یادداشت تحلیلی

آسیب‌شناسی بیلان آب و ارائه چارچوب برای بهبود آن

سیدسجاد رضوی کهنمویی[1*]-کامران داوری[2]، امیرعلی داوری[2]

۱-شرکت دانش‌بنیان هیدروتک توس، مشهد. ۲- پژوهشکده آب و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد.

* (نویسنده مسئول: Email:Razavi.sadjad@gmail.com)

بیلان آب، دارائی و موجودیت آب در اثر تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک محدوده خاص در یک دوره معین را نشان می‌دهد. سیستم بیلان آب از سه بخش داده (ورودی سیستم)، مدل بیلان (فرآیندها) و نتایج بیلان (خروجی سیستم) تشکیل شده است. از آنجائیکه تمام اجزای این سیستم متغیرهای طبیعی و دارای پیچیدگی‌های ذاتی هستند، بنابراین عدم قطعیت در بیلان یک موضوع غیر قابل چشم‌پوشی است. این عدم قطعیت در اجزای مختلف سیستم بیلان دخیل بوده و برای کاهش آن، باید ماهیت هر یک از اجزا به‌درستی شناخته شود. برای آسیب‌شناسی بیلان نمی‌توان به‌صورت یکپارچه به آن نگریست و دستورالعمل واحدی را برای کاهش عدم‌قطعیت نتایج بیلان ارائه داد. بنابراین بهبود و ارتقای فرآیندهای سنجش و پایش داده و تقویت ساختارهای مدل‌سازی متناسب با تقسیم‌بندی‌های اقلیمی کشور باید به‌طور موازی و مستمر مدنظر باشد و با شناخت اهمیت خروجی‌های بیلان، اجماع بر سر آن شکل گیرد. یادداشت حاضر به بررسی هر یک از اجزای سیستم بیلان پرداخته و چالش‌های موجود را مطرح و راهکارهایی برای بهبود وضع موجود ارائه می‌دهد.

مقدمه

مطالعات بیلان آب یکی از ارکان مدیریت و سیاست‌گذاری در مدیریت منابع آب بوده و یکی از موضوعات دیرین در هیدرولوژی است (Niemann و Eltahir، ۲۰۰۴؛ Sokolov و Chapman، ۱۹۷۴). بیلان آب در هر محدوده و دوره زمانی دلخواه قابل ارزیابی است. مناسب‌ترین محدوده برای ارزیابی بیلان با هدف مدیریت منابع آب، مرزهای حوضه‌ی آبریز و مقیاس زمانی معمول، دوره‌های سالانه است. بکارگیری بیلان در سطح حوضه یکی از ابزارهای برنامه‌ریزی جهت تخصیص و معیاری برای ارزیابی گزینه‌های مختلف مدیریتی در حوضه است (Anderson و همکاران، ۲۰۰۶). بسته به نوع مدل انتخاب‌شده، می‌توان بیلان منابع و مصارف در محدوده‌ها و دوره‌های بزرگتر و کوچکتر را ارزیابی نمود.

یکی از اولین مدل‌های بیلان Thornthwaite (۱۹۴۸) است که Thornthwaite و Mather (۱۹۵۵، ۱۹۵۷) بازبینی کردند. مدل Crawford و Linsley (۱۹۶۶) معروف به مدل استنفورد، یکی از اولین مدل‌های کامپیوتری است که به شبیه‌سازی فرآیندهای اصلی هیدرولوژیکی پرداخته است. بهبود و توسعه مدل‌ها یک فرآیند مستمر و رو به جلو می‌باشد. با پیشرفت فناوری و ابزارهای نوین، مدل‌های قدیمی مانند تورنت وایت به دفعات با تغییرات و اصلاحاتی که بر آن اعمال شده، در مسائل مختلف هیدرولوژیکی ارزیابی شده است (Xu و Singh، ۱۹۹۸). شکل اصلاح شده آن در مدل‌های کامپیوتری مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Dripps و Bradbury، ۲۰۰۷؛ Westenbroek و همکاران، ۲۰۱۸). با طراحی درست مدل اداراکی حوضه و با استفاده از ابتکارات مبتنی بر واقعیت‌های فیزیکی حوضه، می‌توان نتایج قابل قبولی از مدل‌ها در تخمین مولفه‌های بیلان اخذ نمود (Portoghese و همکاران، ۲۰۰۵؛ رضوی و همکاران، ۱۳۹۵).

