دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه کارشناسی ارشد

مدل‌سازی مفهومی بیلان آب در مقیاس حوضه آبریز

میلاد قلعه‌بان تکمه‌داش

استاد راهنما

دکتر کامران داوری

استادان مشاور

دکتر بیژن قهرمان

دکتر سهراب عفتی

شهریور ۱۳۹۱

دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط آقای میلاد قلعه بان تکمه داش دانشجوی مقطع رشته کارشناسی ارشد در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد.

عنوان پایان نامه: مدل سازی مفهومی بیلان آب در مقیاس حوضه آبریز

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	موسسه / دانشگاه	امضاء
داور	دکتر علی‌اصغر بهشتی	استادیار		مهندسی آب دانشگاه باهنر کرمان	
داور	دکتر علیرضا فریدحسینی	استادیار		مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی‌نقی ضیایی	استادیار		مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد	
استاد راهنما	دکتر کامران داوری	دانشیار		مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد	
استاد مشاور	دکتر بیژن قهرمان	استاد		مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد	
استاد مشاور	دکتر سهراب عفتی	دانشیار		ریاضی کاربردی دانشگاه فردوسی مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: مدل سازی مفهومی بیلان آب در مقیاس حوضه آبریز

اینجانب میلاد قلعه‌بان تکمه‌داش دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی آقای دکتر کامران داوری متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

۱۳۹۱/۶/۲۵
میلاد قلعه‌بان

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

چکیده

محدود بودن توان منابع آب در کشورمان، حفاظت، حراست و بهره‌برداری بهینه از آن را به منظور تأمین نیازهای آبی آیندگان طلب می‌کند و دستیابی به این اهداف جز با تهیه بیلان منابع آب و ارزیابی پتانسیل آن امکان‌پذیر نمی‌باشد. ارزیابی منابع آب یکی ازمهم‌ترین واساسی‌ترین مراحل مدیریت منابع آب ولازمه مدیریت پایدار منابع آب است. هدف اصلی ارزیابی منابع آب، برآورد و پیش بینی کمی وکیفی منابع آب برای تأمین نیازهای کلی بخش‌های جامعه و ارائه‌ی اطلاعات لازم جهت فعالیت‌های کاهش بلایای مربوط به آب و حفظ و بهبود شرایط زیست محیطی می‌باشد. برآورد بیلان آب با توجه به عدم وجود اطلاعات لازم و کافی، عدم امکان اندازه‌گیری برخی از فاکتورهای بیلان آب، وجود خطاهای ناشی از تغییرات شدید توسط عوامل طبیعی یا انسانی و طولانی بودن زمان محاسبات مربوط به بیلان آب با مشکلات فراوانی از لحاظ دقت و زمان کاربرد مواجه است. اما مشکل اصلی، طولانی بودن برآورد بیلان و دقت پایین تخمین پارامترهای آن می‌باشد که بایستی این مشکل را به نحوی حل کرد. هدف این پژوهش برآورد دقیق پارامترهای بیلان آب بوسیله واسنجی مدل بیلان آب حوضه از طریق بهینه‌سازی آن‌ها جهت رسیدن به کمترین میزان خطای موجود می‌باشد. در این راستا ابتدا مدل بیلان آب با استفاده از معادلات اصلی بیلان آب سطحی، زیرزمینی و عمومی بیلان تهیه شد و با استفاده از الگوریتم واسنجی، پارامترهای مربوط به مدل بیلان آب تخمین زده شد. محدوده مطالعاتی مورد نظر در این تحقیق شامل حوضه آبریز نیشابور و محدوده مطالعاتی رخ می‌باشد. مساحت کل محدوده مورد نظر برابر ۹۸۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد که ۵۶۵۹ کیلومتر مربع آن را دشت و مابقی را کوهستان فراگرفته است. حوضه آبریز نیشابور جزئی از حوضه آبریز کویر مرکزی ایران بوده و در شمال شرق آن قرار می‌گیرد و در طول جغرافیایی ′ ۱۳و ° ۵۸ تا ′۳۰ و ° ۵۹ و عرض جغرافیایی ′ ۴۰ و ° ۳۵ تا ′ ۳۹ و ° ۳۶ واقع شده است. مدل بیلان آب نیشابور با گام زمانی سالانه برای دوره ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ طراحی شده است. مقیاس مکانی مدل حوضه آبریز می‌باشد. این مدل در طبقه‌بندی مدل‌ها جزو مدل‌های غیر توزیعی قرار می‌گیرد. مدل مذکور با استفاده از برنامه ریزی غیرخطی حل می‌شود. انتخاب این روش به علت تعدد پارامترهای مدل و غیرخطی بودن روابط میان آن‌ها می‌باشد. در واقع این مدل طوری طراحی شده است که برای واسنجی خودکار پارامترهای مدل بیلان آب بکار رود. در نهایت خروجی مدل ارائه ضرایبی از متغیرهای مجهول بیلان آب است که منجر به محاسبه دقیق‌تر مقادیر مجهول بیلان آب می‌گردد. همچنین زمان بیلان‌بندی در این مدل به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. نتایج واسنجی نشان دادند که مدل در بهترین حالت با ۰/۳ میلیون متر مکعب عدم تراز بیلان آب عمل کرده است. همچنین ضریب ناش برای هیدروگراف سالانه آبخانه ۰/۹۹ و برای ایستگاه هیدرومتری حسین آباد جنگل ۰/۹۶ بدست آمد. روابط میان بارندگی و متغیرهای اصلی بیلان آب در این تحقیق ارائه شده است. همچنین با استفاده از برقراری رابطه رگرسیون میان متغیرهای تبخیروتعرق، نفوذ و رواناب ارتباط بین این متغیرها تبیین شده است. این تحقیق می‌تواند گام اولیه‌ای برای شروع استفاده از واسنجی خودکار بیلان آب با استفاده از مدل‌های مفهومی به منظور افزایش دقت و کاهش زمان برآورد بیلان آب باشد.

کلمات کلیدی: بیلان آب، مدل مفهومی، واسنجی، تخمین پارامترها، حوضه آبریز

تقدیم به پدرم

که اول بار

در کلاسی که تنها محصلش من بودم و تنها معلمش او، قلم به دست داد و سخن گفت:

از خالق یکتا، سرچشمه پاکی ها، از عشق، بنیان زندگی

از عهدی که با خدا بسته ایم، از وظیفه ام در قبال خلق.

