

ارزیابی دقت روشهای تجربی بر آورد ارتفاع رواناب در حوزه های فاقد آمار

محمدتقی دستورانی*، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد

حامد شریفی دارانی، کارشناس ارشد آبخیزداری، اصفهان

* تلفن نویسنده اصلی: 09133575425 شماره: 0351-8210312 پست الکترونیک: mdastorani@yazduni.ac.ir

چکیده

به جرأت می توان گفت بارش های جوی مهمترین منبع تامین آب شیرین و رواناب های حاصل از این بارش ها اصلی ترین شکل دریافت آب، در بیشتر مناطق دنیا می باشند. بشر از گذشته در پی یافتن رابطه ای بین مقدار بارش انجام گرفته و میزان رواناب حاصل از آن است تا بتواند بر روی این منبع خدادادی برنامه ریزی و مدیریت مناسب داشته باشد. امروزه روش های تجربی زیادی به منظور تعیین رواناب حاصل از بارش تعیین شده اند. به عنوان نمونه از این روش های تجربی می توان به روش SCS (روش شماره منحنی)، روش دپارتمان آبیاری هندوستان I.C.A.R، روش جاستین، تورک و کوتاین اشاره نمود. این روش های تجربی معمولاً بنا به مشاهده محققان از وقایع چند حوزه انتخابی بسط داده شده اند و در هنگام استفاده آنها در حوزه های دیگر با مقداری خطا همراه هستند. بنابراین مناسب به نظر می رسد که کارآیی تعدادی از این روشها در حوزه مورد مطالعه بررسی گردد. در این مطالعه کارآیی پنج روش تجربی شماره منحنی، جاستین، تورک، کوتاین و ICAR در دو حوزه آبخیز منشاد و طرق مورد بررسی قرار گرفت. در حوزه آبخیز طرق از آمار 6 سال و در حوزه آبخیز منشاد از آمار 13 سال بارش و رواناب استفاده گردید و مقدار رواناب سالانه محاسبه گردید. برای مقایسه داده های حاصل از هر یک از روشهای تجربی با یکدیگر از سه پارامتر RMSE، ضریب نش و ضریب همبستگی استفاده شده است. نتایج نشان می دهد در حوزه منشاد روش جاستین بهترین کارآیی و روش تورک بدترین کارآیی را داشته است. در حوزه طرق هر چند نمی توان بطور قطع در مورد روش مناسب اظهار نظر کرد ولی روش جاستین به نسبت باقی روشها نتایج بهتری را نشان می دهد. بطور کلی اگر هر دو حوزه با هم در نظر گرفته شود می توان گفت روش جاستین در این مطالعه کارآیی مناسب تری دارد.

کلید واژه ها: بارش - رواناب - تورک و کوتاین - جاستین - ICAR - SCS

1- مقدمه

به جرأت می‌توان گفت بارش‌های جوی مهمترین منبع تامین آب شیرین و رواناب‌های حاصل از این بارش‌ها اصلی‌ترین شکل دریافت آب، در بیشتر مناطق دنیا می‌باشند. بشر به دلیل نیاز حیاتی به آب از گذشته تا به حال در پی یافتن رابطه‌ای بین مقدار بارش انجام گرفته و میزان رواناب حاصل از آن است تا بتواند بر روی این منبع خدادادی برنامه ریزی و مدیریت مناسب داشته باشد. روشها و روابطه‌های تجربی یک دسته از این رابطه‌ها را شامل می‌شوند. روشهای تجربی روشهایی هستند که حاصل مشاهدات طولانی مدت محققان در یک یا چند حوزه خاص باشند. نکته مهم آنست که با تغییر حوزه‌ها، خصوصیات فیزیکی آنها نظیر شیب، خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و ... نیز تغییرات زیادی دارد. به همین دلیل این روش‌ها بیشتر در مورد حوزه‌هایی که مطالعه در آنها صورت گرفته است کارآیی دارند و در دیگر حوزه‌ها معمولا دارای خطا می‌باشند. امروزه روش‌های تجربی زیادی به منظور تعیین رواناب حاصل از بارش تدوین شده‌اند و به دلیل سادگی کار با آنها معمولا از طرفداران زیادی نیز برخوردار می‌باشند. به عنوان نمونه از این روش‌های تجربی می‌توان به روش SCS (روش شماره منحنی)، روش دپارتمان آبیاری هندوستان (I.C.A.R)، روش جاستین، تورک و کوتاین اشاره نمود.