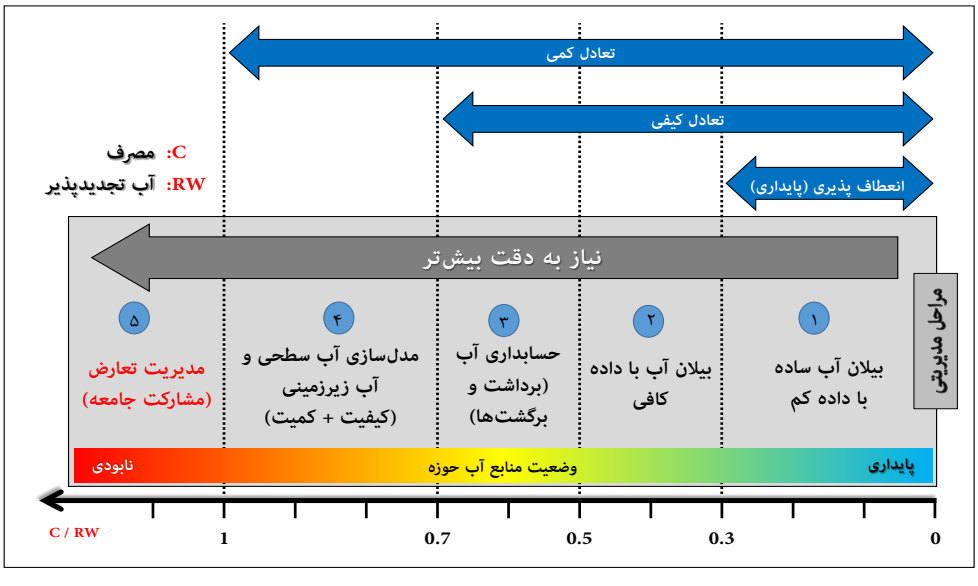
هدف از اجرای مدل و فراهم‌بودن زیرساخت‌ها (داده)، از عوامل مهم در انتخاب نوع مدل است. یکی دیگر از معیارهای مهم در انتخاب مدل، منطبق بودن آن با شرایط اقلیمی منطقه است. به‌عنوان مثال مکانیزم تولید رواناب در مناطق مرطوب و خشک از یکدیگر متفاوت است. در مناطق مرطوب رواناب معمولاً در اثر اشباع شدن خاک سطحی و در مناطق خشک به دلیل افزایش نرخ بارش‌های رگباری نسبت به نرخ نفوذ، رخ می‌دهد (Dunne، ۱۹۷۸؛ Hu و همکاران، ۲۰۰۵؛ Long و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین قبل از استفاده از مدل‌ها باید به اساس و ساختار مدل توجه کرد.

علاوه بر ماهیت مدل، شرایط حوضه و پیچیدگی‌های موجود نیز در نگرش مدیریتی در استفاده از مدل‌های مختلف تأثیرگذار است. وقتی در حوضه‌ای میزان برداشت از منابع کم باشد (برای مثال کمتر از ۳۰٪ تجدیدپذیری)؛ اساساً نیازی به برنامه‌ریزی تخصیص نیست و پایش منابع آب می‌تواند با دقت حداقلی صورت پذیرد (مثلا کنترل سطح آب زیرزمینی). با رشد برداشت‌ها، پایش منابع آب با دقت بیشتری باید صورت گیرد؛ و از نظر تخصیص، دریافت مجوز برداشت اجباری می‌شود. در این مرحله ابتدا بیلان دقیق (با تأمین اطلاعات مناسب) لازم است و به تدریج با رشد مصارف، استفاده از چارچوب حسابداری آب (WA+) ضرورت می‌یابد. با گذر این نسبت از حدود ۷۰٪، مخاطره عدم تعادل کیفی منابع آب زیرزمینی خودنمایی می‌کند. بالاتر رفتن نسبت «برداشت» به «تجدیدپذیری منابع آب» از ۷۰٪، غیرقابل قبول است؛ و استمرار آن فاجعه به بار

می‌آورد. در این حد از برداشت، مدل‌سازی تلفیقی ضرورت می‌یابد (البته با داده کافی و موثق) تا به کمک نتایج آن بتوان وضعیت منابع و مصارف آب را در هر جزئی از محدوده، تحلیل نمود. در این مرحله و پس از آن، نیاز مبرمی به روش‌های رفع تعارض و اجماع‌سازی است؛ تا به کمک آنها به گرودران، ضرورت همکاری برای احیای مجدد تعادل منابع آب گوشزد شود.

