بررسي كارايي روش شماره منحني دربرآورد عمق رواناب[۱]

آرش ملكيان[۲] محسن محسنی ساروی[۳] محمد مهدوی[٤]

چكيده

براي برآورد دبي اوج و ارتفاع رواناب در حوضه‌هاي آبخيز روش‌هاي تجربي وغيرمستقيم متعددي ابداع گرديده كه هر كدام داراي يكسري ضرايب منطقه‌اي خاص به‌خود بوده و تحت آن شرايط توسعه داده شده‌اند به‌اين‌دليل در ساير مناطق ممكن است غيرقابل استفاده بوده يا استفاده از آنها همراه با خطاهايي باشد. يكي از روش‌هاي تجربي كه به‌صورت گسترده و جهاني مورد استفاده هيدرولوژيست‌ها و طراحان پروژه‌هاي منابع آب قرارگرفته روش شماره منحني است كه توسط سرويس حفاظت منابع طبيعي دپارتمان كشاورزي ايالات متحده آمريكا**(USDA-NRCS-CN)** پيشنهاد شده است. در اين تحقيق روش شماره منحني در حوزه آبخيز معرف ليقوان مورد بررسي و ارزيابي قرار گرفت**.** به‌اين منظور ابتدا از طريق جداول استاندارد و با توجه به عواملي نظير پوشش گياهي, نحوه استفاده از اراضي و گروه‌هاي هيدرولوژيك خاك، شماره منحني حوضه محاسبه شد. در مرحله بعد شماره منحني جريان براساس روش احتمال فراواني وقايع بارش - رواناب تعيين گرديد. روش ديگري كه در اين حوضه مورد آزمايش قرارگرفت روش مجانبي بود كه با استفاده از اين روش نيز شماره منحني محاسبه شد. براي مقايسه مقدار كارايي سه روش يادشده، مقدار دبي اوج مشاهداتي به‌عنوان مبنا درنظر گرفته شد و مقدار دبي اوج برآورد شده و مقادير درصد خطا نسبت به دبي اوج مشاهداتي مورد تجزيه و تحليل قرارگرفت. نتايج نشان داد كه روش مجانبي، شماره منحني و دبي اوج را با دقت بالاتر و خطاي كمتري برآورد مي‌نمايد. همچنين روش احتمال فراواني وقايع مشاهداتي شماره منحني و رواناب را به مقدار قابل قبولي برآورد نموده و خطاي آن نيز پايين است ولي روش استاندارد **SCS** به دليل دارابودن خطاي بسيار زياد در برآورد دبي اوج بدون انجام فرايند منطقه‌اي نمودن قابل توصيه براي حوضه موردمطالعه و نواحي مشابه نيست .

واژه‌هاي كليدي: *رواناب، بارش، شماره منحني، ارزيابي، كارايي، رطوبت پيشين,* ***SCS.***

---

[۱] -تاريخ دريافت: ۸۲/۶/۳۱، پذيرش: ۸۳/۷/۲۷

[۲] - دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبيعي دانشگاه تهران**(E-mail: malekian@ut.ac.ir)**

[۳] - دانشيار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

[۴] - استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران

مقدمه

طبق گزارش سازمان ملل متحد در مقياس جهاني سيل مخرب‌ترين پديده طبيعي است كه بيشتر از ساير عوامل طبيعي موجب خسارات جاني و مالي در دنيا مي‌شود(۲۵). در ايران نيز طي يك دوره ۲۶ ساله (۷۵-۱۳۵۰) آمار تلفات جاني و مالي مربوط به سيل افزايش قابل ملاحظه‌اي پيدا نموده و تعداد سيل‌هاي به‌وقوع پيوسته از ۳۱ مورد به ۲۳۳ مورد در حال حاضر رسيده است (۲). ضرورت برآورد دقيق دبي اوج سيلاب براي طراحي مناسب پروژه‌ها موجب گرديده كه مطالعات متعددي انجام و روش‌هاي مختلفي، ابداع گردد كه حاصل تحقيقات هيدرولوژيست‌ها در نقاط مختلف دنيا است. همه اين روش‌ها مبتني بر شناخت عوامل موثر بر سيلاب‌ها مي‌باشند، چرا كه سيل يك پديده پيچيده بوده وعوامل مختلف هيدرولوژيكي، اقليمي، ادافيكي و مديريتي در بروز آن تاثير دارند. بنابراين روش‌هاي تجربي ارايه شده اغلب محدود به منطقه خاص بوده و با توجه به اختلافات شرايط فيزيكي و اقليمي در نواحي مختلف دنيا، ضرايب روابط ارايه شده نيازبه تصحيح خواهد داشت (۹،۲۲).

برآورد دبي اوج در مناطق داراي آمار محدود يا فاقد آمار مانند اكثر حوزه‌هاي آبخيز ايران يكي از مهم‌ترين مسائل در تصميم گيري‌هاي مربوط به منابع آب است. ازطرف ديگر باتوجه به نبود يا كمبودآمار و داده‌هاي دقيق استفاده از فرمول‌هاي تجربي در اين‌گونه موارد مي‌تواند تنها راه معقول و مفيد براي نيل به اهداف يادشده باشد.

