Archive of SID

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

ایرج جباری[1*]، محمدرضا عارفی[2]

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

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه رازی، ایران

دریافت: ۸٤/۷/۱۰ پذیرش: ۸٤/۱۱/۲۹

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 پراستفاده SCS-CN نیز با شک و تردید همراه شود. ازاین‌رو، 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 ٦۹ میلیمتری در حوضه کبوتر لانه کنگاور این امکان را فراهم آورد تا با استفاده از پوشش گیاهی و شیب، مدلی تنظیم شود که با لحاظکردن بارشهای مؤثر و نوع بارشها، مدل دیگری برای رواناب حاصل از یک رگبار به‌دست‌آید. با اعمال بارشهای ماهیانه و بارشهای سالیانه کل دوره آمارگیری، مدل 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

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: Ir_Jabbari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیق، براورد حجم رواناب حوضه کبوترلانه را ـ که فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشد ـ مطمئنتر نشان می‌دهد .

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

۱- مقدمه

در اوایل قرن بیستم آب‌شناسانی مانند مید[1] 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 (براورد مستقیم رواناب از رگبار) از تحقیقات میدانی پژوهشگران بعدی مانند: شرمان[2] [۲]، ماکوس[3] [۳]، آندروز[4] [٤]، اگراسکی[5] [٥] توسعه یافت. شرمان سعی کرد تا اطلاعات اضافی دیگری را وارد نمودارهای ترسیم شده به‌وسیله پژوهشگران قبلی کند.

او برای هر ماه منحنی جداگانه‌ای ترسیم کرد و جدولی برای بارشهای پیشین تهیه کرد و درواقع خواست تا دربارهٔ وضعیتهای حادثه بحث کند؛ ولی پراکندگی داده‌ها همچنان مهم بود.کوهلر و لینسلی[6] 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[٦]. 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 براورد کند. کار او منجر به تولید شماره‌های منحنیCN 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

www.SID.ir

Archive of SID

خاک با وضعیت کاربری زمینی مختلف تعریف کرد [۷، ص۳۸۹] و با این روش که تحت عنوان روش SCS-CN معروف شد، عمق رواناب با مراجعه به جدول ارائه شده به‌وسیله این سازمان برای حوضه‌های کوچک و بدون ایستگاه مقدور 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 به‌علت تغییرکاربری زمین نیز به سرعت قابل براورد می‌باشد[۸]. این روش موقعی خیلی رضایت‌بخش است که با ارزیابی آثار تغییر کاربری اراضی ، انواع مختلف مسائل آب‌شناختی حل شود [۹، صص۱-۱۷]، به عنوان مثال، پوروانتو و دونکر[۱] مدلی ساختند که اوج جریان را با تغییر کاربری زمین پیش‌بینی می‌کرد[۱۰، صص۲٤۱-۲۵۳].

متأسفانه، استفاده از روش SCS-CN در نواحی سردسیر به‌دلیل 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، صص۱٤ 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 براوردهای پارامترهای آن به کار بگیرند، مانند کایت و کودل[۲] [۱۲، صص۳۱۹۳-۳۲۰۰] که این مدل را برای محاسبه رواناب – بارش و ذوب برف تهیه کردند و یا مانند شومان [۱۳، صص۵۱۹-۵۲۸] واریک و هانز[۳] [۱٤، صص۳٦٦-۳۷۹] و ملزه و شیه[٤] [۱۵، صص۱۷۳-۱۸۰] که از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای براورد پارامترهای مدل استفاده کردند. یک گروه دیگر سعی کرده‌اند مدل دیگری را طرح‌ریزی کنند، مانند سینغ و همکاران[۵] [۱٦، صص٦۳۷-٦۵۲] و کادی‌اوغلی و شن[٦] [۱۷، صص۳-۱۱] 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

www.SID.ir

Archive of SID

است که بعضی از کاربران مانند شرکتهای مشاوره- شاید به‌دلیل نبود داده‌های پایه مناسب- ترجیح می‌دهند از روشهای تجربی مانند روش جاستین و انجمن تحقیقات کشاورزی هند (که برای مناطق خاصی تهیه شده‌اند) به‌عنوان روشهای معتبر برای برآورد عمق رواناب حوضه‌های بدون ایستگاه هیدرومتری استفاده‌کنند[۱۸، ص۲۱]. 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 میدانی 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