داودی راد (1385) در حوزه آبخیز دریاچه نمک ارتفاع رواناب را به روش‌های تجربی مختلف محاسبه کرد. در این تحقیق بر اساس پارامترهای مستقل استخراج شده از حوزه‌های مورد مطالعه مدل‌های رگرسیونی برای برآورد ارتفاع رواناب استخراج شدند که با روابط تجربی اصلاح شده مقایسه شدند. کاربرد این دو مدل برای برآورد ارتفاع رواناب نشان داد نسبت به روش‌های تجربی مانند ایکار از دقت کمتری برخوردار است [1]. ملکیان و همکاران (1382) با بررسی کارایی روش شماره منحنی در برآورد عمق رواناب نشان دادند که روش مجانبی، شماره منحنی و دبی اوج با دقت بالاتر و خطای کمتری برآورد می‌نماید. همچنین روش احتمال فراوانی وقایع مشاهداتی شماره منحنی و رواناب را به مقدار قابل قبولی برآورد نموده و خطای آن نیز پایین است [2]. بشول (1381) با استفاده از کاربرد مدل‌های تجربی در برآورد رواناب سالانه رودخانه‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک نشان داد که روش لیزی جهت برآورد رواناب سالانه رودخانه‌ها در حوزه آبریز دشت نیشابور مناسب است [3]. معاضد و همکاران (1383) با بررسی خصوصیات فزیوگرافی و داشتن آمار دراز مدت دبی، بارش و دما، روابط تجربی محاسبه عمق رواناب سالانه را برای حوزه‌های مرکز و جنوب شرق جلگه خوزستان کالیبره کرد [4]. احمدی و همکاران (1389) با استفاده از سه روش تجربی تورک و کوتاین و خوزلا ارتفاع رواناب سالانه در حوزه‌های آبریزی که عمدتاً فاقد ایستگاههای آبسنجی میباشند را برآورد کردند. نتیجه بدست آمده نشان می‌دهد که روش تورک کارآیی بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد [5]. راگونات¹ (1997) از رابطه‌ی خوزلا استفاده نموده و چنین نتیجه می‌گیرد که خوزلا داده‌های درجه‌ی حرارت، بارندگی و رواناب را آنالیز نموده تا یک ارتباط تجربی بین رواناب و بارندگی به دست آورد. این فرمول روی

تعداد زیر _____ سادی از
حوزه‌های آبخیز در هند آزمایش شده و نتایج خوبی را جهت محاسبه‌ی بیلان آب سالانه به دست داده است [6].

در این مطالعه روشهای تجربی یاد شده، در دو حوزه آبخیز سد طرق (در استان خراسان رضوی) و منشاد (در استان یزد) مورد استفاده قرار گرفته و نتایج حاصل از آنها با نتایج واقعی مقایسه گردیده است. نتایج این مقایسه می‌تواند به شناسایی روش‌های مناسب تر جهت استفاده در طراحی و برنامه ریزی‌های مرتبط با آب کمک شایانی نماید.

2- مواد و روشها

در این مطالعه با توجه به تنوع روش‌های تجربی موجود از آن مدل‌های تجربی استفاده شده است که در ایران کاربرد بیشتری داشته و در سطح وسیع تری استفاده می‌گردند. به همین سبب پنج روش تجربی یعنی روش SCS (روش شماره منحنی)، روش دپارتمان آبیاری هندوستان (I.C.A.R)، روش جاستین روش تورک و روش کوتاین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روابط 1 تا 5 رابطه‌های استفاده شده در این 5 روش را نشان می‌دهند.

رابطه (1) رابطه دپارتمان آبیاری هند (I.C.A.R) [3]

$$R = \frac{P^{1.44} * A^{0.63} * \Delta H^{0.66}}{15.19 * F_f^{2.05} * L_a^{2.05} * T^{1.34}}$$

P و R: به ترتیب بارش و رواناب سالانه بر حسب سانتی متر، A: مساحت حوزه آبریز بر حسب کیلومتر مربع، ΔH : حداکثر اختلاف ارتفاع حوزه بر حسب سانتی متر، F_f : فاکتور شکل حوزه، T: درجه حرارت متوسط حوزه بر حسب سانتی گراد و L_a : طول آبراهه اصلی بر حسب کیلومتر.

رابطه (2) رابطه تورک [3]

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{LT}\right)^2}}$$
$$LT = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$
$$R = P - D$$

P: بارش سالانه بر حسب سانتی متر، D: کمبود جریان سالانه بر حسب سانتی متر، R: رواناب سالانه بر حسب سانتی متر و T: درجه حرارت متوسط سالانه بر حسب سانتی گراد می‌گردند.

رابطه (3) رابطه کوتاین [3]

$$D = P - LT * P^2$$

$$LT = \frac{1}{0.8 + 0.14 * T}$$

$$R = P - D$$

P: بارش سالانه بر حسب متر، D: کمبود جریان سالانه بر حسب متر، R: رواناب سالانه بر حسب متر و T: درجه حرارت متوسط سالانه بر حسب سانتی گراد می باشد.