سابقه تحقيق

هلمفلت[۱] (۱۹۸۱), با انجام مطالعاتي در حوضه‌هاي آبخيز ايالت‌هاي اوهايو و ميسوري آمريكا پيشنهاد نموده است كه در روش شماره منحني مي‌توان شرايط رطوبت پيشين خاك[۲] را از روي حداكثر پتانسيل ذخيره رطوبت خاك به صورت آماري با حدود اطمينان ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد تعيين نمود كه به ترتيب نشان‌دهنده شرايط رطوبت پيشين خشك، متوسط و مرطوب مي‌باشند. سپس با اين روش شماره منحني هر رگبار را محاسبه و با روش استاندارد مقايسه نموده و نتيجه گرفته است كه روش شماره منحني مناسب‌تر از روش استاندارد در برآورد عمق رواناب در منطقه مورد تحقيق است (۱۳). موزيك و چانگ[۳] (۱۹۹۳) با بيان اين نكته كه حداكثر پتانسيل نگهداشت و تلفات اوليه حوزه آبخيز داراي تغييرات مكاني است روش جديدي را براي محاسبه اين دو پارامتر از طريق تعيين رفتار احتمالاتي آنها براي ايالت آلبرتاي كانادا ارايه نمودند كه نتايج حاصله از شبيه سازي رواناب با اين روش همبستگي بالايي را با مقادير مشاهداتي نشان داد(۱۹). مين و همكاران[۴] (۱۹۹٤) روش شماره منحني را براي حوضه‌هاي آبخيز كشاورزي ايالت ماهاراشتراي هند مورد استفاده قرار داده و مشاهده نمودند كه مقادير محاسباتي شماره منحني براي شرايط رطوبتي خشك بسيار بيشتر از مقادير محاسبه شده شماره منحني بر اساس جداول استاندارد ارايه شده است و پيشنهاد كردند كه مقادير پيشنهادي شماره منحني در جدول براي ساير انواع مختلف فعاليت‌هاي اجرا شده در حوزه‌هاي آبخيز بسط داده شود (۱۷). تيتمارش و همكاران[۵] (۱۹۹۵), روش‌هاي شماره منحني و استدلالي را در ۱۰۵ آبخيز كوچك در ايالت كوئينزلند، استراليا مورد ارزيابي قرار داده و با توجه به ويژگي‌هاي حوضه نظير نحوه استفاده از زمين و تيپ خاك, مقادير شماره منحني را به‌صورت منطقه‌اي بازنگري و اصلاح نمودند (۲۳). سيمانتون و همكاران[۶](۱۹۹٦), پارامتر شماره منحني را جهت تعيين عكس‌العمل حوضه در مقابل رگبار در ۱۸ حوضه نيمه خشك جنوب‌شرقي ايالت آريزونا با سه روش مختلف برآورد نمودند. رابطه بين شماره منحني محاسبه شده و مساحت حوضه نشان داد كه با افزايش سطح حوضه،

[۱] - Hjelmfelt
[۲] -Antecedent Moisture Condition (AMC)

[۳] –Muzik & Chang
[۴] - Mane *et al.*
[۵]- Titmarsh *et al.*
[۶] - Simanton *et al.*

شماره منحني كاهش مي‌يابد كه اين وضعيت به دليل تغييرپذيري مكاني تلفات بارش و نفوذ آب در مواد درشت‌دانه اطراف آبراهه‌ها است (۲۱). هاكينز[۱] (۱۹۸۵) روش تعيين شماره منحني به روش مجانبي را براي تعيين قابليت آن در نواحي خشك در بخش‌هاي جنوبي ايالت آريزونا مورد استفاده قرار داد و با نتايج حاصل از روش استاندارد شماره منحني مقايسه نمود و همبستگي بالاي نتايج حاصله از روش مجانبي را با رواناب‌هاي مشاهداتي حوضه نشان داد(۱۱). كوته‌گودا و همكاران[۲] (۲۰۰۰) جريان رواناب روزانه حاصل از بارش را با استفاده از روش شماره منحني با استفاده از داده‌هاي سه حوزه آبخيز در كشور ايتاليا را با استفاده از روش‌هاي آماري مدل‌سازي نمودند. آنها با درنظرگرفتن اينكه شماره منحني يك متغير تصادفي در جريان وقوع رواناب است و با فرض اينكه يك رگبار شديد معمولا پس از يك دوره خشك اتفاق مي‌افتد و در نتيجه داراي ضريب رواناب پايييني خواهد بود، رابطه‌اي نسبتا قوي بين شماره منحني و بارش را به دست آوردند. همچنين به اين نتيجه رسيدند كه همبستگي توصيف شده در روش استاندارد بين شماره منحني و بارش پنج روز قبل در شرايط حوضه مورد بررسي مناسب نبوده كه ممكن است به دليل ويژگي‌هاي رگبار و تغيير شرايط هيدرولوژيک و ژئوفيزيك حوضه باشد(١٤). لوييس و همكاران[۳] (۲۰۰۰) شماره منحني يك حوضه جنگلي را در ايالت كاليفرنيا از طريق سه شيوه مختلف تعيين و مقايسه نموده و به اين نتيجه رسيدند كه شماره منحني تعيين شده از طريق جدول داراي كمترين دقت ممكن در برآورد رواناب بوده و رواناب را كمتر از حد واقعي برآورد مي كند (۱۵).

صوفي (١٣٦٩) براي تعيين پتانسيل حداكثر نفوذ آب در خاك اطلاعات مربوط به خاك، پوشش گياهي، بارش و رواناب حوضه آبخيز كسيليان را مورد مطالعه قرار داده و مقادير ميانگين حداكثر پتانسيل نفوذ حوضه را محاسبه نمود. وي نتيجه گرفت كه بهتر است گروه‌هاي هيدرولوژيك خاك و در نهايت شماره منحني به‌صورت ماهانه تهيه شده و شماره منحني نيز به‌صورت متوسط ماهانه براي اين حوضه در نظر گرفته شود (۱). نحوي (۱۳۷۷) روش شماره منحني را در برآورد عمق رواناب و دبي اوج حوضه‌هاي آبخيز معرف سلسله جبال البرز (كسيليان، امامه و ناورود) به‌كاربرد. نتايج نشان دادكه روش SCS در برآورد در رواناب داراي نارسايي بوده و تفاوت‌هاي معني‌داري بين شماره منحني‌هاي محاسباتي از روش SCS و مشاهداتي وجود دارد (۷). نساجي زواره (۱۳۷۸) روش‌هاي شماره منحني و كوك را براي حوضه‌هاي امامه، دركه و كن به‌كاربرد تا دبي حداكثر سيلاب را برآورد نمايد. همچنين براي حوضه امامه علاوه بر روش استاندارد SCS از روش مجانبي نيز استفاده نمودو به اين نتيجه رسيدكه روش مجانبي شماره منحني دقيق‌تري را نسبت به جداول SCS برآورد مي‌كند. همچنين با مقايسه روش‌هاي شماره منحني و كوك و درنظرگرفتن مقادير مشاهداتي و محاسبه شده نتيجه گرفت كه روش شماره منحني نسبت به روش كوك نتايج بهتري را ارايه مي‌كند (۸).

