محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱ ، شماره۲ ، تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۱۳۹ تا ۱۵۰

مقایسه سه روش تعیین بده محیط‌زیستی برای رودخانه هرو در حوزه آب منطقه‌ای استان اردبیل

بهمن جباریان امیری[1*]، بهاره خرازی باهری[2]، بابک خیاط رستمی[3]

۱- *دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران*

۲- کارشناس *ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران*

۳- کارشناس ارشد، شرکت آب منطقه ای اردبیل

(تاریخ دریافت ۹۵/۰۸/۲۲ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۲/۱۶)

چکیده

به‌منظور تأمین نیاز اکوسیستم رودخانه لازم است تا بخشی از جریان رودخانه تحت عنوان جریان محیط‌زیستی به خود رودخانه تخصیص‌یافته تا تضمین‌کننده پایداری اکوسیستم رودخانه‌ها باشد چرا که بهره‌برداری از اکوسیستم‌ها و خدمات اکولوژیکی رودخانه‌ها همچون تأمین آب نمی‌بایست توان اکولوژیکی آن‌ها را در داشتن یک زندگی پایدار به خطر بیاندازد. به‌طور کلی هدف از انجام پروژه حاضر، تعیین بده محیط‌زیستی با به‌کارگیری سه روش (مدل‌سازی بارش-رواناب، روش هیدرولوژیک و مدل پارامترهای تغییر هیدرولوژیک) و مقایسه نتایج در حوزه آبخیز آبگرم، رودخانه هروچای، واقع در محدوده مدیریتی شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل است. روش جریان پایه آبزیان بر این مبنا استوار است که میانگین جریان در خشک‌ترین ماه سال برای زندگی ماهیان کافی است مگر این‌که جریان اضافی برای تأمین نیازهای تخم‌ریزی و تولیدمثل لازم باشد. برای انجام این روش از مدل تانک بهره‌جویی شد. در روش منحنی تداوم جریان، آمار در حالت طبیعی جریان تحلیل می‌شود تا بده رودخانه را که در x درصد موارد جریان از آن فراتر می‌رود تعیین نماید؛ و در نهایت مدل تغییر شاخص هیدرولوژیک که برابر بررسی‌های به عمل آمده، با استفاده از این روش می‌توان تغییرات وضعیت رودخانه را ارزیابی کرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در این حوزه آبخیز روش مدل‌سازی منجر نتایج قابل اتکا و استناد شده است و همچنان روش‌های هیدرولوژیکی برآورد بده محیط‌زیستی عملی‌تر بوده و میزان داده‌بری آن‌ها کم است و از این‌رو در زمان کوتاهی قابل محاسبه است. بر همین اساس و طبق روش منحنی تداوم جریان مقدار بده محیط‌زیستی ۰/۱۹۱ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است.

کلید واژگان: بده محیط‌زیستی، مدل تانک، منحنی تداوم جریان، مدل تغییر شاخص هیدرولوژیک

* نویسنده مسئول : تلفن : ۰۲۶۳-۲۲۳۰۴۴ ایمیل : Jabbarian@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

امروزه، دیگر در دنیا به‌طور عام و در ایران به‌طور خاص، کمتر رودخانه یا حوزه آبخیزی را می‌توان یافت که در سیستم طبیعی هیدرولوژیکی آن از طریق ساخت سدها و یا سازه‌های کنترل و انتقال آب دست برده نشده باشد. این امر به همراه خود موضوع مهم تعیین و تأمین حق‌آبه‌های بهره‌برداران مختلف را به همراه آورده که نه تنها به یکی از مشغولیت‌های ذهنی برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب بلکه به یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح در جامعه انسانی بهره‌بردار در حوزه‌های آبخیز تبدیل شده است. در میان بهره‌برداران مختلف از خدمات اکوسیستمی حوزه‌های آبخیز که تولید آب یکی از آن‌ها به‌شمار می‌رود، خود اکوسیستم و زیستمندان رودخانه‌ها نیز از دهه گذشته در کانون توجه برنامه‌ریزان و مدیریت منابع آب و محیط‌زیست قرار گرفته‌اند. به‌طوری که به منظور تأمین نیاز اکوسیستم رودخانه لازم است تا بخشی از جریان رودخانه تحت عنوان جریان محیط‌زیستی به خود رودخانه تخصیص یافته تا تضمین‌کننده پایداری زندگی در اکوسیستم رودخانه‌ها باشد، چرا که بهره‌برداری از اکوسیستم‌ها و خدمات اکولوژیکی رودخانه‌ها همچون تأمین آب نمی‌بایست توان اکولوژیکی آن‌ها را در داشتن یک زندگی پایدار به خطر بیاندازد. همین دلیل با توجه به پیشرفت‌های طرح‌های عمرانی صورت پذیرفته در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل، توجه به نیاز محیط‌زیستی رودخانه‌های آن به‌منظور حفظ حیات در اکوسیستم، در چارچوب تعیین جریان‌های محیط‌زیستی رودخانه‌های آن ضروری و بسیار لازم است. روش‌های متعددی برای برآورد و تعیین جریان محیط‌زیستی رودخانه معرفی شده است که در این تحقیق از سه روش جریان پایه آبزیان، منحنی تداوم جریان و روش تغییر شاخص هیدرولوژیک بهره‌جویی می‌شود. روش جریان پایه آبزیان با استفاده از مدل‌های ادراکی رواناب-بارش، برای اولین بار برای برآورد بده محیط‌زیستی معرفی می‌شود که از طریق شبیه‌سازی جریان سطحی، جریان زیر سطحی، جریان عمقی و جریان پایه با استفاده از مدل تانک مقدار بده محیط‌زیستی برآورد می‌شود. این دسته از مدل‌ها در مقایسه با مدل‌های توزیعی از ساختار ساده‌تری برخوردار هستند. از این‌رو، میزان داده‌های مورد نیاز آن‌ها نسبتاً اندک است. بدین لحاظ در کشورهایی همچون ایران که تهیه و تنظیم داده‌ها کار بسیار وقت‌گیری است، اجرای مدل‌های مذکور با سرعت بیشتری نسبت به مدل‌های توزیعی به انجام می‌تواند برسد. همچنین نتایج مطالعات کتابخانه‌ای نشان می‌دهد که اغلب اوقات رویکرد اصلی پژوهشگران این عرصه، بهره‌گیری از روش منحنی تداوم جریان است که علت آن را در سهولت انجام کار و داده-بری اندک این رهیافت می‌توان جستجو کرد. روش سوم با عنوان مدل تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک روش مطلوبی جهت تعیین رژیم جریان از طریق اهمیت دادن به نقش مهم تغییرات هیدرولوژیک اکوسیستم‌ها است. با استفاده از این‌روش می‌توان تغییرات وضعیت رودخانه را ارزیابی کرد.