با اینکه اکثر محدوده‌های مطالعاتی کشور، در شرایط مرحله ۵ (شکل ۱) و استفاده غیرمجاز از آب تجدیدپذیر (C/>۱۰۰٪ RW) هستند، از نظر ابزارهای مدیریتی هنوز در مرحله اول (و به ندرت مرحله دوم) قرار داریم. حرکت از مرحله اول به مرحله دوم نیازمند تکمیل شبکه سنجش و تأمین داده‌های مورد نیاز است. بدون فراهم آوردن ابزارهای مرحله دوم دستیابی به مراحل بعد و مدیریت منابع آب در شرایط بحرانی امکان‌پذیر نیست. در این مقاله با در نظر گرفتن ابزارهای مرحله یک و دو، بررسی اجزای مختلف بیلان انجام می‌گیرد. با این دیدگاه، بیلان را می‌توان معیاری برای برنامه‌ریزی تخصیص آب در ابتدای سال و ارزیابی عمل‌کردهای مدیریتی در پایان سال در یک حوضه آبریز دانست و تفسیرهای منطقی نسبت به آن و انتظارات به‌جا از نتایج بیلان، متصور شد.

در بررسی سیستم بیلان، ابتدا باید عدم قطعیت‌های آن شناسائی شود. عدم قطعیت‌های بیلان، می‌تواند سه منشاء داشته باشد. اول ذات تصادفی پدیده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی است. دومین منشاء، خطای داده‌ها و یا ناکافی‌بودن داده‌ها است. سومین منشاء استفاده از مدل‌های ضعیف برای برآورد پارامترهای بیلان است. بنابراین برای بهبود بیلان، باید تمام اجزای آن ارتقاء یابد و به‌طور موازی به بهبود هر یک اقدام کرد. کمبودهای داده باید مشخص شود، ابزار و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها بایستی ارتقاء یابد. برای تخمین و برآورد پارامترهای بیلان باید مدل‌ها و روش‌های مناسب انتخاب شوند و از ابزارهای کامپیوتری و خودکار برای موازنه بیلان استفاده شود.



شکل ۱- جایگاه ابزارهای مدیریت منابع آب در شرایط مختلف حوضه

ورودی‌های بیلان

وجود داده موثق و کافی (تعداد کافی نقاط داده‌برداری، پراکنش مناسب مکانی آنها، طول آمار کافی، ابزار سنجش مناسب و قابل اعتماد، و از همه مهم‌تر سیستم کنترل صحت داده) که منجر به ارائه اطلاعات معتبر می‌شود، شرط لازم برای مدیریت کارآمد است. شرط کافی نیز متناسب بودن اطلاعات با هدف و برنامه است. مدیریت، نیازمند اطلاعاتی است که نشان‌دهنده «اندازه دستیابی سیستم به مطلوب» بوده؛ و یا متقابلاً نشان‌دهنده «اندازه پرهیز سیستم از نامطلوب» باشد. اما پرسش بنیادین این است: چه اطلاعاتی مورد نیاز است تا داده‌های مورد نیاز آن فراهم شود؟ پاسخ به این سئوال، در اهداف و برنامه نهفته است. این روش کار را می‌توان «پایش به سفارش» نامید (داوری، ۱۳۹۹). به‌نظر، در حال حاضر ارتباط مناسبی بین نیازها و وضع موجود برقرار نیست. چرا که در بسیاری از موارد و نقاطی از حوضه که وجود شبکه پایش ضروری است؛ چنین امکانی فراهم نشده است (مثلاً ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه و زیرحوضه‌ها).

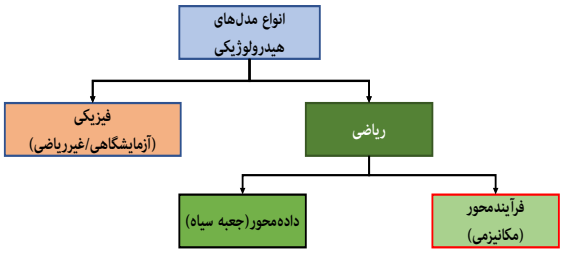
مواردی را می‌توان به‌عنوان نواقص و معایب وضع موجود، ازجمله خطای برداشت و ثبت ناشی از خطاهای انسانی و تجهیزات غیراستاندارد یا معیوب، نصب غیر استاندارد دستگاه و موارد دیگر، برشمرد. علاوه بر خطای ثبت داده، پراکنش نامناسب شبکه سنجش نیز سبب تولید اطلاعات ناکافی از داده‌های برداشتی خواهد شد.

مسئله دیگر عدم سازمان‌دهی مناسب و عدم وجود بانک‌های استاندارد ذخیره داده‌هاست. مهم‌تر از آن، عدم دسترسی آزاد به داده‌ها و در معرض دید قرار نگرفتن آن‌ها است که باعث کم اهمیت جلوه کردن این زیرساخت مهم گشته و خطای بانک‌های اطلاعاتی در طول زمان بدون اصلاح به‌صورت تجمعی افزایش می‌یابد. نکته مهم دیگر تبدیل داده‌های نقطه‌ای به سطح در حوضه است که خود با عدم قطعیت همراه است که برای کاهش آن باید از مدل‌های پهنه‌بندی متناسب با ماهیت متغیر مورد نظر و متناسب با تعداد نقاط اندازه‌گیری، استفاده شود.

بنابراین فرآیند تولید داده را می‌توان در سه بخش «برداشت داده»، «ثبت، نگهداری و ارائه داده» و «صحت‌سنجی داده» دسته‌بندی کرد. مشکلات موجود، باعث شده است که محققان و کارشناسان دست اندر کار بیلان، وقت و انرژی بسیاری را صرف جمع‌آوری، صحت‌سنجی، غربال و ترمیم داده‌ها کنند در حالیکه همین وقت را می‌توانند در بهبود و توسعه فرآیندهای بیلان و ابزارهای محاسبه آن، صرف کنند. می‌توان لیست طولانی‌تری از کمبودها و راهکارها ارائه داد و در معرض بحث و تحقیق قرار داد ولی آنچه به‌عنوان یک طرح جامع و یک گام اولیه برای بهینه کردن سیستم داده می‌توان ارائه داد، تدوین مدل مفهومی از سیستم هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی حوضه و اندرکنش آب سطحی و زیرزمینی بر اساس اطلاعات موجود است (Izady و همکاران، ۲۰۱۴). بعد از تدوین مدل مفهومی و تحلیل نتایج آن، کمبودهای موجود شناسائی شده و جانمائی نقاط داده‌برداری به‌صورت بهینه انجام می‌گیرد.

مدل بیلان

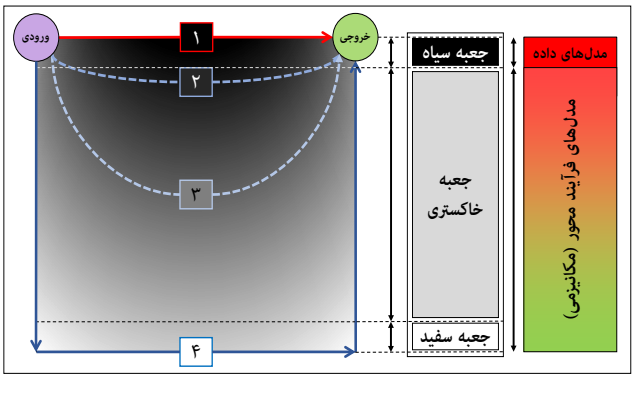
در یک دیدگاه کلی، مدل‌های هیدرولوژیکی به دو دسته فیزیکی و ریاضی تقسیم‌بندی می‌شوند (Anderson و همکاران، ۲۰۱۵). مدل‌های فیزیکی، در واقع همان مدل‌های آزمایشگاهی هستند (همانند تحقیقات دارسی بر ستون خاک). معادلات مورد استفاده در یک مدل ریاضی، می‌تواند مکانزیمی و برپایه فرآیندها باشد و یا اینکه کاملاً داده‌محور (جعبه سیاه) باشد (شکل ۲).



شکل ۲- تقسیم‌بندی مدل‌های هیدرولوژیکی

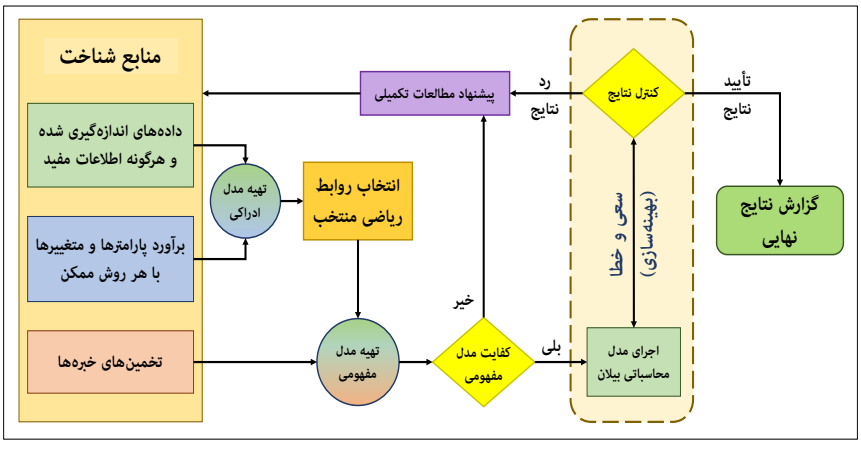
در مدل‌های داده‌محور، روابط بین پارامترهای ورودی و خروجی در یک فضای نامعلوم شکل می‌گیرند. این قبیل مدل‌ها با استفاده از متغیرهایی معلوم و بهره‌گرفتن از معادلات تجربی یا آماری، متغیرهای مجهول را برآورد می‌کنند. مدل‌های جعبه‌سیاه بدین منظور از الگوریتم‌هایی همچون شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌کنند.

مدل‌های مکانیزمی بر پایه روابط فیزیکی حاکم، عمل می‌کنند و به همین جهت تنوع زیادی دارند. هرچقدر معادلات استفاده شده در مدل به فیزیک (واقعیت) فرآیندها و توزیع متغیرها نزدیک‌تر باشد، دقت بیشتر شده و به حالت ایده‌آل و کاملاً مکانیزمی (جعبه سفید) نزدیک‌تر می‌شوند و در عین حال بر پیچیدگی آن‌ها نیز افزوده می‌شود. در شکل (۳) عدد یک نماینده مدل‌های داده‌محور و اعداد دو تا چهار، نماینده مدل‌های فرآیندمحور هستند. هر چه از مدل شماره دو به مدل شماره چهار نزدیک شویم، میزان دقت و معادلات، بیشتر به سمت محاسبات عددی رفته و جزئیات مدل در مقیاس‌های زمانی و مکانی، بیش‌تر می‌شود تا اینکه در شماره چهار به حالت جعبه سفید رسیده و مجهولات در حالت ایده‌آل با دقت واقعی برآورد می‌شوند. به دلیل ماهیت طبیعی و تغییرپذیری مکانی فرآیندهای هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی، دستیابی به چنین حالتی در واقعیت بسیار مشکل است. از طرفی مدل‌های داده-محور به داده‌های مشاهداتی فراوان نیازمند هستند (Anderson و همکاران، ۲۰۱۵). به همین دلیل مدل‌های بیلان به‌طور عمده در دسته مدل‌های خاکستری قرار می‌گیرند.



شکل ۳- تقسیم بندی روابط مورد استفاده در مدل‌های ریاضی

روند انتخاب مدل مناسب، در شکل (۴) نمایش داده شده است. بر اساس این دیاگرام، پس از جمع‌آوری داده‌ها و پیش‌نیازها، مدل ادراکی تنظیم شده؛ سپس روابط ریاضی منتخب تعیین می‌گردد. با اخذ نظر نخبه‌ها و تلفیق آن با مدل ادراکی، مدل مفهومی از حوضه شکل گرفته و مدل اجرا می‌شود. بهینه‌سازی و صحت‌سنجی در این مرحله نقش پررنگی داشته و تعیین کننده صلاحیت خروجی‌های مدل هستند.



شکل ۴- روند تدوین و اجرای مدل هیدرولوژیکی

امروزه اهمیت و جایگاه مدل‌سازی در فرآیندهای هیدرولوژیکی بر همگان آشکار است. در موارد استثنائی که هیچ‌گونه زیرساخت و امکانی برای مدل‌سازی در بیلان وجود نداشته باشد، می‌توان از مدل صرف‌نظر کرد. از جمله: ۱- درصورتیکه هیچ یک از متغیرهای بیلان نیاز به مدل‌سازی نداشته باشد، ۲- یک مدل جامع برای منطقه مورد نظر وجود نداشته، ۳- یا امکان توسعه چنینی مدل نباشد، ۴- مدل برای منطقه مورد نظر کالیبره نشده و مورد قبول گرودارن نباشد، ۵- و همچنین منابع و زمان کافی برای کالیبره کردن و جلب نظر گرودارن ممکن نباشد، ۶- مدلی مخصوص منطقه مورد نظر توسعه نیافته باشد ۷- و مدل‌های موجود نتایج مطلوب را تولید نکنند، ۸- و امکان اصلاح مدل برای دستیابی به نتایج مطلوب وجود نداشته باشد؛ در این صورت از روش‌هایی به‌غیر از مدل‌سازی می‌توان استفاده کرد (CDWR[1]، ۲۰۲۰). این شروط به‌طور غیرمستیقم اهمیت مدل‌سازی در بیلان را نمایان می‌کند.

