مقدمه مترجمان

آبشناسی ـ یکی از شاخه‌های مهم جغرافیای طبیعی ـ نه تنها به عنوان رشته‌ای مستقل با کاربردهای وسیع، از زمانهای پیش مورد توجه دانشمندان و محققان علوم زمین قرار گرفته، بلکه با توجه به تأثیرگذاری آن بر شاخه‌های علوم طبیعی بویژه اقلیم‌شناسی و ژئومورفولوژی و نیز تأثیرپذیری از آنها مورد علاقه جغرافیدانان نیز قرار داشته است.

فقدان مباحث آبشناسی در آثار جغرافیایی ایران، ما را بر آن داشت تا به ترجمه کتاب حاضر که به گفته مؤلفان ویژه جغرافیدانان نگاشته شده است، همت گماریم. بنابراین، چون در رشته جغرافیای طبیعی، ژئومورفولوژی به صورت گسترده‌ای کاربرد دارد، لذا کتاب حاضر طبیعتاً فاقد بحث فیزیوگرافی است. از طرف دیگر علاوه بر استفاده از فرمولهای متداول تجربی، کتاب *هیدرولوژی قاره‌ها* از نظر تجزیه و تحلیل مطالب و بررسی کیفی مسائل متفاوت غنی است و دانشجویان رشته جغرافیای طبیعی را تا حدی از مراجعه به سایر کتابها بی‌نیاز می‌سازد.

کتاب حاضر علاوه بر مقدمه‌ای نسبتاً مفصل درباره تعاریف چرخه آب و مفهوم ترازنامه در آبشناسی حاوی چهار بخش و ده فصل است. بخش اول شامل سه فصل است که در مجموع درباره مرحله سطحی چرخه آب بحث می‌کند. در فصل اول بارشها مورد توجه قرار می‌گیرند. در این زمینه، منشأ ویژگی بارشها، ناهماهنگی پراکنش بارشها در زمان و مکان، اندازه‌گیری میزان باران، تخمین بارانهای ناحیه‌ای و سرانجام تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بارش، مورد توجه قرار گرفته است.

در فصل دوم، مسائل متفاوت مربوط به برگ‌آب، شامل: تعاریف، تلفات، اندازه‌گیری و نقش برگ‌آب در عملکرد آبشناختی حوضه آبریز، مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل سوم، تبخیر و تبخیر و تعرّق در قالب فرایندهای فیزیکی تبخیر و چگونگی آن در شرایط متفاوت عرضه در محیط طبیعی و سرانجام، اندازه‌گیریها و مدلسازی در تبخیر و تعرّق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و از روشها و فرمولهای معروف (تورنث‌وایت، تارک، پنمن و دیگران) سخن به میان آمده است.

بخش دوم مربوط به مرحله زیرزمینی چرخه آب، در دو فصل عرضه شده است. در فصل چهارم، مطالبی درباره مخازن آبهای زیرزمینی عنوان شده است. مباحث این فصل به میزان آب در خاک، مبانی نظری جریان آب در زمین و بازسازی مخازن در محیط طبیعی و اندازه‌گیری میزان آن، اختصاص داده شده‌اند.

در فصل پنجم از آبسفره‌ها و ذخایر آبشناختی، انواع آبخوانها، ترازنامه آبی سفره‌ها و ضریب ذخیره‌سازی آنها و جریان آب در سفره صحبت می‌شود.

در بخش سوم که شامل دو فصل است، از جابه‌جایی آب در مقیاس دامنه و حوضه آبریز سخن به میان آمده و در فصل ششم از آبی که در اثر بارندگی به زمین می‌رسد تا آبی که در سطح زمین جریان می‌یابد و در فصل هفتم از اندازه‌گیری جریانها و مدلسازی برای آن بحث شده است.

بخش چهارم نقش فعالیتهای انسانی را در چرخه آب مورد توجه قرار می‌دهد که در سه فصل به نحو زیر ارائه می‌گردد.

فصل هشتم به مدیریت سدهای ذخیره‌سازی و تغییر در جریان آبها، فصل نهم به اثر فعالیتهای انسانی در چرخه آب در اثر تغییر کاربردی آن در فضای حوضه آبریز و بالاخره فصل دهم به نقش گیاهان در آبشناسی منطقه و اثر جنگلکاری و جنگل‌زدایی در موقعیت آبی منطقه اختصاص دارند.

علاوه بر منابع پایانی که حاصل کار محققان متعدد در زمینه مسائل منابع آب در قلمروهای مختلف محیط طبیعی است، در پایان هر فصل نیز، منابع تخصصی مربوط به آن عرضه شده است.

در پایان از مسئولان و کارکنان محترم سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت) و بخصوص از آقای محمدرضا یعقوبی مسئول محترم اداره چاپ و نشر و آقای محمود جوان و همچنین آقای هوتن زنگنه‌پور و خانم میچکا کتاب‌الله‌زاده که در اصلاح و بازسازی شکلها و تصاویر زحمت کشیده‌اند، سپاسگزاری می‌کنیم. امیدواریم که کتاب حاضر نیاز دانشجویان شاخه‌های جغرافیا را در سطوح مختلف بویژه در سطح کارشناسی ارشد و دکتری برطرف سازد. قبلاً از کاستیها و نواقص احتمالی کتاب پوزش می‌طلبیم و از خوانندگان و علاقه‌مندان انتظار یاری و همکاری داریم.

همچنین از آقای گیوم دِرویو[1] و آقای آنتوان بونفه[2] از مقامات مسئول دانشگاهی در انتشارات آرمان کُلَن به خاطر اجازه ترجمه این کتاب به زبان فارسی به شماره AB/n° 826 مورخ 2 سپتامبر 2003 تشکر می‌نماییم.

احمد معتمد
فرج الله محمودی

پیشگفتار

هدف علمی آبشناسی مطالعه چرخه آب در تمام حالات آن است: آبی که می‌بارد، آبی که تبخیر می‌شود، آبی که جریان می‌یابد و سپس دیر یا زود تبخیر می‌شود و دوباره به زمین بازمی‌گردد. به طور کلی، تمام مسائل مطرح در آبشناسی با سه اصطلاح بارش، تبخیر و رواناب مرتبط است. چرخه آب تقریباً ثابت است و اگر آن را در مقیاس زمانهای زمین‌شناسی در نظر بگیریم، آغاز و پایان مشخصی ندارد؛ زیرا همانگونه که از قدیم گفته‌اند، هیچ دلیلی در دست نیست که ثابت کند مولکول آب فقط یک‌بار از یک نقطه می‌گذرد. بنابراین، کافی است که آنرا در گذر زمان مورد توجه قرار دهیم.

علم واقعیات: آیا تردیدی وجود دارد که باران، آب جاری و رشد نباتات وابسته به آب موجود در خاک نیست؟ شاید بتوان گفت آبشناسی هم مانند سایر شاخه‌های علوم طبیعی از این واژه‌های فریبنده لطمه

---

[1] .Guillaume Dervieux (Directeur de la Division Universitaire de Vivendi Universal Education France).

[2] (Antoine Bonfait (VUEF/Division Universitaire Droits Etrangers .

خورده است. عامه مردم هنوز بر این باورند که سیلابها همیشه از رگبارهای شدیدی حاصل می‌شوند که خاک ظرفیت جذب آنها را ندارد؛ در حالی که در واقع این مسأله اغلب نتیجه وسعت سطوح اشباع شده است. در این صورت خواهند گفت که این امر ناشی از عدم نفوذ آب است. اتفاقاً، الزاماً چنین نیست ... به نظر می‌رسد که در اینجا انتقال فشار نقشی اساسی بر عهده دارد.

آبشناسی با علوم اجتماعی نیز ارتباط دارد؛ گفته می‌شود در آینده جنگها بر سر آب اتفاق خواهند افتاد. احتیاج به آب، خواه به علت افزایش جمعیت کره زمین و خواه به دلیل بالا رفتن سطح زندگی، دائماً در حال افزایش است. در حال حاضر (تیرماه 1999) مهمترین مشکل در «بازسازی» کوزوو[3] به تأمین آب آشامیدنی برای مردم مربوط می‌شود.

