نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۹

ISSN 2251-7480

ارزیابی و اصلاح روش تگزاس به عنوان یک روش هیدرولوژیکی برای ارائه رژیم اکولوژیکی در رودخانه‌های دائمی

بهناز ختار[۱]، علیرضا شکوهی[۲]

۱)دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

۲*) استاد گروه گروه مهندسی آب دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، کد پستی۳٤۱٤۸۹٦۸۱۸

*نویسنده مسئول مکاتبات: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰٦ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲٦

چکیده

در این مطالعه به ارزیابی روش تگزاس و توسعه این روش برای تعیین جریان زیست محیطی رودخانه‌ها پرداخته شده است. این روش هیدرولوژیکی در حالیکه از حداقل داده‌ها برای تخصیص جریان زیست محیطی استفاده می‌نماید در مقابل روش هیدرولوژیکی تنانت قرار داشته و قابلیت تجویز جریان برای حفظ رژیم اکولوژیکی رودخانه‌ها را داراست. دراین مقاله بعد از اثبات ارزش روش مزبور و مشاهده وجود اختلافاتی در نتایج کار با رژیم تاریخی مشاهده شده در مطالعه موردی، روش تگزاس توسعه داده شد به نحوی که نتایج حاصل از آن توانست علاوه بر حفظ مبانی روش بنیادی، بین دو باند حداقل و میانگین جریان ماهانه تاریخی قرار گیرد. برای ارزیابی دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده، از منظر کل حجم جریان تخصیص یافته به جریان زیست محیطی، نتایج حاصل از آن‌ها با سناریوی مشابه در روش تنانت مقایسه گردید. در این حالت حجم آب تخصیص یافته به محیط زیست در روش تگزاس اصلاح شده ۵۰٪ ، در روش تگزاس ۴۷٪ و در روش تنانت ۴۰ تا ۶۰٪ آورد سالانه رودخانه برآورد گردید. این مقاله با توجه نتایج بدست آمده در مطالعه موردی نشان می‌دهد که با استفاده از دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده بجای روش تنانت و ارتقای آنها به حد یک روش بومی، می‌توان به نتایجی قابل مقایسه با نتایج روش‌های شبیه‌سازی زیستگاه و جامع دست یافت.

کلید واژه‌ها: جریان زیست محیطی؛ روش هیدرولوژیکی تنانت؛ روش تگزاس؛ روش تگزاس اصلاح شده؛ رژیم اکولوژیکی

مقدمه

طرح‌های توسعه منابع آب و کشاورزی در کنار اثرات مثبت اقتصادی و اجتماعی، منجر به ایجاد تغییراتی در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ها و کاهش آب‌های سطحی پایین‌دست می‌شوند. این امر به نوبه خود موجب بروز اثرات منفی در اکوسیستم رودخانه شده و بقای آن را به خطر می‌اندازد (استاندارد صنعت آب و آبفا، ۱۳۹۰). آثار تغییرات کمی وکیفی آب رودخانه بطور معمول در اکوسیستم پایین دست ظاهر می‌شود (احمدپور و یاسی، ۱۳۹۳). نحوه‌ی دسترسی به آب و مصرف آن همواره در سراسر دنیا مورد بررسی قرار گرفته است، اما در مقام مقایسه ارزیابی قابل توجهی در مورد نیاز آبی اکوسیستم‌ها صورت نگرفته است. امروزه با توجه به بحرانی که

گریبانگیر طبیعت و محیط‌زیست شده بر همگان واضح است که در مطالعات مربوط به رودخانه‌ها، سهم معینی از آب باید برای حفظ اکوسیستم‌های آبی در نظر گرفته شود (عبدی و همکاران، ۱۳۹٤؛ Poff and Zimmerman, 2010; McClain et al., 2014; Tsai et al., 2016). در این راستا و در مواجهه با برداشت بی‌رویه از رودخانه‌ها، روش‌های ارزیابی جریان زیست محیطی سعی در تعیین استانداردهایی دارند که تا حد ممکن از وارد آمدن آسیب به زیستگاه آبی و غیرآبی جلوگیری شود (استاندارد صنعت آب و آبفا، ۱۳۹۰؛ Shokoohi and Hong, 2011; Bahukandi and Gao et al., 2012; (Nikghalb et al., 2016; Ahuja, 2013; Zhang et al., 2015;. در تعریف جریان زیست محیطی (Poff et al., 2010) آن را جریانی می‌دانند که با برقراری‌اش کیفیت، کمیت و زمانبندی مناسب برای حفظ جریان آب سالم در رودخانه تضمین شده و رفاه جامعه انسانی تأمین می‌گردد. روش‌های تعیین جریان زیست محیطی را بطور کلی می‌توان در چهار دسته هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌ساز زیستگاه و روش‌های جامع‌نگر قرار داد (Tharme, 2003). انتخاب بهترین روش برای تخصیص جریان زیست محیطی در یک رودخانه به عوامل زیادی نظیر سطح حفاظت از رودخانه، اهمیت تقلید از رژیم طبیعی رودخانه (که خود به عامل قبلی بستگی دارد)، دسترسی به داده، سادگی روش و در نهایت سهولت کاربرد دارد (king et al., 2008; Arthington et al., 2006). در حالی که برخی روش‌ها، با صرف هزینه‌های ناچیز در آماده‌سازی اطلاعات موردنیاز، حداقل حق‌آبه زیست محیطی را تعیین می‌کنند، روش‌های دیگری وجود دارند که هزینه و زمان زیادی برای تعیین رژیم جریان اکولوژیکی مناسب و تشخیص اجزای گیاهی و غیرگیاهی رودخانه صرف می‌کنند (زرعکانی و همکاران، ۱۳۹٦؛ Zhang et al., 2016).

بررسی روش‌های مختلف تعیین جریان زیست محیطی در ایران از سابقه چندان طولانی برخوردار نمی‌باشد. در این بخش سعی شده است تا بیشتر به کار پژوهشگران ایرانی در زمینه تعیین جریان زیست محیطی پرداخته شود. یکی از اولین کارهای مستند در این خصوص مربوط به استاندارد صنعت آب و آبفا (۱۳۹۰) است که در کتابچه‌ای تحت عنوان " راهنمای تعیین حداقل آب مورد نیاز اکوسیستم‌های آبی " و بعد از ابلاغیه وزارت نیرو در سال ۱۳۸٦مبنی بر استاندارد اعلام کردن روش تنانت برای تخصیص جریان زیست محیطی رودخانه‌ها به تشریح کلیه روش‌های تعیین جریان زیست محیطی پرداخته است. شکوهی و هانگ (۱۳۹۰) و Shokoohi and Hong (2011) در بررسی مخاطرات استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی نظیر تنانت و Q95 با انجام مطالعه موردی بر روی رودخانه صفارود رامسر به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش‌های مزبور بدون بررسی مشابهت خاستگاه روش تنانت و رودخانه‌های ایران می‌تواند به فاجعه‌ای زیست‌محیطی منجر شود و در مقابل، استفاده از روش‌های هیدرولیکی را در صورت فراهم بودن داده‌هایی نظیر مقاطع عرضی رودخانه توصیه نمودند. پورصالحان و همکاران (۱۳۹۱) طی انجام مطالعاتی بر روی رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویر احمد به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش تنانت جریان زیستی در این رودخانه را کم برآورد نموده و باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی برای اکوسیستم رودخانه می‌شود. Mirkhourki et al. (2012) به این نتیجه رسیدند که روش هیدرولوژیکی برای برآورد مقدار جریان زیست‌محیطی بهتر است ولی برای فصول مختلف باید مقادیر جریان زیست‌محیطی متفاوتی را در نظر گرفت. آنها همچنین بیان کردند که اگر چه روش اسماختین که یکی دیگر از روش‌های هیدرولوژیکی میباشد، در برآورد مقدار جریان زیست محیطی بسیار دقیق‌تر از روش تنانت می‌باشد، ولی روش تنانت با برقراری مقدار جریان‌های متفاوت در دو فصل مختلف از نظر اقتصادی نتایج قابل قبول‌تری بدست می‌دهد. Shokoohi and Amini (2014) در ارزیابی روش‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی بر روی رودخانه کاظم رود در عباس‌آباد (تنکابن) به این نتیجه رسیدند که روش‌های تنانت و Q95 می توانند برای رودخانه