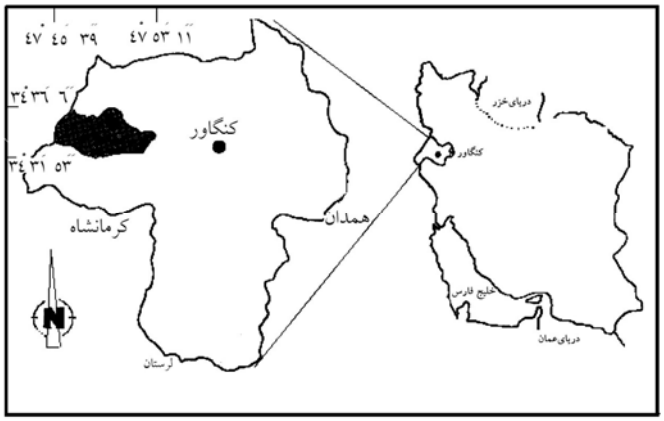
حوضه مورد مطالعه با مساحتی درحدود ٤٣ کیلومترمربع و با ارتفاع متوسطی در حدود ۱۹۵۸ متر، بخشی از حوضه رودخانه کبوترلانه می‌باشد که در عرض جغرافیایی ″٥٣ ′٣١ °٣٤ تا ″٥٦ ′٣٦ °٣٤ شمالی و در طول جغرافیایی″٣٩ ′٤٥ °٤٧ تا ″٥٥ ′٥٣ °٤٧ شرقی در شمال‌غربی شهرستان کنگاور و در شرق استان کرمانشاه واقع شده‌است. (شکل ۱). این حوضه با امتداد شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی به‌طول متوسط ۱۲ کیلومتر و عرض متوسط ۳/۵۸ 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 ١٦٠٠ - ٣٢٠٠ متر از سطح دریا ، اختلاف ارتفاعی در حدود١٦٠٠ متر را داراست. این منطقه با قرارگیری در شمال بخش زاگرس چین‌خورده و یا زاگرس خارجی در حدود ٧٦ درصد مساحتش از عمده سنگهای آندزیتی، آهک و ماسه سنگهای دوران دوم و ٢٤ درصد مساحت آن از کنگلومراهای دوران سوم تشکیل می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

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 - ٦۰ درصدی را به‌وجودآورده‌اند.



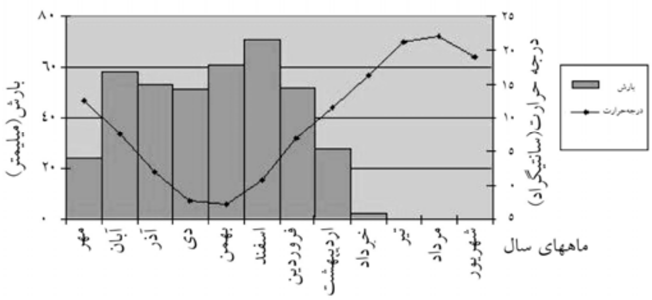
شکل۱ نقشه موقعیت منطقه مطالعه شده

متوسط درجه حرارت سالیانه این حوضه ۹/٦ 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 ٤۳۳ 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، ص۱۲] (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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲ نمودار بارش و درجه حرارت کنگاور بر اساس داده‌های ۲۷ ساله (۱۳۵۰-۱۳۷٦)

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

براساس بررسی مهندسـان مـشاور گاماسـیاب، بخـش زیـادی از حوضـه کبوترلانـه بـه اراضی مرتعی اختصاص پیدا کرده‌است[۲۰، ص۲٤]. در حدود ٦۸ درصد از مساحت حوضـه (۲۹۲۱ هکتار) را مرتع کوهستانی و ۳۲ درصد (هکتار ۱۳۷۹) آن را زمینهـای کـشاورزی بـه خود اختصاص می‌دهند. هـردوی ایـن زمینهـا تحـت فـشار سـاکنان ایـن منطقـه در معـرض فرسایش تشدیدی می‌باشند.