رابطه (4) رابطه جاستین [3]

$$R = 0.284 * Sh^{0.155} * \frac{P^2}{(1.8 * T + 32)}$$

$$Sh = \frac{\Delta H}{A^{0.5}}$$

P: بارندگی سالانه بر حسب سانتی متر، R: رواناب سالانه بر حسب سانتی متر، T: دمای متوسط سالانه بر حسب سانتی گراد، Sh: شیب حوزه، ΔH : حداکثر اختلاف ارتفاع حوزه بر حسب متر و A: مساحت حوزه بر حسب متر مربع.

رابطه (5) رابطه سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) [7 و 10]

$$S = \frac{25400}{CN} - 25.4$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad p > 0.2s$$

S: میزان نگهداشت سطحی حوضه بر حسب سانتی متر، CN: شماره منحنی حوضه، Q: ارتفاع رواناب حوضه بر حسب میلیمتر، سانتی متر و یا اینچ، P: ارتفاع بارندگی 24 ساعته حوضه بر حسب میلیمتر، سانتی متر و یا اینچ و S: میزان نگهداشت سطحی حوضه است بر حسب میلیمتر، سانتی متر و یا اینچ.

حوزه های مورد مطالعه

همانطور که ذکر شد این مطالعه بر روی دو حوزه آبخیز شامل حوزه منشاد واقع در استان یزد و حوزه سد طرق واقع در استان خراسان جنوبی انجام گرفته است.

حوزه آبخیز منشاد از حوزه های استان یزد و واقع در حوزه آبخیز میانکوه واقع در منطقه شیرکوه می باشد. اقلیم منطقه بر اساس طبقه بندی دوماتن اصلاح شده سرد و نیمه خشک است. بارش متوسط در این حوزه 368/35 میلیمتر در سال، گرمترین ماه سال شهریور با میانگین دمای 24/5 و سردترین ماه سال بهمن با میانگین دمای 0/5 درجه سانتی گراد است. مساحت حوزه 61/37 کیلومتر مربع، ارتفاع حداقل 1788 و ارتفاع حداکثر 3518 متر، شیب متوسط 0/3807 متر بر متر، دمای متوسط 11 درجه سانتی گراد، طول آبراهه اصلی 9/445 کیلومتر و ضریب شکل حوزه 0/2914 می باشد. همچنین حوزه منشاد از نظر گروههای هیدرولوژیکی خاک

به 4 گروه A، B، C و D تقسیم می گردد. این گروهها به ترتیب 5/7، 12/2، 0/7 و 81/4 درصد از مساحت حوزه را در بر می گیرند. به دلیل وسعت ناچیز گروه هیدرولوژیکی C و همچنین قرار گرفتن آن در بستر رودخانه از این گروه صرف نظر می گردد و به دلیل تشابه آن با گروه مجاور رودخانه، به عنوان گروه هیدرولوژیکی B تلقی می شود. برای اندازه گیری مقدار نفوذ در هر گروه، از استوانه های نفوذ مضاعف استفاده گردیده است [8].

اراضی موجود در حوزه آبخیز منشاد از نظر نوع کاربری بیشتر شامل اراضی مرتعی می باشد. بطوریکه از کل 6137 هکتار وسعت منطقه، تنها 439 هکتار سطح زیر کشت شامل اراضی باغی (گردو، بادام، سیب، توت، گیلاس) و اراضی زراعی (گندم، جو، یونجه، پیاز و سیب زمینی) در این حوزه آبخیز وجود دارد و مابقی حوزه در برگیرنده اراضی مرتعی و مناطق توده سنگی است [8].

حوزه آبخیز طرق بر روی رودخانه طرق یکی از شاخه های رودخانه کشف رود در 25 کیلومتر جنوب شرق شهرستان مشهد واقع شده است. اقلیم این منطقه خشک تا نیمه خشک است. مقدار بارندگی متوسط این حوضه 320 میلیمتر می باشد (7). مساحت حوزه آبخیز طرق 131/34 کیلومتر مربع، ارتفاع حداقل 1220 و ارتفاع حداکثر 2680 متر، شیب متوسط 0/3912 متر بر متر، دمای متوسط 13/53 درجه سانتی گراد، طول آبراهه اصلی 23/99 کیلومتر و ضریب شکل حوزه 0/406 می باشد. با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی، حوضه آبخیز سد طرق جزء تقسیم بندی پوشش گیاهی علفزار های مناطق نیمه استپی قرار می گیرد و بطور کلی حدود 66% درصد از مساحت حوضه را مراتع فقیر تشکیل می دهد. که بیشترین میزان مساحت حوضه را شامل می شود و بقیه شامل 15 درصد مزارع شخصی و باغات، 19 درصد مراتع متوسط را تشکیل می دهد. گروه های هیدرولوژیکی خاک نیز در این منطقه در چهار گروه اصلی A، B، C و D با مساحت های 19/33، 24/03، 53/53 و 34/45 کیلومتر مربع طبقه بندی می گردند [9].