مزبور با تخصیص حداقل جریان ثابت برای رودخانه منجر به حذف خدمات اکولوژیکی رودخانه مزبور شده و در عوض روش‌های هیدرولیکی با تخصیص نزدیک به ۸۰ درصد آورد رودخانه به جریان زیست محیطی اگرچه نیاز زیست محیطی رودخانه را تأمین می‌نمایند ولی ممکن است به نتایجی غیر قابل اجرا در ایران برسند. این دو محقق با ارائه یک روش ترکیبی از روش‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی میزان تخصیص را در عین حفظ سلامت رودخانه به ۵۰ درصد کاهش دادند. شاعری کریمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی نیاز زیست محیطی رودخانه شهرچای در حوضه دریاچه ارومیه را برآورد کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مقادیر محاسباتی از روش انتقال منحنی تداوم جریان در مقابل روش تنانت، به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات اکولوژیک رودخانه نسبت به سایر روش ها برتری دارد. خان‌محمدی فلاح و شکوهی (۱۳۹۷) از مدل RVA جهت تبیین جریان اکولوژیکی رودخانه‌ها به منظور تعیین جریان زیست‌محیطی استفاده کردند. در این مطالعه که بر روی رودخانه کاظم‌رود در عباس‌آباد تنکابن صورت گرفت نشان داده شد که بسیاری از روشهای هیدرولوژیکی نظیر تنانت و Q95 از دقت و سازگاری لازم با محیط زیست رودخانه برخوردار نمی‌باشند. در این تحقیق روش RVA با این فرض که از سادگی روشهای هیدرولوژیکی برخوردار است و در عین حال می‌تواند نتیجه‌ای نزدیک به روشهای شبیه‌ساز زیستگاه بدست دهد، مورد آزمون قرار گرفت. روش RVA جریان زیست محیطی حداقلی بدست می‌دهد که می‌تواند تمام معیارهای مورد انتظار برای حفظ محیط‌زیست در رودخانه را ارضا نماید. نادری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه بر روی مدیریت بوم سازگان‌های رودخانه‌ای و جریان لازم برای تداوم حیات سیستم‌های اکولوژیکی وابسته به رودخانه با بکارگیری طیفی از روش‌های هیدرولوژیکی در مقابل روش اکوهیدرولیکی سیفا نشان دادند که استفاده از سه روش هیدرولوژیکی تنانت، اسماختین و تداوم جریان می‌تواند مخاطرات زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. روش‌های شبیه‌ساز ایستگاه نیز در چند مورد در ایران بکار گرفته شده‌اند. صدیق کیا و همکاران (۱۳۹٤) با مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی تنانت و حداقل منطقه‌ای آتلانتیک و همچنین روش هیدولیکی محیط خیس شده با روش شبیه ساز زیستگاه و برآورد منحنی مطلوبیت زیستگاه برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در رودخانه دلیچای به این نتیجه رسیدند که روش‌های هیدرولوژیکی کم برآورد و روش هیدرولیکی بیش برآورد بوده و هیچکدام برای تخصیص جریان زیست محیطی مناسب نمی‌باشند. Nikghalb et al. (2016) توانستند با بکارگیری دو مدل PHABSIM و River2D بر روی رودخانه کاظم‌رود نشان دهند که ملاحظه شرایط واقعی اکولوژیکی و در نظر گرفتن منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه برای ماهیان منتخب به عنوان موجودات رأس هرم غذایی می‌تواند نتایجی کاملاً متفاوت با روش‌های هیدرولوژیکی تنانت و Q95 بدست دهد. آنان به این نتیجه رسیدند که اعمال رژیم اکولوژیکی برای تعیین جریان زیست محیطی اجباری است و نمی‌توان فقط به یک رقم ثابت برای تمام سال و یا بخشی از آن اکتفا نمود. نادری و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از مدل PHABSIM و برآورد منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه برای سیاه ماهی در رودخانه قره‌سوی گرگان جریان متغیر ماهانه را تحت عنوان جریان اکولوژیکی بدست آوردند. در مقایسه با دو روش هیدرولوژیکی تاسمن و آرکانزاس که بترتیب ٤٤ و ٦٤ درصد آورد سالانه را به جریان زیست‌محیطی اختصاص می‌دادند روش شبیه‌ساز زیستگاه ۸۵ درصد آورد سالانه را به جریان زیست‌محیطی اختصاص می‌داد. نادری و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل River2D توانستند منحنی مطلوبیت زیستگاه برای سیاه ماهی در رودخانه زرین‌گل را برآورد کرده و بدین‌ترتیب نیاز زیست محیطی متغیر ماهانه را به عنوان رژیم اکولوژیکی معرفی نمودند. دبی‌های اختصاص یافته در همه ماه‌ها نزدیک به دبی متوسط ماهانه رودخانه بدست آمد. نکته مشترک اول در همه تجربیات صورت گرفته به‌روش شبیه‌سازی زیستگاه،

اولا تخصیص رژیم متغیر ماهانه به تقلید از رژیم تاریخی (متوسط دراز مدت جریان ماهانه) در رودخانه است. نکته مشترک دوم در همه آنها حجم بالای جریان تخصیص یافته به محیط زیست و بالاخره نکته مشترک سوم حجم زیاد کار صحرایی و مدت زمان معنی‌داری بود که برای تأمین اطلاعات لازم برای روش شبیه‌ساز زیستگاه صرف گردید. تجربیات مربوط به روش‌های هالستیک در ایران عملاً وجود ندارد و دو تجربه شاخص در این رسته مربوط می‌شود به نوری قیداری و همکاران (۱۳۹۰) و زرعکانی و همکاران (۱۳۹٦). در هر دوی این تجربیات از اصول کلی مورد استفاده در روش BBM (King et al., 2008) استفاده شده است. در حالیکه در روش BBM رودخانه از پیش برحسب وضعیت زیست محیطی موجود به چهار کلاس نامناسب تا عالی یعنی از کلاس D تا A تقسیم می‌گردد، نوری قیداری و همکاران در بکارگیری روش مزبور بر روی رودخانه گمبرچای در آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که روش تنانت، رودخانه را با اعمال عددی ثابت در حد کلاس D و روش هیدرولیکی رودخانه را عملاً در حد کلاس‌های B و A حفظ می‌نماید. تنها تجربه از دسته تجربیات هالستیک در ایران که در آن علاوه بر جریان زیست محیطی اکولوژیکی، برای حفظ شرایط زیستگاه در آبراهه اصلی با درنظر گرفتن جریانهای کم و متوسط، به جریان‌های سیلابی برای شستشوی رسوبات و همچنین تغذیه بستر سیلابی توجه شده است مربوط به تحقیقی می‌شود که زرعکانی و همکاران (۱۳۹٦) در رودخانه کاظم‌رود تنکابن داشته‌اند. شایان ذکر است که هیچکدام از این دو تجربه به مسائل سیاسی- اقتصادی- اجتماعی مربوط به اندرکنش منافع بهره‌برداران از رودخانه‌ها و سلامت محیط زیست رودخانه‌ها نپرداخته و در محدوده مسائل اکوهیدرولوژیکی باقی مانده‌اند.