Tharme و King (۲۰۰۸) ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها را برای تعیین و ارزیابی مقدار رژیم اولیه رودخانه ضروری دانستند. Poff و همکاران (۲۰۱۰) روشی جدید برای ارزیابی نیازهای جریان محیط‌زیستی، مطابق استانداردهای جریان

Archive of SID

www.SID.ir

محیط زیستی، تعریف کردند. Shokoohi و Hong (۲۰۱۱) دو روش هیدرولوژیکی تنانت و تگزاس و روش هیدرولوژیکی محیط خیس شده با دو الگوریتم شیب منحنی و حداکثر انحنا را در رودخانه صفا رود در شمال بررسی و مقایسه کردند. Stefanidis و همکاران (۲۰۱۶) از روش تغییر شاخص هیدرولوژیک برای ارزیابی رژیم طبیعی جریان Greco و Martino (۲۰۱۶) از همین روش برای ارزیابی جریان زیستی در مقاطع مختلف رودخانه استفاده کردند. Poorghasem و Khalaj (۲۰۰۸) روش ساده شده‌ای برای برآورد حق‌آبه تالاب گاوخونی ارائه کردند و روش مدل زیست‌بوم آبزیان را گسترده‌ترین روش ارزیابی سلامت رودخانه‌ها در حال حاضر دانستند. Bani Hashemi و Bidokhti Taleb (۲۰۰۸) به‌کارگیری روش مدل زیست‌بوم آبزیان را بهترین روش ارزیابی سلامت رودخانه برای ایران معرفی کرده اند. Zolfaghari و همکاران (۲۰۰۹) جریان محیط‌زیستی با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی در تالاب شادگان را بررسی و ارزیابی کردند. Saeedi و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی جریان محیط‌زیستی رودخانه کارون توسط سه روش تنانت، منحنی تداوم جریان و اسماخین، پرداختند. Moridi و همکاران (۲۰۱۱) به معرفی برآورد حداقل نیاز محیط‌زیستی به روش شبیه‌سازی زیستگاه با استفاده از مدل‌سازی هیدرولیکی رودخانه پرداختند. نتایج نشان داد، بده محاسباتی به این روش نسبت به روش مونتانا بیشتر و در برخی موارد کمتر به‌دست‌آمده که این امر نشان‌دهنده نقص‌های موجود در روش مونتانا است. Shaeri Karimi و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی، نیاز محیط‌زیستی رودخانه شهرچای را از رودخانه‌های اصلی حوزه غربی دریاچه ارومیه برآورد کردند. Taghavi و همکاران (۲۰۱۲) حق‌آبه زیست‌محیطی تالاب میانکاله را به روش منحنی تداوم جریان تعیین کردند.

اگرچه بررسی‌های کتابخانه‌ای در مورد روش مدل سازی بارش-رواناب که با به کار گیری مدل تانک به انجام رسیده است نشان می‌دهد که کارهای انجام شده با این روش (Jabbarian Amiri *et al.*, 2016; Cooper *et al.*, 1997; Heryansyah, 2001, Yanto & Setiawan, 2003) صرفاً برای مدل‌سازی بارش-رواناب بوده است ولی بررسی اجزاء و پارامتر های مدل بر اساس شکل -۲ نشان می دهد که از پنجمین جریان جانبی مدل می توان به عنوان دبی محیط زیستی بهره برداری نمود. به‌طور کلی هدف اصلی از انجام پروژه حاضر، تعیین بده محیط‌زیستی در حوزه آبخیز آبگرم در رودخانه هروچای، واقع در محدوده مدیریتی شرکت آب منطقه‌ای اردبیل با به‌کارگیری سه روش (مدل‌سازی بارش-رواناب، روش هیدرولوژیک و مدل پارامترهای تغییر هیدرولوژیک)، مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های سه‌گانه پیش‌تر گفته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز آبگرم رودخانه هروچای در استان اردبیل است که با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع در شمال غربی ایران واقع است. ایستگاه هیدرومتری حوزه‌آبخیز آبگرم در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۱ دقیقه و در ارتفاع ۱۵۳۵ متری از سطح دریا واقع شده است. مساحت این حوزه آبخیز ۵۸۲ مترمربع است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲.۲. روش کار