فهمیدن هدف هر علمی است. اگر دل‌نگران جنبه کاربردی علم باشیم، شاید هدف آن پیش‌بینی باشد، اما آینده‌نگری در درجه دوم اهمیت قرار دارد. بنابراین درک کردن و فهمیدن از اهمیت بیشتری برخوردار است. لذا تفاوت در شیوه‌های مطالعات آبشناسی بیشتر ناشی از تفاوت در روشها است تا ناشی از تفاوت در هدف آنها. روش مورد نظر در این کتاب روشی ناتورالیستی است یعنی بر اساس مشاهده طبیعت بنا شده اما این مشاهده باید دقیق و تا سرحد امکان قاطع بوده و به اندازه‌گیریها، ترازنامه آبی، کمیت، مدلسازی و ... متکی باشد. این روشها هرگز به خودی خود هدف نیستند؛ بلکه راههایی هستند که کمابیش سعی در پاسخگویی به سؤالاتی غیر از سؤالاتی درباره چگونگی عملکرد آن دارند؛ زیرا روی هم رفته پاسخ لازم را در اختیار قرار نمی‌دهند و آبشناسی هم مانند سایر علوم طبیعی جز به صورتی متعادلتر به قوانین دقیق پاسخ نمی‌دهد: چرا این چنین است؟ شاید در آینده این مسأله را بهتر درک کنیم. این کتاب برای دانشجویان دوره دوم و سوم (کارشناسی ارشد و دکتری) تهیه شده و به زبانی ساده نوشته شده است. هدف ما تهیه کتابی برای دانشجویان جغرافیا بوده است، کتابی که در آن آبشناسی به صورتی غیر از آنچه برای دانشجویان فیزیک یا ریاضی نوشته می‌شود، عرضه گردد. هرچند فیزیک و ریاضی برای درک مسائل ضرورت دارند غالباً در این بخش از نظر عملی اهمیت چندانی ندارند زیرا اغلب معادلات نیاز به محیطی همگن، ثابت، شناخته‌شده و همسان دارند، به عبارت دیگر محیطی مطلوب و کاملاً متفاوت از محیط طبیعی. مطالعه قانون دارسی برای درک فرایندهای جریان آب در زمین الزامی است؛ اما فقط در شرایطی اتفاق می‌افتد که جز در آزمایشگاه به تحقق نمی‌پیوندد.

این کتاب در درجه اول دارای جنبه عملی است یعنی تمام مفاهیم پایه‌ای را که برای درک فرایندهای آبشناسی ضروری است فراهم می‌آورد و پیامدهای اعمال (ارادی یا غیر ارادی) انسان را بر این رفتارهای آبشناختی نقطه شروع قرار می‌دهد. بنابراین کتاب حاضر در اصل از دیدگاه جغرافیایی نوشته شده است، زیرا تعامل بین جوامع انسانی و محیطهای طبیعی را مورد توجه قرار می‌دهد.

بعد از مقدمه‌ای که ضمن شرح چرخه آب و ترازنامه آبشناختی، بر اهمیت مفهوم حوضه آبریز تأکید می‌کند، این کتاب به تشریح مراحل چرخه آبشناختی می‌پردازد. مرحله اول مرحله هوایی است که بارش و تبخیر و تعرق را در بر می‌گیرد و مسأله اساسی در آن نقش آبشناختی برگ‌آب[4] است. سپس مرحله آبهای

---

[3] . Kosovo

[4] . interception

زیرزمینی‌است، چه آب موجود در لایه سطحی زمین که مستقیماً به مصرف تبخیر می‌رسد و چه آبهای عمیق‌تر که مخازن آبشناختی را تشکیل می‌دهند و منشأ اصلی روانابهایند.

پس از تشریح کارکردهای چرخه آبشناختی، امکان بررسی مهمترین مسأله در آبشناسی، یعنی رابطه بین آب باران و آب جاری فراهم می‌شود. مسأله این است که عبور آب در حریم حوضه آبریز و جریان آبی که می‌تواند در اثنای بالا آمدن سیلابها، و طغیان آب در دامنه‌ها تشکیل شود، آنگونه که مدتهای طولانی فکر می‌کردند، ارتباط زیادی با یکدیگر ندارند.

سرانجام در آخرین فصل، مسأله تأثیر فعالیتهای انسانی بر عملکرد آبشناختی در حوضه‌های آبریز (و مخصوصاً بر تظاهرات نهایی مانند سیلابها و آبهای بسیار کم سطح) بویژه در ارتباط با نقش نوع پوشش گیاهی مورد بحث قرار می‌گیرد.

قلمرو مطالعه بر مناطق معتدله متمرکز شده است. گاه نمونه‌هایی از سایر شرایط جوی مورد استفاده قرار گرفته است بخصوص هرجا که این نمونه‌ها امکان شبیه‌سازی عملکردهای نواحی معتدل را فراهم آورند و به فهم بهتر چگونگی فرایندها کمک نمایند.

مقدمه

چرخه آب و مفهوم ترازنامه در آبشناسی

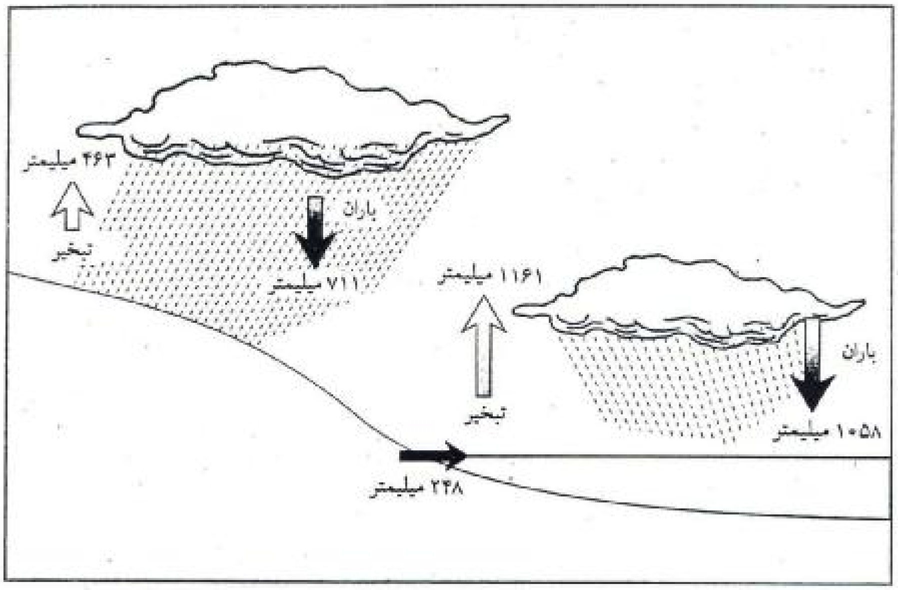
چرخه آب و اصول محاسبه ترازنامه در آبشناسی

چرخه آب

آب در طبیعت حجم مشخصی دارد، اما توزیع آن در سطح زمین بسیار نابرابر است. بخش اعظم آن مربوط به اقیانوسها است (97/5 درصد) و بقیه آن که حدود 2/5 درصد را شامل می‌شود به شکل برف، یخ، آب جاری یا زیرزمینی در سطح خشکیها پراکنده است. بخش کوچکی از آب در جو زمین به شکل بخار موجود است. بیش از 43 از آب موجود در قاره‌ها نیز به صورت یخهای ثابت قطبی است.

چرخه *آب* فقط قسمت بسیار کمی از حجم آب موجود در کره زمین را در بر می‌گیرد. چنانچه بپذیریم که به طور متوسط سالیانه حدود یک متر باران بر سطح کره زمین می‌بارد، آب موجود در چرخه نسبت به حجم 1400000 Gm3 ذخیره موجود جهانی، حجمی برابر با 510 Gm3 را نشان می‌دهد. با وجود این زندگی در سطح زمین به همین بخش ناچیز بستگی دارد. ضمناً همین بخش کوچک آب، موضوع مطالعه آبشناسی است.

اصطلاح «چرخه آب» یادآور مبادله دائمی میان آب سطح زمین و آب موجود در جو از طریق تبخیر و بارش است. این مبادلات در مقیاس کل کره زمین انجام می‌شود. البته می‌دانیم که میزان بارش کمتر از تبخیر در سطح اقیانوسهاست ولی عکس این حالت در سطح قاره‌ها وجود دارد (نمودار 1).