یکی از مشوق‌های مهم برای انجام تحقیق حاضر توسعه یک روش ساده برای تخصیص جریان زیست‌محیطی است به نحویکه علاوه بر نیاز به کمترین داده و همچنین صرف کمترین سرمایه مالی و زمانی برای آماده‌سازی مدل، اولاً بتواند به نتیجه‌ای هماهنگ با طبیعت برسد و در ثانی براحتی بومی‌سازی شود. بومی سازی مدل تخصیص جریان، مورد توجه تقریبا همه محققین در همه جای دنیا می‌باشد. Olsen et al. (2013) طی انجام پژوهشی در جهت ارزیابی جریان زیستی برای منطقه‌ای در دانمارک چنین پیشنهاد کردند که برای ارزیابی جریان زیستی در یک منطقه باید از مدل‌های واسنجی شده بر اساس شرایط اقلیمی همان منطقه استفاده کرد. همچنین بیان کردند که در واسنجی کردن مدل هیدرولوژیکی، هدف اصلی باید هماهنگی با رژیم تاریخی باشد و عوامل موثر بر آن با دقت زیادی مورد بررسی قرار گیرد تا مدل نسبت به آنها بطور دقیق‌تری واسنجی گردد. Yin, et al. (2015) با انجام تحقیقاتی بر روی مخازن بزرگ چنین بیان کردند که اگر چه احداث سدها و مخازن بزرگ برای تولید برق آبی مفید است ولی اثرات منفی آن بر رودخانه و اکوسیستم آن بیشتر است. آنها بیان کردند که برای محاسبه ظرفیت ذخیره مخزن باید به مسأله حفاظت رودخانه و اکوسیستم آن توجه شود. آنها برای حل این مشکل مدلی را ارائه دادند و بیان کردند که باید این مدل برای استفاده در هر حوضه بر اساس شرایط توپوگرافی، زیست محیطی و ... همان حوضه واسنجی گردد.

مطالعات انجام شده در ایران (شکوهی و هانگ، ۱۳۹۰؛ Shokoohi and Hong, 2011؛ پورصالحان و همکاران، ۱۳۹۱؛ Shokoohi and Amini, 2014؛ صدیق‌کیا و همکاران، ۱۳۹٤، شاعری و همکاران، ۱۳۹۵؛ زرعکانی و همکاران، ۱۳۹٦؛ خان‌محمدی فلاح و شکوهی، ۱۳۹۷؛ Nikghalb et al., 2016؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۸) نشان داد که روش تنانت علیرغم سهولت بکارگیری و داده‌های اندک مورد نیاز نمی‌تواند نتایج قابل قبولی را برای تعیین جریان زیست محیطی در شرایط هیدرومتئورولوژیکی ایران بدست دهد. براین اساس در پژوهش حاضر سعی شد با ارزیابی روش کمتر شناخته شده تگزاس در ایران و نشان دادن پتانسیل‌های این روش، به مقایسه آن با روش تنانت اقدام شود و در واقع از روش تنانت برای راستی آزمایی و ارزیابی حجم جریان

توصیه شده در روش تگزاس استفاده به عمل آمد. همانطور که در بخش‌های بعد ملاحظه خواهد گردید یکی دیگر از دستاوردهای این تحقیق آن است که در ارزیابی عملکرد و کارکرد روش تگزاس در مطالعه موردی انجام شده برروی رودخانه کاظم‌رود تنکابن، این نتیجه حاصل شد که با تغییری اندک در نگرش و شیوه استفاده از دبی ماهانه رودخانه، روش تگزاس می‌تواند در حد روش‌های شبیه‌ساز زیستگاه برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌های دائمی استفاده شود و از طرف دیگر به علت سادگی مفهوم، نیاز کم به داده‌های اولیه و نهایتاً سهولت کاربرد مورد توجه محققین و کارشناسان قرار گیرد. براین اساس می‌توان علاوه بر معرفی و ارزیابی روش تگزاس، توسعه روش تگزاس اصلاح شده را از نوآوری‌های تحقیق حاضر قلمداد نمود. در ارزیابی و مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی با روش‌هایی که به ساختار اکولوژیکی رودخانه‌ها توجه می‌نمایند (نظیر روش‌های شبیه‌ساز زیستگاه، روش‌های جامع‌نگر و طیف زیادی از روش‌هایی که با عناوینی همچون روش‌های اکوهیدرولوژیکی و اکوهیدرولیکی نامیده شده‌اند)، ساده، ارزان و سریع بودن روش‌های هیدرولوژیکی را به عنوان مزیت آنها مد نظر قرار می‌دهند و در مقابل در تحقیقات متعددی که بخصوص در چند سال اخیر صورت گرفته است استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی را مخاطره آمیز قلمداد نموده‌اند. این مقاله با معرفی روش تگزاس و اصلاح آن برای هماهنگی با وضعیت رودخانه تحت مطالعه نشان می‌دهد که با استفاده از این روش‌های ساده نیز می‌توان رژیم رودخانه را در وضعیتی مطلوب حفظ نمود و از مخاطرات برشمرده شده در مطالعات پیشین، در صورت تعیین جریان زیست‌محیطی با استفاده از روش هیدرولوژیکی پیشنهادی، برکنار ماند.

مواد و روش‌ها

۱- رودخانه مورد مطالعه

رودخانه مطالعاتی، رودخانه کاظم‌رود یکی از رودخانه-های دائمی در شمال کشور ایران است که در بدترین ایام سال نیز می‌توان آبگذر ماهی‌ها را در آن پر از آب دید. در این مطالعه از نقشه‌های رقومی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ حوضه و داده‌های آماری ۳۰ ساله دبی‌های متوسط روزانه ایستگاه ماشل آباد واقع در مختصات جغرافیایی X=۵۰۸۵۳۰ و Y=٤٠٦٤٩٦٤ متر از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ برای محاسبه جریان زیست محیطی استفاده شده است. شکل ۱ حوضه و شبکه آبراهه‌های رودخانه کاظم‌رود را نشان می‌دهد.

۲- روش تنانت

روش تنانت، اغلب به منظور تعیین جریان زیست‌محیطی در مرحله شناخت پروژه‌ها توصیه می‌شود و یا از آن برای ارزیابی سایر روش‌ها استفاده می‌گردد. با توجه به آن که این روش بر اساس مکان و شرایط آب و هوایی اقلیمی خاصی (۵ رودخانه واقع در شمال امریکا) توصیه شده است، استفاده کردن از آن در اقلیم‌های مختلف رضایت بخش نمی‌باشد (Yang et al., 2012). همانطور که گفته شد یکی از مشکلات اساسی روش تنانت این است که تغییرات ماهانه و فصلی را در نظر نمی‌گیرد و لذا برای یک سال (یا نیمی یا فصلی از سال) جریان زیست محیطی را عددی ثابت در نظر می‌گیرد (Shokoohi and Amini, 2014؛ امینی و شکوهی، Smakhtin 2006;۱۳۹۳). جدول شماره ۱ درصدهای پیشنهادی روش تنانت را برای سناریوهای مختلف مدیریت رودخانه نشان می‌دهد.