به‌طور خلاصه اهداف تحقيق حاضر مي‌تواند دستيابي به نتايج زير باشد:

بررسي كارايي روش شماره منحني در برآورد ارتفاع رواناب در حوضه آبخيز ليقوان با استفاده از روش‌هاي استاندارد, احتمال فراواني و مجانبي و نيز مقايسه اين روش‌ها جهت تعيين مناسب‌ترين و دقيق‌ترين روش برآورد شماره منحني.

مواد و روش ها

۱-منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخيز رودخانه ليقوان كه در شمال غربي كشور واقع شده از سال ۱۳۵۰ توسط وزارت نيرو به عنوان حوضه معرف انتخاب گرديده و مطالعات و بررسي‌هاي لازم بر روي آن انجام شده است. اين حوضه آبخيز از زيرحوضه‌هاي رودخانة تلخه رود است و در دامنه‌هاي شمالي رشته كوه سهند واقع است. اين حوضه با مساحت ۷۶۰۰ هكتار تا

[۱] -Hawkins
[۲] -Kottegoda *et al*.
[۳] -Lewis *et al*.

ايستگاه هيدرومتري ليقوان و در شيب‌هاي شمالي كوه سهند بين طول‌هاي شرقيً ۳۰ ´ ۲۰ °۴۶ تاً ۳۰ ´ ۲۷ °۴۶ و عرض‌هاي شماليً ۵۵ ´ ۴۲ °۳۷ تاً ۳۰ ´ ۴۹ °۳۷ قرار گرفته است و ارتفاع متوسط حوضه برابر با ۲۶۷۵ متر است. بخش عمده‌اي از سطح حوضه را مراتع طبيعي پوشانده است. اين پوشش به ويژه در آبراهه‌هاي بخش مرتفع حوضه كه مستقيماً از منابع برفي تغذيه مي‌شوند كاملاً متراكم است. در سال‌هاي اخير با گسترش فعاليت‌هاي كشاورزي در حاشيه دامنه‌ها و كوهپايه‌ها حدود $\frac{1}{4}$ سطح حوضه را زمين‌هاي زراعي شامل گندم، جو و علوفه شامل مي‌شود.

بر اساس اطلاعات موجود متوسط بارندگي حوضه ليقوان برابر با ۳۷۲/۱۱ ميليمتر است كه در كليه فصول و ماه‌هاي سال توزيع شده است. دماي حوضه ليقوان در فصول مختلف سال داراي تغييرات زيادي است به‌طوري كه در ماه‌هاي آذر، دي، بهمن و اسفند و اوايل فروردين درجه حرارت زير صفر بوده و بارش‌هاي جوي اغلب به صورت برف است با توجه به بارش حوضه كه شامل برف و باران است رژيم رودخانه برفي- باراني و ميانگين دبي سالانه برابر با ۰/۸۲مترمكعب بر ثانيه است. شرايط اقليمي حاكم بر حوضه آبخيز معرف ليقوان به‌گونه‌اي است كه بخشي از بارش‌ها به‌صورت برف در زمستان و اوايل بهار ريزش مي‌كند. ابتدا ضمن بررسي آمار ايستگاه هواشناسي ليقوان مشخص گرديد كه قسمتي از بارش‌ها از آبان تا اواسط فروردين به‌صورت برف است به‌طوري‌كه ضريب برفي ايستگاه ليقوان در حدود ۳۳درصد است. علاوه بر اين، گزارشات آماري حوضه نشان مي‌دهد كه در ارديبهشت ماه، سيلاب‌هاي ثبت شده تواما ناشي از بارش باران و ذوب برف زمستانه بوده است. به همين جهت سيلاب‌هاي انتخاب شده براي اين تحقيق منحصرا از ماه خرداد تا اول آبان انتخاب و مورد تجزيه و تحليل قرارگرفتند و با مشخص‌نمودن بارش‌هاي ثبت شده و موجود و نيز هيدروگراف سيلاب‌هاي ناشي از آنها تعداد ۲۵ واقعه مجزاي بارش - رواناب انتخاب شد.

۲- برآورد شماره منحني حوضه براساس روش استاندارد **SCS**

پس از مشخص كردن گروه‌هاي هيدرولوژيك خاك, وضعيت استفاده از زمين و شرايط هيدرولوژيك خاك در روي نقشه واحدهاي همگن مشخص مي‌شود. چنانچه شماره منحني هر واحد همگن را در مساحت تحت پوشش آن ضرب نموده و مجموع اين حاصل ضرب‌ها را بر مساحت كل حوضه تقسيم كنيم، شماره منحني متوسط حوضه به‌دست مي‌آيد كه مي‌توان از روي آن, مقدار رواناب را محاسبه نمود(٤،٦). باتوجه به وضعيت استفاده از اراضي، پوشش گياهي و نيز نقشه خاكشناسي منطقه، گروه‌هاي هيدرولوژيك خاك براي محاسبه شماره منحني متوسط حوضه بر طبق دستورالعمل SCS و جداول موجود با توجه به عوامل موثر يادشده از روش ميانگين‌گيري وزني و براساس مساحت مربوط به هر واحد با فرض شرايط رطوبتي متوسط استفاده گرديد (١٦).