اما نکته مهم این است که در بیلان، حتی اگر زیرساخت‌های لازم برای مدل‌سازی تلفیقی و امکان توسعه مدل‌های عددی پیچیده نیز وجود نداشته باشد، باز هم نیاز به مدل، اهمیت خود را از دست نمی‌دهد. زیرا می‌توان از مدل‌های فرآیندمحور ساده‌تر (خاکستری) که با استفاده از معادلات ریاضی، نحوه جابه‌جائی رطوبت در مخازن مفهومی مرتبط به هم را توصیف می‌کنند، بهره برد. این مخازن ذخیره‌گاه‌های مختلف (ذخیره برفی، باران‌گیرش جنگلی، رطوبت لایه خاک، آبخوان) در حوضه بوده که با حالت‌های مختلف جریان (رواناب، نفوذ) با یکدیگر مرتبط هستند. واقعیت این است، حتی اگر از مدل‌های کاملاً توزیعی ریزمقیاس نیز استفاده شود، باز هم بی نیاز از کالیبراسیون نخواهیم بود. در همین رابطه، Sivapalan و همکاران (۲۰۰۳)، به نقل از مطالعات Beven (۱۹۸۹) و Grayson (۱۹۹۲) بیان کردند: حتی اگر این مدل‌ها توابع هیدرولوژیکی حاکم بر بخش کوچکی از حوضه را درک کنند، ممکن است نتایج پیش‌بینی برای مقیاس‌های بزرگتر، قابل اتکا نباشد و این به‌دلیل فقدان اطلاعات فیزیکی کافی از نقاط مختلف حوضه است.

بررسی دستورالعمل‌های موجود بیلان در کشور نشان می‌دهد، محاسبات بیلان به‌طور عمده متکی بر تخمین مقادیر بر اساس اندازه‌گیری، قضاوت‌های کارشناسی و روش‌های محاسباتی قدیمی است. هرچند تمام این رویکردها به نوبه خود قابل کاربرد در محاسبات بیلان است، با این وجود در این میان، خلاء استفاده از ابزارهای هوشمند، مشاهده می‌شود. بنابراین ورای رویکرد مدل‌سازی، مسئله دیگر اهمیت ایجاد «نرم‌افزار/سامانه» ساختارمند و جامع برای بیلان است. در این حالت: اولاً امکان خودکارسازی محاسبات و سعی و خطای منطقی، در موازنه بیلان فراهم می‌شود. ثانیاً امکان بهبود، توسعه و جایگزین کردن روش‌های به‌روز شده، مهیا می‌شود. ثالثاً با ایجاد بانک اطلاعاتی منسجم، استفاده و بهره‌گیری از حداکثر اطلاعات ممکن فراهم شده و با تکمیل بانک اطلاعاتی سامانه در اجراهای آتی، تلاش محاسباتی کمتری صرف می‌شود. در این حالت مدل ادارکی و مفهومی حوضه به تدریج ارتقا یافته و امکان مدل‌سازی‌های پیشرفته‌تر فراهم می‌شود.

خروجی‌های بیلان

بحث درباره خروجی‌های بیلان را از دو منظر می‌توان مطرح کرد. اول: برای اینکه خروجی‌های مدل قابل چانه‌زنی نباشند و مورد اجماع حداکثری گروداران قرار گیرد، ضرورت دارد موازنه بیلان بدون سعی و خطای دستی و با ابزارهای بهینه‌سازی خودکار و فرا ابتکاری انجام گیرد. آنچه که دخالت کارشناسی در موازنه بیلان را ممکن می‌سازد، استفاده از نظرات خبرگان در تنظیم قیود مسئله (متغیرهای مختلف بیلان) است. این مورد هم زمانی کاربرد دارد که دانش حداقلی بر اساس ماهیت هیدرولوژیکی و شرایط زمین‌شناسی، جهت تعیین حدود متغیر مورد نظر وجود نداشته باشد.

اما مسئله دوم کاربردهای نتایج بیلان است که در سه محور عمده قابل تقسیم‌بندی است. الف- تخمین آب قابل مدیریت برای تخصیص، ب- هشدار به مسئولین برای برنامه‌ریزی و شناسائی موقعیت و دوره‌های بحرانی، ج- اطلاع‌رسانی به مردم و گروداران حوضه نسبت به پتانسیل منابع آب و آگاهی نسبت به کمبودها.

بنابراین ابتدا باید اهمیت و کاربرد نتایج بیلان در بین گرودارن مورد اجماع قرار گیرد. برای دستیابی به این مهم باید نتایج بیلان قابل اعتماد بوده و رسمیت پیدا کند و این زمانی میسر است که نتایج بر اساس حداکثر دانش از وضعیت موجود حاصل شده باشند. بهره‌گیری از حداکثر اطلاعات موجود، با استفاده از ابزارهای فن‌آورانه ممکن می‌گردد. زیرا به‌دلیل عدم قطعیت مولفه‌های مختلف، یک جواب واحد برای تابع هدف بیلان وجود ندارد و بهترین جواب از فضای جواب‌های شدنی باید انتخاب گردد (رجوع شود به شکل ۴). ابتدا برآورد اولیه برای هر یک از مؤلفه‌های بیلان که داده‌ها و اطلاعات کافی برای آن موجود است، انجام می‌شود. این اطلاعات یا از اندازه‌گیری مستقیم حاصل گردیده، یا بر اساس مدل‌هایی که فهم درستی از متغیر مورد نظر کسب کرده‌اند، محاسبه شده‌اند. در مواردی که داده‌ها و اطلاعات کافی وجود ندارد، با تکیه بر دانش حداقلی و موثق از وضعیت منابع آب در هر حوضه و به کمک خبرگان، برآوردهایی برای این مؤلفه‌ها صورت می‌گیرد. از طرفی در پارامترهای دارای اندازه‌گیری نیز با توجه به اینکه بیلان برای یک وسعت مکانی برقرار می‌شود، ولی اندازه‌گیری متغیرها به صورت نقطه‌ای بوده و باید به سطح تعمیم داده شوند، لذا اهمیت بهینه‌سازی برای یافتن بهترین جواب، مشهود است. نتایجی که از این طریق حاصل شده و مورد ارزیابی و اعتبارسنجی قرار گرفته باشد، بدون شک مورد اجماع تمام ذی‌نفعان بیلان قرار گرفته و رسمیت می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نگرش‌های موجود نسبت به بیلان در کشور، نشانگر این موضوع است که اهمیت و جایگاه آن در مدیریت منابع آب، به رسمیت شناخته نشده است. چرا که تلاش چندانی برای تغییر وضع موجود چه از نظر فراهم آوردن زیرساخت‌ها، چه از نظر بهبود فرآیندهای فنی و ساختارهای حاکمیتی، صورت نمی‌گیرد. این درحالی است که اصولاً بیلان، اولین گام در برنامه‌ریزی‌ها و تلاش‌های مدیریت آب در حوضه است. بیلان در ابتدای سال مجوز برنامه‌ریزی‌ها و تعیین سقف تخصیص‌ها و در پایان سال، کارنامه‌ای برای سنجش عملکردهای مدیریتی است. در این یادداشت سعی شد، با تفکیک بیلان به اجزای مختلف، نقش و اهمیت هرکدام تشریح و چالش‌های مرتبط با آن‌ها شناسائی شود.

تقویت زیرساخت‌ها، تقویت روش‌های محاسبه و شناخت درست از نتایج و کاربردهای آن، سه محور اصلی در شناخت درست از بیلان است. بنابراین برای جمع‌بندی مباحث، موارد ذیل ارائه می‌شود: الف) می‌بایست با شناخت صحیح از حوضه، به طراحی بهینه شبکه سنجش و پایش پرداخت و با استفاده از فن‌آوری‌های نوین و برخط، از خطاهای ثبت، انتقال و ذخیره‌سازی داده کاست. ب) باید با خودکارسازی فرآیند محاسبات بیلان و استفاده از مدل‌ها، امکان توسعه و بهبود روش‌ها، تجمیع و استانداردسازی بانک‌های اطلاعاتی را فراهم آورد. در این صورت قضاوت‌های کارشناسی در نتایج بیلان در مسیر صحیح هدایت شده و به شکل بهینه اعمال می‌گردد. ج) باید کاربردهای بیلان شناسائی شود، انتظارات از نتایج آن معقول و متناسب با مدل مد نظر تنظیم گردد. مدل نیز می‌بایست بر اساس شرایط و پیچیدگی‌های هر حوضه انتخاب و اجرایی شود.

در جدول (۱) جمع‌بندی بخش‌های مختلف بیلان، چالش‌ها و راهکارها، ارائه شده است. با رعایت ساختارهای مورد بحث در این یادداشت، می‌توان امیدوار بود که نتایج به‌دست آمده برای بیلان مورد اجماع گرودارن باشد. نتیجهٔ اساسی توجه به چنین ساختارهایی، کاهش زمان فرآیند تولید بیلان و بهینه کردن تلاش‌های صورت گرفته می‌باشد. بنابراین نتایج بیلان در موعد مقرر مهیا شده و کاربردهای مدیریتی آن حاصل می‌شود.