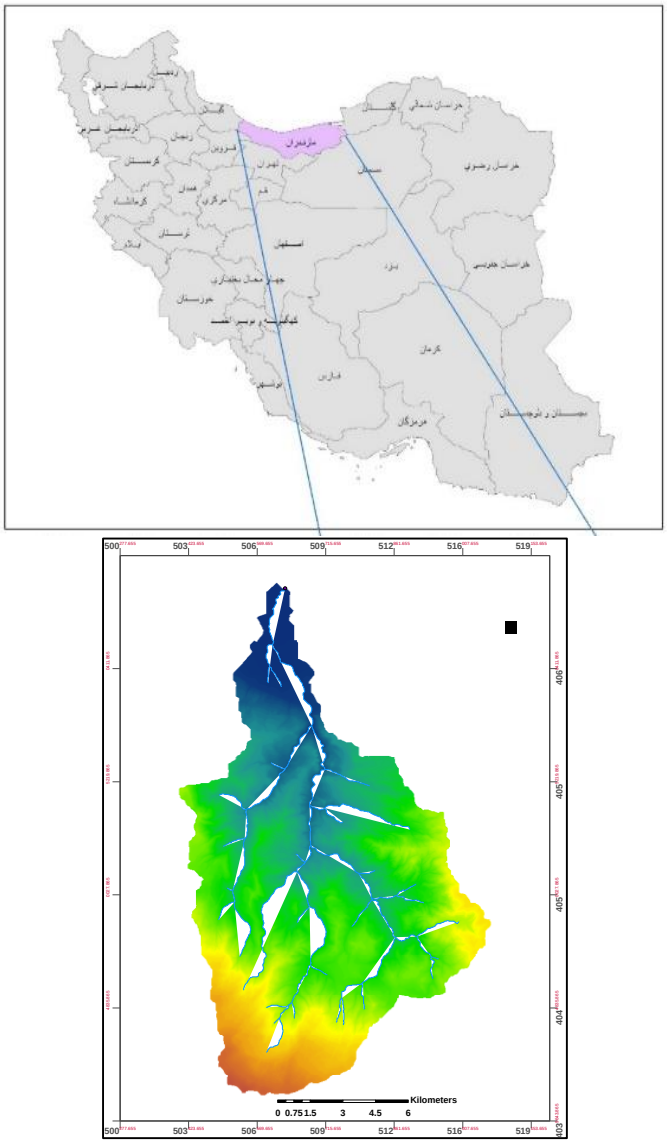
۳- روش تگزاس

روش تعیین حق آبه زیست محیطی موسوم به روش تگزاس که توسط اداره حیات وحش و پارک‌های تگزاس (Texas Parks and Wildlife Department) توسعه یافته است در حال حاضر برای ارزیابی و تعیین حق‌آبه زیست محیطی رودخانه‌ها در ایالت تگزاس (ایالات متحده امریکا) مورد استفاده قرارمی‌گیرد (Anonymous, 2005). این روش در عین حال که اساساً یک رویکرد هیدرولیکی محسوب می‌شود و از محیط ترشده رودخانه‌ها به عنوان نماینده

زیستگاه فیزیکی استفاده می‌نماید، همانند روش تنانت جریان آب در بهار و تابستان را مهم‌تر از بخش باقیمانده سال قلمداد نموده و تخصیص بیشتری در این فصول را در نظر می‌گیرد. در طول دوره‌های بهار و تابستان که ماهی‌های آب گرم در تگزاس بیشتر یافت می‌شوند، سطح ٦٠٪ برای حفاظت اکوسیستم رودخانه‌ها انتخاب شده است (Anonymous, 2006). برخی از تحقیقات نشان می‌دهد برای تخصیص ٦٠٪ ، در حدود ٨٠٪ از بستر ترشده رودخانه حفظ می‌شود و پس از سطح ٤٠٪، بستر ترشده رودخانه به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Shokoohi and Amini, 2014). در روش تگزاس از اکتبر تا فوریه ٤٠٪ درصد و از ماه مارس تا سپتامبر ٦٠٪ از میانه جریان هر ماه به عنوان جریان زیست محیطی درنظر گرفته می‌شود (Opdyke et al., 2014).

٤- اطلاعات هیدرولوژیکی

ایستگاه هیدرومتری واقع بر روی رودخانه کاظم رود، ایستگاه درجه یک ماشل آباد، مجهز به اشل و لیمنیگراف است که سابقه داده‌برداری در آن به سال‌های ١٣٦١- ١٣٦٠ بر می‌گردد. آماره‌های مهم مربوط به دبی ماهانه و سالانه رودخانه کاظم رود در جدول ٢ آورده شده است.



شکل ١- موقعیت حوضه و شبکه رودخانه کاظم‌رود

جدول ۱- درصدهای پیشنهادی روش تنانت (Tennant, 1976)

(تمام دبی‌ها درصدی از دبی متوسط سالانه هستند)		
سناریوی مدیریت زیست محیطی رودخانه	مهر- اسفند*	فروردین- شهریور
جریان ماکزیمم یا شست وشو (flushing or maximum)		۲۰۰٪
مقدار بهینه جریان (optimum rang)		۶۰-۱۰۰٪
بسیار عالی (outstanding)	۴۰٪	۶۰٪
عالی (excellent)	۳۰٪	۵۰٪
خوب (good)	۲۰٪	۴۰٪
عادلانه (fair or degrading)	۱۰٪	۳۰٪
ضعیف (poor or minimum)	۱۰٪	۱۰٪
تخریب شدید (severe degradation)		۱۰-۰٪

*این تقسیم بندی مربوط به روش مرجع تنانت (۱۹۷۶) می‌باشد. فصل تر یا خشک می‌تواند هر چند ماه را بر حسب منطقه مطالعاتی شامل شود.

جدول ۲- آمارهای دبی ماهانه و سالانه رودخانه کاظم رود (m^3/s) در ایستگاه هیدرومتری ماشل آباد

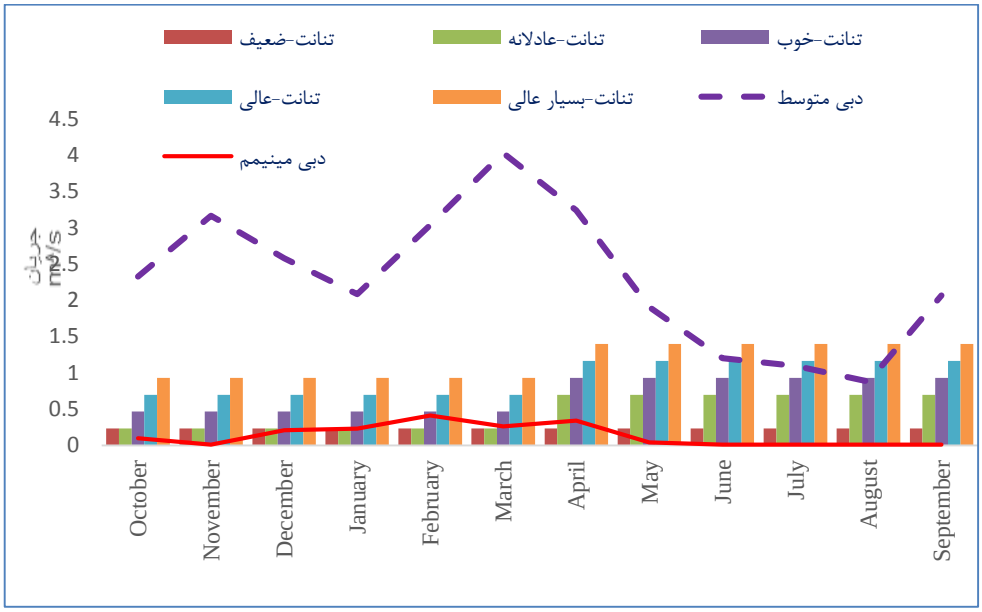
آماره	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	متوسط سالانه
دبی متوسط (m^3/s)	۲/۰۷	۲/۳	۳/۱	۲/۵۷	۲/۰۸	۳/۰۴	۴/۰	۳/۲	۱/۹	۱/۲	۱/۰	۰/۷۷	۲/۳
میانه (m^3/s)	۱/۲۸	۱/۷	۱/۹۵	۱/۹۱	۱/۹	۲/۴	۳/۰	۲/۴	۱/۲۲	۰/۷۴	۰/۶۶	۰/۶۷	۱/۶
حداکثر دبی (m^3/s)	۴۲/۶	۶۸/۴	۵۶/۷	۷۲/۴	۱۹/۲	۳۵/۱	۴۲/۹	۳۹/۶	۲۱/۲	۱۴/۷	۲۳/۳	۱۷/۳	۳۷/۰
حداقل دبی (m^3/s)	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۳
حجم جریان فصلی (MCM)		۲۰/۲			۲۰/۶			۲۴/۶			۸/۵		۷۴/۰

۵- اطلاعات زیست محیطی

براساس گزارش‌های موجود و نتایج صیدهای مطالعاتی انجام شده توسط ادارات کل شیلات و حفاظت محیط‌زیست و نیز مرکز تحقیقات شیلاتی مازندران، ماهیان رودخانه‌های مورد مطالعه به دو گروه شامل ماهیان بومی رودخانه‌ها و ماهیان مهاجر از دریای خزر طبقه‌بندی می‌شوند (گزارش مهندسین مشاور آب انرژی محیط، ۱۳۸۸; Shokoohi and Yong, 2011).