نمودار 1 میزان تخمینی بارش و تبخیر در مقیاس کره زمین بر حسب میلیمتر. این کاستیها از طریق روانابهای سطحی و آبهای زیرزمینی قاره‌ها که به اقیانوسها می‌ریزند جبران می‌شوند. مبادله به صورت لایه آبی به ضخامت 250 میلیمتر در سطح خشکیهاست که به سطح اقیانوسها برمی‌گردد و حدود 100 میلیمتر سطح آب اقیانوسها را بالا می‌آورد. منبع: جاگر[1]،1969 به نقل از فالکنمارک[2] و دیگران، 1989.

البته چرخه آب می‌تواند در مقیاس دیگری تحت عنوان *مقیاس ایستگاهی* مورد توجه باشد که نمونه‌ای از آن در نمودار 2 نشان داده شده است.

قسمتی از *باران* به وسیله نباتات جذب شده و بسرعت *تبخیر می‌شود* و بقیه آن وارد زمین می‌شود. بنابراین آب میان تبخیر مستقیم از خاک، *رواناب* احتمالی و نفوذ در زمین تقسیم می‌شود.

اگر خاک به دلیل جذب رطوبت به وسیله نباتات خشک شده باشد، در این صورت آب برای بازسازی *ذخیره آبی* (Ru)[3] به مصرف می‌رسد و همین رطوبت، تعرق نباتی را نیز تضمین می‌کند. میزان حداکثر این ذخیره آبی، به طبیعت خاک و عمق ریشه گیاهان بستگی دارد. هنگامی که این حداکثر فراهم شود (می‌گویند که خاک به *ظرفیت نگهداری*[4] رسیده است)، آب به قسمتهای زیرین نفوذ کرده، *ذخیره‌های آبشناختی* (Rh)[5] را تغذیه می‌نماید و سپس این ذخیره‌ها به نوبه خود بده[6] را تغذیه خواهند کرد.

هر یک از اصطلاحات ترازنامه آبی که در اینجا به صورت ایرانیک مشخص شده‌اند در این کتاب جداگانه مورد مطالعه قرار می‌گیرند. رابطه بین بارش و *نیاز تبخیر جوی*[7]، آهنگ سالیانه ترازنامه‌ها را مشخص می‌کند

---

[1] Jeager

[2] Falkenmark .

[3] réserve hydrique

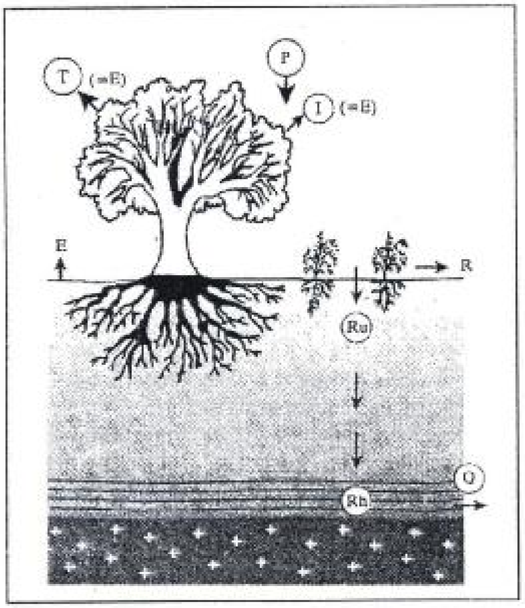
[4] capacité de rétention

[5] réserve hydrologique

[6] débit

[7] demande dévaporation de latmosphère

می‌کند که در صفحات آتی به مطالعه آنها می‌پردازیم.



نمودار 2 چرخه آب در مقیاس ایستگاهی

اصول محاسبه ترازنامه‌ها در آبشناسی

محاسبه حجم آب موجود در بخشهای مختلف چرخه آب در مقیاس زمان یا مکان یکی از مسائل اصلی در حل مشکلات پژوهشی و یا مدیریت آب است. همانگونه که خواهیم دید، چنین محاسبه‌ای می‌تواند در مقیاس کره زمین در نظر گرفته شود. اما این مطالعه در عمل چندان مورد توجه نیست. بنابراین لازم است که آن را در مقیاس زمانی و مکانی متناسب با مسأله مورد نظر، به کار ببریم.

ترازنامه‌های آبشناختی

در آبشناسی مسأله اصلی این است که بتوانیم میزان تقسیم آب بارش را بین تبخیر و رواناب تخمین بزنیم. معادله عمومی ترازنامه آبی همان است که پرو[1] در قرن هفدهم برای حوزه رود سِن[2] به شکل زیر محاسبه کرد:

$$P= E + Q$$

که در آن P= بارش؛ E= تبخیر و تعرق و Q= رواناب است. هرچند این معادله در قالب شیوه‌ای کلی مانند مثال فوق صادق است، اما بدیهی است که در یک مرحله زمانی کوتاه نمی‌تواند درست باشد، زیرا الزاماً میان زمانی که باران به سطح زمین می‌رسد و زمانی که به شکل تبخیر و یا رواناب در چرخه آب مجدداً ظاهر می‌شود، فاصله‌ای وجود دارد. بنابراین در تنظیم عملی ترازنامه آبی باید تغییرات ذخیره آب را در نظر گرفت و در این صورت معادله عملی صحیح در هر مرحله زمانی یا مکانی به صورت $P = E + Q + R$ خواهد بود که در آن R= تغییر ذخیره آبی است.

---

[1] Perrault
[2] Seine

این ذخایر از یک طرف شامل آبی است که در قشر سطحی خاک وجود دارد و تغذیه نباتات را تحت عنوان «ذخیره آبی» (Ru) تأمین می‌کند و از طرف دیگر شامل ذخیره آبشناختی (Rh) که بتدریج روانابها را تغذیه می‌نماید.

هرچند اصل ترازنامه آبشناختی ساده است، استفاده از آن چندان آسان نیست. در واقع برای تعیین کمیت سه اصطلاح اولیه ترازنامه، لازم است آنها را اندازه‌گیری یا برای بخش واحدی از مکان و زمان محاسبه کنیم. بنابراین گرچه مفهوم زمان مشکل خاصی را به وجود نمی‌آورد (حداقل تا زمانی که امکان برآورد اصطلاح R وجود دارد) در مورد مفهوم مکان که الزاماً مفهوم حوضه آبریز[1] در آن دخالت دارد چنین نیست.

هنگامی که دستیابی به چهارچوب حوضه آبریز و شناخت اصطلاح «رواناب» امکان نداشته باشد باید به گونه‌ای نسبتاً متفاوت عمل نمود. در این صورت، شیوه کار بر اساس شناسایی اصطلاح «E» پایه‌گذاری خواهد شد. بنابراین توجه به ترازنامه آبی معطوف خواهد شد و هنگامی از ترازنامه آبهای زیرزمینی بحث خواهیم نمود که امکان دسترسی به اندازه‌گیری اصطلاح «رواناب» وجود داشته باشد.

ترازنامه آبی

در حالی که ترازنامه آبشناختی در مقیاس حوضه آبریز قرار دارد و به اقدامات آبشناختی مربوط است، ترازنامه آبی در مقیاس نباتات و یا بخش محدودی کاربرد دارد و غالباً در فعالیتهای کشاورزی به کار می‌رود. هنگامی که اندازه‌گیری رواناب امکان‌پذیر نباشد، لازم است مستقیماً به محاسبه «تبخیر» پرداخت که خود به عواملی از جمله تغییرات نسبت آب قشر سطحی خاک بستگی دارد. در این‌صورت رواناب شکل «نفوذ» به خود می‌گیرد یعنی آب تبخیر نشده‌ای که (این تبخیر ممکن است تقریباً سریع باشد و یا بعد از پیوستن به ذخیره آبی انجام شود) از دسترس سیستم خاک ـ گیاه ـ هوا خارج شده است. معادله ترازنامه آبی که مشاهده شد، در مقیاس محلی گیاه و یا حداکثر یک مزرعه به کار می‌رود و به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$P = Etr + Ru + If$$

که در آن

P= باران؛

E= تبخیر و تعرق (شامل مقدار آبی است که به جو زمین برمی‌گردد)؛

Ru= تغییرات نسبت آب در لایه سطحی خاک؛

If= نفوذ در زیر منطقه ریشه‌ای درخت.