مشوقم شد تا نیک ببینم، بدانم، بخوانم و خوب زندگی کنم.

تقدیم به مادر مهربانم

آن عاشق بی ریا که با مهر و لطف، پرستار وجودم گشت

بر نگاهم لبخند زد. صحنه خالی روحم را با مهر و عشق آشنا نمود.

مادر صبورم که شبی آسوده خاطر از فردای فرزندانش نخفت.

تقدیم به خواهرم

آنکه بهار زندگیم به ترنم محبتش آکنده است.

و تقدیم به

کسانی که دوستشان دارم و یار و یاور من در این پایان نامه بودند.

سپاسگزاری

حمد و سپاس یگانه نگارنده کتاب، هستی را که با الطاف بیکرانش این توفیق را ارزانی ام داشت تا بتوانم در راه ارتقای دانش خویش گامی بردارم. نگاشتن این اثر داعیه شناخت علم نیست، بلکه نشانه دوست داشتن آن است. در هدف پرستش زیبایی به سوی کمال بهتر دیدم که در تار و پود علم به جستجویش باشم. **دوستت دارم خدایم.**

با متین سپاس تو را که جهت عنایت به این هدف مقدس در انجام پروژه و نگاشتن این اثر در خدمت استاد گرانقدرم **آقای دکتر کامران داوری** کسب فیض نمودم که از صمیم قلب کمال سپاس و تشکر را از لطف و محبت بی شائبه شان دارم و صمیمانه از **آقای دکتر بیژن قهرمان و آقای دکتر سهراب عفتی** که طی انجام این پژوهش دلسوزانه یاری ام دادند و از تجارب ارزنده شان بهره مندم ساختند تشکرم. همچنین از آقای مهندسی عزیزالله ایزدی به خاطر کمک های ایشان در تمام مراحل این تحقیق سپاسگذارم. در پایان از تمام کسانی که در این دوره مرا همراهی کردند و همیشه باعث دلگرمی بنده بوده اند مخصوصاً همکلاسی های عزیزم تشکر و قدردانی می کنم.

میلاد قلعه بان تکمه داش

شهریور ۹۱

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۹

۱-مقدمه..... ۹

۱-۱- پیشگفتار..... ۹

۱-۲- اهمیت موضوع ۹

۱-۳- فرضیات ۱۰

۱-۴- اهداف ۱۰

۱-۵- شرح فصول پایان نامه ۱۱

۱-۶- مفاهیم پایه ۱۱

۱-۶-۱- تعریف بیلان آب و اجزای آن ۱۱

۱-۶-۲- شعاع مکانی بیلان آب..... ۱۲

۱-۶-۳- شعاع زمانی بیلان آب ۱۲

۱-۶-۴- شکل عمومی و حالت‌های خاص معادله بیلان آب ۱۳

۱-۶-۵- بیلان آب در سطح حوضه آبریز ۱۵

۱-۶-۶- مفهوم مدلسازی ۱۹

فصل دوم ۱۵

۲- بررسی منابع ۱۵

۲-۱- مدلهای بیلان آب سطحی و زیرزمینی ۱۶

۲-۲- کاربرد مدل های بیلان آب در تخمین تغذیه آب زیرزمینی ۱۹

۲-۳- کاربرد مدل های بیلان آب در مطالعات تغییر اقلیم..... ۲۰

۲-۴- کاربرد مدل های بیلان آب در مطالعات کاربری اراضی ۲۲

۲-۵- واسنجی مدل های بیلان آب ۲۳

فصل سوم ۳۱

۳- مواد و روش ها ۳۱

۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه ۳۱

۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی و وضعیت طبیعی ۳۱

۳-۱-۲- وضعیت آب و هوایی..... ۳۳

۳-۱-۳- زمین شناسی منطقه ۳۳

۳-۱-۴- رودخانه‌های مهم حوضه..... ۳۴

۳-۲- داده ها و اطلاعات..... ۳۵

۳-۲-۱- شبکه ایستگاه‌های هواشناسی ۳۵

۳-۲-۲- شبکه ایستگاه‌های هیدرومتری ۳۶
۳-۲-۳- شبکه چاه های پیزومتری ۳۸
۳-۲-۴- وضعیت پروژه‌های آبی ۳۹
۳-۲-۵- اطلاعات کاربری اراضی ۳۹
۳-۲-۶- اطلاعات الگوی کشت ۴۱
۳-۳- وضعیت منابع آب ۴۱
۳-۳-۱- بارندگی ۴۱
۳-۳-۲- منابع آب سطحی ۴۳
۳-۳-۳- منابع آب زیرزمینی ۴۵
۳-۳-۴- مصارف آب ۴۵
۳-۳-۵- بیلان منابع آب ۴۶
۳-۴- میانیابی مکانی اطلاعات پایه بیلان آب ۴۷
۳-۴-۱- میانگین سالانه بارندگی ۴۷
۳-۴-۲- میانگین سالانه دما ۴۹
۳-۴-۳- میانگین سالانه نوسانات تراز آب زیرزمینی ۴۹
۳-۵- برآورد متغیرهای بیلان آب ۵۰
۳-۵-۱- تبخیروتعرق پتانسیل ۵۰
۳-۵-۲- نیاز آبی الگوی کشت ۵۰
۳-۵-۳- ذخیره آب زیرزمینی ۵۰
۳-۵-۴-ورودی آب سطحی و زیرزمینی از حوضه های مجاور ۵۲
۳-۵-۵- شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) ۵۳
۳-۶- مراحل مدلسازی ۵۳
۳-۶-۱- معرفی اجمالی روش واسنجی مدل بیلان آب ۵۴
۳-۶-۲- فرایند تعیین دامنه پارامترها در واسنجی ۵۴
۳-۶-۳- نحوه تفکیک زیرحوضه ها ۵۷
۳-۶-۴- مدلسازی تودرتو زیرحوضه ها ۵۷
۳-۷- تهیه و تدوین معادلات مدل بیلان آب ۵۸
۳-۷-۱- قرارداد نامگذاری متغیرها ۵۸
۳-۷-۲- معرفی معادلات مدل های بیلان آب ۶۰
۳-۷-۳- مدل بیلان آب سطحی ۶۱
۳-۷-۳-۱- مؤلفه های ورودی به مدل بیلان آب سطحی ۶۲
۳-۷-۳-۲- مؤلفه های خروجی از بیلان آب سطحی ۶۲
۳-۷-۳-۳- معادله اصلی بیلان آب سطحی ۶۳
۳-۷-۳-۴- معادلات فرعی در مدل بیلان آب سطحی ۶۳
۳-۷-۴- مدل آب زیرزمینی ۶۵
۳-۷-۴-۱- مؤلفه های ورودی به بیلان آب زیرزمینی ۶۵
۳-۷-۴-۲- مؤلفه های خروجی از محدوده بیلان آب زیرزمینی ۶۶