۳-تعيين شماره منحني از طريق احتمال فراواني داده‌هاي مشاهده‌اي

در اين روش با استفاده از بارش (P) و رواناب مشاهداتي (Q_0) مقدار CN برآورد مي‌شود به اين صورت كه فرض مي‌شود حالت‌هاي رطوبت پيشين خاك (AMC) بيان‌كننده احتمالات تجمعي ۹۰درصد، ۵۰ درصد و ۱۰ درصد از رواناب‌هاي محاسبه شده از طريق روش شماره منحني است. اين احتمالات به ترتيب متناظر با شرايط رطوبتي I، II و III مي‌باشند. با در اختيار داشتن آمار بارندگي (P) و رواناب مشاهداتي (Q_0) حوضه مي‌توان تلفات بالقوه بارش را به‌دست آورد كه براي شرايط رطوبتيII به‌صورت زير خواهد بود(۱۰،۱۳).

$$S_{II} = 5(P + 2Q_0 - \sqrt{4Q_0^2 + 5PQ_0}) \qquad (1)$$

بنابراين براي هرجفت اعداد P:Qo وقتي كه Qo>0 باشد يك مقدار مشخص S به‌دست مي‌آيد يعني هر رگبار Sجداگانه خواهد داشت. در اين زمينه مقادير كمتر از P/S_{II} قاعدتا بايستي زماني رواناب ايجاد كنند كه شرايط

رطوبتي پيشين حالت III باشد. بنابراين در تمام بارش‌ها و رواناب‌هاي مشاهداتي معيار $P/S_{II}>$ ۰/٤٦ آزمون مي‌شود و تمام وقايعي كه در آنها $P/S_{II}<$ ۰/٤٦ است حذف مي‌شوند(۵،۱۳).

با اين روش براساس احتمال وقوع پديده‌هاي بارندگي - رواناب مقادير شماره منحني در ابتدا براي تمام داده‌هاي مورد بررسي تعيين و سپس مقدار متوسط آن به‌عنوان شماره منحني حوضه تعيين شد. به‌منظور بررسي مناسب بودن وقايع رواناب انتخاب شده براي تعيين شماره منحني حوضه و با درنظرگرفتن شرط اعمال شده در اين روش ($P/S_{II}>$۰/٤٦) ضريب تغييرات شماره منحني محاسبه گرديد.

$$\sigma_{n-1} = \frac{\Sigma(CN - C\overline{N})^2}{n-1} \qquad (۲)$$

$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\overline{CN}} \qquad (۳)$$

در اين رابطه:

σ_{n-1}: انحراف معيار شماره منحني‌هاي محاسباتي،

$C\overline{N}$: شماره منحني ميانگين حوضه،

CN: ضريب تغييرات شماره منحني‌هاي محاسباتي،

n: تعداد وقايع انتخابي با اعمال شرط $P/S_{II}>$۰/٤٦.

٤- تعيين شماره منحني حوضه بر اساس داده‌هاي مشاهداتي

از آنجايي كه هيچ ارتباط مشتركي بين شماره منحني به‌دست آمده از طريق جدول و شماره منحني مشاهداتي وجود ندارد, بنابراين استفاده از داده‌هاي مشاهداتي براي برآورد شماره منحني ضروري است. در اين روش براي تعيين شماره منحني مشاهده شده براي هر رگبار و رواناب متناظر آن ابتدا بايستي ضريب نگهداشت مشاهده شده براي واقعه مذكور از رابطه (٤) محاسبه گردد (۱۸).

$$0.04S^2 - (0.4P + 0.8Q)\,S + (P^2 - PQ) = 0 \qquad (٤)$$

$P \geq 0.2S$

با توجه به اينكه براي هر سيلاب مشاهده شده فقط و فقط يك مقدار از S مي‌توان انتظار داشت، با درنظرگرفتن شرط $P \geq 0.2S$ تنها يك S مورد قبول خواهد بود،

$$S = 5[P + 2Q - (4Q^2 + 5PQ)^{0.5}] \qquad (۵)$$

در اين معادله:

P: ارتفاع بارندگي (mm)

Q : ارتفاع رواناب(mm)

به اين ترتيب براي تعيين شماره منحني متوسط مشاهداتي از شماره منحني‌هاي حاصل از وقايع مورد اندازه‌گيري, ميانگين گرفته شده و به‌عنوان شماره منحني متوسط مشاهداتي حوضه در نظر گرفته مي‌شود (۳).

با روش يادشده براساس احتمال وقوع پديده‌هاي بارندگي - رواناب مقادير شماره منحني در ابتدا براي تمام داده‌هاي مورد بررسي تعيين و سپس مقدار متوسط آن به‌عنوان شماره منحني حوضه تعيين شد. به‌منظور بررسي مناسب بودن وقايع رواناب انتخاب شده براي تعيين شماره منحني حوضه و با درنظرگرفتن شرط اعمال شده در اين روش ($P/S_{II}>$۰/٤٦) ضريب تغييرات شماره منحني محاسبه گرديد.

۵- تعيين شماره منحني حوضه به روش مجانبي

در اين روش براي تعيين شماره منحني رواناب نيازي به رواناب و رگبار متناظر آن ندارد و فقط فراواني مساوي بارندگي و رواناب مدنظر است. مقادير رواناب به‌طور جداگانه و بر اساس يك نظم رتبه‌اي به شكل جفت‌هاي بارش- رواناب با دوره بازگشت مساوي طبقه‌بندي مي‌شوند. سپس براي هرجفت P:Q مقدار S محاسبه و براين اساس، CN آن به‌دست مي‌آيد. بر اين اساس و با توجه به تغييرات شماره منحني در برابر ارتفاع بارندگي هر حوضه ممكن است يكي از سه رفتار ذيل را از خود نشان مي‌دهد(۱۲) :

۵-۱-رفتار استاندارد[۱]

در اين حالت CN مشاهداتي با افزايش مقدار بارش كاهش مي‌يابد اما در اين وضعيت با افزايش بيشتر رگبار، CN به

[۱]- Standard Behavior

يك مقدار ثابت نزديك مي‌شود و براين اساس رابطه (٦) به‌دست مي‌آيد(شكل١).

$$CN_P=CN_\infty+(100-CN_\infty)\exp(-k_1P) \quad (٦)$$

كه در آن:

CN_P: شماره منحني بارندگي

CN_∞: مقدا ثابت CN (موقعي كه بارندگي به سمت بي‌نهايت ميل مي‌كند) است.