ابتدا با تهیه نقشه رقومی ارتفاع حوزه‌آبخیز و تعیین موقعیت ایستگاه هیدرومتری و ایستگاه‌های سینوپتیک با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و با تهیه نقشه موقعیت رودخانه‌ها و اصلاح آن بر اساس واقعیت‌های منطقه، مرز حوزه آبخیز با استفاده از افزونه هیدرولوژی[1] تعیین شد. در مرحله بعد با استفاده از سه روش جریان پایه آبزیان، منحنی تداوم جریان و مدل تغییر شاخص هیدرولوژیک، بده محیط‌زیستی رودخانه تعیین شد که در ادامه به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲.۲.۱. روش جریان پایه آبزیان

پژوهش حاضر را در شمار معدود کارهایی می‌توان در نظر گرفت که برای اولین بار از مدل‌های ادراکی بارش–رواناب در برآورد بده محیط زیستی استفاده شده است. مدل تانک در زمره مدل‌های ادراکی بارش رواناب است که یک حوزه آبخیز را به‌صورت یک یا چند تانک (مخزن) در نظر می‌گیرد. شکل ۲ نمای کلی یک مدل تانک استاندارد را برای یک حوزه آبخیز مفروض نشان می‌دهد (Sugawara, 1984) که از چهار مخزن یا تانک و پنج خروجی تشکیل شده است. هر تانک یک جزء از اجزای جریان را در حوزه آبخیز نشان می‌دهد. این تانک‌ها شامل تانک جریان سطحی و زیرسطحی (A)، تانک جریان میانی (B)، تانک جریان زیرپایه (C) و تانک جریان پایه (D) است.

مکانیزیم مدل بدین گونه است که آب باران نخست وارد مخزن بالایی می‌شود به‌طوری که پس از پر کردن مخزن مربوطه، بخشی از آب از راه خروجی‌های کناری و خروجی تحتانی از بخش مربوطه خارج می‌شود و وارد جزء دیگر سیستم می‌شود (Jabbarian Amiri, 2016). خروجی‌های هر مخزن، بده یا جریان‌های آن را شکل می‌دهد. مدل تانک بر اساس معادله بیلان آب در مقیاس حوزه آبخیز به شرح زیر کار می‌کند:

$$\frac{dH}{dt} = P_{(t)} - ET_{(t)} - Y_{(t)}$$ رابطه (۱)

که در آن؛ H: ارتفاع آب به میلی‌متر در روز، P: عمق بارش به میلی‌متر در روز، ET: مقدار تبخیر و تعرق به میلی‌متر در روز، Y: کل جریان برحسب میلی‌متر در روز و T: زمان برحسب روز است. بر اساس مدل تانک، بده رودخانه حاصل جمع خروجی‌های جانبی چهار تانک شبیه‌سازی می‌شود (Sugawara, 1984).

$$Y_{(t)} = Y_a(t) + Y_b(t) + Y_c(t) + Y_d(t)$$ رابطه (۲)

$Y_a(t)، Y_b(t)، Y_c(t)، Y_d(t)$ جریان‌های افقی از چهار تانک هستند؛ که بیلان آبی در هر تانک را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{dH_a}{dt} = P(t) - ET(t) - Y_a(t)$$ رابطه (۳)

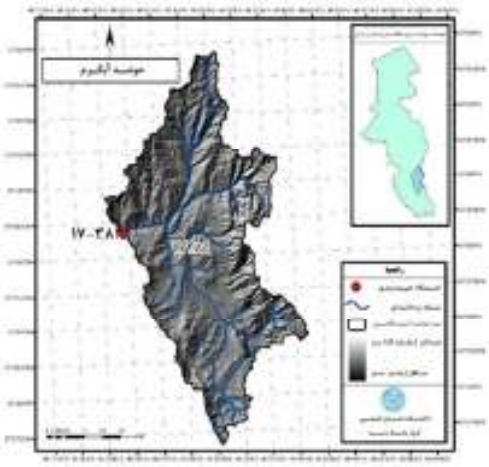
$$\frac{dH_b}{dt} = Y_{a_0}(t) - Y_b(t)$$ رابطه (۴)

$$\frac{dH_c}{dt} = Y_{b_0}(t) - Y_c(t)$$ رابطه (۵)