روش انجام مطالعه

در این مطالعه ابتدا با توجه به نوع کاربری اراضی و گروههای هیدرولوژیکی خاک، مقدار CN برای هر دو حوزه مورد بررسی، تعیین گردید. سپس داده های مربوط به بارش و رواناب را در نرم افزار Excel مرتب کرده و دوره آماری مشترک برای هر حوزه تعیین گردید. جهت ادامه کار روابط مربوط به روشهای تجربی توضیح داده شده، به صورت کدهایی در نرم افزار متلب نوشته شد. با استفاده از این کد و اتصال آن به فایل Excel حاوی داده ها به راحتی امکان محاسبه رواناب حاصل از بارش با هر 5 روش و با یک بار اجرای کد فراهم شد.

همانطور که گفته شد در این مطالعه از 5 روش تجربی استفاده گردیده است که تمامی آنها به جز روش شماره منحنی، رواناب را به صورت سالانه برآورد می کنند. به منظور یکسان سازی و ایجاد امکان مقایسه بین روش ها، ابتدا با استفاده از روش شماره منحنی رواناب روزانه برای هر رگبار بدست آمد و سپس با جمع رواناب های روزانه هر سال رواناب سالانه تخمین زده شد. برای مقایسه نتایج حاصل از مدلها، ابتدا این نتایج را با داده

های واقعی مقایسه کرده و سه پارامتر جذر میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی و ضریب کارآیی (ضریب نش) برای هر مدل تعیین گردید. با مقایسه این پارامترها امکان تعیین مدل مناسب فراهم می آید.

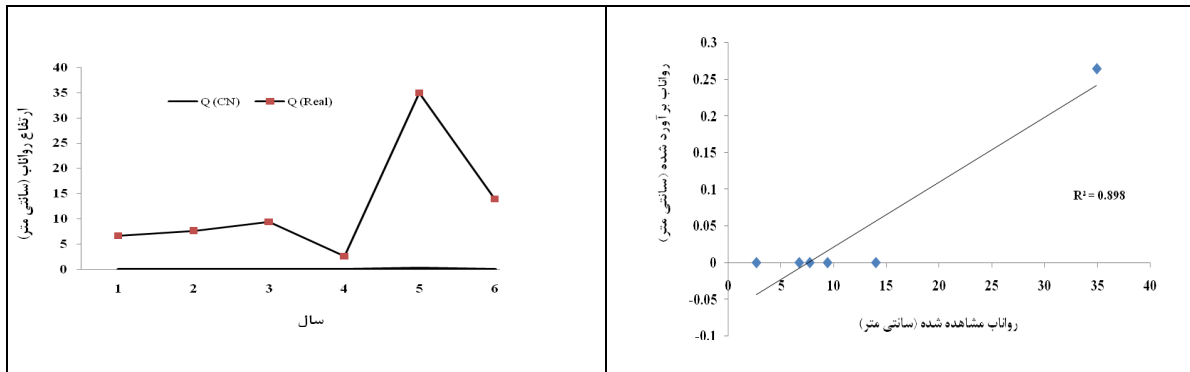
3- جمع بندی و نتیجه گیری

همانطور که در بخش مواد و روش ها گفته شد در این مطالعه ابتدا مقدار CN برای هر یک از حوزه ها تعیین گردید. بر این اساس مقدار CN در حوزه آبخیز منشاد برای رطوبت پیشین II (حالت متوسط) برابر 84/69 می باشد. با توجه به این مقدار می توان تعیین کرد در شرایط رطوبت پیشین I و III مقدار CN به ترتیب 69/28 و 93/69 است. در حوزه آبخیز طرق نیز مقدار CN برای شرایط رطوبت پیشین I، II و III به ترتیب 42، 62 و 79 می باشد.

