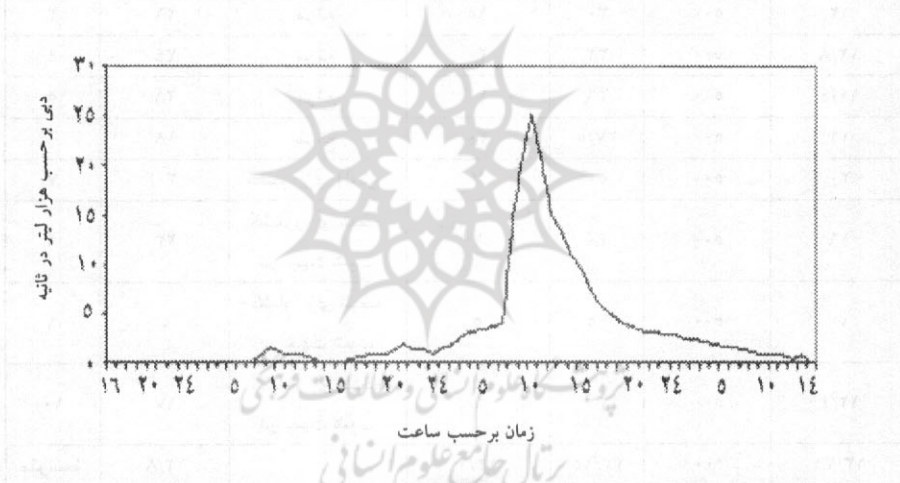
ردیف	درصد شیب دامنه	نوع کاربری	درصد تراکم پوشش گیاهی	حجم رواناب	حجم نمونه به CC	حجم رواناب در متر مربع به لیتر
۱	۲۱	مرتع	۲۵	۲۵	۵۰۰	۱۰
۲	۳۶	مرتع	۱۵	۳۵	۵۰۰	۱۴
۳	۲۶	مرتع	۱۵	۳۰	۵۰۰	۱۲
۴	۳۴	مرتع	۲۰	۳۲	۵۰۰	۱۲/۸
۵	۲۸	مرتع	۱۰	۳۶	۵۰۰	۱۴/۴
۶	۱۸	مرتع	۲۰	۲۷/۵	۵۰۰	۱۱
۷	۳۰	کشاورزی (آیش)	۷	۵۰	۵۰۰	۲۰
۸	۲۳	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	۴۰	۵۰۰	۱۶
۹	۵	کشاورزی شخم در جهت شیب	۵	۲۵	۵۰۰	۱۰
۱۰	۱۷	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	۳۱	۵۰۰	۱۲/۴
متوسط	۲۳/۸	-	۱۲/۱	۳۳/۱۵	۵۰۰	۱۳/۲۶

برای سنجش درستی و نادرستی ارقام به‌دست‌آمده، در خروجی حوضه کل رواناب در طی این بارش اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری از شروع جریان آبراه‌های تا پایان آن ۲۰ بار صورت گرفت و سپس آبنگار جریان ترسیم شد و دبی ساعاتی که ثبت نشده بود نیز محاسبه و به‌دست‌آمد (شکل ۶). درنهایت نیز حجم رواناب خروجی در ۶۹ میلیمتر بارش مؤثر در رواناب محاسبه شد. حجم رواناب خروجی حوضه در بارش موردنظر، معادل $804/272/000$ لیتر برآورد شده است. با توجه به مساحت 43000000 مترمربعی حوضه میزان رواناب در هر مترمربع در ۶۹ میلیمتر بارش معادل $18/7$ لیتر خواهد بود که نسبت

رواناب به بارش مؤثر در حوضه، برابر با ۲۷ درصد به دست می آید.



شکل ۵ مقدار بارش حوضه کیوتر لانه از ۲۸ ام الی ۳۰ ام سال ۱۳۸۱ ه. ش.



شکل ۶ آبنمود دبی ناشی از بارش ۲۸ ام تا ۳۰ ام فروردین ۱۳۸۱ ه. ش. در خروجی

برقراری رابطه بین کلیه دبی‌های رواناب مشاهداتی با سه عامل شیب و پوشش گیاهی مدلی را برای برآورد رواناب با توجه به خصیصه‌های زمین ارائه داد و از بین آنها بهترین مدلی که با داده‌های مشاهداتی بیشترین مشابهت و بالاترین سطح اطمینان و ضریب همبستگی و کمترین خطای استاندارد را داشت، به عنوان مدل برتر رواناب حوضه، انتخاب شد.