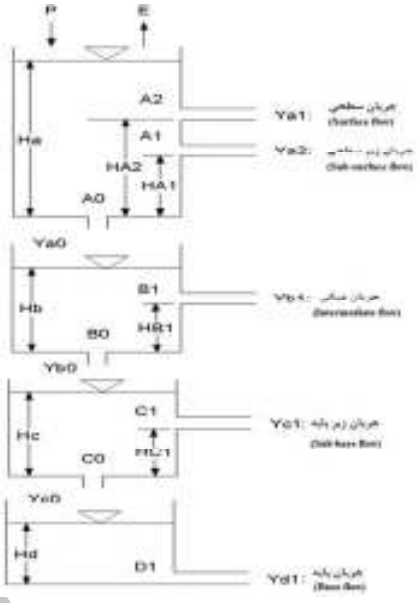
$$\frac{dH_d}{dt} = Y_{c_0}(t) - Y_d(t)$$ رابطه(۶)

1 -Hydrology extention

www.SID.ir



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲ نمای کلی مدل تانک برای یک حوزه آبخیز مفروض

Y_{a0}، Y_{b0} و Y_{c0} نشان‌دهنده جریان‌های افقی از تانک‌های چهارگانه هستند. Y_d و Y_c، Y_b، Y_a در آن نشان‌دهنده جریان‌های عمودی شامل نفوذ سطحی و نفوذ عمقی آب از تانک‌های چهارگانه هستند. کالیبراسیون مدل نیازمند در اختیار داشتن میانگین داده‌های روزانه بده (میلی‌متر بر روز)، بارش روزانه (میلی‌متر بر روز) و تبخیر و تعرق واقعی روزانه (میلی‌متر بر روز) است. با استفاده از داده‌های تشعشع خورشیدی، ابتدا تبخیر و تعرق پتانسیل با به‌کارگیری رابطه هارگریو (رابطه ۷) محاسبه می‌شود. سپس از نقشه کاربری/پوشش سرزمین، برای محاسبه پارامتر تبخیر و تعرق به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی مدل بارش-رواناب (مدل تانک) ایجاد و اصلاح می‌گردد.

رابطه (۷) $ET_0 = 0.0135(T + 17.78)R_s \times \left(\frac{238.8}{595.5-0.55T}\right)$

که در آن؛ ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل به میلی‌متر در روز، R_s میزان تشعشع خورشیدی برحسب

www.SID.ir

مگاژول و T میانگین روزانه دماست. تبخیر و تعرق واقعی تابع مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل و نوع محصولات کشاورزی (در سطح مزرعه) و کاربری سرزمین در (سطح حوضه آبخیز) بر اساس رابطه زیر است:

$$E_v = K_c \times ET_0 \qquad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن؛ E_v تبخیر و تعرق واقعی برحسب میلی‌متر در روز، K_c ضریب تبخیر و تعرق محصول یا طبقه کاربری سرزمین و ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل به میلی‌متر در روز است. به این ترتیب اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل تانک آماده شده و از طریق نرم‌افزار بهینه‌یاب مدل تانک (Yanto, 2003)، که برای بهینه‌یابی پارامترهای مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کند، مدل‌سازی صورت گرفت. در نهایت از مقدار جریان پایه (رابطه ۶) برای برآورد بده محیط زیستی استفاده گردید.

۲.۲.۲. روش منحنی تداوم جریان

در روش منحنی تداوم جریان، آمار در حالت طبیعی جریان تحلیل می‌شود تا بده رودخانه را که در x درصد موارد جریان از آن فراتر می‌رود تعیین نماید. به‌عنوان مثال، در برخی موارد Q_{90} به‌عنوان حداقل جریان محیط‌زیستی تعیین می‌شود که عبارت است از مقدار جریانی که در ۹۰ درصد از مواقع سال، بده رودخانه از آن فراتر می‌رود. برای انجام این روش، داده‌ها به‌صورت نزولی مرتب شد، به هریک از نقاط داده یک شماره ردیف اختصاص داده شد، درصد احتمال رخداد با به‌کارگیری رابطه ۲ محاسبه شد و در نهایت مقدار بده روزانه رودخانه بر روی محور عرض‌ها و درصد احتمال رخداد هر یک از آن‌ها بر روی محور طول‌ها ترسیم گردید و مقدار Q_{90} استخراج شد.

$$p = \frac{n_r}{(N_t+1)} \times 100 \qquad \text{(رابطه ۹)}$$

که در آن؛ p درصد احتمال رخداد، n_r شماره ردیف داده‌های مشاهداتی و N_t شماره کل داده‌های مشاهداتی است.

۲.۲.۳. مدل تغییر شاخص هیدرولوژیک

این روش یکی از مطلوب‌ترین روش‌ها در گروه روش‌های هیدرولوژیک است. هدف آن تهیه یک مجموعه ویژگی‌های آماری از جنبه‌های اکولوژیک رژیم جریان از طبق اهمیت دادن به نقش مهم تغییرات هیدرولوژیک اکوسیستم‌ها است. این روش برای استفاده در رودخانه‌هایی توسعه داده شده است که حفاظت از کارکرد اکوسیستم‌های طبیعی و بومی و حفاظت از تنوع زیستی آن‌ها از اهداف اولیه مدیریت به‌شمار می‌رود. مبنای این روش، این است که رودخانه به‌گونه‌ای مدیریت شود که مقادیر سالانه هریک از پارامترهای تغییر در محدوده تغییرات طبیعی پارامترهای هیدرولوژیک واقع شود. برابر بررسی‌های به عمل آمده، با استفاده از روش تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک می‌توان تغییرات وضعیت رودخانه را بعد از انجام یک یا چند مجموعه کارهای مهندسی همچون سدسازی، با به‌کارگیری یک مجموعه شاخص هیدرولوژیک، ارزیابی کرد. این ارزیابی با مقایسه مقدار شاخص قبل و بعد از انجام کارهای مهندسی به انجام می‌رسد. در میان پارامترهای هیدرولوژیک که در این روش محاسبه و