۵-۲- رفتار از خود راضي[1]

اين رفتار اگرچه ساده به‌نظر مي‌رسد ولي واقعا پيچيده بوده و فهم آن نياز به درك كامل مفهوم مجانب استاندارد دارد. در اين حالت با افزايش ارتفاع بارش، شماره منحني كاهش مي‌يابد ولي به يك حالت ثابت نمي‌رسد به‌همين دليل حالت بسيار مشكل است. در صورتي كه در اينCNتعيين حوضه اين نوع رفتار را از خود نشان مي‌دهد مي‌توان با $CN\infty$استفاده از معادله مجانب استاندارد (رابطه ٦) مقدار غالبا $CN\infty$را برآورد نمود ولي بايستي توجه كرد كه اين هاي واقعي حوضه خواهد بود(شكل٢). CNبسيار كمتر از

۵-۳- رفتار خشن[2]

در اينحالت CNهاي مشاهداتي به‌طورناگهاني افزايش يافته و به يك مقدار ثابت با افزايش مقدار رگبار مي‌رسند. براي چنين حالتي معادله (٧) ارايه شده است.

$$CN_P= CN\infty[1-\exp(-k_2P)] \quad (٧)$$

كه در آن:

CN_P: شماره منحني بارندگي و $CN\infty$: مقدار ثابت CN موقعي كه بارندگي به سمت بي‌نهايت ميل مي‌كند،

K_2: ثابت منحني،

لازم به ذكر است كه اين رفتار در رگبارهاي كوچك حالتي مشابه رفتار مورد قبلي را از خود نشان مي‌دهد(شكل٣).

٦- مقايسه روش‌هاي مختلف برآورد رواناب از طريق شماره منحني

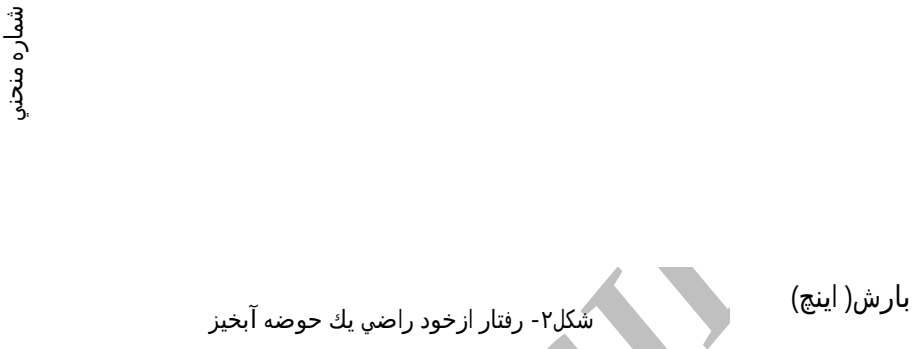
باتوجه به محاسبات صورت گرفته براي هر يك از روش‌هاي مورد بررسي و به‌منظور بررسي درجه اعتبار آنها مقادير دبي اوج مشاهداتي حوضه با مقادير دبي اوج محاسبه شده توسط هر يك از روش‌هاي موردمقايسه قرار گرفت و درصد خطاي آنها نسبت به دبي مشاهداتي تعيين شد.

نتايج

با استفاده از جدول معرفي شده شده توسط SCS مقدار شماره منحني براي حوضه موردمطالعه در شرايط رطوبت پيشين متوسط خاك برابر با ٨٤ محاسبه شد. سپس شماره منحني در وضعيت‌هاي رطوبتي پيشين متوسط به شرايط رطوبتي پيشين خشك و مرطوب تبديل گرديد كه حداقل و حداكثر شماره منحني برآورد شده براي حوضه در شرايط رطوبت پيشين خشك ومرطوب به ترتيب ٧٠ و ٩٢/٥ است (جدول١). رابطه بين رواناب‌هاي مشاهداتي و محاسباتي محاسبه شده از طريق جداول استاندارد نيز محاسبه گرديد(شكل٤).

شكل١- رفتاراستان‌دارد يك حوضه آبخيز

[1] - Complacent Behavior
[2] - Violent Behavior



شكل۲- رفتار ازخود راضي يك حوضه آبخيز

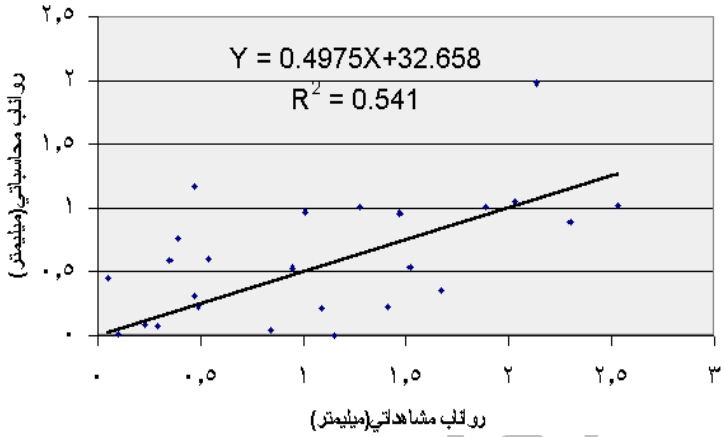
شكل۳-رفتار خشن يك حوضه آبخيز

جدول ۱- شماره منحني شرايط رطوبت پيشين خاك درسه حالت خشك، متوسط ومرطوب

	شرايط رطوبت پيشين خاك **(AMC)**		
شماره منحني	**I** (خشك)	**II** (متوسط)	**III** (مرطوب)
(CN)	۷۰	۸٤	۹۲/۵

تحليل رابطه بين بارش و شماره منحني به‌دست آمده از طريق اين روش نشان داد كه با افزايش ارتفاع بارش, مقدار شماره منحني كاهش يافته و به‌تدريج به يـك مقـدار ثابـت مي‌رسد كه خلاصه آن در بخـش نتـايج حاصـل از تحقيـق آورده شده است .با توجه به اين نكتـه كـه در روش تعيـين شماره منحني از طريق احتمال فراواني داده‌هاي مشاهده‌اي ضريب تغييرات به‌دست آمده كمتر از ۱۰درصد است لذا بـا اطمينان بالايي مي‌توان شماره منحني‌هاي محاسبه شده از

آن را در مورد حوضه موردنظر بـه‌کـاربرد کـه نتـايج آن در جدول (۲) و شکل (۵) ارايه شده است.