بحث و نتایج

با توجه به آنکه روش تنانت در ایران روش استاندارد تخصیص جریان زیست‌محیطی قلمداد شده است، از این روش به عنوان مبنای ارزیابی روش‌های جریان زیست-محیطی مورد بحث در این پژوهش استفاده خواهد گردید. در این راستا با استفاده از دبی متوسط روزانه رودخانه کاظم‌رود به مدت سی سال، جریان زیست‌محیطی با استفاده از روش تنانت در سناریوهای مختلف محاسبه گردید. همان‌طور که اشاره شد روش تنانت دارای سناریوهای چندگانه‌ای است که اجازه مدیریت رودخانه در شرایط گوناگون بهره‌برداری را می‌دهد. این سناریوها مطابق جدول ۱ عبارتند از: مدیریت در شرایط ضعیف، عادلانه، خوب، عالی و بسیار عالی. نتیجه محاسبات انجام شده برای سناریوهای مزبور در شکل ۲ آورده شده است.



شکل۲- تخصیص جریان زیست محیطی در سناریوهای مختلف مدیریتی با استفاده از روش تنانت

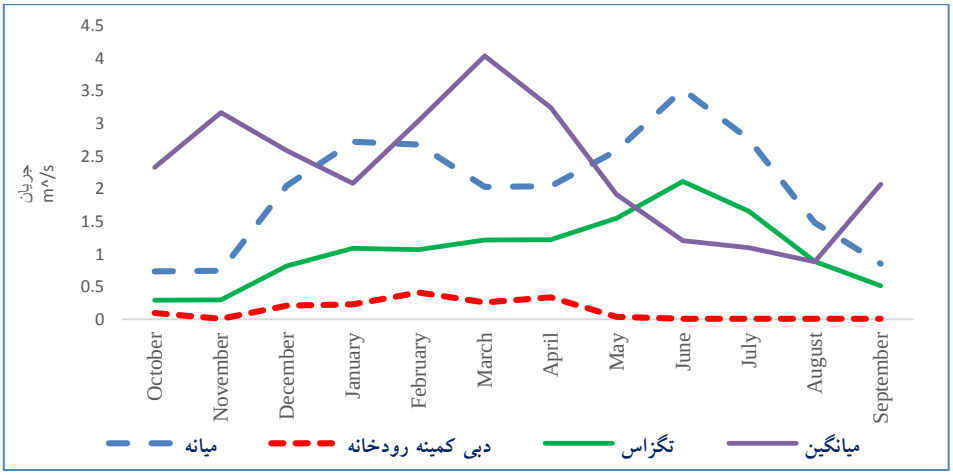
همانطور که ملاحظه می‌گردد روش تنانت در سناریوهای ضعیف و عادلانه در ماه‌های دسامبر تا آوریل، دبی کمتر از دبی کمینه مشاهداتی در رودخانه را به جریان زیست محیطی اختصاص می‌دهد که این میزان دبی برای حفظ بقای رودخانه و اکوسیستم آبی آن کافی نمی‌باشد. با توجه به آنکه در فصل تابستان و ماه‌های گرم سال میزان آورد رودخانه به حداقل خود می‌رسد، جریان حاصله از روش تنانت در ماهای مذکور از میزان دبی متوسط رودخانه تجاوز می‌کند. در سناریوهایی هم که دبی تخصیص یافته به جریان زیست محیطی کمتر از متوسط دراز مدت ماهانه رودخانه می‌باشد، به دلیل بالا رفتن نیاز دیگر مصرف کننده-های آب در بخش‌های شرب و کشاورزی، روش تنانت نمی‌تواند میزان قابل دفاعی از دبی رودخانه را به جریان زیست محیطی رودخانه اختصاص دهد. نکته مهمی که از این شکل قابل استنباط می‌باشد آن است که روش تنانت در هیچیک از سناریوها نتوانسته است رژیم اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید. نتایج بدست آمده از این مطالعه با نتایج مطالعات Shokoohi and Hong (2011)، احمدی پور و یاسی (۱۳۹۳)، صدیق کیا و همکاران (۱۳۹٤)، Amini and Shokoohi (2014)، Nikghalb et al. (2016)، زرعکانی و همکاران (۱۳۹٦)، و پناهی و همکاران (۱۳۹٦)، خان‌محمدی فلاح و شکوهی (۱۳۹۷) و نادری و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. تمامی مطالعات مذکور به این موضوع اشاره دارند که روش تنانت جریان زیستی برای رودخانه را بسیار کمتر از مقدار واقعی مورد نیاز برآورد می‌کند.

در گام بعدی، جریان زیست محیطی با استفاده از روش تگزاس بر مبنای میانه دبی بلند مدت سی ساله برای هر ماه محاسبه گردید. شکل ۳ نتایج حاصله از روش تگزاس را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد روش تگزاس به نحو آشکاری دبی کمتری از میانه دراز مدت دبی ماهانه و بیشتر از دبی کمینه‌ی رودخانه در هرماه به جریان زیست محیطی اختصاص می‌دهد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد روش تگزاس علیرغم این پتانسیل و نتیجه مناسب از نظر قرار گرفتن در باند میانه تا کمینه جریان، با توجه به اینکه دبی ماهانه میانگین در دراز مدت معرف رژیم اکولوژیک رودخانه‌ها است، نتوانسته است رژیم اکولوژیک و به عبارت دیگر روند تاریخی جریان در رودخانه را حفظ نماید. برای رفع این مشکل و بررسی امکان بهبود روش تگزاس در راستای تبعیت از رژیم اکولوژیکی رودخانه، از

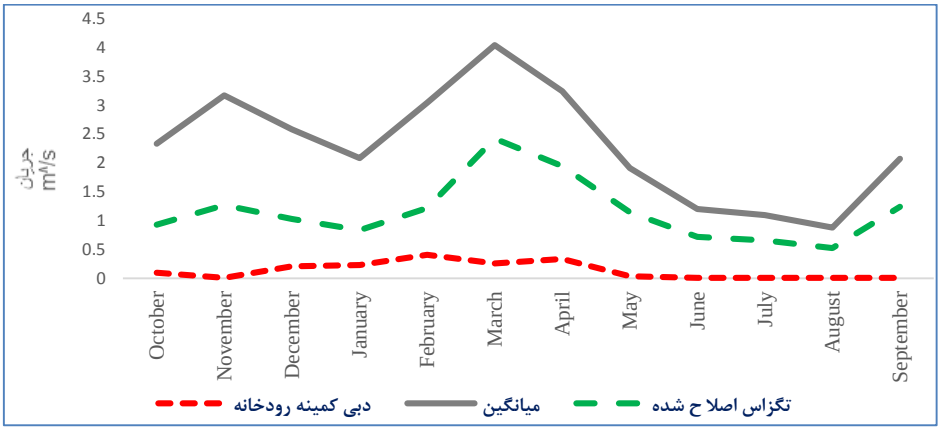
میانگین اطلاعات به جای میانه دبی استفاده شد. نتایج حاصله در شکل ٤ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از میانگین اطلاعات در ساختار روش تگزاس توانسته است علاوه بر تخصیص منطقی جریان زیست محیطی در هر ماه، رژیم اکولوژیک رودخانه را نیز شبیه‌سازی نماید.

برای ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از اعمال دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده در مقابل میانگین درازمدت دبی ماهانه جریان، شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به شکل مزبور، روش تگزاس در برخی از ماه‌های گرم سال (می تا ژوئن) مانند روش تنانت دبی بیشتری از میانگین سالانه جریان را به جریان زیست محیطی اختصاص داده است. این در حالیست که روش تگزاس اصلاح شده در تمامی ماه‌های سال دبی کمتر از متوسط جریان رودخانه را برای جریان زیست محیطی رودخانه درنظر گرفته است. همانطور که گفته شد در این تحقیق برای مقایسه و ارزیابی نتایج بدست آمده از روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده از روش تنانت استفاده می‌گردد. برای مقایسه دبی زیست محیطی حاصل از روش تنانت با روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده از سناریوی بسیار عالی روش تنانت استفاده شد. علت این انتخاب آن است که در این سناریو در روش تنانت ٤٠ الی ٦٠ درصد متوسط جریان سالانه به عنوان جریان زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود و روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده نیز جریان زیست‌محیطی را براساس مفروضات این دو روش، چنان تعیین می‌کنند که رودخانه در چنین حالتی قرار داشته باشد.