۳- مواد و روشها

مدلسازی رواناب حوضه بررسی شـده، براسـاس ایجـاد رابطـه بـا شـیب و پوشـش گیـاهی استوار می‌باشد. برای برقراری این رابطه نخست ۱۰ کرت آزمایـشی در حوضـه ایجـاد شـد. هریک از این کرتها که با ۰/۵ متر عـرض و ٥ متـر طـول، ۲/٥ مترمربـع از مـساحت زمـین را اشغال می‌کردند، به طور تـصادفی در محلهـایی بـا درجـه شـیب و نـوع شـیبهای گونـاگون، پوشش گیاهی با کاربریهای اراضی مختلف و خاکهای متفاوت ایجاد شدند. برای جلوگیری از تبـادل روانـاب از ایـن کرتهـا و محـیط پیرامـون آنهـا جـوی و پـشته‌هـایی در حاشـیه آنهـا ساخته‌شد. با آماده شدن کرتها، ویژگیهای پوشش گیاهی، شیب، رواناب و رسوب هر یـک از آنها روی زمین قابل اندازه‌گیری شد.

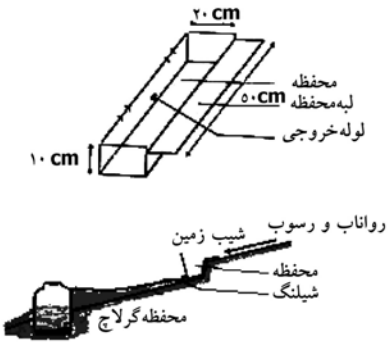
www.SID.ir

Archive of SID

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 گرلاچ[1] [۲۱، صص۴۲۹۲-۴۲۹۷] و گرلیز[2] استفاده به عمل آمد[۲۲]. پیرو این روش یک جعبه رسوبگیر گرلاچ 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 ٤). در هنگام بارش، رواناب به سمت جعبه هدایت و در مخزن جمع‌آوری شد.

(الف)

(ب)



(ج)

شکل۳ اندازه‌گیری شیب در پلاتهای آزمایشی

1. Gerlach
2. Gellis

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۴ اندازه‌گیری رواناب با جعبه رسوبگیر و محفظه گرلاچ (شکل شماتیک چپ و بر روی زمین راست) و اندازه‌گیری آن در خروجی حوضه (پایین)

۲۸ فروردین ماه ۱۳۸۱هـ.ش. بارشی درحدود ۲/۵ میلیمتر به‌وقوع پیوست.این بارشها در ظروف مخصوصی که قبلاً در حوضه کار گذاشته شده بود، جمع‌آوری و هر چند وقت یک بارثبت شد. لازم‌به‌ذکر 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 براورد بارش در ساعتهای شب که تیم تحقیق در محل حضور نداشت، با اعمال ضریبی – که ۱/۰٤۱٦ 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 درطی این سه روز ٦۹ میلیمتر بارش تولید شد (شکل ۵). با وجود این، روز اول هیچ‌گونه روانایی از این بارش حاصل نشد. روز بعد تا ۱۳/۵میلیمتر باران روانابی تولید نشد و این نشان می‌دهد که در این منطقه به طور متوسط تا ۱٦میلیمتر 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

www.SID.ir

Archive of SID

(۲/۵ متر مربع) میزان رواناب حاصل از ٦۹ میلیمتر بارش در هر متر مربع به‌دست‌آمد (جدول ۱).

جدول۱ حجم رواناب در ٦۹ میلیمتر بارش طی ٤۸ ساعت(مورخ ۲۹ و ۳۰ فروردین ۱۳۸۱ ه .ش. در سطح ۲/۵ متر مربع ($۰/۵\times۵^{m}$) در حوضه مطالعه شده