مزیتهای این سیستم به صورت باران یا آبیاری، اندازه‌گیری یا شناخته شده است. آب از دست رفته هم شامل آبهای تبخیر شده است و هم آبهای نفوذ یافته در زمین؛ (If) نمایانگر آبی است که بدون باقی ماندن در خاک از نیمرخ آن عبور می‌کند و بنابراین امکان تبخیر دوباره آن نیست. نتیجه آن رواناب است، البته روی هم رفته با احتساب مخازن آبشناختی؛ If معمولاً جنبه مثبت دارد ولی امکان دارد با بالا آمدن آب به کمک لوله‌های مویین جنبه منفی به خود بگیرد. در این صورت عبارت «تغییر مخازن» به تغییر مخزن آبی

---

[1] . bassin versant

(Ru) محدود می‌شود آب آن مناسب تبخیر و تعرق است. تبخیر و تعرق همانند نفوذ، غالباً از طریق دنبال نمودن نیمرخهای آبی و تعیین سطح بدون جریان شناسایی می‌شوند که در صفحات آتی به آن اشاره خواهیم نمود.

مقیاس فضای ترازنامه‌های آبشناختی: حوضه آبریز

حوضه آبریز از نظر محاسبات ترازنامه آبشناختی محدوده‌ای نامشخص را تشکیل می‌دهد. این حوضه را می‌توان یک واحد آبشناختی دانست، یعنی بخشی از فضای زهکشی شده با یک خروجی مشخص. این واحد امکان می‌دهد که مقدار آب خروجی از سیستم به صورت رواناب، مشخص شود.

بارانی که در این محدوده می‌بارد، معمولاً در یک یا چند نقطه از حوضه اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیریهای محلی، از طریق اقداماتی که به کمک روشهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، در مقیاس تمام حوضه تعمیم داده می‌شود که نحوه عمل آن در بخش اول، فصل اول مربوط به بارشها معرفی خواهد شد.

تلفات تبخیر را می‌توان از طریق اندازه‌گیری مستقیم یا اغلب به کمک فرمولهایی که توانایی تبخیر هوا و وضع مخزن آبی را برآورده می‌نمایند تخمین زد (توانایی تبخیر هوا، مفهوم پیچیده‌ای است که در بخش اول، فصل سوم مجدد درباره آن صحبت خواهیم کرد.) از طرف دیگر، میزان تبخیر در زمانهای نسبتاً طولانی، یعنی تا آن اندازه طولانی که بتوان از تغییرات مخازن صرفنظر نمود، می‌تواند مشابه «کمبود رواناب»[1] یعنی تفاوت ساده بین P (بارش) و Q (رواناب) باشد. در تمام موارد، اندازه تبخیر و تعرق به صورت ضخامتی از آب نشان داده می‌شود و در نتیجه مستقیماً با اندازه‌گیری باران قابل مقایسه است .

برای مقایسه حجم آب جاری با حجم بارش یا تبخیر باید از همان واحد مشابه استفاده نمود. بنابراین چنانچه بارش و تبخیر و تعرق به صورت ضخامتی از آب بیان شده باشند، اندازه بده آب نیز با همان واحد حجم و واحد زمان ارزیابی می‌شوند که غالباً به صورت متر مکعب بر ثانیه m3/s و یا در مورد حوضه‌های کوچک به صورت لیتر بر ثانیه l/s خواهد بود. برای تبدیل میزان بده به لایه‌ای از آب جاری باید سطح زهکشی‌شده به وسیله جریان آب را شناخت، به عبارت دیگر حوضه تغذیه که آن را حوضه آبریز می‌نامند. همچنین باید مطمئن بود، تمام آبی که روی حوضه آبریز می‌بارد، از طریق خروجی تخلیه می‌شود که اندازه‌گیریها در آن انجام می‌شود و جریان زیرزمینی در محل ایستگاه وجود ندارد و نفوذ عمیق در مقیاس حوضه انجام نمی‌شود. و بالاخره تفاوت اساسی بین سطح حوضه آبریز توپوگرافی (یعنی سطح ظاهری) و حوضه آبریز آبهای زیرزمینی (یعنی امکان ارتباط با سفره‌های مجاور) وجود نداشته باشد. هنگامی که چنین شرایطی ایجاد شد و مخصوصاً در قلمروهای آهکی که جریان آبهای زیرزمینی از پیچیدگیهای خاصی برخوردارند، مفهوم حوضه آبریز باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. در واقع حوضه آبریز ایدئال وجود ندارد؛ زیرا آستانه کاملاً غیر قابل نفوذ وجود ندارد. سنگهایی که زیربنای حوضه را تشکیل می‌دهند، هرچند به لحاظ نظری غیرقابل نفوذند، می‌توانند همیشه مناطق ضعیفی داشته باشند که از آن طریق انتقال آب از حوضه‌ای دیگر صورت گیرد. هرچند مقدار آن ممکن است کم باشد، اما همیشه از نظر دقیقترین آبشناسان

---

[1] . déficits découlement

پنهان می‌مانند. مهم این است که در بررسیهای آبشناسی به آن توجه داشته باشند.

چنین مفهومی از حوضه آبریز که می‌تواند به صورت یک واحد زهکشی مشخص شود، از نظر آبشناسی بسیار اهمیت دارد؛ زیرا نه تنها امکان محاسبه ترازنامه را فراهم می‌سازد، بلکه نشان‌دهنده واحدی است که عملاً وابستگی شدید بالادست[1] و پایین‌دست[2] حوضه و تسلسل فرایندهای آبشناختی را، که این وابستگی دائماً در آن دخالت دارد مد نظر قرار می‌دهد. تنها با در نظر گرفتن تمام عوامل تشکیل‌دهنده در مقیاس حوضه آبریز می‌توان مطالعه عملکرد آبشناختی مانند ارتباطات بین باران ـ بده، شکل‌گیری طغیانها و کم شدن بده را انجام داد.

از لحظه‌ای که اندازه‌گیری بده آب امکان‌پذیر باشد و جریان در یک خط‌القعر متمرکز می‌شود، وسعت حوضه آبریز اهمیت چندانی ندارد. حوضه آبریز می‌تواند بسیار کوچک باشد مانند حوضه‌های آبریز معرف و آزمایشی (BVRE)[3] یا مانند جویبار کارنوئه[4]، حوضه مقدماتی کوچکی که وسعتی معادل 20 هکتار را در جنوب برتانی زهکشی می‌نماید و کمی بعد بعضی از نتایج آن معرفی خواهد شد. حوضه آبریز می‌تواند وسعت زیادی داشته باشد که بزرگترین آن حوضه آمازون با وسعتی برابر 7 میلیون کیلومتر مربع است و آب بیش از 41 یک قاره را در یک حوضه متمرکز می‌سازد. انتخاب وسعت حوضه نخست به نوع مسائلی بستگی دارد که می‌خواهند به مطالعه آن بپردازند و در تعریف مفهوم حوضه آبریز دخالت ندارند.

مقیاس زمان در محاسبات ترازنامه آبی: گسترش سال آبشناختی

ترازنامه آبی به لحاظ نظری می‌تواند در هر مقیاس زمانی محاسبه شود؛ در این صورت همه چیز به دقت تخمین مخازن بستگی دارد. به هر جهت، هر اندازه زمان کوتاه باشد و هر اندازه ارزش تغییرات مخازن از نظر سایر عوامل ترازنامه مهم باشد، این وابستگی بیشتر است. برای مطالعه کلی تبخیر می‌توان از محاسبه کاهش جریان سالیانه استفاده کرد، و برای اطمینان بیشتر باید آن را در لحظه‌ای از سال آبشناختی انتخاب کرد که آغاز و پایان دوره نباشد، زیرا در زمستان از حداکثر و در پایان تابستان از حداقل ارزش برخوردار است.

اما اگر آن را در مقیاس زمانی کمتر از یک سال در نظر بگیریم، لازم است الزاماً حجم مخازن را بشناسیم و این مسأله هنگامی قابل انجام است که گسترش سالیانه آبشناختی را در نظر داشته باشیم.

سال آبشناختی از طریق ارزش نسبی بارش و نیاز اقلیمی، یعنی همان‌طور که قبلاً یادآور شدیم، مقدار تبخیری که جو زمین قادر به جذب آن است مشخص می‌شود و با علامت Etp نشان داده می‌شود. این امکان وجود دارد که بر اساس یک برنامه روشن، زمانهایی تشخیص داده شود که در اثنای آن میزان بارش بیش از نیاز تبخیر (زمان بازسازی مخازن) و یا برعکس میزان تبخیر بیش از حجم بارندگی (دوره از بین رفتن و یا کاهش مخازن) باشد. معمولاً حالت اول را زمستان آبشناختی[5] و حالت دوم را تابستان آبشناختی[6] می‌نامند.