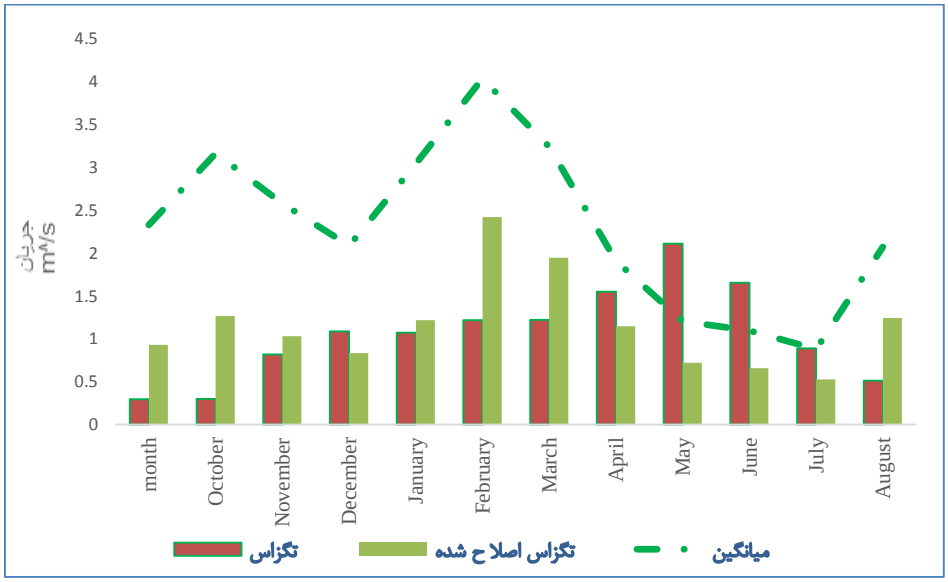
نتایج حاصل از اعمال این روش‌ها در شکل ٦ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد هر چند هر سه روش تنانت در سناریوی بسیار عالی، تگزاس و تگزاس اصلاح شده در بیشتر ماه‌های سال دبی کمتر از متوسط ماهانه رودخانه را به جریان زیست‌محیطی اختصاص داده‌اند ولی درست در ماه‌های حساس و گرم سال که بیشترین رقابت برای تخصیص جریان به سایر بخش‌ها وجود دارد، هر دو روش تگزاس و تنانت بسیار عالی جریانی بیش از جریان متوسط یعنی محتمل‌ترین دبی جاری در رودخانه را به جریان زیست‌محیطی اختصاص می‌دهند.



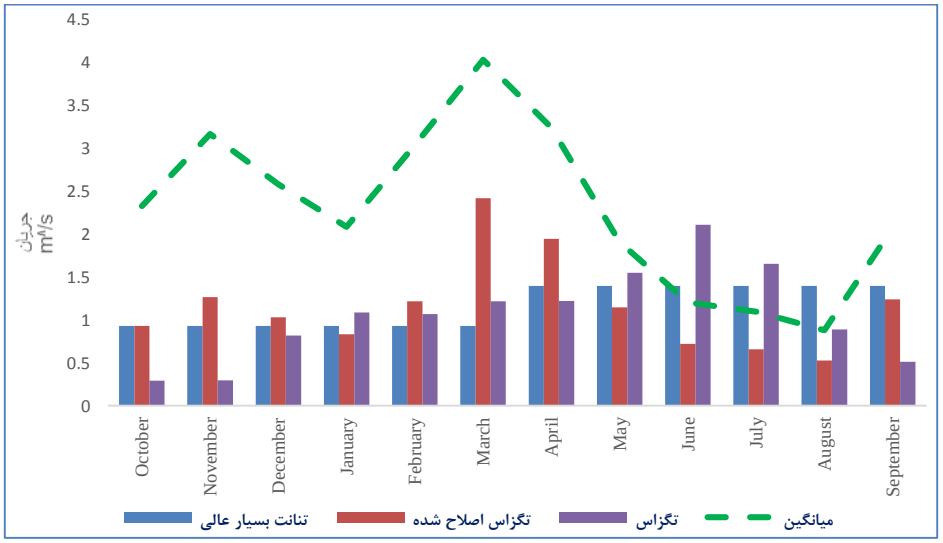
شکل۳- نتایج حاصل از روش تگزاس در تعیین جریان زیست محیطی رودخانه



شکل٤- نتایج حاصل از روش تگزاس اصلاح شده در تعیین جریان زیست محیطی رودخانه



شکل۵ – مقایسه تخصیص جریان زیست محیطی حاصل از روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده با میانگین ماهانه



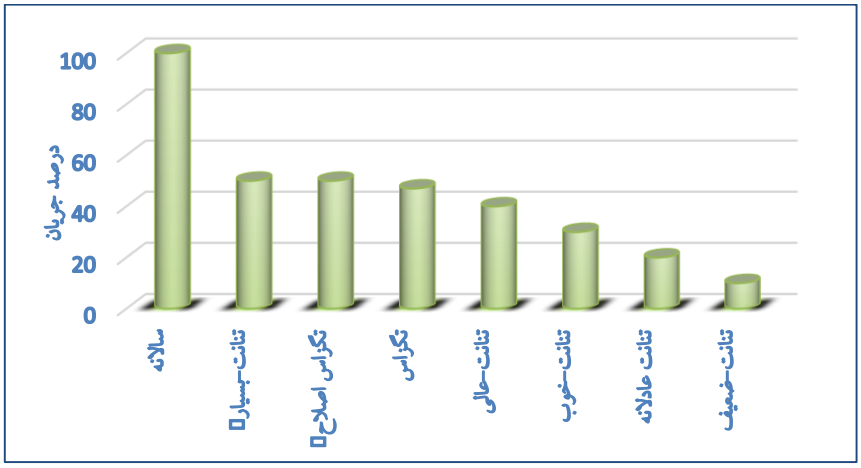
شکل٦- مقایسه روش تنانت با روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده

در بحث روی نتایج حاصل از شکل‌های ۵ و ٦ می‌توان گفت که بزرگترین مشکل روش تنانت علیرغم سهولت استفاده از آن، تجویز یک عدد ثابت برای جریان زیست محیطی است و به همین دلیل جریان زیست محیطی توصیه شده با این روش از رژیم تاریخی ماهانه رودخانه (رژیم اکولوژیکی) تبعیت نمی‌نماید. در عین حال روش تگزاس علیرغم تخصیص‌های مناسب ماهانه نتوانسته است دقیقا از رژیم تاریخی رودخانه تبعیت نماید و تخصیص آن برای رژیم اکولوژیک رودخانه از دبی مورد انتظار در برخی از ماهها تجاوز می‌نماید (شکل ۵). به منظور رفع این مشکل در روش تگزاس، از میانگین دبی ماهانه بجای میانه آن استفاده به عمل آمد و نتایج حاصله (شکل ٦) نشان داد که این تغییر در مبانی روش مزبور می‌تواند منجر به توصیه جریان زیست محیطی مطابق با رژیم اکولوژیکی رودخانه تحت مطالعه گردد. به روش جدید توسعه داده شده در این تحقیق عنوان روش تگزاس اصلاح شده اطلاق گردید.