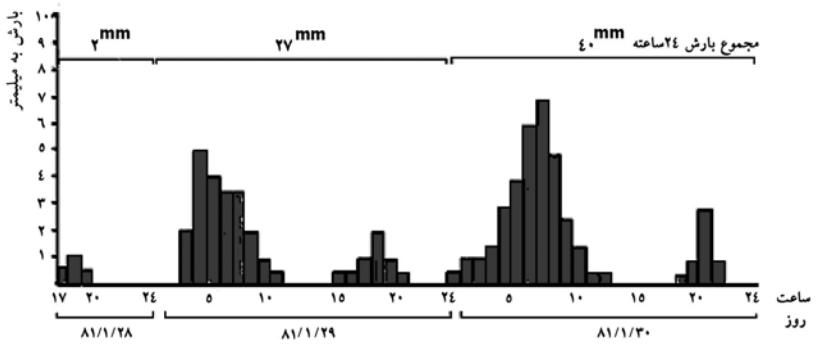
ردیف	درصد شیب دامنه	نوع کاربری	درصد تراکم پوشش گیاهی	حجم رواناب	حجم نمونه به CC	حجم رواناب در متر مربع به لیتر
۱	۲۱	مرتع	۲۵	۲۵	۵۰۰	۱۰
۲	۳٦	مرتع	۱۵	۳۵	۵۰۰	۱٤
۳	۲٦	مرتع	۱۵	۳۰	۵۰۰	۱۲
٤	۳٤	مرتع	۲۰	۳۲	۵۰۰	۱۲/۸
۵	۲۸	مرتع	۱۰	۳٦	۵۰۰	۱٤/٤
٦	۱۸	مرتع	۲۰	۲۷/۵	۵۰۰	۱۱
۷	۳۰	کشاورزی (آیش)	۷	۵۰	۵۰۰	۲۰
۸	۲۳	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	٤۰	۵۰۰	۱٦
۹	۵	کشاورزی شخم در جهت شیب	۵	۲۵	۵۰۰	۱۰
۱۰	۱۷	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	۳۱	۵۰۰	۱۲/٤
متوسط	۲۳/۸	–	۱۲/۱	۳۳/۱۵	۵۰۰	۱۳/۲٦

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 ٦). درنهایت نیز حجم رواناب خروجی در ٦۹ میلیمتر بارش مؤثر در رواناب محاسبه شد. حجم رواناب خروجی حوضه در بارش موردنظر، معادل ۸۰٤/۲۷۲/۰۰۰ لیتر براورد شده است. با توجه به مساحت ٤۳۰۰۰۰۰۰ مترمربعی حوضه میزان رواناب در هر مترمربع در ٦۹ میلیمتر بارش معادل ۱۸/۷ لیتر خواهد بود که نسبت

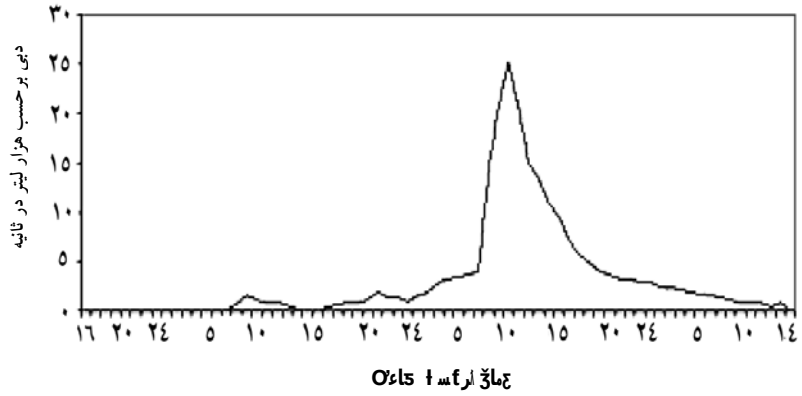
www.SID.ir

Archive of SID

رواناب به بارش مؤثر در حوضه، برابر با ۲۷ درصد به‌دست‌می‌آید.



شکل۵ مقدار بارش حوضه کبوتر لانه از ۲۸ ام الی ۳۰ ام سال ۱۳۸۱ هـ. ش.



شکل۶ آبنمود دبی ناشی از بارش ۲۸ام تا ۳۰ام فروردین ۱۳۸۱هـ.ش. در خروجی

برقراری رابطه بین کلیه دبی‌های رواناب مشاهداتی با سه عامل شیب و پوشش گیاهی مدلی را برای براورد 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.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتایج

تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه بین سه عامل شیب (S)، پوشش گیاهی(V) و رواناب(R) محاسبه شده برای ٦٩ میلیمتر بارندگی (جدول ۱)که با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و SPSS انجام گرفت، نشان می‌دهد که با ضریب همبستگی ۸۳٦ ٪ و سطح معنادار بودن ۹۵٪ ، رابطه معناداری بین عوامل یادشده و رواناب می‌توان به‌وجود آورد. این رابطه به‌صورت زیر می‌باشد:

$$R = (۱۰/۳۸۵ + ۰/۲۵S - ۰/۲۵۳V)$$ رابطه۱

این معادله برای شیب و پوشش گیاهی ۱۰ نقطه اندازه‌گیری به‌دست آمده است. درحالی که متوسط شیب و پوشش گیاهی کل حوضه که به‌روش وزنی به‌دست آمده است با آن تفاوت دارد و موقعی که در معادله ۱ قرار داده می‌شوند و درکل مساحت حوضه ضرب می‌شود، رقمی درحدود ٥٣٦٥٩٣ مترمکعب به‌دست 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 به‌عنوان ضریب اصلاحی وارد معادله و به‌صورت زیر ارائه شود.

$$R_{٦٩} = (۱۰/۳۸۵ + ۰/۲۵S - ۰/۲۵۳V)^{۱/۱۵۸}$$ رابطه ۲

برای اینکه نتیجه حاصل از رابطه ۲ برحسب یک میلیمتر باران در هر مترمربع به‌دست آید می‌توان آن را به $\frac{۱}{۵۳}$ ضرب کرد. لازم به ذکر است که ۵۳ میلیمتر همان بارش مؤثر در ٦٩ میلیمتر باران می‌باشد. در این صورت اگر نتیجه حاصل از معادله به بارش منهای ١٦ 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 به‌صورت زیر خواهد بود:

$$R_d = ۰/۰۱۹ \ (۱۰/۳۸۵ + ۰/۲۵S - ۰/۲۵۳V)^{۱/۱۵۸} \times (p - ١٦)$$ رابطه۳

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

www.SID.ir

Archive of SID

و V به‌ترتیب درصد شیب و پوشش گیاهی حوضه می‌باشد که به‌صورت وزنی میانگین آنها محاسبه می‌شود.

رابطه ۲ براساس اندازه‌گیری رواناب در ٦۹ میلیمتر بارش به دست آمده‌است. این بارش تنها١٦ درصد بارش متوسط سالیانه می‌باشد. از این رو، برای به‌دست‌آوردن 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 ١٦ سال از نیمه دوم سال ١٣٦٥هـ.ش. تا پایان نیمه اول سال ١٣٨١هـ.ش. با در نظر گرفتن دو فرض ذیل که با الهام از مهدوی[٢٣، صص١٢٦ و ١٢٧]، تجربیات و مشاهده بارشهای سال ١٣٨٠و١٣٨١ گرفته شده است، ارزیابی شد.

فرض اول: در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان به‌دلیل عدم اشباع خاک، گرمی هوا، درنتیجه تبخیر و تعرق نسبتاً بالا، پوشش گیاهی و دلایل دیگر، بارشهای اولیه کمتر از ١٠ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی‌کند و بارشهای بیشتر از ١٥ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی‌کند و بارشهای بیش از ٢٠ میلیمتر به‌طور متناوب طی ٥ روز ایجاد رواناب می‌شود.

فرض دوم: در ماههای آذر، دی، بهمن و اسفند به‌دلیل اشباع خاک، سردی هوا و در نتیجه تبخیر و تعرق اندک بارشهای اولیه کمتر از ١٠ میلیمتر در شبانه روز ایجاد رواناب نمی‌کند و بارشهای بیشتر از ١٥ میلیمتر به‌صورت متناوب طی ٥ روز متوالی رواناب ایجاد می‌کند.

براساس فرضهای بالا، کل بارش ٦۹ میلیمتری که در ٢ روز اندازه‌گیری شده بود، این‌بار در مقیاس ماهیانه و سالیانه و به‌عنوان بارش مؤثر در نظر گرفته می‌شود. جدول ٢ نتایج این بررسیها را نشان می‌دهد. اکنون می‌توان برای به‌دست‌آوردن رواناب ماهیانه و سالیانه ضریبی را به‌صورت زیر به معادله ٢ اعمال کرد.