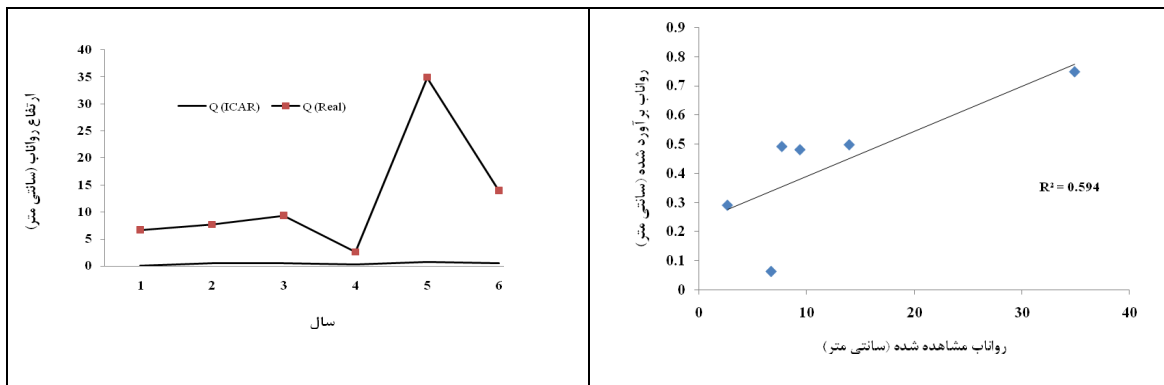
مرحله بعدی تعیین مرتب کردن داده ها و تعیین دوره مشترک بین داده ها در هر حوزه می باشد. با توجه به داده های موجود در هر حوزه، دوره مشترک آماری در حوزه طرق 6 سال یعنی از سال آبی 72-73 تا سال آبی 77-78 و برای حوزه آبخیز منشاد 13 سال یعنی از سال آبی 71-72 تا سال آبی 84-85 در نظر گرفته شد. البته در حوزه منشاد آمار مربوط به سال 73-74 بدلیل نداشتن داده های رواناب سالانه قابل استفاده نبود. آمار پس از مرتب شدن در قالب Excel هر یک جداگانه به نرم افزار متلب معرفی شده و مدل های تجربی روی آنها اجرا گردید. نتایج حاصل از این مدل سازی در جداول 1 و 2 و نمودارهای 1 تا 22 آورده شده است.

جدول 1- نتایج حاصل از مدل سازی در حوزه طرق (ارتفاع رواناب سالانه به سانتی متر)

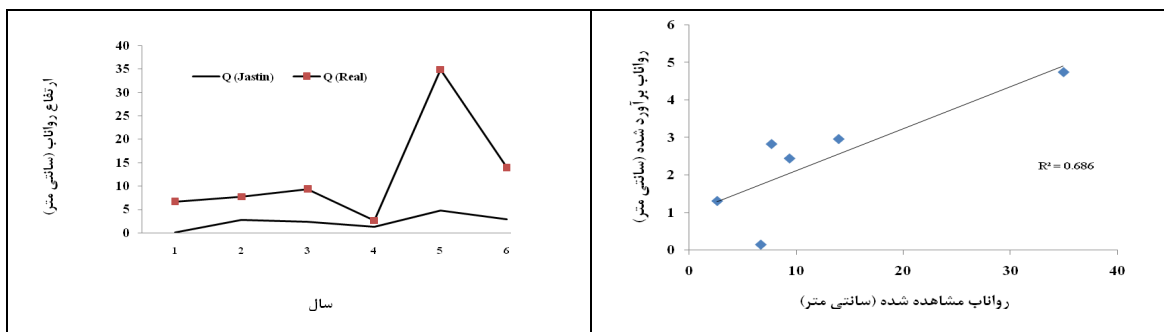
روش تجربی سال آبی	Q CN	Q ICAR	Q Jastin	Q kothein	Q Turk	Q Real(cm)
72-73	0	0/0631	0/14754	0/1256	0	6/7
73-74	0	0/4918	2/827	2/362	0	7/7
74-75	0	0/48092	2/442	2/0864	0	9/38
75-76	0	0/29037	1/31	0/1025	0	2/64
76-77	0/264	0/74841	4/742	4/0131	0	34/91
77-78	0/000075	0/49794	2/96	2/4604	0	13/96



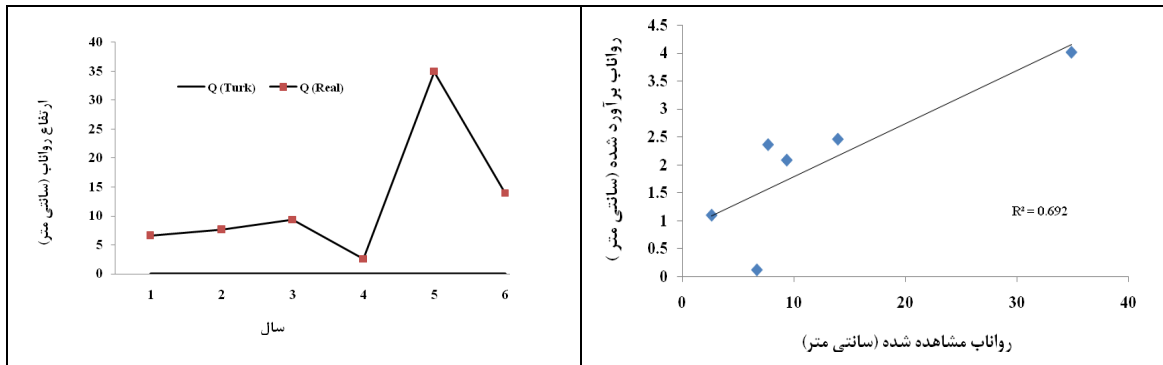
شکل 1- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش CN با مقادیر واقعی در حوزه طرق