Archive of SID

www.SID.ir

گزارش می‌شود. دو پارامتر[2] وجود دارد که از آن‌ها برای تعیین بده محیط زیستی رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات صورت گرفته در خارج و داخل کشور (Madadi & Ashrafzadeh, 2013 و The Nature Conservancy, 2009) و نیز بررسی مستندات مدل تغییر شاخص هیدرولوژیکی نشان می‌دهد که بده جریان زیست‌محیطی در مدل مذکور تنها به تعیین Q_{75} متکی است. روش محاسبه Q_{75} مشابه روش منحنی تداوم جریان است که در بخش قبل توضیح داده شده است.

۳. نتایج

۳.۱. تغییرات بده محیط زیستی بر اساس مدل‌سازی بارش-رواناب

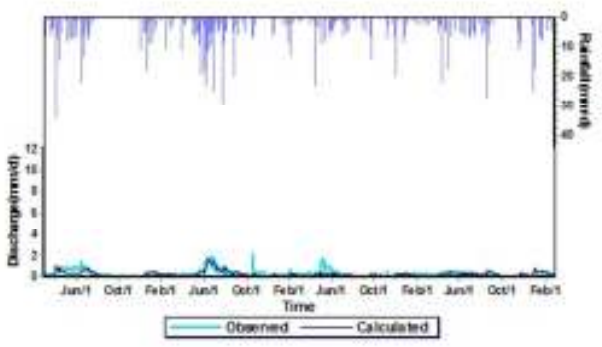
بده محیط زیستی در حوزه آبخیز مذکور برابر ۰/۰۴۵ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. بر اساس جدول ۲ کارایی مدل برابر ۰/۵۲۰ است. مقدار سنجه نش-ساتکلیف نیز برابر ۰/۵۲۰ است. از آن‌جایی که معیار بزرگ‌تر از ۰/۵ است، نتایج قابل اتکا است. بده جریان محیط‌زیستی نیز معادل ۱/۷۴ درصد از بده متوسط سالیانه در رودخانه حوزه آبخیز مذکور است. این بده جریان معادل Q_{97} در منحنی تداوم جریان روزانه این رودخانه است. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب شبیه‌سازی بده رودخانه و تغییرات بده محیط‌زیستی را در واحد زمان نشان می‌دهد. در جدول ۱ نتایج کمی بده جریان محیط زیستی برای حوزه آبخیز رودخانه هروچای به تشریح آورده شده است. به‌منظور تحلیل نتایج مدل‌سازی از شاخص نش-ساتکلیف (EI) استفاده شده است. این سنجه برای نخستین بار توسط نش ساتکلیف در سال ۱۹۷۰ معرفی شد. مقدار آن عبارت است از بزرگی نسبی واریانس مقادیر باقی‌مانده در مقایسه با واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده. این سنجه نشان می‌دهد که به چه میزان نمودار نقاط مشاهده شده نسبت به نقاط مدل‌سازی شده، خط یک به یک را برازش می‌دهد. مقدار عددی این سنجه بین منفی بی‌نهایت تا یک تغییر می‌کند. چنان‌چه مقدار این سنجه برابر یک شود، نشان‌دهنده هم‌خوانی کامل میان نقاط اندازه‌گیری شده و نقاط مدل‌سازی شده است. معیار قضاوت در مورد کارایی مدل عدد ۰/۵ است. چنان‌چه مقدار سنجه نش-ساتکلیف مساوی یا بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد، نتایج مدل‌سازی قابل اعتماد است و می‌توان از آن استفاده کرد.

به‌منظور تحلیل نتایج مدل‌سازی از شاخص نش-ساتکلیف (EI) استفاده شده است. این سنجه برای نخستین بار توسط نش ساتکلیف در سال ۱۹۷۰ معرفی شد. مقدار آن عبارت است از بزرگی نسبی واریانس مقادیر باقی‌مانده در مقایسه با واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده. این سنجه نشان می‌دهد که به چه میزان نمودار نقاط مشاهده‌شده نسبت به نقاط مدل‌سازی شده، خط یک‌به‌یک را برازش می‌دهد. مقدار عددی این سنجه بین منفی بی‌نهایت تا یک تغییر می‌کند. چنان‌چه مقدار این سنجه برابر یک شود، نشان‌دهنده هم‌خوانی کامل میان نقاط اندازه‌گیری شده و نقاط مدل‌سازی شده است. معیار قضاوت در مورد کارایی مدل عدد ۰/۵ است. چنان‌چه مقدار سنجه نش-ساتکلیف مساوی یا بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد، نتایج مدل‌سازی قابل اعتماد است و می‌توان از آن استفاده کرد.