---

[1] amont

[2] aval .

[3] .bassins versants représentatifs et expérimentaux

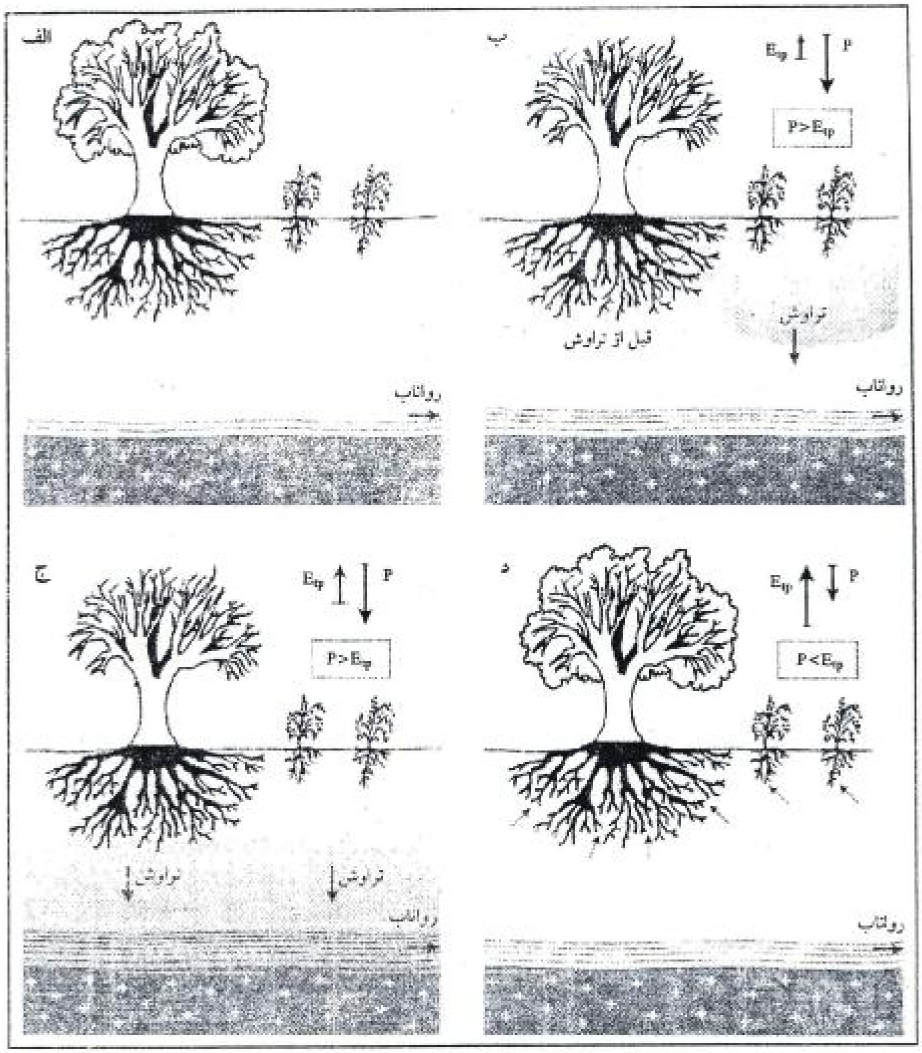
[4] .Carnoët

[5] .hiver hydrologique

[6] été hydrologique .

نظم تغییرات مخازن از مبنای یک حداکثر حجم که از ویژگیهای خاک و گیاه تخمین زده می‌شود، در یک زمان مشخص از طریق مقایسه حجم باران و نیاز اقلیمی انجام می‌شود.

این زمان معمولاً از پایان تابستان آبشناختی، یعنی هنگامی که گیاهان تمام مخازن آبی را از بین برده‌اند، آغاز می‌شود. موقعیت آن در نمودار 3 الف، نشان داده شده است.


الف
رواناب
ب
Etp
P
P>Etp
تراوش
قبل از تراوش
رواناب
ج
Etp
P
P>Etp
تراوش
تراوش
رواناب
د
Etp
P
P<Etp
رواناب

نمودار 3 مراحل مختلف ترازنامه آب در جریان سال آبشناختی: الف) پایان تابستان؛ ب) آغاززمستان: بازسازی ذخیره آبی (Ru)؛ ج) بازسازی ذخیره آبشناختی (Rh) خاک ذخیرهآبی را، در زیر درخت که ریشه‌های عمیقتری نسبت به گندمیان دارد تا اعماق بیشتری‌از بین برده است. هنگامی که بارندگیها از سر گرفته می‌شوند، در زیر جنگلها، برای بازسازی این ذخیره‌های آبی به آب بیشتری از زیر نباتات سطحی نیاز است.

زمستان آبشناختی

در اثنای زمستان آبشناختی، باران برای پاسخگویی به تبخیر کافی است. بنابراین می‌توان گفت که حجم

تبخیر و نیاز آبی برابرند. افزایش بارندگی پس از کسر تبخیر که «باران مفید»[1] نامیده می‌شود، در زمین نفوذ می‌کند. این آب ابتدا به مصرف قشری از خاک می‌رسد که در اثنای تابستان قبلی خشک شده است تا تغذیه نباتات را تضمین نماید. این عمل تا زمانی ادامه می‌یابد که ذخیره آبی به حداکثر ارزش خود برسد (نمودار 3 ب).

میزان حداکثر ذخیره آبی، به عمق ریشه‌ها (یا ضخامت خاک) بستگی دارد، در صورتی که ضخامت خاک عمق ریشه‌ها را محدود سازد. در مثال فوق، ذخیره آبی در زیر پوشش گندمیان بازسازی شده، سپس آب به سمت سفره زیرزمینی (ذخیره آبشناختی) نفوذ می‌کند. این نفوذ هنوز در زیر درخت صورت نگرفته است.

هنگامی که در شرایط اقلیم اقیانوسی، خاکها پوشش گیاهی کاملی دارند، در اثنای تمام این دوره، یعنی از آغاز زمستان آبشناختی، روانابها (غیر از حوادث آبشناختی استثنایی) اصولاً به وسیله ذخیره‌های آبشناختی تغذیه می‌شوند. این ذخیره‌ها در این برهه زمانی در حال از بین‌رفتن هستند. بده آبها معمولاً کاهش و یا به طور ضعیفی ادامه می‌یابد. گاهی این دوره را «پاییز آبشناختی»[2] نیز می‌نامند (وینیو[3]، 1996).

پس از بازسازی ذخیره آبی، هنگامی که میزان آب در خاک به ظرفیت نگهداری رسید، تمام بارانی که تبخیر نمی‌شود، «باران مؤثر»[4] به مناطق اشباع شده می‌پیوندد (نمودار 3 ج). ذخیره آبشناختی بسرعت افزایش می‌یابد و جریان روانابها از سر گرفته می‌شود. ذخیره آبشناختی در اثنای تمام زمستان به وسیله باران تغذیه می‌شود. اما همزمان، به دلیل تأمین نیاز آبی روانابها، از میزان آن کاسته می‌شود، به طوری که ذخیره آبشناختی معمولاً در پایان زمستان دارای حداکثر نیست. در هر مرحله زمانی، میزان آب به وسیله ترازنامه سهم آب باران و تلفات آن بر مبنای بده تخمین زده می‌شود.

تابستان آبشناختی

هنگامی که نسبت بارش به تبخیر و تعرق (P/Etp) معکوس شود، تبخیر بر بارش برتری می‌یابد، ذخیره آبشناختی دیگر تغذیه نمی‌شود و ذخیره آبی بتدریج از بین می‌رود (نمودار 3 د). در شرایطی که ذخیره آبی، آب کافی را برای پاسخ‌گویی به تبخیر جوی (Etp) به صورت مکمل باران برای گیاه فراهم می‌آورد، تبخیر و تعرق به رفع این نیاز ادامه می‌دهد. در این‌صورت، از تفاوت بین حجم باران و نیاز تبخیر (P - Etp)، ذخیره آبی و نیز ذخیره آبشناختی به اندازه حجم رواناب کاهش می‌یابد.