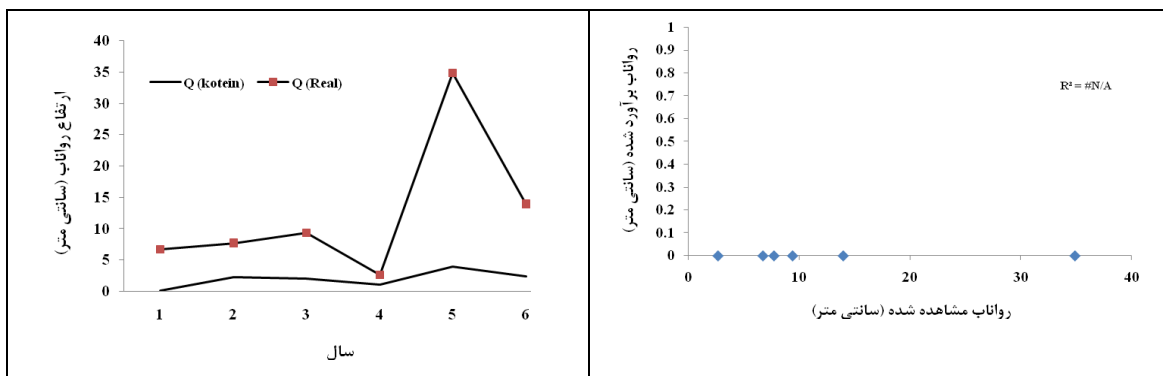
شکل 2- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش ICAR با مقدار واقعی در حوزه طرق



شکل 3- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش جاستین با مقادیر واقعی در حوزه طرق



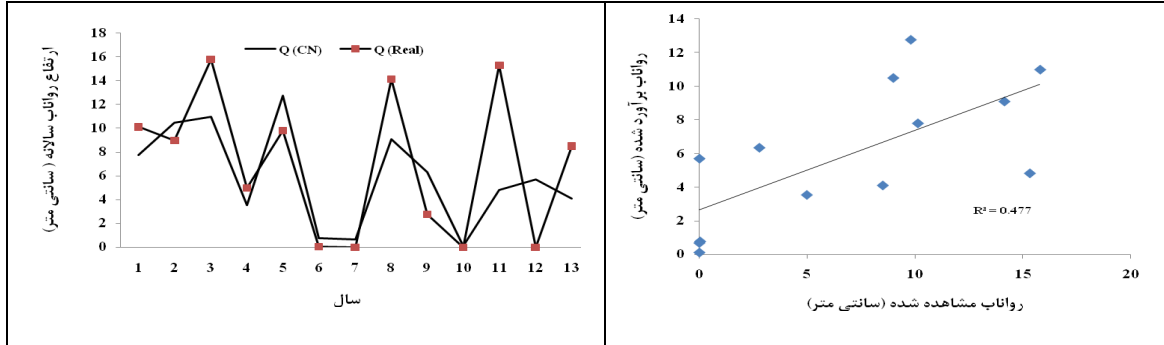
شکل 4 - مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش تورک با مقادیر واقعی در حوزه طرق



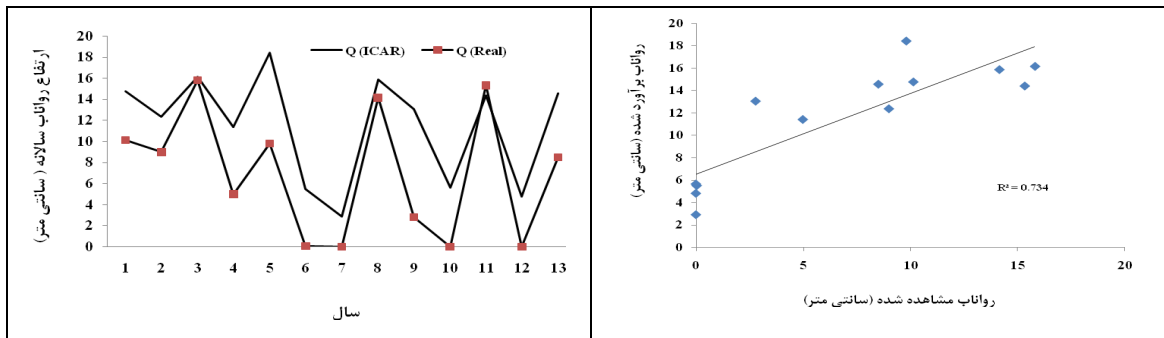
شکل 5- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش کوتاین با مقادیر واقعی در حوزه طرق

جدول 2- نتایج حاصل از مدل سازی در حوزه مشاد (ارتفاع رواناب سالانه به سانتی متر)