شکل٤- رابطه روانابهاي مشاهداتي و محاسباتي اصلاح نشده

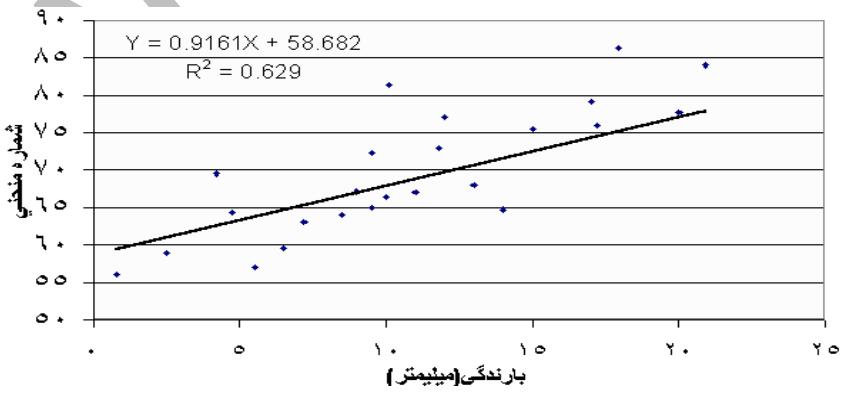
جدول ۲- نتايج محاسبات شماره منحني از طريق احتمال فراواني داده‌هاي مشاهده‌اي

(۱) S_1 (mm)	١٤
(۲) S_2 (mm)	١١/١
(۳) S_3 (mm)	٦/٦
CN	٨٧/٥

(۱)متوسط مقادير S (حداکثر پتانسيل نگهداشت رطوبت) در مورد تمام وقايع بدون اعمال شرط.

(۲)متوسط مقادير S محاسبه شده از طريق معادله $S = 5(P + 2R_0 - \sqrt{4R_0^2 + 5PR_0})$ که در آن P مقدار بارندگي و R_0 مقدار رواناب مشاهداتي برحسب ميليمتر مي‌باشند.

(۳)متوسط مقادير S بادرنظرگرفتن شرط $P/S_{II}>$٠/٤٦



شکل۵- رابطه شماره منحني و بارندگي از طريق احتمال فراواني داده‌هاي مشاهده‌اي

لازم به ذكر است كه در اين روش فرض مي‌شود كه بارندگي‌هايي كه شرط $P/S_{II}>0/46$ را برآورده نمي‌سازند هيچ گونه نقشي در توليد رواناب نداشته و بنابراين از فرآيند محاسبات حذف گرديدند.

با توجه به رابطه بين بارش و شماره منحني به‌دست آمده از روش مجانبي نشان داد كه با افزايش ارتفاع بارندگي, مقدار شماره منحني كاهش يافته و به تدريج به يك مقدار ثابت مي‌رسد كه نشان مي‌دهد رفتار حوضه مورد مطالعه تقريبا مشابه حالت استاندارد است.

لذا براي داده‌هاي بارندگي‌هاي مورد استفاده, شماره منحني حوضه از رابطه (۱۱) محاسبه شده است:

$$CN_{\infty}=75+25\exp(-0.053P) \quad (11)$$

كه درآن:

CN_{∞}: شماره منحني حوضه وقتي داده‌ها به يك مقدار ثابت مي‌رسند،

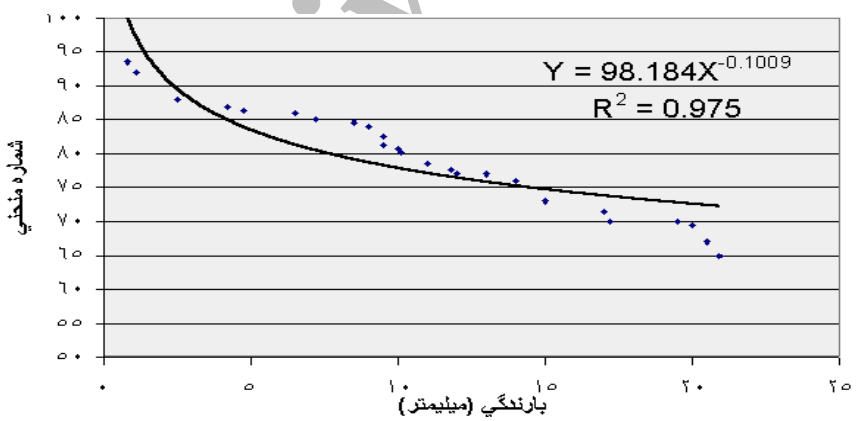
P: مقدار بارندگي برحسب ميليمتر, است،

شماره منحني محاسبه شده از طريق اين روش عدد ۸۱ را نتيجه داد (شكل۶).

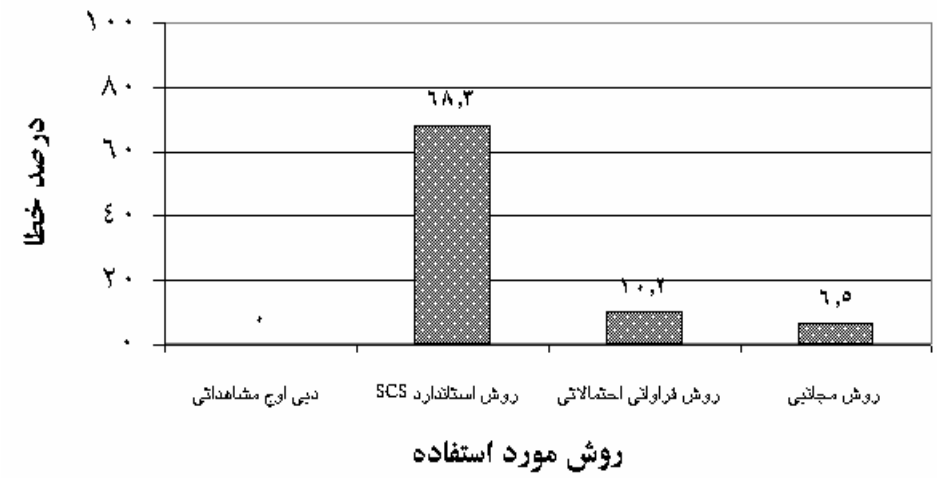
نتايج مقايسه روش‌هاي مختلف برآورد رواناب از طريق شماره منحني مقادير دبي اوج مشاهداتي حوضه با مقادير دبي اوج محاسبه شده و درصد خطاي آنها نسبت به دبي مشاهداتي در شكل‌هاي (۷ و ۸) آورده شده است.

بحث و نتيجه‌گيري

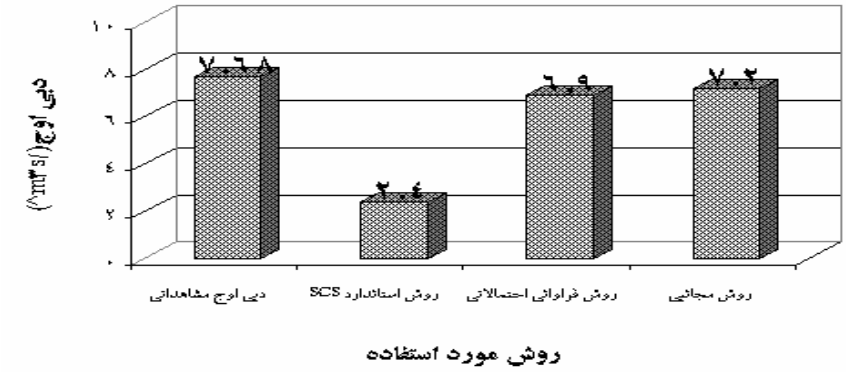
اصولا رابطه بين بارندگي و رواناب يك فرايند بسيار پيچيده است كه درك كامل آن نيازمند داشتن شناخت كافي از ماهيت پديده و عوامل موثر در ايجاد آن است. نتايج تحقيق حاضر نشان داد كه روش مجانبي در ميان ساير روش‌هاي برآورد رواناب از طريق روش شماره منحني داراي كمترين خطا نسبت به دبي اوج مشاهداتي است كه كارايي بالاي اين روش را دربرآورد شماره منحني و دبي اوج جريان نشان مي‌دهد.



شكل۶- رابطه شماره منحني و بارندگي از طريق روش مجانبي



شکل۷- مقايسه مقادير دبي اوج مشاهده‌اي و برآوردي روشهاي مختلف محاسبه رواناب براساس روش شماره منحني



شکل ۸- مقايسه مقادير خطاي روشهاي مختلف برآورد رواناب براساس شماره منحني

همچنين روش احتمال فراواني وقايع مشاهداتي به دليل اعمال شرط $P/S_{II}>0/46$ به‌مقدار قابل ملاحظه‌اي خطاي برآورد را كاهش داده و داراي اعتبار قابل قبولي در برآورد رواناب اين حوضه است ولي روش استاندارد SCS به دليل دارابودن خطاي بسيار زياد در برآورد دبي اوج بدون انجام اصلاحات لازم قابل توصيه براي حوضه مورد مطالعه و نواحي مشابه نيست. اين خصلت منطقه اي بودن روش‌هاي تجربي به خوبي گوياي اين نكته است كه استفاده از آنها بدون اعتبارسنجي در مناطقي كه داراي شرايط متفاوت با منطقه ابداع مدل هستند مي‌تواند نتايج گمراه كننده‌اي را فراهم نمايد كه اين نكته در تحقيق حاضر و ساير مطالعات انجام شده در ايران و ساير نقاط دنيا برجسته بوده است .اين تحقيق نتايج مطالعه نساجي زواره (۱۳۷۸) مبني بر كارايي بيشتر روش مجانبي نسبت به روش شماره منحني استاندارد در برآورد رواناب را تاييد مي‌كند. لوئيس و همكاران (۲۰۰۰) ضمن مطالعات خود و با بررسي كارايي روش‌هاي مجانبي، احتمالاتي و استاندارد نتيجه‌گيري‌هاي مشابه تحقيق حاضر را ارايه نمود و دقت روش مجانبي بيشتر از بقيه روش‌ها بوده و روش استاندارد SCS ضعيف‌ترين برآورد رواناب را ارايه و شبيه‌سازي نموده بود كه منطبق با نتايج اين تحقيق است. از ديگر مواردي كه در اين تحقيق مشاهده گرديد اين مورد است كه جداول ارايه شده توسطSCS جامعيت كافي براي پوشش دادن تمام فعاليت‌هايي كه در يك حوضه انجام مي‌گيرد كه مين و همكاران (۱۹۹۴) نيز در مطالعات خود اين موضوع را متذكر شده‌اند.

منابع

۱- صوفي، مجيد، ۱۳٦۹. تعيين شماره منحني حوضه امامه از طريق روش شماره منحني، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران, ص ۲۳۵ .

۲- عابدي، ق، ۱۳۷۷. بررسي بلاياي طبيعي و نقش آنها در توسعه پايدار، نشريه سپهر، انتشارات سازمان جغرافيايي وزارت دفاع و پشتيباني نيروهاي مسلح, ص ص ۱۱-٦ .

۳- عباسي، ع، ۱۳۷۱. تهيه و كاليبراسيون مدل كامپيوتري برآورد رواناب براي حوضه‌هاي كوچك، دانشگاه صنعتي شريف ومركز تحقيقات آب وزارت جهاد سازندگي,ص ۱۲۳.

٤- عليزاده، امين،. ۱۳۷۸. اصول هيدرولوژي كاربردي، انتشارات آستان قدس رضوي، مشهد, ص ٦۳٤ .

۵- كايت، ج. دبليو، ۱۳۷۵. تحليل فراواني وقايع و ريسك در هيدرولوژي، ترجمه ابوالقاسم بزرگ‌نيا و همكاران، انتشارات آستان قدس رضوي، مشهد, ص۳۰۰ .

٦- مهدوي، محمد،. ۱۳۷٤. هيدرولوژي كاربردي، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران, ص٤۰۱ .

۷- نحوي، م.، ۱۳۷۷، تعيين شماره منحني حوضه آبخيز كسيليان به روش شماره منحني، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تهران, ص۱٤۸ .

۸- نساجي زواره، م.، ۱۳۷۸. مقايسه دبي‌هاي حداكثر سيل از روش‌هاي شماره منحني و كوك، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي وعلوم دريايي، دانشگاه تربيت مدرس ,ص۱۹۷ .

9-Chow, V.T., 1964. Handbook of Applied Hydrology, Mc-Graw Hill Book Company, New York, USA, 1418 pp.

10-Haan, C.T., Wilson, B.N., 1987. Another Look at Joint Probability of Rainfall and Runoff, Hydrologic Frequency Analysis, Ed. V.P.Singh, p.555-579.

11- Hawkins, R.H., Hjelmfelt, A., Zevenbergen, A., 1985. Runoff Probability, Storm Depth and Curve Numbers, J. of Irrigation & Drainage Eng., Vol. 111:4:40-46.

12-Hawkins, R.H., 1992. Asymptotic Dtermination of Runoff Curve Number, J. of Irrigation & Drainage Eng., Vol.119: 3:340-345.

13-Hjelmfelt, A, Krammer, L.A., Burwell, R.E., 1981. Curve Number as Random Variables, Proceedings of the Int. Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi State University, USA, p.365-370

14-Kottegoda, N.T., Natale, L., Raiter, E., 2000. Statistical Modeling of Daily Streamflow Using Rainfall Input and CN Technique, J.of Hydrology, Vol.234: 170-180.

15-Lewis, D., Singer, M.J., Kate, K.W., 2000. Applicability of SCS Curve Number Method for a California Oak Woodlands Watershed, J.of Soil & Water Conservation, Second Quarter, p.48-55.

16-Maidment, D., 1992. Handbook of Hydrology, McGraw Hill Book Company, USA, 551pp.

17- Mane, R.V., Atre, A.A. & G.R. Bagnal, 1994. Runoff Curve Number for Agricultural Watersheds in Ahmednagar District, Maharashtra, 8th ISCO Conference, India, p.644-647.

18-McCuen, R.H., 1982. A guide to Hyrological Analysis Using SCS Methods, Prentice – Hall, New Jersey, USA, 145pp.

19- Muzik, I. &C. Chang, 1993, The Modified SCS Method for Abstractions, Advances in Hydro-Sciences-Engineering, Vol.1: 524-529.

20-National Engineering Handbook, Section 4(NEH-4), 1984. US-Departmentof Agriculture.34pp.

21-Simanton, J.R., Hawkins, R.H., Mohseni Saravi, M., 1996. The Relationships Between Watershed Area and Curve Number, Transactions of the ASAE, vol.39: 4:1391-1394.

22-Singh, V.P. (Ed.), 1988. Rainfall - Runoff Relationship, Water Resources Publications, USA, 582pp.
23-Titmarsh, G.W., Cordey, I., Pilgrim, D.H., 1995. Calibration Procedure for Rational and USSCS Desing Flood Methods, J. of Hydraulic Eng., Vol. 121:1:62-70.
24- United Nations, 2004. Guidelines for Reducing Flood Damages, UN Publication Center, Geneva, Switzerland, 83 pp.

Applicability of the USDA-NRCS Curve Number Method for Runoff Estimation

A. Malekian[1] **M. Mohseni Saravi[2]** **M. Mahdavi[3]**

Abstract

Assessment of relations between rainfall and runoff is an important and complex issue in hydrology. In this respect, much research has been carried out and different empirical methods have been presented to estimate volume and peak discharge of runoff in watershed scale. Since, there is little or in some cases no hydro-climatic data available in Iran, using empirical procedures seems to be the best solution. Among these methods, the Soil Conservation Service (SCS) runoff Curve Number (CN) technique because of flexibility and simplicity is a practical one, which has acquired widespread application all over the world.

In the current research, CN was computed in Lighvan watershed located in northwest of Iran using the related watershed factors such as land use, soil hydrologic group as well as vegetation cover and then compared against observed runoff data. The National Engineering Handbook-Section4 (NEH-4) CN method was compared to show alternate methods for determining CN to investigate their applicability in estimating runoff depth. In S-probability technique frequency values at the 10% and 90% probabilities for maximum soil water retention (S) were then used to determine CN for antecedent moisture conditions (AMC) I and III respectively. Also the mean probability of S determined the CN for AMC-II. In asymptotic method also rainfall- runoff depths were sorted and for each rank-ordered pairs, S was calculated and the CN values computed. The relationship between the calculated CN and rainfall depth was used to determine CN for AMC-II. The comparison showed high accuracy of asymptotic technique in estimating runoff volume as well as peak discharge of the watershed. The NEH-4 CN method is of the lowest accuracy in estimating runoff volume. This should serve as a caution to managers and research workers utilizing CN for hydrologic modeling and application.

Keywords: Curve Number (CN), Runoff volume, Lighvan watershed, Asymptotic method, S-probability technique, Comparision.

[1]-Ph.D. Scholar of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: malekian@ut.ac.ir)
[2]- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
[3]- Professor, Faculty of Natural Resources University of Tehran