مسأله چگونگی پاسخ ذخیره آبی به نیاز تبخیر چندان ساده نیست. هرچند بعضی از محققان، حداقل در اثنای مراحلی از میزان رطوبت خاک، پاسخ خطی[5] را می‌پذیرند، محققان دیگر، پاسخی نسبی به حالت مخزن را ترجیح می‌دهند؛ نمونه مدل به دست آمده مبنای محاسبه را تغییر نمی‌دهد.

معمولاً سال آبشناختی را از اول زمستان آغاز می‌کنند، یعنی هنگامی که نسبت P/Etp بیشتر از یک است. در این شرایط، مسلم است که تاریخ آغاز و پایان سال آبشناختی هر ساله یکسان نیست و از طرف

---

[1] . pluie utile

[2] . automne hydrologique

[3] . Vigneau

[4] . pluie efficace

[5] . linéaire

دیگر طول مدت سال آبشناختی همیشه 365 روز نمی‌باشد (لوپ[6]، 1974؛ وینیو، 1996).

ترازنامه آبشناختی، وسیله‌ای برای مطالعه چگونگی عملکرد آبشناختی

فایده روش

محاسبه ماهیانه ترازنامه آبشناختی، همانند تخمینی از حالت مخازن، در هر مرحله از زمان مورد نظر، تعریف خوبی از گسترش سال آبشناختی به دست می‌دهد. مثالی از آن در بخش اول، فصل سوم ارائه خواهد شد.

شناسایی آهنگ گسترش سال آبشناختی، همانند اهمیت نسبی عوامل متفاوت ترازنامه خواه در یک دورنمای تحقیق بنیادی یا مدیریت منابع آب، برای کمک به حل مسائل متعدد آبشناختی اهمیت اساسی دارد. از طرف دیگر در آبشناسی مطالعه کمی جامع بر اساس ترازنامه اهمیت فراوان دارد. نخست وسیله خوبی برای کنترل کیفیت مشاهدات آب - اقلیم و حتی وسیله کشف و یا توجیه، بی‌نظمیهای آشکار یا پنهان از راههای دیگر است. (هلاوک[7] و دیگران، 1974). پس به محض اینکه از مقیاس قطعه آزمایشی فراتر رویم، محاسبه ترازنامه، تنها روشی است که می‌تواند، اطلاعات جامعی از تلفات حقیقی به وسیله تبخیر به دست دهد. بنابراین شناسایی میزان این تبخیر و بیش از آن شناسایی تغییرات احتمالی آن یک واقعیت اصلی را در پژوهش آبشناختی تشکیل می‌دهد.

برای مثال مسأله نقش جنگلها بر رواناب را در نظر بگیریم. این مسأله پذیرفته شده است که در شرایط اقلیم معتدل، به همان اندازه که جنگل تبخیر را افزایش می‌دهد، به همان نسبت رواناب سالیانه کاهش می‌یابد. نسبت اهمیت این تفاوت جز در زمینه محاسبات ترازنامه، مشکل‌آفرین نیست. به علاوه چنانچه بخواهیم اطلاعات بیشتری از طرز افزایش این تبخیر به دست آوریم، باید بدانیم که این افزایش در چه لحظه‌ای از چرخه آبشناختی انجام شده است. اگر این مسأله بیشتر در اثنای زمستان آبشناختی اتفاق افتاده باشد، مربوط به کمبود ناشی از برگ‌آب[8] است. ولی چنانچه در اثنای تابستان باشد (چیزی که در پاییز بعدی در اثنای بازسازی مخازن مشاهده خواهد شد)، به علت ریشه دوانی بسیار عمیق مربوط به استفاده مناسب از ذخیره آب در خاک است.

روش ترازنامه‌ها می‌تواند ابزار اطلاعاتی بسیار غنی در کار تحقیق باشد، اما به علت آنکه بسیار ساده فرض می‌شود، اغلب مورد اهمال قرار می‌گیرد. مثال دیگری مانند مطالعه منشأ طغیانها را در نظر می‌گیریم: مقایسه سریعی از میزان باران و بده، اطلاعاتی در اختیار ما می‌گذارد. چنانچه ضریب رواناب افزایش یابد، مفهوم آن این است که تمام حوضه در ایجاد طغیان دخالت داشته است؛ برعکس اگر ضریب رواناب ضعیف باشد، علت آن را باید در مجاور خطالقعر جستجو نمود. بسیاری از اوقات به علتی متوسل می‌شوند که نمی‌تواند تعیین‌کننده باشد، زیرا سهم آن در روانابها بسیار ناچیز است: مثلاً افزایش سطح غیرقابل نفوذ را در

---

[6] . Loup

[7] . Hlavek

[8] . interception، ریزش باران با توجه به پوشش متراکم جنگلها مستقیماً به خاک نمی‌رسد و در سطح برگها جمع می‌شود. از آنجا باران به صورت قطرات درشت‌تر به زمین و یا جریان در امتداد شاخه و ساقه به سطح خاک می‌رسد، در همین حال بخشی از آن تبخیر می‌شود. به این پدیده برگ‌آب می گویند.

نظر می‌گیرند، در حالی که این مسأله فقط در چند درصد از حجم آب جاری تأثیر دارد.

اندازه‌گیریهای ماهیانه، اطلاعات جامعی از حجم رواناب و یا تبخیر به دست می‌دهد. روش پیشنهادی تورنثوایت و میذر[9] (1955) احتمالاً شناخته شده‌ترین روشی است که برای محاسبه تبخیر به کار می‌رود و کمی بعد مثالی از آن ذکر خواهد شد. زیونگ[10] و همکاران (1999) مثال جدید دیگری برای تخمین بده آب رودخانه‌های مختلف در جنوب چین، پیشنهاد کرده‌اند. هادنت[11] و دیگران (1996) محاسبات بده آب را برای تخمین تغییرات میزان آب در خاک، در زیر پوششهای مختلف به کار می‌برند.

با در اختیار داشتن امکانات رایانه‌ای کنونی، محاسبات روزانه دیگر اشکالات عملی به وجود نمی‌آورد و با این مقیاس زمانی، ترازنامه‌ها نظم دقیقی از فرایندهای آبشناختی مانند مدلسازی باران - بده را عرضه می‌کنند. آرنل[12] (1999) برای نشان دادن بده‌ها در مقیاس نواحی بزرگ روشی از این نمونه را عرضه کرده است. مثالی عملی در فصل مربوط به مدلسازی (فصل هفتم) از یک حوضه آزمایشی ارائه شده است.

حوضه‌های معرف[13]، حوضه‌های آزمایشی[14]

روش آزمایشی به مفهومی که این اصطلاح در علوم حیاتی به کار می‌رود، در آبشناسی و حداقل در محیط طبیعی کاربرد ندارد. هیچگاه درباره مجموعه پارامترهای چرخه آب حتی در مقیاس یک حوضه کوچک آبریز، اظهار نظر نمی‌کنند. ولی با در نظر گرفتن اشکالات موجود، این مسأله امکان‌پذیر است و هنگامی که بخواهند نتایج یک عامل قطعی را بر چرخه آب مطالعه کنند، از این روش استفاده می‌کنند: این روش تقریباً همیشه به صورت شیوه استفاده یا نحوه مدیریت زمین و اغلب بودن یا نبودن پوشش جنگلی خواهد بود. مطالعه آزمایشی، جز در مورد عاملی که می‌خواهند نقش آن را تخمین بزنند، متکی بر مقایسه دو شرایط مشابه است. چنین مطالعاتی در حوضه‌هایی انجام می‌شود که آن را «حوضه آزمایشی» یا اغلب «حوضه معرف» می‌نامند. این تعاریف که در حال حاضر بیشتر جنبه تاریخی دارد، در اثنای دهه بین‌المللی آبشناختی پیشنهاد شده‌اند.

> «حوضه معرف» حوضه‌ای است که از لحاظ ترکیب عواملی مانند استفاده از زمین، ویژگیهای زمین‌شناختی، توپوگرافی و اقلیم نمونه است؛ به نحوی که اطلاعات حاصل از آن حداقل قابل انتقال به مقیاس ناحیه مورد مطالعه باشد. اما بزودی درمی‌یابیم که این اقدام با اشکالاتی روبه‌روست و بسیاری از حوضه‌ها فقط معرف خود هستند. در مقابل، حوضه‌های آزمایشی تحت تأثیر تغییرات برنامه‌ریزی شده (مانند شهرنشینی یا قطع جنگلها) قرار می‌گیرند و نتایج این دخالتها را بر دینامیک آبشناختی این حوضه و غالباً درباره بده آب نشان می‌دهند. اما تشخیص بین حوضه «معرف» و «آزمایشی» غالباً اغواآمیز است. مثلاً حوضه‌ای مشجر که در آن قطع درختی انجام نشده، همیشه حالت ثابتی ندارد، زیرا درختان در حال رشد هستند و این وضع بر بده آب اثر می‌گذارد. همچنین هجوم یک آفت می‌تواند عملکرد اکوسیستم را به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر

---

[9] .Thornwthaite et Mather

[10] Xiong

[11] .Hodnett

[12] . Arnell

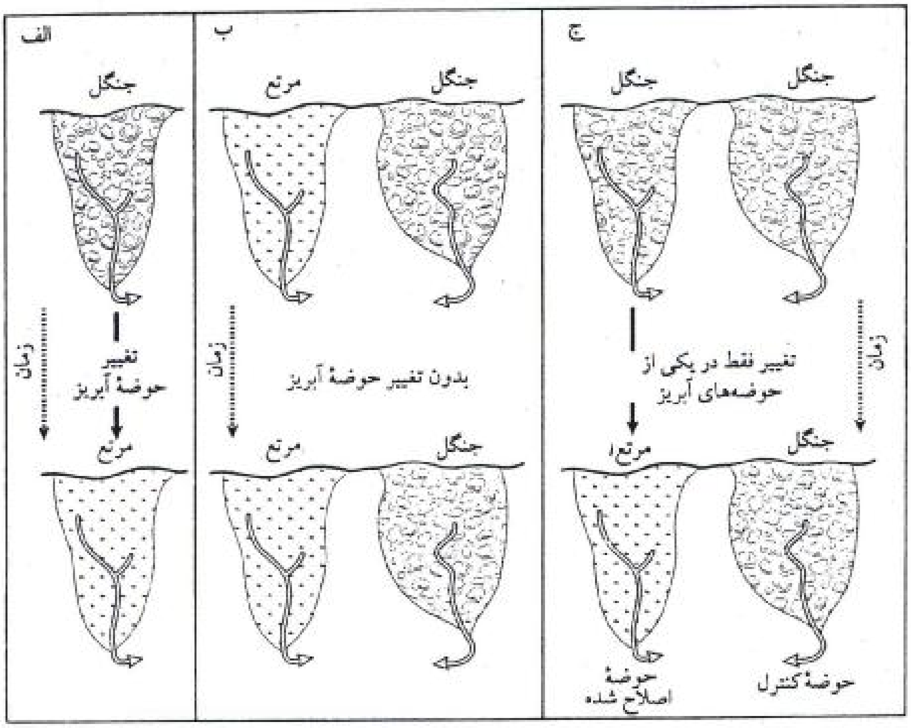
[13] . bassins représentatifs

[14] bassins expérimentaux .

دهد. از طرف دیگر می‌توان برای مقایسه بده آب دو حوضه «معرف» با کاربردهای متفاوت زمین را مطالعه کرد و بدین ترتیب حوضه‌های آزمایشی را در نظر گرفت که در زمینه مشابهت‌های زمین‌شناسی و خاک‌شناسی و ... تابع همان انتقادات باشند.

عملاً، در حال حاضر اصطلاح کلی حوضه آبریز معرف و آزمایشی (BVRE) به هر حوضه کوچک قراردادی اطلاق می‌شود که در آن پژوهشهای آبشناسی انجام شده باشد.

مطالعات موضوعی متفاوت بر مبنای حوضه آبریز معرف و آزمایشی، پژوهشها را در سه نمونه اصلی دسته‌بندی می‌کند (نمودار 4):


ج
جنگل
جنگل
زمان
تغییر فقط در یکی از حوضه‌های آبریز
جنگل
مرتع
حوضهٔ کنترل
حوضهٔ اصلاح شده
ب
جنگل
مرتع
زمان
بدون تغییر حوضهٔ آبریز
جنگل
مرتع
الف
جنگل
زمان
تغییر حوضهٔ آبریز
مرتع

نمودار 4 نمونه‌های مختلف آزمایشی بر مبنای حوضه آبریز معرف و آزمایشی. منبع: ازآندره‌آسیان[15] (1996) با تغییرات.

ـ آزمایش فقط مربوط به یک حوضه است (نمودار 4 الف). قبل از اینکه تغییرات مربوط به کاربری زمین در آن اعمال شود، تحمل آبشناختی حوضه مورد نظر در اثنای یک دوره مرجع مطالعه می‌شود؛ ارتباطات بین میزان بده و داده‌های اقلیمی برقرار می‌شوند. سپس این ارتباطات برای تخمین بده‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که اگر تغییراتی اتفاق نمی‌افتاد، همان اندازه بده وجود می‌داشت. مقایسه آن با میزان مشاهده شده، میزان تأثیر آشفتگی را به دست می‌دهد. مسأله مهم در این مورد آن است که بتوانیم به صورتی دقیق مقدار تفاوتهای اقلیمی بین دو دوره را در نظر بگیریم.

ـ روش حوضه‌های مضاعف (گاهی مجاور نیز گفته می‌شود، نمودار 4 ب) چنانچه امکان آن وجود داشته

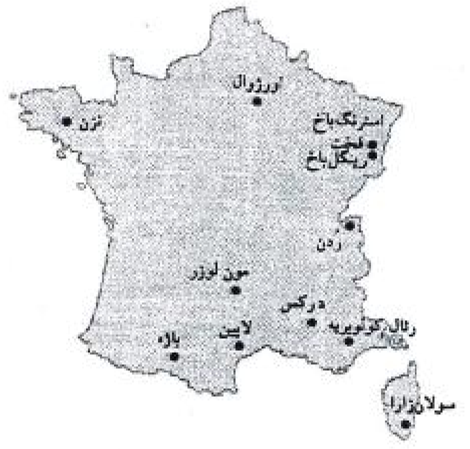
---

[15] . Andréassian

باشد، معمولاً ارجحیت دارد. دو حوضه‌ای که مشابه تصور می‌شوند و جز از نظر کاربری زمین تفاوتی ندارنـد، همزمان مورد مطالعه قرار می‌گیرند. تفاوت رفتار آبشناختی آنها اصولاً به اختلاف کاربری زمـین نسـبت داده می‌شود. برتری این روش آن است که نظر ما به سمت عوامل اقلیمی منحرف نشـود، چـون شـرایط اقلیمـی مشابه و مطالعات همزمان انجام شده‌اند. در مقابل واضح است که مشابه بودن حوضه‌ها همیشه تابع شرایطی است.

ـ رضایت‌بخشترین هماهنگی مسلماً ترکیبی از ویژگیهـای دو روش اسـت کـه در نمـودار 4 ج مشـاهده می‌شود: دو حوضه آبریزی که در حد امکان از هر نقطه‌نظـر مشـابه باشـند، همزمـان در اثنـای دوره مرجـع مطالعه می‌شوند: لذا این امکان وجود دارد که تفاوتهای اولیه توانایی آبشناختی آن را مطالعه نماییم. در اثنای تغییر آزمایشی، ممکن است این تغییر در انحراف توان مشاهده‌شده شناخته شود.

احتمالاً صدها حوضه آبریز معرف و آزمایشی در نقاط مختلـف دنیـا وجـود داشـته و دارد. شـرکت بـرق فرانسه برای انجام مطالعات در زمینه منابع آب (از طریق ارتباط میان باران ـ بده)، اولین حوضـه‌هـا را بـرای تأمین برق آبی تجهیز کرد. از آنجا که تغییرات جنبه ارادی نداشـت، روش بـه کـار رفتـه بـه حوضـه معـرف نزدیکتر بود تا به حوضه آزمایشی؛ معهذا این نمونه از حوضه، برای پژوهشهای مربوط به فراینـدهای روانـاب مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا از طریق مطالعه تشکیل سیلابها در حوضه کوچک شرکت برق آلـرانس[16] در جنوب ارتفاعات مرکزی بود که کاپوس[17] در سال 1960 تئوری مشهور خود را که در زمان خود به مثابـه انقلابی بود تحت عنوان پهنه‌های مساعد[18] عرضه نمود. حوضه‌های آبریز معرف و آزمایشی در فرانسـه شـامل حدود 12 حوضه صحرایی است که به صورت منظم در سراسر فرانسه پراکنده شده است (نمودار 5).