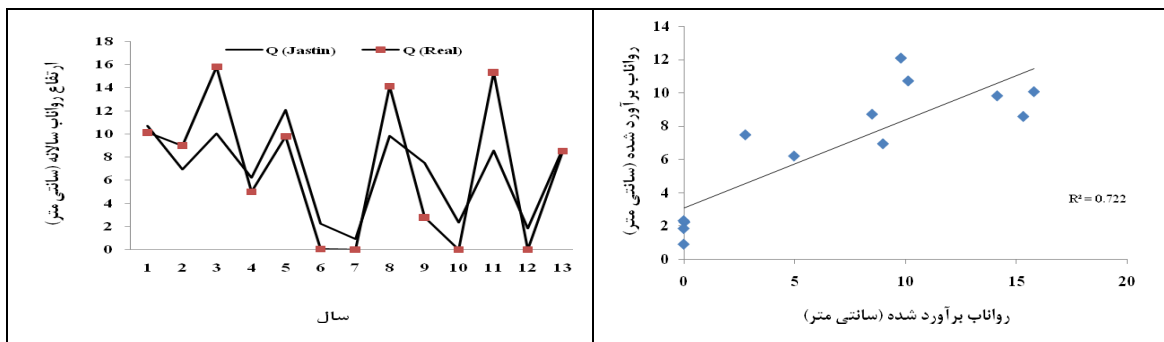
روش تجربی سال آبی	Q _{CN}	Q _{ICAR}	Q _{Jastin}	Q _{kothein}	Q _{Turk}	Q _{Real(cm)}
84-85	7/7784	14/779	10/7215	10/2	0	10/13
83-84	10/476	12/376	6/9517	6/84	0	8/99
82-83	10/972	16/17	10/079	9/92	0	15/8
81-82	3/5211	11/417	6/2151	6/12	0	4/98
80-81	12/747	18/438	12/094	11/91	0	9/8
79-80	0/755	5/5025	2/2552	2/22	0	0/036
78-79	0/6652	2/896	0/92475	0/91	0	0
77-78	9/08	15/881	9/8295	9/68	0	14/14
76-77	6/3282	13/058	7/4896	7/37	0	2/78
75-76	0/0944	5/642	2/225	2/3002	0	0
74-75	4/8052	14/414	8/5909	8/46	0	15/32
72-73	5/6784	4/8044	1/8679	1/84	0	0
71-72	4/0856	14/577	8/7266	8/59	0	8/5



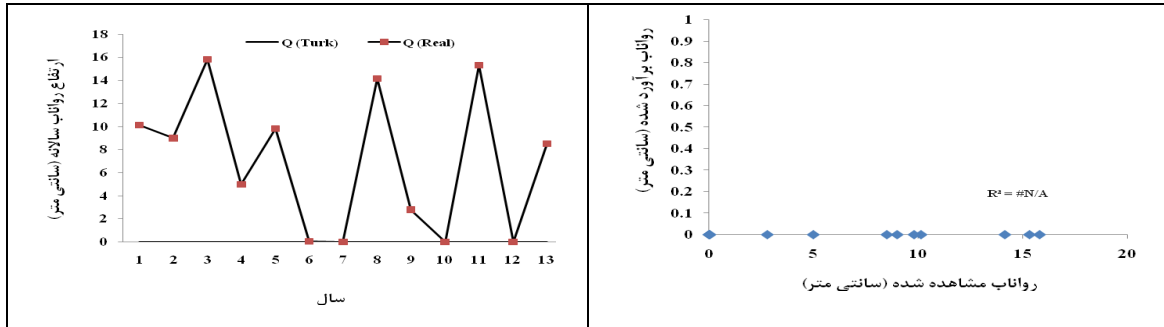
شکل 6- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش CN با مقادیر واقعی در حوزه منشاد



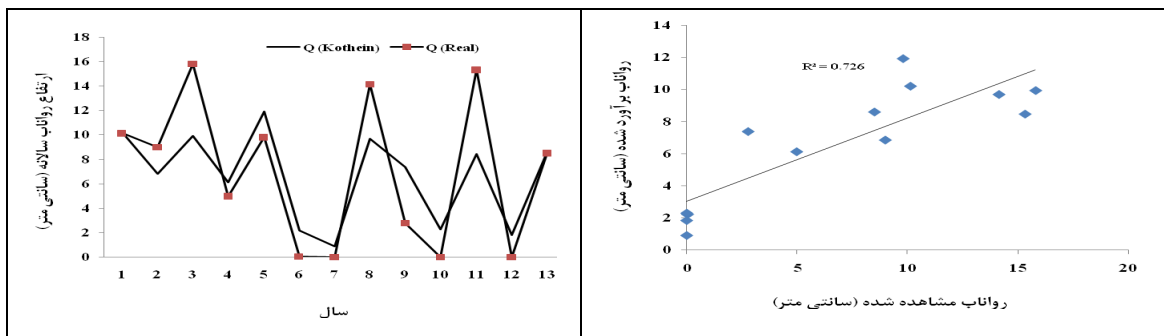
شکل 7- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش ICAR با مقادیر واقعی در حوزه منشاد



شکل 8- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش جاستین با مقادیر واقعی در حوزه منشاد



شکل 9- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش تورک با مقادیر واقعی در حوزه منشاد



شکل 10- مقایسه مقادیر رواناب تخمین زده شده بوسیله روش کوتاین با مقادیر واقعی در حوزه منشاد

همانطور که در قسمت مواد و روش ها اشاره شد برای مقایسه کارآیی روش ها با یکدیگر از سه پارامتر جذر میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی و ضریب نش استفاده می گردد. مقدار این سه پارامتر در جدول 3 آورده شده است.