۳-۷-۴-۳- معادله اصلی بیلان آب زیرزمینی ۶۶
۳-۷-۴-۴- معادلات فرعی در مدل بیلان آب زیرزمینی..... ۶۷
۳-۷-۵- بیلان عمومی آب..... ۶۸
۳-۷-۶- مدل مصارف آب ۶۸
۳-۷-۷- مدل بیلان آب حوضه آبریز نیشابور ۷۰

فصل چهارم ۷۱

٤- نتایج و بحث ۷۱

۴-۱- نتایج واسنجی مدل بیلان آب برای کل دوره..... ۷۱
۴-۲- رفتارسنجی متغیرهای مدل به صورت یکجا در زمان ۷۵
۴-۳- نتایج واسنجی مدل بیلان آب برای تک تک سال ها..... ۷۷
۴-۴- رفتارسنجی متغیرهای مدل به صورت جداگانه ۷۹
۴-۵- نتایج واسنجی مدل بیلان آب با لحاظ نمایه خشکسالی SPI ۸۲
۴-۶- رفتارسنجی متغیرهای مدل از لحاظ شاخص SPI ۸۴
۴-۷- مقایسه عملکرد مدل در حالت های مختلف ۸۶
۴-۸- رابطه بارندگی با متغیرها و پارامترهای بیلان آب ۸۸
۴-۹- مقایسه نتایج مدل با تحقیقات گذشته ۹۰

فصل پنجم ۹۵

۵- نتیجه گیری و پیشنهادها ۹۳

۵-۱- نتیجه گیری ۹۳
۵-۲- پیشنهادها ۹۴

٦- منابع ۹۵

پیوست ها ۱۰۲

پیوست ۱: کد واسنجی مدل بیلان آب حوضه آبریز نیشابور در محیط لینگو ۱۰۲
پیوست ۲: قهرست علائم لاتین ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱- شمای کلی از پروتکل مدلسازی ۱۵

شکل۳-۱- موقعیت حوضه آبریز نیشابور نسبت به حوضه‌های آبریز استان خراسان رضوی ۳۲

شکل ۳-۲- موقعیت محدوده رخ نسبت به حوضه های آبریز استان خراسان رضوی ۳۳

شکل۳-۳- شبکه ایستگاه‌های هواشناسی دشت نیشابور و محدوده رخ ۳۶

شکل ۳-۴- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و آبراهه‌های اصلی حوضه آبریز نیشابور و محدوده مطالعاتی رخ ۳۷

شکل ۳-۵- پراکنش چاه‌های مشاهده‌ای در سطح حوضه آبریز ۳۸

شکل ۳-۶- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز نیشابور (مهندسین مشاور سازاب شرق، ۱۳۸۷) ۴۰

شکل ۳-۷- روند تغییرات بارندگی در دوره ۲۰ ساله بین سالهای ۱۳۷۰- ۱۳۸۸ در دشت و کوهستان ۴۱

شکل ۳-۸- میانگین مکانی بارندگی حوضه آبریز نیشابور در دوره مورد مطالعه (۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶) ۴۲

شکل ۳-۹- توزیع مکانی بارندگی حوضه آبریز نیشابور در سال ۱۳۸۶ ..... ۴۳

شکل: ۳-۱۰ آبدهی سالانه ایستگاه‌های هیدرمتری حوضه آبریز نیشابور در کوهستان و دشت..... ۴۴

شکل ۳-۱۱- روند تغییرات ارتفاع سطح آب زیرزمینی آبخانه نیشابور از سال ۱۳۷۵-۱۳۸۷ ..... ۴۵

شکل ۳-۱۲- موقعیت پیزومترها و شبکه تیسن آبخانه دشت نیشابور ۵۰

شکل ۳-۱۳- فلوچارت نحوه تعیین دامنهی پارامترها و واسنجی مدل بیلان آب ۵۶

شکل ۳-۱۴- نحوه تفکیک زیرحوضه های مدل بیلان آب براساس ایستگاه های هیدرومتری موجود ۵۷

شکل ۳-۱۵- شمای کلی از نحوه رابطه متغیرهای مدل بیلان آب سطحی و زیرزمینی ۶۹

شکل ۴-۱- تغییرات ذخیره آب زیرزمینی مشاهده شده آبخانه نیشابور در مقابل روند تغییرات ذخیره آب زیرزمینی شبیه سازی شده ۷۲

شکل ۴-۲- رواناب مشاهده شده ایستگاه هیدرومتری حسین آباد جنگل در مقابل رواناب شبیه سازی شده این ایستگاه ۷۲

شکل ۴-۳- روند تغییرات تبخیر در کوهستان و تبخیروتعرق در دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۷۵

شکل ۴-۴- روند تغییرات نفوذ در کوهستان، دشت و مخروط افکنه در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۷۶

شکل ۴-۵- روند تغییرات رواناب در کوهستان و دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۷۷

شکل ۴-۶- روند تغییرات ذخیره آب زیرزمینی مشاهده شده آبخانه نیشابور در مقابل روند تغییرات ذخیره آب زیرزمینی شبیه سازی شده ۷۷

شکل ۴-۷- رواناب مشاهده شده ایستگاه هیدرومتری حسین آباد جنگل در مقابل رواناب شبیه سازی شده این ایستگاه ۷۸

شکل ۴-۸- روند تغییرات تبخیر در کوهستان و تبخیروتعرق در دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۷۷

شکل ۴-۹- روند تغییرات نفوذ در کوهستان، دشت و مخروط افکنه در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۷۸