رابطه ٤ $$R_{my}=\left(\frac{P_p\times P_t}{٦۹}\right)\left(١٠/٣٨٥+٠/٢٥S-٠/٢٥٣V\right)^{١/١٥٨}$$

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

www.SID.ir

Archive of SID

V= درصد متوسط تراکم پوشش گیاهی

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

Pt= متوسط بارش ماهیانه یا سالیانه به میلیمتر

باتوجه به‌اینکه شیب متوسط حوضه بررسی شده ۲۷/۳ درصد و تراکم پوشش گیاهی آن ۱۸/۷ درصد می‌باشد، در ردیف ششم جدول ۲ (با استفاده از رابطه ٤) عمق رواناب محاسبه شده است و در ردیف هفتم این جدول متوسط حجم رواناب حوضه در ماههای مختلف و در طول سال براورد شده است.

جدول۲ براورد متوسط رواناب ماهیانه و سالیانه منطقه مطالعه شده؛ ردیف اول متوسط بارش ماهیانه ایستگاه کنگاور (از سال ۱۳٦٥-۱۳۸۱هـ.ش.) به میلیمتر و ردیف دوم متوسط بارش ماهیانه حوضه به میلیمتر می‌باشد که با یک رابطه مستقیم بین ۸ ایستگاه باران‌سنجی اطراف حوضه به‌دست آمده است.

ماه / فاکتور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع سالیانه
متوسط بارش ماهیانه ایستگاه کنگاور	۱۰/۳۷	٥٥/٦	٦۳/۷٤	٤٦/۸٥	٥۰	٦٥/٦٦	٥٥/۳۸	۳۹/٤٦	٥	۰	۰	۰	۳۹۲/۰٦
متوسط بارش ماهیانه حوضه به میلیمتر	۲٦/۲	٦٤/۲	٥۸/۹	٥۷/۲	٦۷/۳	۷۸/٤	٥۷/۱	۳۰/٦	۲/۷	۰	۰	۰	٤٤۳
درصد بارش مؤثر در رواناب به میلیمتر	۸	٤۲	٤٥/٦	۳۹	٤۲	٥۸/٦	۲۸	٥/۸	۱	۰	۰	۰	۲۷۰
درصد ماهیانه مؤثر در رواناب	۳۰/٥	٦٥/٥	۷۷/٥	٦۸	٦۲/٥	۷٤/۷	٤۹	۱۸/۹	۳۷	۰	۰	۰	٦۱
درصد فصلی بارش مؤثر	۳۳/۸			٤٥/۸			۲۰/٤			۰		۰	۱۰۰
میزان رواناب ماهیانه L/m^2	۲/۱٥	۱۱/۳۳	۱۲/۳۰	۱۰/٤۸	۱۱/۳۲	۱٥/۷۸	۷/٥٤	۱/٥٦	۰/۲۷	۰	۰	۰	۷۲/٦٦
مجموع رواناب ماهیانه حوضه m^3	۹۲٥۹٦	٤۸۷۲٦۸	٥۲۸۹٤۲	٤٥۰۷۰۹	٤۸٦٦۷۷	٦۷۸٦۲۲	۳۲٤۲۰۸	٦۷۰۱٥	۱۱٥۷٦	۰	۰	۰	۳۱۲٤۲۳٥

www.SID.ir

Archive of SID

۵- بحث

آب نگار حاصل از اندازه‌گیری ۲۸ - ۳۰ فروردین (شکل٦) نشان می‌دهد که ۳٤/۵ درصد از حجم سیل تا نقطه اوج دبی و ٦۵/۵ 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 ام فروردین ۱۳۸۱ می‌باشد. باوجود 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، ازسوی دیگر، مقداری از واریانس‌های موجود در رواناب حاصل از مدل به‌وسیله 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 به‌صورت برف مانع از این شد که روش شماره منحنی برای مقایسه با مدلهای حاصل از این پژوهش به‌کار گرفته شود؛ ولی محاسبه دو مدل انجمن تحقیقات کشاورزی هند(ICAR) و جاستین[1] (مهندسان مشاور گاماسیاب، ۱۸) که اغلب به‌وسیله شرکتهای مطالعاتی با اعتماد بیشتری به‌کار 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 به‌کار می‌گیرد برای حوضه کبوترلانه به‌صورت زیر محاسبه شده است:

$$Q = \frac{۱/۵۱۱ \times P^{۱/٤٤}}{T^{۱/۳٤} \times A^{۰/۰٦۱۳}} = \frac{۱/۵۱۱ \times ٤٤^{۱/٤٤}}{۹/٦^{۱/۲٤} \times ٤۳^{۰/۰٦۱۳}} = ۱۲/۸^{cm} \quad \text{یا} \quad ۱۲۸^{mm}$$ رابطه ۵