جدول شماره 7- مقادیر RMSE و r^2 برای هر دو حوزه

حوزه	روش برآورد	شماره منحنی	ICAR	جاستین	تورک	کوتاین
منشاد	RMSE	4/32	5/46	3/33	9/066	3/36
	r^2	-0/11	0/33	0/152	-0/696	0/103
	R^2	0/47	0/73	0/72	****	0/72
طرق	RMSE	16/3	15/96	13/82	16/39	14/22
	r^2	-1/38	-1/28	-0/71	-0/81	-1/41
	R^2	0/89	0/59	0/68	****	0/69
متوسط دو حوزه	RMSE	10/31	10/71	8/57	12/72	8/79
	r^2	-0/74	-0/47	-0/27	-1/05	-0/35
	R^2	0/68	0/66	0/7	****	0/705

نتایج مربوط به حوزه منشا به خوبی نشان می دهد که از بین روشهای بکار گرفته شده روش تورک کمترین کارآیی را دارد. نکته دیگری که از این نتایج می توان به آن رسید این است که روشهای جاستین، کوتاین و ICAR بیشترین ضریب همبستگی را دارا می باشند. اگر مقدار RMSE و ضریب نش نیز در نظر گرفته شود می توان نتیجه گرفت که روش جاستین مقداری بهتر از دو روش دیگر عمل کرده و در مورد حوزه منشا می توان این روش را به عنوان روش مناسب تر انتخاب کرد.

در مورد حوزه طرق ضریب همبستگی روش شماره منحنی بسیار بالاتر از سایر روشها می باشد. ولی اگر به نمودارهای مربوطه مراجعه و مقادیر ضریب نش و RMSE نیز در نظر گرفته شود، هرچند به جرات نمی توان در مورد مدل مناسب تر نظر داد، ولی می توان به صراحت گفت که کارآیی روش شماره منحنی پایین تر از روش جاستین و ICAR است. در مجموع اینگونه از نتایج بر می آید که در حوزه طرق نیز روش جاستین بهترین برآورد را از رواناب سالانه داشته است.

با توجه به جدول 3، روش کوتاین، ICAR، شماره منحنی و تورک را می تواند به ترتیب کارآیی در حوزه های مورد مطالعه مرتب نمود.

4- مراجع

- 1- داودی راد، ع. (1385) "واسنجی روابط تجربی برآورد ارتفاع رواناب و مقایسه آنها با مدل‌های ریاضی برآورد ارتفاع رواناب" مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب اصفهان دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 2- ملکیان، آ.، محسنی، م. و مهدوی، م. (1383) "بررسی کارایی روش شماره منحنی در برآورد عمق رواناب" مجله منابع طبیعی ایران، دانشگاه تهران.
- 3- بشول، ر. (1381) "کاربرد مدل‌های تجربی جهت برآورد رواناب سالانه رودخانه ها در مناطق خشک و نیمه خشک" مجموعه مقالات ششمین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 4- معاضد، ه.، شامحمدی حیدری، ز.، نیکبخت، ن. و شهیدی، ع. (1383) "کالیبراسیون روابط تجربی محاسبه عمق رواناب سالانه را برای حوزه های مرکز و جنوب شرق جلگه خوزستان" مجموعه مقالات اولین کنفرانس منابع آب.
- 5- احمدی، ح.، نورا، ن.، بهنودی، س. و محمدی، م. (1389). "تعیین مناسبترین روش تجربی برآورد رواناب سالانه در حوزه های فاقد آمار غرب گلستان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وطن)" ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- 6- Raghunath, H.M., 1997. Hydrology (Principal-Analysis-Design), New Age International Pub, India.
- 7- مهدوی، م. (1381) "هیدرولوژی کاربردی" جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

- 8- پورمحمدی، س. (1388) "ارزیابی و برآورد اجزای بیلان آبی در حوزه های مناطق خشک با بکارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- 9- خداپرست، (1388) "برآورد دبی های پیک سیلاب با روش HEC-HMS در حوزه سد طرق (خراسان رضوی)" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- 10- 10-American Society of Civil Engineers (ASCE), 2009, Curve number hydrology; state of the practice.