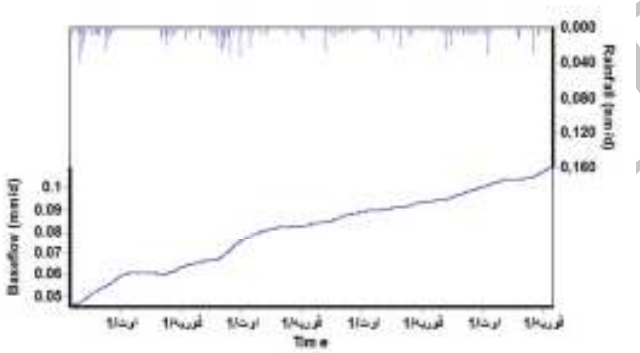
2- Q_{75} and Q_{90}

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳: شبیه‌سازی بده رودخانه در حوزه آبخیز بگرم- رودخانه هروچای (۱۷۳۸۱)



شکل ۱: تغییرات بده محیط زیستی رودخانه در حوزه آبخیز آبگرم- رودخانه هروچای (۱۷۳۸۱)

جدول ۱ نتایج کمی بده جریان محیط زیستی برای حوزه آبخیز آبگرم- رودخانه هروچای (۱۷۳۸۱)

ماه	بده جریان محیط زیستی
فروردین	۰/۰۵۲
اردیبهشت	۰/۰۵۳
خرداد	۰/۰۵۳
تیر	۰/۰۵۴
مرداد	۰/۰۵۵
شهریور	۰/۰۵۶
مهر	۰/۰۵۷
آبان	۰/۰۵۷
آذر	۰/۰۵۷
دی	۰/۰۵۸
بهمن	۰/۰۵۸
اسفند	۰/۰۶۰

جدول ۲ شاخص‌های کارایی مدل تانک برای حوزه آبخیز رودخانه هروچای

شماره ایستگاه	ضریب تعیین[۳]	میانگین خطای مطلق[۴]	میانگین خطای نسبی[۵]	ریشه دوم میانگین خطا[۶]	شاخص کارایی مدل[۷]
۱۷۳۸۱	۰/۵۲۰	۰/۱۲۹	۰/۵۵۹	۰/۲۰۲	۰/۵۲۰

3- R^2
4 -MAE
5 -MRE
6 -RMSE
7 -EI

Archive of SID
www.SID.ir

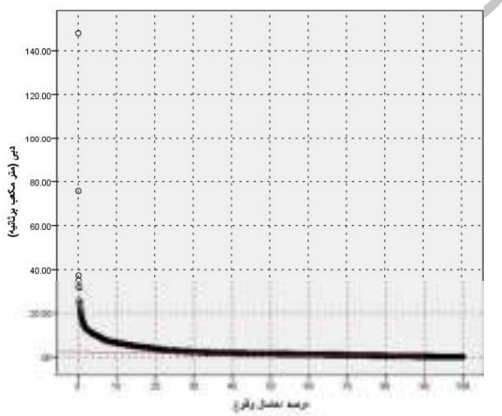
۳.۲. بده محیط زیستی به روش منحنی تداوم جریان

بده محیط‌زیستی، بر اساس روش منحنی تداوم جریان برابر ۰/۱۹۱ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. شکل ۵ نمایش گرافیکی محاسبه بده محیط‌زیستی را نشان می‌دهد. مقدار Q_{90} نیز معادل ۷/۳۸ درصد از بده متوسط سالیانه در رودخانه حوزه آبخیز مذکور است.

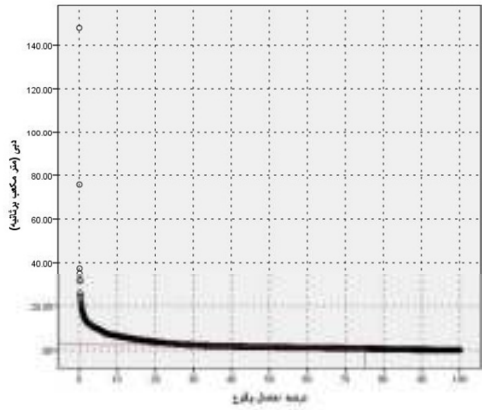
۳.۳. بده محیط‌زیستی بر اساس مدل تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک

بده محیط‌زیستی، بر اساس آمار ایستگاه هیدرومتری نام برده شده برابر ۰/۶۵۶ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. مقدار Q_{75} نیز معادل ۲۵/۳۴ درصد از بده متوسط سالیانه در رودخانه حوزه مذکور است. شکل ۶ نمایش گرافیکی محاسبه بده محیط زیستی را نشان می‌دهد.

جدول ۳ نتایج به‌دست‌آمده برای برآورد مقادیر بده محیط‌زیستی را با به‌کارگیری سه روش مدل‌سازی رواناب-بارش، روش تحلیل آماری و روش هیدرولوژیک نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمایش گرافیکی محاسبه بده محیط زیستی Q_{90} برای حوزه رودخانه هروچای (۱۷۳۸۱)



شکل ۶: نمایش گرافیکی محاسبه بده محیط زیستی Q_{75} برای حوزه رودخانه هروچای (۱۷۳۸۱)

www.SID.ir

جدول ۳ مقایسه سه روش برآورد بده سیلابی در منطقه مورد مطالعه

شماره ایستگاه هیدرومتری	نام رودخانه	بده جریان متوسط سالانه (m^3/s)	روش برآورد بده محیط‌زیستی (m^3/s)			روش برتر
			مدل‌سازی بارش-رواناب	منحنی تداوم جریان	مدل تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک	
۱۷۳۸۱	هروچای	۰/۲۳۰	۰/۰۴۵	۰/۱۹۱	۰/۶۵۶	مدل‌سازی بارش-رواناب

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش که با هدف تعیین بده محیط زیستی در حوزه آبخیز هرو واقع در محدوده مدیریتی شرکت آب منطقه‌ای اردبیل انجام شد. به‌کارگیری سه روش گوناگون در تعیین جریان محیط زیستی منجر به کسب نتایج و تجربیاتی شده است و مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که هریک از روش‌های انجام گرفته، نتایج گوناگونی برای بده محیط‌زیستی رودخانه‌های استان ارائه داده است، کم‌ترین مقدار برآورد جریان محیط‌زیستی مربوط به روش مدل‌سازی بارش-رواناب بوده است که علت آن را می‌توان استفاده از سایر پارامترهای محیطی (میانگین داده‌های روزانه بده، بارش روزانه و تبخیر و تعرق واقعی روزانه)، علاوه بر اطلاعات بده رودخانه، دانست. در صورتی که روش‌های منحنی تداوم جریان و تغییر شاخص هیدرولوژیک صرفاً متکی به داده‌های جریان است. مقدار بده محیط‌زیستی که از طریق روش تغییر شاخص هیدرولوژیک به‌دست‌آمده است، بیش‌تر از مقدار بده محیط زیستی از روش تداوم جریان است. از این‌رو انتخاب و اجرای مقادیر بده محیط‌زیستی در اختیار مدیر حوزه‌آبخیز رودخانه مربوطه است؛ که کدام یک از مقادیر گزارش شده را برگزینند. آشکار است که ارقام حاصل از روش مدل‌سازی و منحنی تداوم جریان برای تأمین بده محیط‌زیستی و لزوم تأمین سایر حق‌آبه‌های هر حوزه‌آبخیز محافظه‌کارانه‌تر خواهد بود. با گزینش و اجرای بده محیط‌زیستی حاصل از به‌کارگیری روش تغییر شاخص هیدرولوژیک، کفه ترازو به سمت تأمین حق‌آبه محیط‌زیستی سنگین‌تر خواهد بود. با این وجود روش مدل‌سازی بارش- رواناب در تعیین بده محیط زیستی یک رودخانه بسیار زمان‌بر است و با توجه به ویژگی این مدل‌ها، مدل‌ساز به داده‌های زیادی نیاز دارد. لازم به توضیح است فرآیند مدل‌سازی همواره با یک مجموعه عدم قطعیت در رابطه نتایج مدل‌سازی مواجه است که خود می‌تواند ناشی از کیفیت داده‌ها، متغیرها و ساختار مفهومی مدل باشد. در این رابطه به‌طور مشخص به عدم قطعیت مربوط به کارایی مدل می‌توان اشاره کرد. در این تحقیق استفاده از مدل‌های ادراکی بارش- رواناب به‌جای مدل‌های فیزیکی برای برآورد بده محیط‌زیستی بررسی شد که در همین راستا برای اولین بار از مدل تانک برای مدل‌سازی استفاده گردید و همان‌طورکه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در حوزه آبخیز مطالعاتی روش مدل‌سازی منجر نتایج قابل اتکا و استناد (نش ساتکلیف مساوی یا بزرگ‌تر از ۰/۵) شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین از قابلیت‌های این روش می‌توان به برآورد ماهانه میزان جریان محیط زیستی اشاره کرد. با این وجود همچنان روش‌های هیدرولوژیکی برآورد بده محیط‌زیستی (شامل محاسبه Q_{75}، Q_{90}) به علت میزان داده‌بری کم آن‌ها، عمومیت داشته و عملی‌تر بوده و ازاین‌رو در زمان کوتاهی قابل محاسبه است در صورتی که برای برآورد بده محیط‌زیستی به روش مدل تانک، تهیه و آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز دشوار و زمان‌بر بوده و در نتیجه احتمال خطا نیز افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود اقدامات لازم برای تهیه یک طرح مطالعاتی بهسازی و احیا رودخانه، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، با هماهنگی گروه محیط‌زیست شرکت آب منطقه‌ای اردبیل برای این رودخانه در استان، انجام شود. تهیه و اجرای طرح مطالعاتی بهسازی و احیای رودخانه می‌تواند آن شرکت را میان شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور تبدیل به یک الگو و حامی و حافظ محیط‌زیست آبی در کشور نماید.