نکته مهم دیگر که در ارتباط با توانایی یک روش برای تخصیص جریان زیست محیطی، علاوه بر تبعیت از رژیم اکولوژیکی تاریخی رودخانه، لازم است مد نظر قرار گیرد حجم آب تخصیص یافته برای جریان زیست محیطی در مقایسه با کل حجم جریان سالانه رودخانه می‌باشد. محاسبات لازم برای همه سناریوهای روش تنانت، روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده انجام و در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد کمترین و بیشترین درصد حجم جریان سالانه تخصیص یافته مربوط به روش‌های تنانت و تگزاس اصلاح شده می‌باشد که به ترتیب ۱۰ و ۵۰ درصد متوسط جریان سالانه را به خود اختصاص داده‌اند. در این بین سناریوهای خوب و عالی تنانت تنها ۳۰ و ٤۰ درصد و روش تگزاس ٤۷ درصد از متوسط جریان سالانه را به جریان زیست محیطی اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل از هر دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده در مقام مقایسه با سایر روشها برای مدیریت عادلانه و منطبق بر اصول توسعه پایدار منابع آب در بسیاری از مناطق دچار مشکل کم آبی و تنازعات بهره‌برداران منطقی به‌نظر می‌رسد. در شکل ۷ درصدهای جریان زیست محیطی حاصل از هر روش آورده شده است.

جدول ۳- حجم و دبی جریان زیست محیطی تخصیص یافته در روش های مورد مطالعه

درصد حجم تخصیص یافته سالانه	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	Oct	روش های تعیین جریان زیست محیطی
۱۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	تنانت- ضعیف
۲۰	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	تنانت- عادلانه
۳۰	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/٤٦	۰/٤٦	۰/٤٦	۰/٤٦	۰/٤٦	۰/٤٦	تنانت-خوب
٤۰	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	۰/٦۹	تنانت-عالی
۵۰	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	تنانت-بسیار عالی
٤۷	۰/۵۱	۰/۸۸	۱/٦۵	۲/۱	۱/۵٤	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۰۸	۱/۰٦	۰/۸۱	۰/۲۹	۰/۲۹	تگزاس
۵۰	۱/۲٤	۰/۵۲	۰/٦۵	۰/۷۲	۱/۱٤	۱/۹٤	۲/٤۱	۱/۲۱	۰/۸۳	۱/۰۳	۱/۲٦	۰/۹۳	تگزاس اصلاح شده



شکل ۸. درصد حجم تخصیص یافته سالانه

نتیجه گیری

تحقیق حاضر به بررسی تعیین حداقل جریان مورد نیاز زیست محیطی از دیدگاه هیدرولوژیکی، با کمک دو روش تگزاس و تنانت پرداخته است. روش تنانت بدون استفاده از داده‌های محیط بیوفیزیکی وفقط با اتکا بر آمار هیدرولوژیکی که در سطح کشور قابل دسترس است به تحلیل می‌پردازد و در نهایت، دبی ثابتی را برای حفظ جریان زیست محیطی برای تمام و یا دو فصل پرآب و کم آب سال در نظر می‌گیرد. هدف اصلی روش تگزاس حفظ زندگی انواع ماهیان درون رودخانه است و این روش بیشتر برای حفظ مناطقی که از نظر ماهیگیری برای منطقه مهم هستند توسعه یافته است. توجه به اهمیت ماهیان در چرخه موجودات زنده درون رودخانه و قرار گرفتن در بالاترین مکان مثلث غذایی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای نشان‌دهنده ارزش نتایج حاصل از روش مزبور و تضمین سلامت اکوسیستم رودخانه‌ای در صورت اجرای نسخه توصیه شده توسط این روش می‌باشد. ارزیابی به عمل آمده از نسخه اصل روش تگزاس مبتنی بر استفاده از میانه دراز مدت دبی ماهانه برای تخصیص جریان نشان داد که روش مزبور عملاً در ماه‌های گرم و کم آب تابستان تخصیصی را برای جریان زیست محیطی توصیه می‌نماید که ممکن است در برخی سال‌ها و بخصوص سالهای خشک و کم آب فراهم نباشد. بسیاری از روشهای پیشرفته برای تعیین جریان زیست محیطی و دارای جزئیات کامل از شرایط اکولوژیکی رودخانه نظیر روش هیدرولیکی محیط تر شده و روشهای شبیه‌ساز ایستگاه به طور متوسط در حدود ۸۰ الی ۹۰ درصد حجم جریان سالانه را به جریان زیست محیطی اختصاص می‌دهند. تجربیاتی که بر روی همین رودخانه کاظم‌رود وجود دارد نشان می‌دهد که روش هیدرولیکی ۸۰ درصد، روش IFIM (PHABSIM) در حدود ۸۵٪ و روش RVA در حدود ٪۶۰ جریان سالانه (۸۰ الی ۹۰ درصد در فصول بهار و تابستان) را به جریان زیست محیطی تخصیص داده‌اند. حجم آب تخصیص یافته به محیط زیست در روش تگزاس ٤٧ درصد جریان سالانه و در روش جایگزین یعنی روش تگزاس اصلاح شده، حجم آب تخصیص یافته ۵۰٪ می‌باشد. استفاده از روش تگزاس اصلاح شده، به علت آنکه علاوه بر تخصیص حجم عادلانه از جریان رودخانه به جریان زیست محیطی و حفظ شرایط بیولوژیکی در شرایط ایده‌آل (با تخصیص ۵۰ درصد آورد سالانه در مطالعه موردی) می‌تواند رژیم اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید، توصیه می‌شود. شایان ذکر است که وفادار ماندن به رژیم تاریخی رودخانه که روشهایی همچون روش‌های شبیه‌ساز ایستگاه نظیر IFIM و روش RVA مدعی آن هستند در شرایط کمبود داده و بودجه و زمان لازم برای مطالعات زیست محیطی – اکولوژیکی و مرفولوژیکی

رودخانه‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. این در حالی است که روش تگزاس یا تگزاس اصلاح شده بدون نیاز به اطلاعات مزبور این وظیفه را به انجام رسانده و نتیجه لازم برای مدیریت زیست محیطی رودخانه‌ها را با صرف کمترین هزینه و وقت در اختیار قرار می‌دهند. نتیجه حاصله برای توسعه روش تگزاس یعنی استفاده از میانگین دبی ماهانه بجای میانه آنها در رودخانه‌ای در اقلیم شبه مدیترانه‌ای بدست آمده است و تعمیم آن به سایر اقالیم نیازمند تحقیقات بیشتر می‌باشد.

فهرست منابع

احمد پور، ظ. یاسی، م. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های اکو–هیدرولوژیکی–هیدرولیکی درارزیابی جریان زیست محیطی رودخانه ها(رودخانه نازلو،حوضه دریاچه ارومیه). مجله هیدرولیک. ۲ (۹۲): ۸۲–۶۹.

استاندارد صنعت آب و آبفا. ۱۳۹۰. راهنمای تعیین حداقل آب مورد نیاز اکوسیستم های آبی، وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ص۱۲۷.

امینی، ا. شکوهی، ع. ر. ۱۳۹۳. حل تحلیلی تعیین نقطه شکست نمودار محیط تر شده–دبی در روش هیدرولیکی تعیین حداقل جریان زیست محیطی. نشریه هیدرولیک. ۲۰۱٤. ۹ (۱): (۲۷–٤۳).

مهندسین مشاور آب انرژی محیط. ۱۳۸۸. گزارش محیط زیست طرح جامع مهندسی رودخانه‌های غرب مازندران– مشارکت خزرآب– آب انرژی محیط،شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، وزارت نیرو.

پناهی، ق., خداشناس، س.، فرید حسینی،ع. ۱۳۹٦. ارزیابی روش های برآورد جریان زیست محیطی در رودخانه‌ها. آب و توسعه پایدار ٤(۱): ۸۰–۷۳ .

پورصالحان، س.ج.، پرویزی، م.، صدقی اصل، م. ۱۳۹۱. بررسی جریان زیست محیطی رودخانه بشار. نهمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز. ایران. ۳–۵ بهمن ۱۳۹۱.

خان‌محمدی فلاح، س.، شکوهی، ع. ۱۳۹۷. استفاده از مدل RVA در تبیین رژیم اکولوژیکی رودخانه‌ها به منظور جریان زیست محیطی. تحقیقات منابع آب ایران. ۱٤(۲): ۲۲٤:۲۳۵.

زرعکانی، م. شکوهی، ع. و سینگ، و . معرفی رژیم جامع اکولوژیکی در شرایط کمبود داده برای تعیین حق آبه زیست محیطی رودخانه. مجله تحقیقات منابع آب. ۱۳۹٦. ۱۳ (۱۲۷):۱۵۳–۱٤۰.

