ملاحظاتی در گزینش روش برآورد تغذیه آبخوان

تهیه‌کننده: بهزاد سعیدی

کمی‌سازی نرخ‌های طبیعی تغذیه آب زیرزمینی، از بایسته‌های مدیریت کارآمد آب زیرزمینی به شمار می‌آید. با این که از مهم‌ترین مؤلفه‌های مطالعات آب زیرزمینی است، به دلیل آنکه تغییرپذیری مکانی و زمانی دارد، و اندازه‌گیری مستقیم آن دشوار است، از ناشناخته‌ترین مؤلفه‌ها نیز به شمار می‌آید. از این رو، در برآورد تغذیه باید ملاحظاتی را در گزینش روش مناسب مد نظر داشت.

ملاحظه نخست در انتخاب روش‌های برآورد تغذیه، هدف مطالعه است (یعنی هدف ارزیابی منابع آب یک حوضه، تهیه ورودی مدل، ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی). تهیه مدل مفهومی اولیه سیستم هیدرولوژیکی، گام بعدی است. مدل مفهومی، ساز و کارهای حاکم تغذیه را مشخص می‌کند، برآوردهای اولیه از نرخ‌های تغذیه را به دست می‌دهد، و به عنوان یک راهنما برای انتخاب روش‌ها و مکان‌ها و زمان‌های گردآوری داده به کار می‌آید. فرایندهای تغذیه تا اندازه زیادی تحت کنترل اقلیم، زمین‌شناسی و خاک‌ها، توپوگرافی، هیدرولوژی، و پوشش گیاهی و کاربری اراضی هستند؛ این عوامل باید در تدوین مدل مفهومی در نظر گرفته شوند. تحلیل داده‌های موجود و نتایج مطالعات تغذیه در نواحی مشابه می‌تواند به شکل‌دادن مدل مفهومی اولیه کمک کند. مدل مفهومی معمولاً با گذشت زمان و گردآوری و تحلیل داده‌ها، تکامل می‌یابد؛ اطلاعات و تفسیرهای جدید ممکن است بازبینی مدل مفهومی را پشتیبانی کند یا به کارگیری رویکردهای دیگر را نشان دهد. مهم است ساز و کارهای تغذیه شناسایی شود، چون برخی روش‌ها به طور مشخص برای برآورد تغذیه متمرکز طراحی شده‌اند، در حالی که روش‌های دیگر، منحصراً برای برآورد تغذیه نامتمرکز طراحی شده‌اند.

نوسان مکانی و زمانی هم در ساخت مدل مفهومی، و هم در انتخاب و کاربست روش‌ها مهم هستند. تغذیه نامتمرکز می‌تواند تا اندازه‌ای در محدوده مورد نظر در زمان‌های خاصی در طول سال، یکنواخت پدید آید، ولی الگوهای کاربری اراضی یا نفوذپذیری خاک می‌تواند به توزیع نایکنواخت تغذیه منجر شود. تغذیه متمرکز در نقاط خاصی در یک آبخیر پدید می‌آید؛ یک رودخانه در بخشی از سال می‌تواند منبع تغذیه‌کننده آب زیرزمینی باشد، ولی در زمان‌های دیگر سال، گیرنده آب زیرزمینی باشد.

ملاحظات مکان و زمان نیز باید با هدف‌های مطالعه پیوند داشته باشد. چه نوع برآورد تغذیه مطلوب است؟ میانگین‌های درازمدت؟ مقادیر سالانه یا ماهانه؟ نرخ‌های تاریخی تغذیه برای دوره‌های پیش از بهره‌برداری به دست انسان؟ آیا برآورد میانگین برای کل آبخوان یا حوضه لازم است؟ یا آیا اطلاعات درباره نوسان مکانی برای مطالعه آسیب‌پذیری آبخوان نیاز است؟ پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند ما را در انتخاب روش‌های مناسب راهنمایی کند.