۵. تقدیر و تشکر

مقاله حاضر بخشی از نتایج به‌دست‌آمده از پروژه تعیین جریان محیط‌زیستی رودخانه‌های استان اردبیل است که با حمایت مالی و مساعدت نهادی شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل در چارچوب قرارداد تحت قرارداد شماره ۱۳۴۴۹/۹۰۰ مورخ ۱۰/۰۴/ ۱۳۹۳با کد ۷۵۰۴-۱۲۶۶۵۵ ، به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از آقای مهندس عارف انوار در کمیته تحقیقات نیز به خاطر کمک‌های بی‌دریغشان در انجام این پروژه کمال تشکر را دارد.

References

Armanini, D.G., Demartini, D., Chaumel, A.I., Linnansaari, T., Monk, W.A., St-Hilaire, A. and Curry, R.A., 2015. Environmental Flows Guidelines for Resource Development in New Brunswick.

Cooper, V.A., Nguyen, V.T.V. and Nicell, J.A., 1997. Evaluation of global optimization methods for conceptual rainfall-runoff model calibration. *Water Science and Technology*, *36*(5), pp.53-60.

Forests, Range and Watershed management organization. 2015 Land use map of Ardebil, Iran.

Greco, M. and Martino, G., 2016, April. Preliminary assessment of Eflows on Lucanian Rivers through IHA implementation. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 18, p. 564).

Heryansyah, A., 2001. Application of tank model on runoff and water quality for land uses management in Cidanau watershed. Master's Thesis. Bogor Agricultural University. Bogor. Indonesia

Iran water resource management company, 2015. Ardebil province hydrometric data, Iran,

Iran meteorological organization, 2015. Ardebil province meteorological data

Jabbarian Amiri, B.; Fohrer, N.; Cullmann, J.; Hörmann, G.; Müller, F. and Adamowski, J., 2016. Regionalization of tank model using landscape metrics of catchments. Water resource management, pp. 1-21.

Khalaj, A., Poorghasem, M., 2009. Eflow; a way to reduce wetland problems, the first national conference on Iran wetlands, Ahvaz branch of azad university, Ahvaz.

www.SID.ir

King, J. M.; Tharme R. E. & Villiers. M. (eds). 2008. Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology, Water Research Commission Technology Transfer, 340 pp.

Madadi H, Ashrafzadeh M R., 2013. Impacts of Karkheh Dam on Spatial Pattern of Riparian Zones in Karkheh National Park. Iranian Journal of Applied Ecology 3. 1 (2):1-14 (In Persian)

Moridi, A., Sarang, A., Tofigh, M., Eftekharian, L., 2011. Estimation of eflow of dams. The 2nd Iranian National Conference on Applied Research in Ware Resources, zanjan water resource co.

Poff, N., Richter, B., Arthington, A., Bunn, S., Naiman, R., Kendy, E., and Acreman, M., 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards. J. of Freshwater Biology, 55, 147-170.

Saeedi, P., Aslani, N., Noori, R., Nazariha, M., 2011. Environmental flow assessment by three methods. The 5th conference of environmental engineering, environment department, university of Tehran, Tehran.

Shokoohi, A., and Hong, Y., 2011. Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of pernnial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats, Case study: Mazandaran Sea Basin-Iran. J. of Hydrol. Process., 25, 3490-3498. (In Persian)

Shaeri Karimi, S., Yasi, M., and Eslamian, S., 2012. Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach. International J. of Environmental Science and Technology, 9, 549-558. (In Persian)

Statistical center of Iran, 2014. Ardabil Province Statistical Yearbook's data.

Stefanidis, K., Panagopoulos, Y., Psomas, A. and Mimikou, M., 2016. Assessment of the natural flow regime in a Mediterranean river impacted from irrigated agriculture. Science of The Total Environment, 573, pp.1492-1502.

Sugawara M, 1974. Tank model and its application to Bird Creek,Wollombi Brook, Bikin River, Kitsu River, Sanaga River and Nam Mune. Research note of the National Research Center for disaster prevention, No. ll:1-64.

Sugawara M, Watanabe I, Ozaki E, Katsuyama Y, 1984. Tank model with snow component. Research notes/Nat. research center for disaster prevention.

Taleb Bidokhti, N., Bani Hashemi, B., 2008. Environmental flow. The second conference of environmental engineering, environment department, university of Tehran, Tehran.

Tharme RE, 1996. Review of international methodologies for the quantification of the instream flow requirements of rivers. Water Law Review: final report for policy development, South African Department of Water Affairs and Forestry. Freshwater Research Unit: University of Cape Town: Pretoria.

Tharme RE, 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River research and applications, 19(5-6), pp.397-441.

The Nature Conservancy, 2009. Indicators of Hydrologic Alteration,Version 7.1, User's Manual.

Verstraeten WW, Muys B, Feyen J, Veroustrate F, Minnaert M, Meiresonne L, De Schrijver A, 2005. Comparative analysis of the actual evapotranspiration of Flemish forest and cropland, using the soil water balance model WAVE. Hydrology and Earth System Sciences. 9: 225-241.

Yanto R, Setiawan BI, 2003. Optimization of Tank Model using genetic algorithm, Department of Agricultural Engineering, IPB, Bogor, Indonesia. Seen 27 February 2013 at http://web.ipb.ac.id/~budindra/

www.SID.ir