شکوهی ع ر، یانگ ه .استفاده از مشخصه های مرفولوژیکی در رودخانه های دایمی برای تعیین حداقل نیاز آبی محیط اکولوژیکی. محیط شناسی،۱۳۸۹ش۵۸،(ص۱۱۷–۱۲۸).

عبدی، ر . یاسی، م. صدقی، ح. ۱۳۹٤. ارزیابی روش‌های اکولوژیکی– هیدرولیکی هیدرولوژیکی در برآورد جریان محیط زیستی رودخانه. آب وفاضلاب. ۲٦ (۲):۸۲–۷۱.

شاعری کریمی، س.، سالاری جزی، م.، قربانی، خ. ۱۳۹۵. برآورد جریان زیست محیطی رودخانه با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تسمن، انتقال منحنی تداوم جریان و مدل ذخیره رومیزی. اکوهیدرولوژی، ٤(۱): ۱۸۹–۱۷۷.

صدیق کیا، م.، ایوب زاده، س.ع.، حاجی اسماعیلی، م. ۱۳۹٤. بررسی الزامات برآورد جریان زیست محیطی در رودخانه‌ها با روشهای هیدرواکولوژیکی(مطالعه موردی: رودخانه دلیچای واقع در استان تهران). اکوهیدرولوژی، ۲(۳): ۳۰۰ – ۲۹۸.

نادری، م.ح.، ذاکری نیا، م.، سالاری جزی، م. ۱۳۹۷. بکارگیری مدل PHBSIM در تبیین رژیم اکولوژیکی به منظور برآورد جریان زیست محیطی و مقایسه با روش‌های هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: رودخانه قره‌سو). اکوهیدرولوژی، ۵(۳) : ۹٤۱: ۹۵۵.

نادری، م.ح.، ذاکری نیا، م.، سالاری جزی، م. ۱۳۹۸. مدیریت بوم‌سازگانهای آبی و احیای رودخانه‌ها با پیاده‌سازی رژیم جریان زیست محیطی. اکوهیدرولوژی، ٦(۳) : ۷۱۹: ۷۳۷.

نوری قیداری، م.ح.، عبد شریف اصفهانی، م.، ابراهیمی، ل. ۱۳۹۰. استفاده از روش بلوکسازی اصلاح شده در برآورد جریان زیست محیطی(مطالعه موردی: رودخانه گمبرچای). نشریه آب و خاک، ۲۵(۳): ٦٤٦ – ٦٥٥.

Anonymous. (2005). The science of instream flows a review of the Texas Instream Flow Program. Committee on Review of Methods for Establishing Instream Flows for Texas Rivers, National Research Council, ISBN: 0-309-54808-X, 162 pages.

Anonymous. (2006). TEXAS instream flow studies: technical overview. Texas Commission on Environmental Quality Texas Parks and Wildlife Department Texas Water Development Board. 150 pages.

Arthington, A.H., Bunn, S.E., Poff, N.L., Naiman, R.J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications 16(4):1311-1318.

Bahukandi, KD. Ahuja, NJ. (2013). Building block methodology assisted knowledge-based system for environmental-flow assessment of Suswa river of Dehradun Dist., India: A reminiscent framework. *International Research Journal of Environment Sciences*, 2(12), 74-80.

Gao, B., Yang, D., Zhao, T., Yang, H. (2012). Changes in the eco-flow metrics of the Upper Yangtze River from 1961 to 2008. J. of Hydrology 448:30-38.

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.

King, JM., Tharme, RE., De Villiers, MS. (2008). Environmental flow assessment for rivers: Manual for the Building Block Method. WRC Report NoTT 354/08, 364p.

McClain, ME., Subalusky, AL., Anderson, EP., Dessau, SB., Melesse, AM., Ndomba, PM., Mtamba, JOD., Tamatamah, RA., Mligo, C. (2014). Comparing flow regime, channel hydraulics, and biological communities to infer flow–ecology relationships in the Mara River of Kenya and Tanzania. Hydrol Sci J. 59(3-4):801-819.

Mirkhourki, S. Saiefi, P. Aghashahi, M. Mehrdadi, N. 2012. Assessment of Sefidrood Environmental Flow at Ghezel Ozan Station. First National Conference on Flow and Water Pollution, Tehran university. Iran.

Nikghalb, S., Shokoohi, A., Singh, V.P., Yu, R. (2016). Ecological Regime versus Minimum Environmental Flow: Comparison of Results for a River in a Semi Mediterranean Region. Journal of Water Resources Management, 30:4969–4984.

Olsen, M. Troldborg, L. Henriksen, J.H. Conallin, J. Refsgaard, JC. and Boegh E. (2013). Evaluation of a typical hydrological modeling relation to environmental flow.Journal of Hydrology, 12(507), 52-62.

Opdyke, D.R., Oborny, E.L., Vauhg, S.K., Mayes, K.B. (2014). Texas environmental flow standards and the hydrology-based environmental flow regime methodology. Hydrologic Science Journal, 59(3-4): 820-830.

Poff, NL., Zimmerman, JKH. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. Freshwater Biological, 55(1):194-205.

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.

Shokoohi, A. Yong H. (2011). Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin—Iran). Hydrological Processes, 25(22), 3490-3498.

Shokoohi A., Amini M. (2014). Introducing a new method to determine rivers' ecological water requirement in comparison with hydrological and hydraulic methods. Int J Environ Sci Technol 11(3):747–756.

Smakhtin VU, Shilpakar RL, Hughes DA (2006) Hydrology-based assessment of environmental flows: an example from Nepal. Hydrol Sci 51(2):207–222.

Tennant, DL. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife. Recreation and related environmental resources. Fisheries, (1), 6–10.

Tharme, R E. (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), 397–441.

Yang, F.Xia, Z, Yu, L. Guo, l. (2012).Calculation and analysis of the instream ecological flow for the Irtysh River, Procedia Engineering, 28: 438-441.

Yin, XA. Mao, XF. Pan, Z.B. and Zhao, W.Y. (2015). Suitable range of reservoir storage capacities for environmental flow provision. Ecological Engineering, 31(79),122-129.

Zhang, H., Singh, V.P., Zhang, Q., Gui, L., Sun, W. (2016). Variation in ecological flow regimes and their response to dams in the upper Yellow River basin. Environmental Earth Science 75:938:1-16 DOI: 10.1007/s 12665-016- 751-x.

Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Chen, X. (2015). Evaluation of ecological instream flow using multiple ecological indicators with consideration of hydrological alterations. J. of Hydrology 529:711-722.

ISSN 2251-7480

Evaluating and Modifying the Texas Method as a Hydrologic Method for Prescribing Ecological Regime in Perennial Rivers

Behnaz Khatar [1], Alireza Shokoohi [2*]

1) Ph.D. student of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2) Professor, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. Po. Box: 3414896818

Corresponding author email: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

Received: 27-11-2019 Accepted: 15-05-2020

Abstract

This study aims at evaluating and modifying the Texas method for allocating environmental flow. This hydrologic method, while using the minimum amount of data, is a rival for the Tenant method and has the capability of introducing an amount of discharge to maintain the ecological regime of rivers. In this paper, after distinguishing the worthiness of the Texas method and observing some differences between the results of the method and the historical regime in the case study, the method was modified in such a way that while preserving the basic principal of the original method, could propose a flow regime which was laid between the observed long-term minimum and mean monthly discharges. The new method is called the Modified Texas method. For evaluating the Texas and Modified Texas methods concerning the allocated annual volume, the equivalent scenario from the Tennant method was employed. The allocated volumes by the Modified Texas, Texas, and Tenant methods were 50%, 47%, and 40-60%, respectively. This paper, concerning the achieved results for the case study, shows that employing the Texas and Modified Texas methods instead of the Tenant method and enhancing the method to the level of a native method provides reasonable results comparable with those of the habitat simulation or holistic methods.

Keywords: Environmental flow, Hydrologic Tenant method, Texas Method, Modified Texas method, Ecological regime