شکل ۴-۱۰ روند تغییرات رواناب در کوهستان و دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۸۱

شکل ۴-۱۱- تغییرات ذخیره آب زیرزمینی مشاهده شده و شبیه سازی شده در آبخانه حوضه آبریز نیشابور ۸۲
شکل ۴-۱۲- رواناب خروجی مشاهده شده و شبیه سازی شده از حوضه آبریز نیشابور از ایستگاه حسین آباد جنگل ۸۲
شکل ۴-۱۳- روند تغییرات تبخیر در کوهستان و تبخیروتعرق در دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۸۳
شکل ۴-۱۴- روند تغییرات نفوذ در کوهستان، دشت و مخروط افکنه در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ.....۸۴
شکل ۴-۱۵ روند تغییرات رواناب در کوهستان، مخروط افکنه و دشت در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ.....۸۵
شکل ۴-۱۶ رواناب محاسبه شده توسط مدل در مقابل بارندگی برای دشت، کوهستان و متوسط کل حوضه ۸۸
شکل ۴-۱۷- تبخیروتعرق در دشت و کوهستان در مقابل بارندگی متوسط حوضه آبریز ۸۹
شکل ۴-۱۸- نفوذ در کوهستان، مخروط افکنه و دشت در مقابل بارندگی متوسط حوضه آبریز.....۹۰

فهرست جدول‌ها

جدول۳-۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی حوضه آبریز نیشابور و محدوده رخ ۳۵
جدول۳-۲- مشخصات حوضه‌های بالادست ایستگاه های هیدرومتری حوضه آبریز نیشابور ۳۷
جدول۳-۳- پروژه‌های در دست بهره‌برداری در محدوده مطالعاتی نیشابور و رخ ۳۹
جدول ۳-۴- مساحت اراضی محدوده مطالعاتی نیشابور به تفکیک کاربری آن ۴۰
جدول۳-۵- مساحت سطح زیرکشت گیاهان زراعی و باغی غالب در محدوده مطالعاتی نیشابور ۴۱
جدول۳-۶- خلاصه نتایج آماربرداری های صورت گرفته در محدوده مطالعاتی ۴۵
جدول ۳-۷- گزارش شرکت ها و سازمان های مختلف در مورد بیلان آب دشت نیشابور ۴۷
جدول ۳-۸- ایستگاه‌های تبخیرسنجی و مجازی تولید شده در محدوده مطالعاتی نیشابور و اطراف آن ۴۹
جدول۳-۹- میانگین مکانی تبخیرتعرق پتانسیل سالانه در محدوده مطالعاتی از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ ..... ۵۱
جدول ۳-۱۰- وضعیت خشکسالی دوره ۹ ساله بیلان از لحاظ شاخص SPI از ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ ..... ۵۴
جدول ۳-۱۱- لیست متغیرها و پارامترهای بکاررفته در معادلات بیلان آب ۵۹
جدول ۴-۱- دامنه مجاز و مقادیر بدست آمده برای پارامترهای مدل ۷۵
جدول ۴-۲ خصوصیات آماری پارامترهای تخمین زده شده برای مدل بیلان آب طی سال های مختلف ۷۹
جدول ۴-۳- مقادیر تخمینی پارامترهای مدل بیلان آب تودهای در دوره های خشک، نرمال و مرطوب ۸۴
جدول ۴-۴- معیارهای عملکرد مدل بیلان آب در حالات مختلف ۸۷
جدول ۴-۵- مقایسه نتایج بیلان آبخانه نیشابور در تحقیق حاضر با مطالعات گذشته ۹۱

جدول علامت‌ها و اختصارها

نام متغیر	معادل انگلیسی	معادل فارسی
W_fwsso	Surface Withdrawal	آب برداشت شده از آب های سطحی
Q_domsi	Domestic Runoff	آب برگشتی از بخش شرب به آبهای سطحی
Q_indsi	Industry Runoff	آب برگشتی از بخش صنعت به آبهای سطحی
Q_agrsi	Agriculture Runoff	آب برگشتی از بخش کشاورزی به آبهای سطحی
P_pln	Plain Precipitation	بارش روی دشت
P_mnt	Mountain precipitaiton	بارش روی کوهستان
P	Precipitation	بارندگی
dom	Domestic	بخش شهری
ind	Industry	بخش صنعت
agr	Agriculture	بخش کشاورزی
W	Withdrawal	برداشت
E	Evapotranspiration	تبخیر
E_fwsso	Free water surface Evaporation	تبخیر از سطوح آزاد آب
Etp	Potential Evapotranspiration	تبخیروتعرق پتانسیل کل حوضه
E_plnso	Plain Evaporation	تبخیروتعرق حاصل از ذخیره رطوبتی خاک در دشت
E_mntso	Mountain Evaporation	تبخیروتعرق حاصل از ذخیره رطوبتی خاک در کوهستان
art	Artifitial Recharge	تغذیه مصنوعی
upw	upward Flux	جریان بالارونده آب زیرزمینی
ngb	neighbor	خروجی / ورودی به / ازحوضه یا حوضه‌های مجاور
pln	Plane	دشت
Q	Runoff	رواناب
Q_plnsi	Plain Runoff	رواناب حاصل از بارندگی در دشت
Q_mntsi	Mountain Runoff	رواناب حاصل از بارندگی در کوهستان
Q_ngbsi	Neighbor Runoff	رواناب ورودی از حوضه های مجاور
CE	Coefficient of Evporation	ضریب تبخیر
CE_pln	Plain Evaporation Coefficient	ضریب تبخیروتعرق در دشت
CE_mnt	Mountain Evaporation coefficient	ضریب تبخیروتعرق در کوهستان
CQ	Coefficient of Runoff	ضریب رواناب
CQ_pln	Plain Runoff coefficient	ضریب رواناب در دشت
CQ_mnt	Mountain Runoff Coefficient	ضریب رواناب در کوهستان
CQ_alv	Alluvial Runoff Coefficient	ضریب رواناب در مخروط افکنه
CQ_drn	Drainage Runoff Coefficient	ضریب نشت از آب زیرزمینی به آبهای سطحی
CI	Coefficient Infiltration	ضریب نفوذ
CI_alv	Alluvial Infiltration Coefficient	ضریب نفوذ در مخروط افکنه
mnt	Mountain	کوهستان
alv	Alluvial	مخروط افکنه
A	Area	مساحت
A_pln	Plain Area	مساحت دشت
A_mnt	Mountain Area	مساحت مناطق کوهستانی
Q_drnsi	Drainage Runoff	میزان نشت آب از آب زیرزمینی به آب های سطحی چه رودخانه چه دریاچه ها
I	Infiltration	نفوذ
I_fwsso	Free water surface Infiltration	نفوذ آب از سطوح آزاد آب به آب زیرزمینی
I_alvso	Alluvial Infiltration	نفوذ در مخروط افکنه
D	Demand	نیاز آبی