جدول ۱ - چالش‌ها و راهکارها

		اهمیت/چالش	بهبود /راهکار
اجزاء اصلی بیلان	ورودی	- نقش بنیادی در اعتبار نتایج - مؤثر در واسنجی مدل - کمک به شناسایی بهتر منشاء عدم قطعیت	- بازطراحی بهینه شبکه پایش و سنجش براساس مدل مفهومی حوضه - استفاده از فن‌آوری‌های برخط برداشت و ثبت داده
	مدل	- کمک به فهم فرآیندهای پیچیده - خودکارسازی،کاهش نظرات شخصی - تجمیع داده و روش‌ها و مقایسه آن‌ها، امکان توسعه و بهبود مستمر - فراهم شدن مقدمات مدل‌سازی پیشرفته	- توسعه و ساماندهی مدل‌های مفهومی بیلان متناسب با اقلیم و زمین‌شناسی در مناطق مختلف - ایجاد سامانه‌های خودکار و تجمیع روش‌های محاسبه و ایجاد ارتباط بین زیرسیستم‌ها و متغیرهای بیلان
	خروجی	- اهمیت حصول نتایج در موعد مقرر جهت بهره‌مندی از کاربردهای مدیریتی - اهمیت شناخت صحیح کاربرد نتایج - اهمیت اجماع بر نتایج بیلان	- استفاده از ابزارهای فن‌آورانه برای اطمینان از حصول نتایج حداکثری بر اساس اطلاعات و زیرساخت‌های حداقلی در وضعیت جاری هر دوره

پی‌نوشت

1-California Department of Water Resources

منابع

داوری، ک. ۱۳۹۹. پایش و مدیریت. نشریه آب و توسعه پایدار، ۷(۲): سرمقاله.

رضوی، س.، داوری، ک.، قهرمان، ب.، ضیائی، ع.ن.، ایزدی، ع.، اسحاقیان، ک.، شاهدی، م. و طالبی، ف. ۱۳۹۵. توسعه مدل شبه‌توزیعی برای برآورد بیلان (QDWB) و ارزیابی آن در محدوده مطالعاتی رخ-نیشابور، ۳۰(۶): ۱۸۸۸-۱۹۰۴.

Anderson M.P., Woessner W.W. and Hunt R.J. 2015. Applied Groundwater Modeling-Simulation of Flow and Advective Transport. Second Edition. Academic Press. London, UK.

Anderson R., Hansen J., Kukuk K. and Powell B. 2006. Development of a watershed-based water balance tool for water supply alternative evaluations. Proceedings of the Water Environment Federation, 2006(10): 2817-2830.

Crawford N.H. and Linsley R.K. 1966. Digital simulation in hydrology: Stanford watershed model 4. Technical Report, 39: 1-10.

California Department of Water Resources. 2020. DRAFTHandbook for Water Budget Development-With or Without Models. https://groundwaterexchange.org/news-post/draft-handbook-for-water-budget-development-released-webinar-scheduled/. (visited 22 December2020).

Dripps W.R. and Bradbury K.R. 2007. A simple daily soil–water balance model for estimating the spatial and temporal distribution of groundwater recharge in temperate humid areas, Hydrogeology Journal, 15(3): 433–444.

Dunne T. 1978. Field studies of hillslope flow processes. Hillslope hydrology, 227: 227-293.

Hu C., Guo S., Xiong L. and Peng D. 2005. A modified Xinanjiang model and its application in northern China. Hydrology Research, 36(2): 175-192.

Izady A., Davary K., Alizadeh A., Ziaei A.N., Alipoor A., Joodavi A. and Brusseau M.L. 2014. A framework toward developing a groundwater conceptual model. Arabian Journal of Geosciences, 7(9): 3611-3631.

Long Y., Zhang Y., Yang D. and Luo L. 2016. Implementation and application of a distributed hydrological model using a component-based approach. Environmental Modelling & Software, 80: 245-258.

Niemann J.D. and Eltahir E.A.B. 2004. Prediction of regional water balance components based on climate, soil, and vegetation parameters, with application to the Illinois River Basin. Water Resources Research, 40(3):n/a-n/a.

Portoghese I. Uricchio V. and Vurro M. 2005. A GIS tool for hydrogeological water balance evaluation on a regional scale in semi-arid environments. Computers & geosciences, 31(1): 15-27.

Sivapalan M., Blöschl G., Zhang L. and Vertessy R. 2003. Downward approach to hydrological prediction. Hydrological processes, 17(11): 2101-2111.

Sokolov A.A. and Chapman T.G. 1974. Methods for water balance computations, An international guide for research and practice-A contribution to the International Hydrological Decade. Paris: Unesco Press.

Thornthwaite C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 38(1): 55-94.

Thornthwaite C.W. and Mather J.R. 1955. The water balance, Publ. Climatol. Lab. Climatol. Dresel Inst. Technol, 8(8): 1–104.

Thornthwaite C. and Mather J. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance, 5th printing. CW Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, NJ, USA, 10(3).

Westenbroek S.M., Engott J.A., Kelson V.A. and Hunt R.J. 2018. SWB Version 2.0—A soil-water-balance code for estimating net infiltration and other water-budget components: U.S. Geological Survey Techniques and Methods. book 6. chap. A59. 118 p. Reston, U.S.

Xu C.Y. and Singh V.P. 1998. A review on monthly water balance models for water resources investigations. Water Resources Management, 12(1): 20-50.