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

1. Justin

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط درجه حرارت سالیانه (T) و شیب حوضه(S) به‌صورت زیر به‌دست آمده است :

$$Q = \frac{۰/۲۸٤ \times S^{۰/۱۵۵} P^{۲}}{(۱/۸T) + ۳۲} = \frac{۰/۲۸٤ \times ۰/۲٤۰۹٤^{۰/۱۵۵} \times ٤٤^{۲}}{(۱/۸ \times ۹/٦) + ۳۲} = ۸/۹^{Cm}$$ یا $$۸۹^{mm}$$ رابطه ٦

در این معادله متوسط شیب حوضه (S) از معادله $\frac{H_{max}-H_{min}}{A^{۰/۵}}$ به‌دست می‌آید که درآن H_{max} بیشترین ارتفاع H_{min} کمترین ارتفاع حوضه به متر و A مساحت حوضه به متر مربع می‌باشد.

مقایسه ارقام حاصل از معادله‌های ٤، ٥ و ٦ نشان می‌دهد که نتایج حاصل از روش جاستین به نتایج حاصل از مدل این پژوهش خیلی نزدیکتر است (۸٦ در مقابل۷/ ۷۲).

اندازه‌گیریهای یکساله آبشناختی در پل حاجی‌آباد که در پایین‌دست حوضه بعد از تصمیم‌گیری برای ساخت سد صورت گرفته بود، این امکان را به‌وجود 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 درحدود ۸٤ کیلومتر مربع را می‌پوشاند. متأسفانه ارقامی که برای ارتفاع رواناب روزانه، ماهیانه و سالیانه به‌دست می‌آمد، 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 درآنها شدید و جریان آب در آنها به‌صورت چشمه‌های کارست[۱] می‌باشد، نمی‌تواند خیلی اطمینان‌بخش باشد.

تعمیم سه روش جاستین ICAR و مدل این پژوهش برای حوضه ماهیدشت به مساحت ۸٤۰ و حوضه کمیش به مساحت ۲٤۰ کیلومترمربع (هردو در استان کرمانشاه واقع شده‌اند) با استفاده از ارقام موجود چندین ساله نیز نشان می‌دهد که نوسانهای ارتفاع رواناب حاصل از مدل ٤ این تحقیق خیلی کمتر از مدلهای جاستین و ICAR می‌باشد (شکلهای ۷و۸). اصولاً

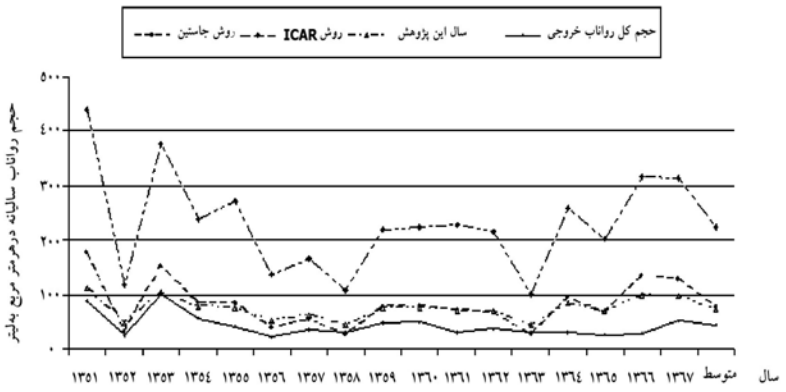
۱. کارست به آهکهای حل‌پذیر گفته می‌شود که برای اغلب متخصصان و دانشجویانی که با آب و زمین سروکار دارند، شناخته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

حجم کل رواناب خروجی حوضه‌ها که به وسیله رودها حمل می‌شود باید به‌دلیل 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 ٤ خیلی نزدیکتر از سایر مدلها به ارقام واقعی می‌شود. ازسوی دیگر در شرایطی که نتایج حاصل از مدلها زیر مقادیر واقعی باشند (شکل۸) نتایج حاصل از مدل به‌دست آمده از این پژوهش نوسانهای کمتری را نسبت به روشهای دیگر نشان می‌دهد که با توجه به وضعیت خاص زمین‌شناسی منطقه که به‌صورت ضریب رواناب در مدل دخالت داده شده است، توجیه پذیرتر می‌باشد.