هریک از روش‌های برآورد، با مقیاس‌های زمانی و مکانی خاصی همراه هستند.

مقیاس‌های زمانی و مکانی مورد نظر در یک مطالعه باید با فنون انتخاب‌شده برآورد مطابقت داشته باشد. اگر مطالعه مورد نظر برای برآورد تغذیه در یک حوضه بزرگ است (مثلاً در اندازه هزاران کیلومتر مربع)، بنابراین روش‌هایی که نواحی بزرگ را یکپارچه می‌کنند (برای نمونه روش‌های بیلان آب، تحلیل هیدروگراف جریان رودخانه، مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی) ممکن است نسبت به روش‌هایی که برآورد نقطه‌ای به دست می‌دهند ارجحیت داشته باشند (برای نمونه روش صفحه شار صفر). البته بدین معنا نیست که برآوردهای نقطه‌ای در حوضه‌های بزرگ مفید نیستند. یکپارچه‌سازی برآوردهای مختلف نقطه‌ای در یک آبخیز، اگر داده‌های نقطه‌ای کافی در دسترس باشد می‌تواند برآورد معنادار در سطح آبخیز را به دست دهد. ابزارهای جدید مدل‌سازی، مانند مدل‌های ترکیبی آبخیز/ جریان آب زیرزمینی (قسمت۳-۶) می‌توانند برآوردهای تغذیه را در مکان‌ها و زمان‌های گسسته در یک آبخیز فراهم آورند، و در عین حال متوسط برآورد را برای کل آبخیز به دست می‌دهند.

از نظر مقیاس‌های زمانی، برخی روش‌ها، برآوردهای تغذیه را برای رویدادهای منفرد بارش به دست می‌دهند. سایر روش‌ها برآوردهایی به دست می‌دهند که ممکن است میانگین تنها یک سال، چندین سال، چندین دهه، یا حتی چند قرن و هزاره باشد. اگر سطح ایستابی در محدوده مطالعاتی، کم‌عمق باشد و تغذیه پیوسته در هر فصل رخ می‌دهد، بنابراین روش‌های مبتنی بر ردیاب‌ها در زون اشباع‌نشده ممکن است استفاده محدودی داشته باشد. پالس‌های بمب تریتیوم و کلرین۳۶ به بیشترین احتمال از زون اشباع‌نشده در این نواحی شسته شده‌اند. اگر نوسان در تغذیه میان‌سالی نیز مورد نظر باشد، بنابراین در غیر این صورت، ردیاب‌های طبیعی و تاریخی آب زیرزمینی استفاده اندکی خواهند داشت، چون این قبیل روش‌های ردیابی، نرخ متوسط تغذیه را که برای چندین سال یکپارچه شده‌اند به دست می‌دهد.

مقیدسازی زمانی مطالعه نیز مهم است. اگر برآوردهای تغذیه باید در کوتاه‌مدت صورت گیرد (چند ماه)، بنابراین، روشن است که فنون مبتنی بر پایش بلندمدت (چندین سال) نامناسب خواهد بود، اگر داده‌های درخواستی فراهم نباشند. فنون ردیابی ممکن است برای مطالعه کوتاه‌مدت مناسب باشد، چون معمولاً تنها به یکبار نمونه‌برداری نیاز دارند و برآوردی از متوسط تغذیه در چند سال را به دست می‌دهند.

همانند قیودات زمانی، قیودات مالی غالباً عامل تعیین‌کننده در گزینش روش‌ها به شمار می‌آیند. آنالیز مغزه‌های تهیه‌شده از زون اشباع‌نشده برای تریتیوم و کلرین۳۶ می‌توانند در برخی مناطق خشک بسیار مفید باشد. با این همه، هزینه تهیه نمونه‌ها (به ویژه از زون‌های اشباع‌نشده ضخیم) و آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ممکن است در برخی مطالعات پرهزینه شود. با این همه، یک نکته را باید روشن کرد. هزینه کاربست یک روش لزوماً با دقت یا مناسب‌بودن روش، همبستگی ندارد. این واقعیت که هزینه‌های یک روش به شکل قابل ملاحظه‌ای بیشتر از روش دیگر است، تنها بدین معنا است که نتایج روش نخست، بهتر از روش دوم است. به همین صورت، درست به این دلیل که یک روش بسیار کم‌هزینه است، بدین معنا نیست که هیچ ارزشی در استفاده از این روش وجود ندارد. هر روشی که در توان مالی و به کارگیری آن آسان باشد، شایسته توجه است.

دقت برآوردهای به دست‌آمده در همه روش‌ها باید تا حدا امکان دقیق، پیش از کاربرد روش ارزیابی شود. این ارزیابی کار ساده‌ای نیست. به کارگیری تحلیل رسمی خطا دشوار است، چون خطا چندین منشأ دارد، و در تمام بخش‌های فرایند برآورد اثرگذارند. جدی‌ترین خطاها به سبب صورت‌بندی مدل مفهومی نادرست فرایندهای تغذیه به وجود می‌آیند. تدوین مدل مفهومی و برآورد نرخ‌های تغذیه، فرایندهای تکرارشونده هستند. از این رو، طبیعی است که بازبینی‌هایی در مدل مفهومی، به نسبتی که اطلاعات بیشتر فراهم می‌آید انجام می‌گیرد. ارزیابی مجدد و پیوسته مدل مفهومی بسیار ضرورت دارد.

کاربست نامناسب یک روش و نقض یک یا چند فرض از فرضیات روش، دیگر منشأ معمول خطا به شمار می‌آید. برای نمونه، برآوردهای تغذیه با استفاده از روش نوسان سطح ایستابی، مبتنی بر افزایش ترازهای آب زیرزمینی است. همان گونه که پیش‌تر گفته شد، ترازهای آب می‌تواند بنا به عواملی غیر از تغذیه افزایش یابد. اگر نتوان افزایش‌های ناشی از تغییرات در فشار اندازه‌گیری یا هوای به تله‌افتاده یا تغییرات در پمپاژ را به حساب آورد، به عدم دقت در نرخ‌های برآوردشده تغذیه منجر خواهد شد. خطاهای اندازه‌گیری نیز در خطای کلی سهیم هستند. روش دارسی نیازمند اندازه‌گیری یا برآورد قابلیت هدایت هیدرولیکی است؛ با این همه، قابلیت هدایت هیدرولیکی تغییر مکانی زیادی دارد و همچنین، اندازه‌گیری دقیق آن بسیار دشوار است. چنانچه نوسان مکانی و زمانی به شکل مناسب به حساب آورده نشود، خطاهایی به وجود خواهد آمد.

روش‌های بیلان آب و مدل‌سازی را می‌توان به دست تحلیل کلاسیک خطا سپرد. چنین تحلیل‌هایی مفید هستند، ولی درباره آنها باید جانب احتیاط را رعایت کرد، چون بر این فرض مبتنی هستند که مدل مفهومی، درست است. چنانچه مدل مفهومی، نادرست باشد، تحلیل خطا بی‌معنا خواهد بود. استفاده از چندین روش لزوماً دقت برآورد را به لحاظ کمی بهبود نمی‌بخشد. با این همه، از چند جهت، داشتن چندین برآورد از تغذیه، سودمند است. همخوانی برآوردها، اعتبار برآوردها را تقویت می‌کند. ناهمخوانی برآوردها می‌تواند به شناخت بیشتر خطاهای اندازه‌گیری و فرضیات نامعتبر کمک کند و نشان دهد به چه شیوه‌ای می‌توان مدل مفهومی را بازبینی کرد. روش‌های بسیاری را می‌توان بر پایه حجم زیاد داده‌های موجود به کار بست، بدون آنکه نیاز باشد داده‌های اضافه‌تری جمع‌آوری شود.