فصل اول

۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

۱-۲- اهمیت موضوع

محدود بودن توان منابع آب در کشورمان، حفاظت، حراست و بهره‌برداری بهینه از آن را به منظور تأمین نیازهای آبی آیندگان طلب می‌کند و دستیابی به این اهداف جز با تهیه بیلان منابع آب و ارزیابی پتانسیل آن امکان‌پذیر نمی‌باشد. دخالت انسان در چرخه طبیعی آب موجب تغییر در مقادیر و عوامل معادله بیلان گردیده که خود پیام‌آور ضرورت برآورد دقیق و سریع بیلان به منظور حفظ و نگه‌داری از آبهای سطحی و زیرزمینی می‌باشد. ارزیابی منابع آب یکی ازمهم‌ترین واساسی‌ترین مراحل مدیریت منابع آب ولازمه مدیریت پایدار منابع آب است. هدف اصلی ارزیابی منابع آب، برآورد و پیش بینی کمی وکیفی منابع آب برای تأمین نیازهای کلی بخش‌های جامعه و ارائه‌ی اطلاعات لازم جهت فعالیت‌های کاهش بلایای مربوط به آب و حفظ و بهبود شرایط زیست محیطی می‌باشد.

بیلان آب خود به سه نوع تقسیم می‌شود ۱)بیلان آب سطحی ۲) بیلان آب زیرزمینی ۳) بیلان عمومی آب. هر کدام از انواع بیلان اجزای تشکیل دهنده خاص خود را دارند، اما ارتباط تنگاتنگی میان اجزای انواع بیلان وجود دارد. مسئله اصلی، مشکلات برآورد بیلان یک حوضه‌ی آبریز است. به دلایل زیر نمی‌توان برآورد قابل قبولی از بیلان آب داشت (مهدوی و توسلی، ۱۳۸۳):

۱) کمبود اطلاعات به علت عدم وجود وسایل و دستگاه‌های اندازه‌گیری در مدت زمان مناسب

۲) غیرممکن بودن اندازه‌گیری برخی از فاکتورهای بیلان آب در حوضه

۳) وجود خطا در اطلاعات مربوط به فاکتورهای قابل اندازه‌گیری به علت تغییرات شدید آنها که عوامل طبیعی یا انسانی باعث این تغییرات می‌شوند

۴) زمان طولانی مورد نیاز است تا بیلان یک حوضه با وجود اطلاعات آن برآورد گردد

مشکل اصلی طولانی بودن برآورد بیلان و دقت پایین تخمین پارامترهای آن می‌باشد که بایستی این مشکل را به نحوی حل کرد.

امروزه با وجود فناوری جدید امید می‌رود تا بتوان هر چه سریعتر و دقیق‌تر بیلان حوضه‌ها را برآورد کرد.

۱-۳- فرضیات

به منظور تهیه یک مدل مفهومی بیلان آب لازم است با توجه به اطلاعات موجود، زمینه کاربرد مدل، ابزارهای مورد استفاده در تهیه مدل، اساس و طبیعت پدیده مورد نظر و نوع مدل بیلان آب فرضیاتی اتخاذ شود که به شرح ذیل ارائه می‌گردد.

۱. با استفاده از مدل مفهومی (مکانیزمی) و به کمک داده‌های موجود می‌توان مدل بیلان آبِ سالانه را برای حوضه آبریز بوسیله انواع روش‌های بهینه‌سازی کالیبره کرد.

۲. اِعمال قیوداتی که براساس واقعیت هیدرولوژیکی حوضه بنا نهاده شده‌اند می‌تواند پارامترهای بیلان را دقیق‌تر نماید.

۳. معادله بیلان آب را می‌توان با استفاده از معادلات خطی و غیرخطی تولید کرد.

۱-٤- اهداف

هدف این پژوهش برآورد دقیق پارامترهای بیلان آب بوسیله کالیبراسیون مدل بیلان آب حوضه از طریق بهینه-سازی آن‌ها جهت رسیدن به کمترین میزان خطای موجود می‌باشد.

- در این پژوهش سعی می‌شود تا مدل بیلان آب با استفاده از معادلات ساده‌ای تولید شود و از طریق روش‌های بهینه‌سازی (برنامه‌ریزی خطی یا غیرخطی یا الگوریتم‌های فراکاوشی) برای حداقل کردن فاصله بین داده‌های مشاهده شده و داده‌های شبیه‌سازی شده گام برداشت. با استفاده از قیوداتی که براساس پایه هیدرولوژیکی حوضه بنا نهاده شده‌اند می‌توان پارامترهای بیلان را به واقعیت نزدیک‌تر کرد.
- قسمت عمده کار مربوط به تدوین و تهیه معادلات بیلان آب متناسب با شرایط حوضه آبریز، موجودیت و دردسترس بودن اطلاعات می‌باشد. برای این منظور با استفاده از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه در کنار تجارب نخبگان و متصدیان امور سعی بر تهیه معادلات مدل بیلان آب شد. این امر در راستای هدف اصلی پژوهش بوده و مبنای مراحل بعدی می‌باشد.

- از اهداف فرعی مورد نظر این پژوهش بررسی نحوه کالیبراسیون و تخمین ضرایب و پارامترهای مدل بیلان آب در سطح حوضه آبریز می‌باشد. این امر به نحوی صورت می‌گیرد که نتایج استخراج شده از مدل با اطلاعات مشاهده شده در طبیعت تطابق قابل قبولی داشته باشد. همچنین تخمین مؤلفه‌هایی از بیلان آب که اندازه‌گیری آن‌ها غیر ممکن است از دیگر اهداف مرحله‌ای این پژوهش می‌باشد.