نمودار 5 مهمترین حوضـه‌هـای آبریـز معـرف و آزمایشـی روسـتایی در کشـور فرانسـه، قـدیمترینآن، اورژوال (Orgeval) در بری (Brie) که به وسیله CERAFER تأمین شده و بعدهادر سـال 1962 بـه CEMAGREF تغییر نام داده است.

---

[16] .Alrance

[17] Cappus .

[18] .aires contributives

مسائل و محدودیتهای روشهای ترازنامه‌های آبی

در اینجا لازم است به محدودیتهایی که روشهای ترازنامه‌ها در آبشناسی به وجود می‌آورند، اشاره کنیم. در درجه اول یادآوری این نکته لازم است که نتایج محاسبه ترازنامه، از زمان انتخاب‌شده تأثیر می‌پذیرد. ترازنامه محاسبه ماهیانه نتایجی نسبتاً کلی عرضه می‌کند که در مطالعه فرایندها نتیجه‌ای در بر ندارد و مطالعه‌ای مقدماتی محسوب می‌شود. محاسبه بر اساس آمار روزانه (به شرطی که داده‌ها قابل دسترس باشند) با استفاده از رایانه دیگر مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند و تصویری نزدیک به واقعیت ارائه می‌دهد.

با وجود این ایرادی که به روشهای ترازنامه وارد می‌کنند، چندان جدی نیست. در مثال محاسبه ماهیانه، تبخیر و تعرق حقیقی سالیانه، متکی بر مجموع اندازه‌گیریهای ماهیانه است؛ این میزان ماهیانه از ترکیب داده‌های ماهیانه باران و یا بده و تبخیر و تعرق نتیجه می‌شود: بنابراین اشتباه ناشی از هر یک از این موضوعات ممکن است در کل محاسبات وارد شود.

اگر این مسأله را در مقیاس زمانی کلی‌تری قرار دهیم و یا تبخیر را مشابه کاهش رواناب بر مبنای باقیمانده ترازنامه تخمین بزنیم، به نتیجه بهتری نمی‌رسیم. چون ممکن است هم در اندازه‌گیری باران و بده اشتباه کنیم و هم تردیدهایی از لحاظ سطح حوضه آبریز داشته باشیم.

اگر فرض کنیم که میزان باران، بده و تبخیر مشخص و فقط به تغییرات مخزن وابسته باشند، به نتیجه‌ای دست نیافته‌ایم، زیرا مطالعه، متکی بر باقیمانده معادله ترازنامه است.

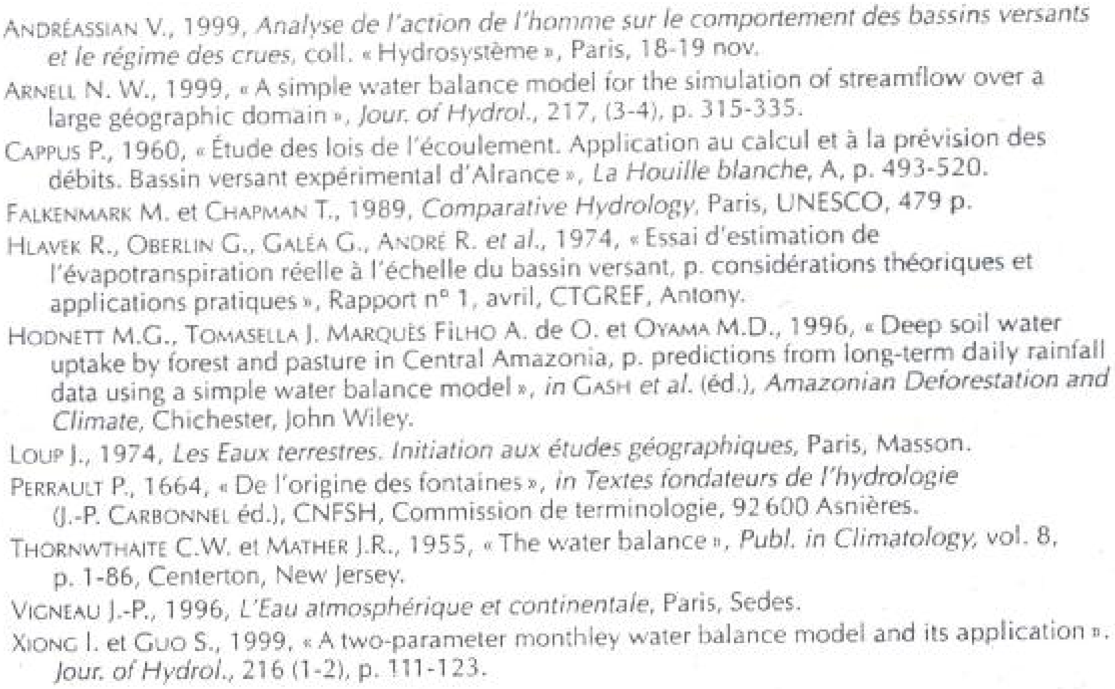
بنابراین بسادگی می‌توان دریافت که این روش چه خطری دارد؛ به دلیل نبود یک ارزیابی مستقل از اجزای ترازنامه، نمی‌توان دید مشخصی از احتمال اشتباه در هریک از آنها داشت. لذا اینگونه ارزیابی از کیفیت داده‌های آبشناختی به صورت یک نگرانی دائمی در هر مطالعه آبشناختی وجود دارد.

نتیجه

در محیطهای معتدل که چهارچوب اقلیمی این نوشته را تشکیل می‌دهد، ترازنامه‌های آبشناختی امکان پژوهش در زمان و مکان را فراهم می‌آورند. در مطالعه مسائل مورد نظر، غالباً ترازنامه‌ها وسیله بررسی مفیدی به شمار می‌روند.

به رغم دقتی که در اقتباس داده‌ها به کار می‌رود، شناسایی اجزای مختلف ترازنامه همیشه قطعی نیست. تذکر این نکته لازم به نظر می‌رسد که زمان مورد نظر هر اندازه باشد، نتایج محاسبات تقریباً همیشه تقریبی است و در هیچ موردی ارزشها قطعی نیستند. با وجود این همین محاسبات تقریبی غالباً به واقعیت نزدیک است، زیرا دید جامعی بر مجموعه‌های مختلف چرخه آب فراهم می‌آورند.

منابع



Andréassian V., 1999, *Analyse de l'action de l'homme sur le comportement des bassins versants et le régime des crues*, coll. « Hydrosystème », Paris, 18-19 nov.

Arnell N. W., 1999, « A simple water balance model for the simulation of streamflow over a large géographic domain », *Jour. of Hydrol.*, 217, (3-4), p. 315-335.

Cappus P., 1960, « Étude des lois de l'écoulement. Application au calcul et à la prévision des débits. Bassin versant expérimental d'Alrance », *La Houille blanche*, A, p. 493-520.

Falkenmark M. et Chapman T., 1989, *Comparative Hydrology*, Paris, UNESCO, 479 p.

Hlavek R., Oberlin G., Galéa G., André R. *et al.*, 1974, « Essai d'estimation de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin versant, p. considérations théoriques et applications pratiques », Rapport n° 1, avril, CTGREF, Antony.

Hodnett M.G., Tomasella J. Marquès Filho A. de O. et Oyama M.D., 1996, « Deep soil water uptake by forest and pasture in Central Amazonia, p. predictions from long-term daily rainfall data using a simple water balance model », *in* Gash *et al.* (éd.), *Amazonian Deforestation and Climate*, Chichester, John Wiley.

Loup J., 1974, *Les Eaux terrestres. Initiation aux études géographiques*, Paris, Masson.

Perrault P., 1664, « De l'origine des fontaines », *in Textes fondateurs de l'hydrologie* (J.-P. Carbonnel éd.), CNFSH, Commission de terminologie, 92 600 Asnières.

Thornwthaite C.W. et Mather J.R., 1955, « The water balance », *Publ. in Climatology*, vol. 8, p. 1-86, Centerton, New Jersey.

Vigneau J.-P., 1996, *L'Eau atmosphérique et continentale*, Paris, Sedes.

Xiong l. et Guo S., 1999, « A two-parameter monthley water balance model and its application », *Jour. of Hydrol.*, 216 (1-2), p. 111-123.