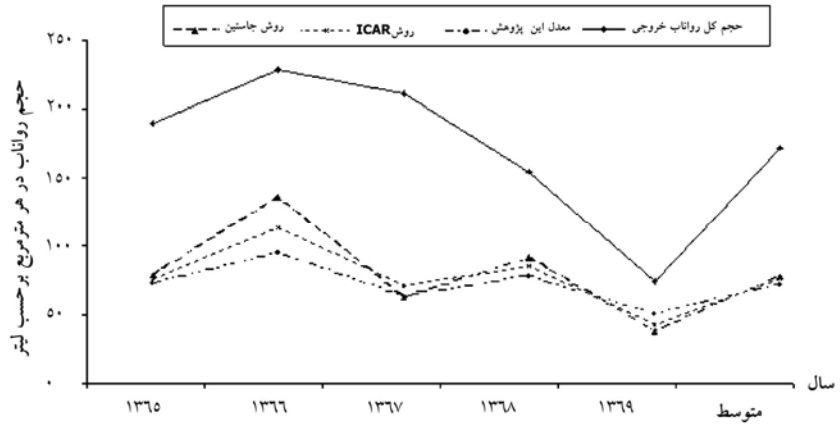
امتیاز عمده مدلهای این تحقیق آن است که آنها براساس شرایط محیطی خود محل به‌دست آمده‌اند. در این مدلها از دو عامل شیب و پوشش گیاهی که در روش SCS-CN نیز دو عامل عمده هستند، استفاده شده است. میانگین این عوامل به‌صورت وزنی حساب می‌شود و هر تغییری در این عوامل می‌تواند در نقشه حوضه اعمال شود. در نتیجه، دوباره در مدل گنجانده شود. در واقع، کاربری اراضی که به طور عمده در دو عامل شیب و پوشش گیاهی اثر می‌گذارد به‌صورت غیر مستقیم وارد مدل گشته است. این انعطاف در روشهای سینخ و همکارانش [٦، صص٦٣٧-٦٥٢] و کادی اوغلی و شن [١٧، صص٣-١١] دیده نمی‌شود،



شکل۷ حجم رواناب تولید شده در سالهای مختلف به لیتر در حوضه ماهیدشت با سه روش جاستین، ICAR و مدل ارائه شده در این تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۸ نتایج براورد حجم روناب 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 براورد 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

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

www.SID.ir

Archive of SID

و برای براورد حجم رواناب برای هر بارش و برای بارشهای ماهیانه و سالیانه، نتایج مطمئنتری را نسبت به روشهای جاستین و ICAR ارائه بدهد. ولی برای براورد متوسط حجم رواناب لازم است که ضریب رواناب محاسبه شود. از آنجا که این مدل برای تغییرات پوشش گیاهی حساس می‌باشد و این عامل به‌صورت میانگین وزنی وارد معادله می‌شود، هر تغییر در پوشش گیاهی و کاربری اراضی نیز می‌تواند در نقشه وارد شود و سپس مقدار رواناب جدیدی که می‌تواند در آن شرایط تولید شود، حساب گردد؛ بنابراین، روش یاد شده انعطاف بیشتری را نسبت به تغییرات محیط نشان می‌دهند و این درحالی است که اندازه‌گیری تنها یک رویداد بارش با ابزار خیلی ساده و صرف هزینه خیلی پایین این امکان را فراهم آورده است. طبیعی است که اندازه‌گیریها با ابزار دقیقتر و با گروه مجربتر و استفاده از نقشه‌های پایه دقیقتر وضعیت خیلی مناسبتری را برای پیش‌بینی روانابهای سطحی فراهم خواهد آورد. البته نباید فراموش کرد که این روش برای پیش‌بینی رواناب سطحی که روی دامنه‌ها جریان می‌یابد، تهیه شده است و برای پیش‌بینی کل حجم رواناب خروجی از حوضه‌ها 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.

www.SID.ir

Archive of SID

[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; Prenice 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*, ASCE111,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 براورد عمق رواناب و بده 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., Haness 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.

www.SID.ir

Archive of SID

[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؛ ج۲ ،چ۲، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.

www.SID.ir