۴- نتایج

تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه بین سه عامل شیب (S)، پوشش گیاهی (V) و رواناب (R) محاسبه شده برای ۶۹ میلی‌متر بارندگی (جدول ۱) که با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و SPSS انجام گرفت، نشان می‌دهد که با ضریب همبستگی ۸۳۶٪ و سطح معنادار بودن ۹۵٪، رابطه معناداری بین عوامل یادشده و رواناب می‌توان به وجود آورد. این رابطه به صورت زیر می‌باشد:

$$R = (10/385 + 0/25S - 0/253V) \quad \text{رابطه ۱}$$

این معادله برای شیب و پوشش گیاهی ۱۰ نقطه اندازه‌گیری به دست آمده است. درحالی که متوسط شیب و پوشش گیاهی کل حوضه که به روش وزنی به دست آمده است با آن تفاوت دارد و موقعی که در معادله ۱ قرار داده می‌شوند و درکل مساحت حوضه ضرب می‌شود، رقمی در حدود ۵۳۶۵۹۳ مترمکعب به دست می‌آید. مقایسه این رقم با مقدار رواناب خروجی از حوضه که معادل ۸۰۰۰۰۰ مترمکعب می‌باشد، تفاوت دارد. از این رو، برای تعدیل معادله، توانی در حدود ۱/۱۵۸ به عنوان ضریب اصلاحی وارد معادله و به صورت زیر ارائه شود.

$$R_{69} = (10/385 + 0/25S - 0/253V)^{1/158} \quad \text{رابطه ۲}$$

برای اینکه نتیجه حاصل از رابطه ۲ برحسب یک میلی‌متر باران در هر مترمربع به دست آید می‌توان آن را به $\frac{1}{53}$ ضرب کرد. لازم به ذکر است که ۵۳ میلی‌متر همان بارش مؤثر در ۶۹ میلی‌متر باران می‌باشد. در این صورت اگر نتیجه حاصل از معادله به بارش منهای ۱۶ میلی‌متر بارشی که به رواناب منجر نمی‌شود، ضرب شود مقدار رواناب در هر بارشی خواهد بود که در هر مترمربع جریان پیدا می‌کند؛ بنابراین معادله برای هر بارش به صورت زیر خواهد بود:

$$R_d = 0/19 (10/385 + 0/25S - 0/253V)^{1/158} \times (p - 16) \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه بالا R_d رواناب در هر بارش، p مقدار هر حادثه بارش برحسب میلی‌متر و S

و ۷ به ترتیب درصد شیب و پوشش گیاهی حوضه می باشد که به صورت وزنی میانگین آنها محاسبه می شود.

رابطه ۲ براساس اندازه گیری رواناب در ۶۹ میلیمتر بارش به دست آمده است. این بارش تنها ۱۶ درصد بارش متوسط سالیانه می باشد. از این رو، برای به دست آوردن میانگین رواناب ماهیانه و سالیانه حوضه از کل بارش حوضه، بارش مؤثر در رواناب باید استخراج شود. به همین منظور، کلیه بارشهای روزانه ایستگاه سینوپتیک کنگاور طی ۱۶ سال از نیمه دوم سال ۱۳۶۵ ه.ش. تا پایان نیمه اول سال ۱۳۸۱ ه.ش. با در نظر گرفتن دو فرض ذیل که با الهام از مهدوی [۲۳، صص ۱۲۶ و ۱۲۷]، تجربیات و مشاهده بارشهای سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ گرفته شده است، ارزیابی شد.

فرض اول: در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان به دلیل عدم اشباع خاک، گرمی هوا، در نتیجه تبخیر و تعرق نسبتاً بالا، پوشش گیاهی و دلایل دیگر، بارشهای اولیه کمتر از ۱۰ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی کند و بارشهای بیشتر از ۱۵ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی کند و بارشهای بیش از ۲۰ میلیمتر به طور متناوب طی ۵ روز ایجاد رواناب می شود.