۱-۵- شرح فصول پایان نامه

- ✓ فصل اول: شامل مقدمه، تعریف مسئله تحقیق، هدف از تحقیق می‌باشد که به‌عنوان مقدمه‌ای بر سایر فصول محسوب می‌شود.
- ✓ فصل دوم: در این فصل مروری بر مطالعات پیشین در راستای تحقیق صورت گرفته است که بیشتر در زمینه بیلان آب در بخش‌های مختلف از قبیل مدل‌های بیلان آب سطحی و زیرمینی بکار رفته در پیشینه پژوهش، کاربرد این مدل‌ها در تغذیه آب زیرزمینی، تغییراقلیم و کاربری اراضی و در نهایت واسنجی مدل‌های بیلان آب می‌باشد.
- ✓ سوم: در این فصل به بررسی منطقه مطالعاتی، بررسی و شناخت روش تحقیق و معرفی انواع مدل-های موجود و تحلیل اولیه درباره مکانیزم‌های موجود در آن پرداخته شده است.
- ✓ فصل چهارم: این فصل به مراحل مختلف تعیین و تدوین معادلات مدل بیلان آب ارائه شده و گام-های مدل‌سازی و نتایج حاصل از آن پرداخته است. در نهایت نتایج بدست آمده مورد بحث قرار گرفته و عملکرد مدل در این فصل بررسی می‌گردد.
- ✓ فصل پنجم: شامل نتیجه‌گیری نهایی تحقیق به همراه پیشنهادها برای تحقیقات آینده می‌باشد.

۱-٦- مفاهیم پایه

۱-٦-۱- تعریف بیلان آب و اجزای آن

بررسی تبادلات آب در یک محدوده که بر اصل بقا ماده در چرخه آب تأکید دارد بیلان آب خوانده می‌شود. طبق این تعریف کلیه آب هایی که در یک زمان معین وارد یک محدوده خاص می‌گردد، به مصرف می‌رسد، ذخیره شده و یا به صورت‌های مختلف از محدوده خارج می‌گردد مجموعه بیلان را تشکیل می‌دهد. هدف از برقراری بیلان، بررسی و هماهنگی عناصر ورودی و خروجی و تعیین مقادیر هر یک از آنها و میزان مصرف و ذخیره آب می‌باشد (تماب، ۱۳۷۲). عمدتاً بررسی مسائل آبی به منظور ارائه خدمات مدیریتی بهتر جهت بهره‌برداری صحیح کمی و کیفی از منابع آب نیازمند آگاهی و برآورد پتانسیل آبی منطقه و مصارف بر اساس اصل بقای ماده در چرخه آب صورت می‌گیرد. تدوین بیلان آبی یکی از عمومی‌ترین عملیات در پروژه‌های توسعه منابع آب، علی‌الخصوص در نواحی خشک، می‌باشد.

روش‌های به کار گرفته شده در محاسبه مؤلفه‌های آب در دسترس می‌تواند نقش مهمی در نتایج داشته باشد (وگچنکل[1]، ۲۰۰۳).

- محدوده بیلان (محدوده مکانی)

به یک واحد هیدرولوژیکی که اطلاعات پایه بیلان در آن جمع‌آوری و معادله بیلان برای آن برقرار می‌شود محدوده بیلان گویند. وسعت منطقه مطالعاتی می‌تواند از چرخه آب در کره زمین تا بررسی رطوبت در اطراف یک برگ را شامل شود. با توجه به گستردگی دامنه موضوع و نوع روش تجزیه وتحلیل، پارامترهای اجزای معادله عمومی بیلان آب ممکن است در یک دامنه وسیع قرار گیرند. عواملی همچون دقت، روش انجام مطالعه، تعداد پارامترها و پیچیدگی ارتباطات داخلی بین پارامترها بر روی این دامنه مؤثر خواهد بود. بنابراین بر روی هر مورد باید ملاحظات خاصی مدنظر قرار گیرد تا علاوه بر دسترسی سهل‌تر به پاسخ، جواب‌های بدست آمده نیز قابل استفاده باشند. به عنوان مثال در یک منطقه وسیع به طور مؤثری می‌توان از عکس‌های ماهواره‌ای استفاده کرد و یا در یک محدوده کوچک مطالعاتی از روش‌های عددی به دقت مناسب بهره برد (پری[2]، ۱۹۹۶).

- دوره بیلان (محدوده زمانی)

فاصله زمانی که کلیه مؤلفه‌های بیلان در آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، دوره بیلان نامیده می‌شود. به منظور تعیین بیلان آبی در یک حوضه آبریز در دوره‌های مختلف زمانی و پیش‌بینی میزان جریان در خروجی حوضه، مدل‌های ریاضی و نرم‌افزارهای زیادی توسعه داده شده است. به عنوان مثال از مدل AWBM و نرم‌افزار MITSIM را که توانائی پیش‌بینی روزانه و ساعتی جریان رودخانه براساس معادله عمومی بیلان را دارد می‌توان نام برد. نرم‌افزار SRM با کمک پارامترهای مختلفی که از مشخصات یک حوضه می‌گیرد توانائی پیش‌بینی جریان را بر اساس معادله عمومی بیلان و خواص فیزیکی پارامترها دارد. نرم‌افزار MODFLOW و یا PMWIN نرم‌افزاهای مناسبی جهت مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی بر اساس معادله بیلان می‌باشند.

۱-٦-۲- شعاع مکانی بیلان آب

مشخص است که با تغییر وسعت منطقه مورد مطالعه پیچیدگی روابط بین مؤلفه‌های بیلان تغییر می‌کند. در نتیجه منطقی نخواهد بود که دقت یکسانی برای تحلیل بیلان و مؤلفه‌های آن برای محدوده‌های متفاوت مکانی در نظر گرفت. در نتیجه غالباً در محاسبه و برآورد این مؤلفه‌ها از روش‌های مختلف، که مبتنی بر دقت مورد انتظار و شرایط مالی و امکانات پروژه می‌باشد، استفاده نمود. به طور کلی محدوده‌های مکانی متفاوتی را برای تدوین معادله بیلان می‌توان در نظر گرفت. این پژوهش به بررسی بیلان آب در محدوده حوضه آبریز می‌پردازد.