فرض دوم: در ماههای آذر، دی، بهمن و اسفند به دلیل اشباع خاک، سردی هوا و در نتیجه تبخیر و تعرق اندک بارشهای اولیه کمتر از ۱۰ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی کند و بارشهای بیشتر از ۱۵ میلیمتر به صورت متناوب طی ۵ روز متوالی رواناب ایجاد می کند.

براساس فرضهای بالا، کل بارش ۶۹ میلیمتری که در ۲ روز اندازه گیری شده بود، این بار در مقیاس ماهیانه و سالیانه و به عنوان بارش مؤثر در نظر گرفته می شود. جدول ۲ نتایج این بررسیها را نشان می دهد. اکنون می توان برای به دست آوردن رواناب ماهیانه و سالیانه ضریبی را به صورت زیر به معادله ۲ اعمال کرد.

$$R_{my} = \left(\frac{P_p \times P_t}{69} \right) (10/385 + 0/25S - 0/253V)^{1/108} \quad \text{رابطه ۴}$$

در مدل بالا R_{my} = ارتفاع رواناب ماهیانه یا سالیانه به میلیمتر یا حجم رواناب ماهیانه یا سالیانه از هر متر مربع به لیتر

S = شیب متوسط حوضه به درصد

$V =$ درصد متوسط تراکم پوشش گیاهی

$P_p =$ درصد بارش ماهیانه یا سالیانه که به رواناب تبدیل می‌شود

$P_t =$ متوسط بارش ماهیانه یا سالیانه به میلیمتر

باتوجه به اینکه شیب متوسط حوضه بررسی شده $27/3$ درصد و تراکم پوشش گیاهی آن $18/7$ درصد می‌باشد، در ردیف ششم جدول ۲ (با استفاده از رابطه ۴) عمق رواناب محاسبه شده است و در ردیف هفتم این جدول متوسط حجم رواناب حوضه در ماههای مختلف و در طول سال برآورد شده است.

جدول ۲ برآورد متوسط رواناب ماهیانه و سالیانه منطقه مطالعه شده؛ ردیف اول متوسط بارش ماهیانه ایستگاه کنگاور (از سال ۱۳۶۵-۱۳۸۱ ه.ش.) به میلیمتر و ردیف دوم متوسط بارش ماهیانه حوضه به میلیمتر می‌باشد که با یک رابطه مستقیم بین ۸ ایستگاه باران‌سنجی اطراف حوضه به دست آمده است.

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع سالیانه
متوسط بارش ماهیانه ایستگاه کنگاور	۶۵/۶۶	۵۵/۳۸	۳۹/۴۶	۵	۰	۰	۳۹۲/۰۶
متوسط بارش ماهیانه حوضه به میلیمتر	۷۸/۴	۵۷/۱	۳۰/۶	۲/۷	۰	۰	۴۴۳
درصد بارش مؤثر در رواناب به میلیمتر	۵۸/۶	۳۸	۵/۸	۱	۰	۰	۲۷۰
درصد ماهیانه مؤثر در رواناب	۶۲/۵	۷۴/۷	۱۸/۹	۳۷	۰	۰	۶۱
درصد فصلی بارش مؤثر	۲۰/۴			۰			۱۰۰
میزان رواناب ماهیانه L/m^2	۱۱/۳۲	۷/۵۴	۱/۵۶	۰/۲۷	۰	۰	۷۲/۶۶
مجموع رواناب ماهیانه حوضه m^3	۴۸۶۶۷۷	۳۲۴۲۰۸	۶۷۰۱۵	۱۱۵۷۶	۰	۰	۳۱۲۴۲۳۵

۵- بحث

آب نگار حاصل از اندازه‌گیری ۲۸ - ۳۰ فروردین (شکل ۶) نشان می‌دهد که ۳۴/۵ درصد از حجم سیل تا نقطه اوج دبی و ۶۵/۵ درصد دیگر بعد از آن عبور کرده است. تطبیق این ویژگی آب نگار با ویژگی آب نگار بی‌بعد ماکوس مبنی بر اینکه هنگامی که سیل به اوج خود می‌رسد، ۳۷/۵ درصد از حجم سیل تا این زمان عبور کرده است و مابقی پس از آن عبور خواهد کرد، بیانگر تشابه زیاد این دو آب نگار به همدیگر و تأیید صحت داده‌های دبی حاصل از بارشهای ۲۸ - ۳۰ فروردین ۱۳۸۱ می‌باشد. با وجود این، از آنجا که بخشی از این داده‌های آب نگار (در ساعاتی که اندازه‌گیری صورت نگرفته است) محاسباتی می‌باشد، باید مقداری خطا را برای آن پذیرفت، از سوی دیگر، مقداری از واریانس‌های موجود در رواناب حاصل از مدل به وسیله واریانس عوامل دیگری که غیر از شیب و پوشش گیاهی با رواناب ارتباط دارند، توجیه می‌شود. همین موضوع باعث می‌شود حجم رواناب حاصل از مدل با مقدار واقعی تفاوت داشته باشد.

کمبود داده‌ها، بویژه وقوع بارشهای مناطق غرب کشور به صورت برف مانع از این شد که روش شماره منحنی برای مقایسه با مدل‌های حاصل از این پژوهش به کار گرفته شود؛ ولی محاسبه دو مدل انجمن تحقیقات کشاورزی هند (ICAR) و جاستین^۱ (مهندسان مشاور گاماسیاب، ۱۸) که اغلب به وسیله شرکت‌های مطالعاتی با اعتماد بیشتری به کار گرفته می‌شود، امکان‌پذیر بود.

میزان رواناب سالیانه (Q) برحسب سانتیمتر با روش انجمن تحقیقات کشاورزی هند (ICAR) که سه عامل درجه حرارت متوسط سالیانه به سانتیگراد (T)، بارندگی سالیانه بر حسب سانتیمتر (P) و مساحت حوضه به کیلومتر مربع (A) را به کار می‌گیرد برای حوضه کبوترلانه به صورت زیر محاسبه شده است:

$$Q = \frac{1/511 \times P^{1/44}}{T^{1/34} \times A^{0.613}} = \frac{1/511 \times 44^{1/44}}{9/6^{1/34} \times 43^{0.613}} = 12/8 \text{ cm} \quad \text{یا} \quad 128 \text{ mm} \quad \text{رابطه ۵}$$

روش جاستین نیز براساس سه پارامتر متوسط بارندگی سالیانه به سانتیمتر (P)،

متوسط درجه حرارت سالیانه (T) و شیب حوضه (S) به صورت زیر به دست آمده است :

$$Q = \frac{0.284 \times S^{0.100} P^2}{(1/AT) + 32} = \frac{0.284 \times 0.24094^{0.100} \times 44^2}{(1/8 \times 9/6) + 32} = 8/9 \text{ Cm} \quad \text{یا} \quad 89 \text{ mm}$$

در این معادله متوسط شیب حوضه (S) از معادله $\frac{H_{\max} - H_{\min}}{A^{0.5}}$ به دست می‌آید که در آن H_{\max} بیشترین ارتفاع H_{\min} کمترین ارتفاع حوضه به متر و A مساحت حوضه به متر مربع می‌باشد.

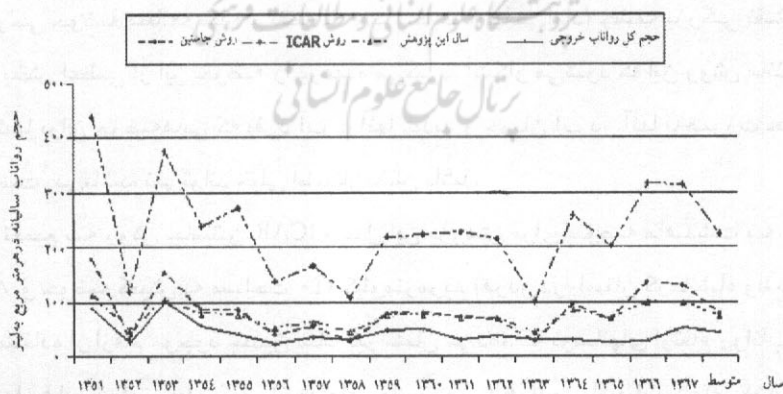
مقایسه ارقام حاصل از معادله‌های ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهد که نتایج حاصل از روش جاستین به نتایج حاصل از مدل این پژوهش خیلی نزدیکتر است (۸۶ در مقابل ۷۲/۷). اندازه‌گیریهای یکساله آبشناختی در پل حاجی‌آباد که در پایین دست حوضه بعد از تصمیم‌گیری برای ساخت سد صورت گرفته بود، این امکان را به وجود آورد که نتایج برای یک حوضه بزرگتر تعمیم داده شود. پل حاجی‌آباد در واقع بخشی از حوضه کبوترلانه می‌باشد که در پایین دست نقطه خروجی حوضه مطالعه شده قرار دارد و مساحتی در حدود ۸۴ کیلومتر مربع را می‌پوشاند. متأسفانه ارقامی که برای ارتفاع رواناب روزانه، ماهیانه و سالیانه به دست می‌آید، خیلی بیشتر از حجم واقعی رواناب خروجی بود. البته سایر روشها نیز مقدار یاد شده را خیلی بیشتر نشان می‌داد. از آنجا که در حوضه حاجی‌آباد (بین نقطه خروجی حوضه مطالعه شده و نقطه خروجی حوضه حاجی‌آباد) چشمه بزرگی نقش تخلیه آب بخش اعظمی از این حوضه را برعهده می‌گیرد، آشکار می‌شود که این روش مانند سایر روشها برای حوضه‌هایی که نفوذ آب در آنها شدید و جریان آب در آنها به صورت چشمه‌های کارست^۱ می‌باشد، نمی‌تواند خیلی اطمینان بخش باشد.

تعمیم سه روش جاستین ICAR و مدل این پژوهش برای حوضه ماهیدشت به مساحت ۸۴۰ و حوضه کمیش به مساحت ۲۴۰ کیلومتر مربع (هر دو در استان کرمانشاه واقع شده‌اند) با استفاده از ارقام موجود چندین ساله نیز نشان می‌دهد که نوسانهای ارتفاع رواناب حاصل از مدل ۴ این تحقیق خیلی کمتر از مدلهای جاستین و ICAR می‌باشد (شکل‌های ۷ و ۸). اصولاً

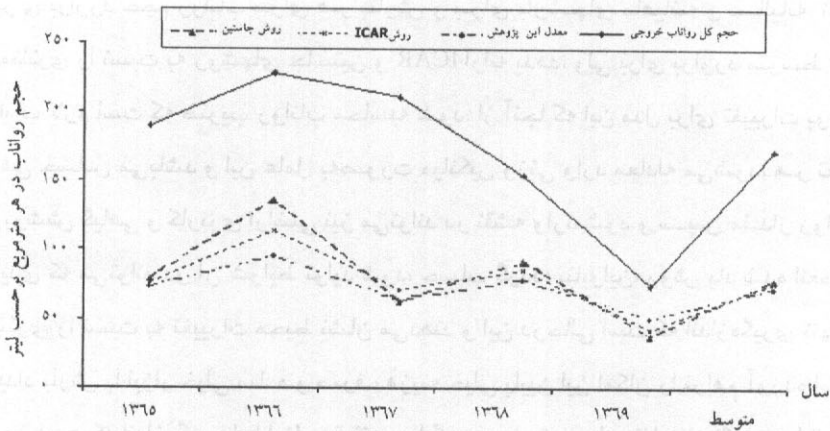
۱. کارست به آهکهای حل‌پذیر گفته می‌شود که برای اغلب متخصصان و دانشجویانی که با آب و زمین سروکار دارند، شناخته شده است.

حجم کل رواناب خروجی حوضه‌ها که به وسیله رودها حمل می‌شود باید به دلیل دریافت آب حاصل از بارش مستقیم روی مجاری و پیوستن آبهای زیرقشری به رودها کمتر از حجم رواناب جریانهای سطحی باشد. در شرایطی که حوضه‌ها از منابع آب چشمه‌ها بهره‌مند می‌شوند، نتایج حاصل از مدلها غیر واقعی می‌شوند (شکل ۷). با این وجود نتایج حاصل از مدل ۴ خیلی نزدیکتر از سایر مدلها به ارقام واقعی می‌شود. ازسوی دیگر در شرایطی که نتایج حاصل از مدلها زیر مقادیر واقعی باشند (شکل ۸) نتایج حاصل از مدل به دست آمده از این پژوهش نوسانهای کمتری را نسبت به روشهای دیگر نشان می‌دهد که با توجه به وضعیت خاص زمین‌شناسی منطقه که به صورت ضریب رواناب در مدل دخالت داده شده است، توجه پذیرتر می‌باشد.

امتیاز عمده مدل‌های این تحقیق آن است که آنها براساس شرایط محیطی خود محل به دست آمده‌اند. در این مدلها از دو عامل شیب و پوشش گیاهی که در روش SCS-CN نیز دو عامل عمده هستند، استفاده شده است. میانگین این عوامل به صورت وزنی حساب می‌شود و هر تغییری در این عوامل می‌تواند در نقشه حوضه اعمال شود. در نتیجه، دوباره در مدل گنجانده شود. در واقع، کاربری اراضی که به طور عمده در دو عامل شیب و پوشش گیاهی اثر می‌گذارد به صورت غیر مستقیم وارد مدل گشته است. این انعطاف در روشهای سینخ و همکارانش [۶، صص ۶۳۷-۶۵۲] و کادی اوغلی و شن [۱۷، صص ۳-۱۱] دیده نمی‌شود.



شکل ۷ حجم رواناب تولید شده در سالهای مختلف به لیتر در حوضه ماهیدشت با سه روش جاسستین، ICAR و مدل ارائه شده در این تحقیق



شکل ۸ نتایج برآورد حجم رواناب سالیانه برای حوضه آبخیز کیش با سه روش و مقایسه آن با حجم رواناب خروجی

در حالی که در مدل‌های ارائه شده در این پژوهش علاوه بر اینکه مانند روش‌های ذکر شده امکان محاسبه رواناب برای بارش‌های ماهیانه و فصلی و سال وجود دارد، می‌توان برای بارش‌های منفرد نیز رواناب‌ها را محاسبه کرد و برای پیش‌بینی سیلاب‌ها یا فرسایش آن را به‌کارگرفت.

با این حال، در کشور ما اغلب پژوهش‌هایی که با نقشه و محاسبه دقیق اجزای آن در ارتباط هستند، با مشکل مقیاس نقشه‌ها مواجهند؛ از این رو، در صورت استفاده از چنین روش‌هایی، کاربرد نقشه‌های با مقیاس بزرگ به نتایج مطلوب‌تری منجر خواهد شد. در این پژوهش نیز نقشه پوشش گیاهی (که به‌عنوان عامل مهم در برآورد رواناب استفاده شده است) هم از نظر به‌روز بودن و نیز از نظر دقت و مقیاس خیلی مطمئن نشان نمی‌داد که در صورت وجود امکان برای تهیه نقشه‌های دقیق، نتایج مدل‌ها می‌توانست دقیق‌تر ارائه شود.

۶- نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد مدل‌های ارائه شده در این پژوهش بتواند برای حوضه‌هایی با وسعت‌های متفاوت

و برای برآورد حجم رواناب برای هر بارش و برای بارشهای ماهیانه و سالیانه، نتایج مطمئنتری را نسبت به روشهای جاستین و ICAR ارائه بدهد. ولی برای برآورد متوسط حجم رواناب لازم است که ضریب رواناب محاسبه شود. از آنجا که این مدل برای تغییرات پوشش گیاهی حساس می باشد و این عامل به صورت میانگین وزنی وارد معادله می شود، هر تغییر در پوشش گیاهی و کاربری اراضی نیز می تواند در نقشه وارد شود و سپس مقدار رواناب جدیدی که می تواند در آن شرایط تولید شود، حساب گردد؛ بنابراین، روش یاد شده انعطاف بیشتری را نسبت به تغییرات محیط نشان می دهند و این درحالی است که اندازه گیری تنها یک رویداد بارش با ابزار خیلی ساده و صرف هزینه خیلی پایین این امکان را فراهم آورده است. طبیعی است که اندازه گیریها با ابزار دقیقتر و با گروه مجربتر و استفاده از نقشه های پایه دقیقتر وضعیت خیلی مناسبتری را برای پیش بینی روانابهای سطحی فراهم خواهد آورد. البته نباید فراموش کرد که این روش برای پیش بینی رواناب سطحی که روی دامنه ها جریان می یابد، تهیه شده است و برای پیش بینی کل حجم رواناب خروجی از حوضه ها لازم است که سایر عوامل تأثیرگذار نیز محاسبه شود و در مدل، دخالت داده شود.

۷- منابع

- [1] Mead D. W.; Hydrology; MacGraw-Hill, 1919.
- [2] Sherman L.K.; "The unit hydrograph method"; In: *Physics of the Earth, IX, Hydrology*, O.E. Meinzer, ed. National Research Council, MacGraw-Hill, NY, 1942.
- [3] Mackus V. ; Estimation of total (and peak rates of) surface run off for individual storm; Exhibit A of Appendix B., Interim Survey Report, Grand (Neosho) River Watershed, *USDA Soll Conservation Service*, 1949.
- [4] Andrews R.G.; "The use of relative infiltration indices in computing run off (no published)"; *Soil Conservation Service*, Fort Worth, Texas, 1954.
- [5] Ogrosky H.O.; "Service objectives in the field of hydrology"; (Unpublished), *Soil Conservation Service*, Lincoln, Ne, 1956.

- [6] Kohler M.A., Linsly R.K.; "Predicting runoff from storm rainfall"; *U.S. Weather Bureau, Res. Paper, No. 34, 1951.*
- [7] Dingman S. L.; *Physical Hydrology*; Prentice Hall, 1994.
- [8] U.S. Soil Conservation Service; *Hydrology, Section 4, SCS National Handbook*, Washington DC: U.S. Soil Conservation Service, 1964.
- [9] "The task committee on quantifying land-use Change Effects of the watershed management and surface-Water committee of the irrigation and drainage division"; *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE 111, Vol. 1, 1985.
- [10] Purwanto E., Donker N.; "Semi-distributed hydrologic modeling of the human topical upper cimandiri catchments(west Java)using HEC-1 model"; *International of Applied Earth Observation and Geoinformation(ITC)*, 1991- 4.
- [۱۱] ولی خوجینی ع.: بررسی شماره منحنی (CN) روش SCS در برآورد عمق رواناب و بدنه اوج در حوزه‌های آبخیز معرف سلسله جبال البرز، پژوهش و سازندگی، ش. ۳۸، ۱۳۷۷.
- [12] Kite G. W., Kauwen N.; "Watershed modeling using land classification"; *Water Resource*, Vol. 28, No.12, 1992.
- [13] Schumann A. H.; "Development of conceptual semi-distributed hydrological models and estimation of their parameters with the aid of GIS"; *Journal of Hydrological Sciences*, Vol. 38, No. 6, 1993.
- [14] Warwick J.J., Hanes S.J.; "Efficacy of ARC/INFO GIS application to hydrologic modeling"; *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 120, No. 3, 1994.
- [15] Melesse M. A., Shih S.F.; "Spatially distributed storm runoff depth estimation landsat images and GIS"; *Computers and Electronics in Agriculture*, No. 37 2002.

- [16] Singh P., Rasatri K. S., Kumar N., Arora M.; "Correlations between discharge and meteorological parameters and runoff forecasting from a highly glacier zed Himalayan basin"; *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 45, No. 5, 2001.
- [17] Kadioglou M., Şen Z.; "Monthly precipitation-runoff polygons and mean coefficients"; *Hydrological Science- Journals*, Vol. 46, No. 1, 2001.
- [۱۸] مهندسین مشاور گاماسیاب: «گزارش هیدرولوژی مطالعات آبخیزداری حوضه عبدالتاجدین کنگاور»؛ انتشارات مدیریت آبخیزداری، ۱۳۷۹.
- [۱۹] مهندسین مشاور گاماسیاب: «گزارش هواشناسی و اقلیم حوضه عبدالتاجدین کنگاور»؛ انتشارات مدیریت آبخیزداری، ۱۳۷۹.
- [۲۰] مهندسین مشاور گاماسیاب: «گزارش پوشش گیاهی مطالعات آبخیزداری حوضه عبدالتاجدین کنگاور»؛ انتشارات مدیریت آبخیزداری، ۱۳۷۹.
- [21] Gerllis A.C.; Characterization and evaluation of channel and hill slope erosion on the auni reservation, 1992-1995: U.S. Geological Survey Water - Resources Investigation, 1998.
- [22] Gerlach T.; "Hillslope troughs for measuring sediment movement"; *Revue Geomorphologies Dynamique*, Vol.4,1967.
- [۲۳] مهدوی م.: هیدرولوژی کاربردی؛ ج ۲، چ ۲، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.