---

[1] Wegchenkel

[2] Perry

۱-٦-۳- شعاع زمانی بیلان آب

اجزاء معادله بیلان عمدتاً تشکیل یک معادله پویا را می‌دهد که چگونگی محاسبه آن‌ها با افزایش دقت مورد تقاضا و نیز تغییر دوره زمانی تغییر یافته و مستلزم ارائه راه‌کارهای عملی جهت محاسبه آن‌ها می‌باشد. بنابراین بیلان آب ممکن است برای هر دوره زمانی محاسبه شود، ولی به طور کلی غالباً تنها بین بیلان متوسط و بیلان برای دوره‌های زمانی مشخص (برای انتقال یک سال، فصل یا ماه یا تعدادی از روزها) تمایزی قائل می‌شود. در نتیجه می‌توان پذیرفت که محاسبات بیلان آب برای مقادیر متوسط و دوره‌های مشخص هر کدام ویژگی‌های مجزایی داشته باشند. بیلان "متوسط" آب عموماً برای یک سیکل سالانه (سال تقویمی یا سال هیدرولوژیکی) محاسبه می‌شود. محاسبه بیلان متوسط سالانه آب ساده‌ترین مسئله بیلان آب است، چون امکان در نظر نگرفتن تغییرات ذخیره آب در حوضه، که اندازه‌گیری و محاسبه آن دشوار است، امکان‌پذیر است. در طول یک دوره طولانی، تمایلی در به تعادل رسیدن تغییرات مثبت ومنفی ذخیره آب برای سال‌های منفرد وجود دارد و لذا مقدار خالص آن‌ها در پایان یک دوره طولانی ممکن است صفر فرض شود. از طرف دیگر، در زمانی که محاسبه بیلان آب برای دوره‌های زمانی کوتاه انجام می‌شود، وضعیت معکوسی وجود دارد. در این حالت تغییرات ذخیره آب در حوضه صفر نخواهد بود. هرچه دوره زمانی کوتاهتر باشد، لزوم بیشتری برای دقیقتر بودن اندازه‌گیری و یا محاسبه مؤلفه‌های بیلان آب نیز احساس می‌شود. در این صورت مؤلفه‌های بیلان دارای جزئیات بیشتری خواهد بود که این امر به یک معادله پیچیده بیلان آب منجر می‌شود که رسیدن به خطاهای قابل قبول در آن دشوارتر است. ممکن است بتوان پذیرفت که دوره‌های زمانی طولانی مدت‌تر مترادف باوسعت مکانی بزرگتری نیز باشد. مثلاً بیلان آب در سطح ملی را به ندرت برای دوره‌های زمانی کوچکتر از یک سال محاسبه می‌کنند. از طرف دیگر در سطح مکانی یک مزرعه بیلان آب را ممکن است برای دوره زمانی کوچک‌تر، مثلاً فصل رشد و یا حتی بین هر دو واقعه آبیاری، در نظر گرفت. در چنین نگرشی از بیلان غالباً پارامترهایی چون تبخیروتعرق واقعی و همچنین نفوذ عمقی می‌بایست با دقت برآورد شود. اتخاذ دوره‌های زمانی کوچکتری مثلاً می‌تواند برای وقایع منفرد بارش- رواناب صورت پذیرد که در خلال آن چگونگی تبدیل بخشی از باران که به سه مؤلفه تبخیر، روان آب سطحی و نفوذ تقسیم می‌شود مورد تحلیل قرار می‌گیرد. با این حال مسئله ذوب طولانی مدت یخچال‌ها ممکن است به دوره‌های زمانی بیشتر از یک سال نیاز داشته باشد. در این پژوهش مقیاس سالانه مدل بیلان آب به صورت سالانه در نظر گرفته شده است. بنابراین بیلان آب هر سال به صورت جداگانه برای حوضه آبریز محاسبه می‌شود.

۱-٦-٤- شکل عمومی و حالت‌های خاص معادله بیلان آب

معادله بیلان آب برای هر ناحیه طبیعی (از قبیل یک حوضه رودخانه‌ای) یا مجموعه آبی (از قبیل یک دریاچه)، مقادیر نسبی جریان ورودی و جریان خروجی و تغییر در ذخیره آب برای ناحیه یا مجموعه را مشخص می‌کند. بطور کلی بخش جریان ورودی معادله بیلان آب شامل ریزش جوی (P)، به صورت بارندگی و برف که واقعاً در سطح زمین ریزش می‌کند، و جریان آب ورودی سطحی و زیرسطحی به‌داخل حوضه یا مجموعه آبی از سمت بیرون (Q_{SI} و Q_{UI})

می‌باشد. از طرف دیگر بخش جریان خروجی معادله، تبخیر از سطح مجموعه آبی (E) و جریان خروجی سطحی و زیرسطحی از حوضه یا مجموعه آبی (Q_{so} و Q_{uo}) را دربرمی‌گیرد. زمانی که جریان ورودی از جریان خروجی فزونی می‌گیرد، کل ذخیره آب در مجموعه (ΔS) افزایش می‌یابد. از دید دیگر، جریان ورودی که از جریان خروجی کمتر باشد، به کاهش در ذخیره منجر خواهد شد. تمامی مؤلفه‌های بیلان آب در معرض خطای اندازه‌گیری یا برآورد می‌باشند و بنابراین معادله بیلان آب بایستی شامل یک جمله مغایرت (η) (سوکولوف[3] و چاپمن[4]، ۱۹۷۴) نیز باشد. در نتیجه بیلان آب برای هر مجموعه آبی و هر دوره زمانی به شکل کلی آن ممکن است توسط معادله زیر بیان شود:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - Q_{SO} - Q_{uo} - \Delta S - \eta = 0 \qquad (۱-۲)$$

معادله کلی بیلان (۱-۱) در حالت کلی مؤلفه‌های متعددی دارد و پیچیده است. از تعدادی از این مؤلفه‌ها در شرایط خاصی می‌توان صرف‌نظر کرد و لذا معادله بیلان شکل ساده‌تری به خود می‌گیرد. این شرایط به اطلاعات موجود اولیه، هدف محاسبه، نوع مجموعه (حوضه رودخانه‌ای یا ناحیه مجزا شده‌ای از آن بطور مصنوعی یا قراردادی، دریاچه یا مخزن وغیره) و ابعاد مجموعه آبی، ویژگی‌های هیدروگرافی و هیدرولوژیکی آن، مدت دوره بیلان، و دوره رژیم هیدرولوژیکی (سیلاب، جریان کم‌آبی) که برای آن بیلان آب محاسبه شود بستگی دارد.

در حوضه‌های وسیع رودخانه‌ای، Q_{UO} و Q_{UI} در مقایسه با سایر جملات کوچک‌اند، یعنی تبادل آب زیرسطحی با حوضه‌های مجاور فرض می‌شود که صفر باشد، و بنابراین غالباً از آنها صرف نظر می‌شود. هیچ جریان ورودی سطحی به حوضه رودخانه‌ای وجود ندارد (فرض کنید که هیچ انحراف آبی بطور مصنوعی از سایر حوضه‌ها اتفاق نمی‌افتد)، و بنابراین مؤلفه Q_{SI} در معادله بیلان آب یک حوضه رودخانه‌ای وجود نخواهد داشت. از این روی برای یک حوضه رودخانه‌ای، معادله (۲-۱) غالباً به شکل زیر ساده می‌شود:

$$P - E - Q - \Delta S - \eta = 0 \qquad (۲-۲)$$

که در آن Q بیانگر دبی رودخانه به خارج از حوضه است. از طرف دیگر، مؤلفه‌های معادله (۲-۱)، بسته به مسئله مشخصی، ممکن است خود به اجزایی تقسیم شود. برای مثال در محاسبه بیلان آب برای دوره‌های زمانی کوتاه مدت، تغییر در کل ذخیره آب (ΔS) در یک حوضه رودخانه‌ای کوچک ممکن است به تغییرات ذخیره رطوبتی در خاک (ΔM)، در آبخوان‌ها (ΔG)، در دریاچه‌ها و مخازن (ΔS_L)، در کانال‌های رودخانه (ΔS_{Ch})، در یخچال‌ها (ΔS_{gl})، و در پوشش برفی (ΔS_{sn}) تقسیم شود. بنابراین در این حالت معادله بیلان آب به شکل زیر نوشته می‌شود:

---

[3] Sokolov

[4] Chapman

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - Q_{SO} - Q_{UO} - \Delta M - \Delta G - \Delta S_L - \Delta S_{Ch} - \Delta S_{gl} - \Delta S_{sn} - \eta = 0 \qquad (۳-۲)$$

که در آن Q_{SI} مبین انحراف خالص جریان سطحی از سایر حوضه‌ها می‌باشد.

بیلان آب ممکن است برای مجموعه‌های آبی با هر اندازه‌ای محاسبه شود. در نتیجه پیچیدگی محاسبه به مقدار زیادی به گستردگی مساحت تحت بررسی بستگی دارد. یک حوضه رودخانه‌ای تنها ناحیه طبیعی است که محاسبات بیلان آب در مقیاس در آن می‌تواند ساده شود. یک دلیل عمده این است که دقت محاسبات با افزایشی در مساحت حوضه رودخانه‌ای افزایش می‌یابد. این امر با این حقیقت که هر چه مساحت حوضه کوچکتر باشد بیلان آب آن پیچیده‌تر است، توضیح داده می‌شود. در چنین شرایطی برآورد مؤلفه‌های ثانویه بیلان از قبیل تعامل آب زیرزمینی با حوضه‌های مجاور، نگهداشت آب در دریاچه‌ها، مخازن، تالاب‌ها و یخچال‌ها و پویایی بیلان آب جنگل‌ها و اراضی فاریاب و زهکشی شده دشوارتر است. تأثیر این عوامل با افزایشی در مساحت حوضه رودخانه‌ای به تدریج کاهش می‌یابد و ممکن است در نهایت بتوان از آن‌ها صرف نظر کرد. غالبا در مساحت‌های زیاد دشواری‌های فنی اندازه‌گیری و محاسبه دقیق مؤلفه‌های مهم بیلان آب این مجموعه‌های آبی از قبیل جریان ورودی جانبی و تغییرات در ذخیره آب در دریاچه‌ها و مخازن بزرگ، بارندگی بر روی سطح آب آن‌ها و غیره، افزایش می‌یابد. در نتیجه تمایلی به افزایش پیچیدگی محاسبه بیلان آب دریاچه‌ها، مخازن، تالاب‌ها، حوضه‌های آب زیرزمینی و حوضه‌های یخچالی کوهستانی با افزایشی در مساحت وجود دارد.

علاوه بر این درک صحیحی از بیلان آب برای بررسی‌های چرخه هیدرولوژیکی نیز کاملاً مهم است. با داشتن این اطلاعات از بیلان آب این امکان وجود خواهد داشت که بتوان منابع مجزای آب در یک سیستم و در طول دوره‌های متفاوت زمان را مقایسه کرده و درجه تأثیر آن‌ها را بر روی تغییرات رژیم آب ارزیابی نمود.

تحلیل اولیه انجام شده برای محاسبه مؤلفه‌های مجزای بیلان آب و هماهنگی این مؤلفه‌ها در معادله بیلان همچنین این امکان را فراهم خواهد ساخت که وجود کمبودهایی در توزیع مکانی ایستگاه‌های اندازه‌گیری را مشخص سازد و خطاهای سیستماتیک اندازه‌گیری‌ها را کشف نماید.

نهایتاً می‌توان گفت که ارزیابی غیرمستقیم یکی از مؤلفه‌های بیلان آب که نامعلوم بوده و اندازه‌گیری نشده باشد می‌تواند توسط مطالعات بیلان آب و با استفاده از اختلافات بین مؤلفه‌های معلوم صورت پذیرد. برای مثال تبخیر طولانی مدت از یک حوضه رودخانه‌ای ممکن است از روی تفاوت بین ریزش جوی و روان آب محاسبه شود.

۱-٦-۵- بیلان آب در سطح حوضه آبریز

بیلان متوسط آب در حوضه‌های رودخانه‌ای و برای یک سیکل کامل سالانه (تقویمی یا سال هیدرولوژیکی)، اصلی‌ترین شکل محاسبه بیلان آب است. معادله بیلان آب یک حوضه بسته رودخانه‌ای و برای یک دوره زمانی طولانی مدت، ممکن است به صورت زیر نوشته شود: