



مهندسی آب و فاضلاب

www.abfaeng.ir

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)

راهنمای بالانسینگ

پائیز ۱۳۸۸

کارفرما:

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

معاونت نظارت بر بهره‌برداری

دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد

Web: www.nww.co.ir

مشاور:

راهدان سما

Web: www.samacorp.com



دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندسین مشاور سما

فهرست:

چکیده	1
فصل ۱. هدررفت آب و ارزیابی آن با استفاده از بالانسینگ آب	۶
۱-۱. مقدمه	۶
۲-۱. تشریح هدررفت	۷
۳-۱. تشریح بالانسینگ	۱۰
فصل ۲. تشریح اجزاء بالانسینگ آب	۱۲
۱-۲. مقدمه	۱۲
۲-۲. روش بالانسینگ استاندارد IWA	۱۲
۳-۲. مفاهیم اجزاء بالانسینگ IWA مبتنی بر شرایط ایران	۱۵
۱-۳-۲. حجم آب ورودی به سیستم	۱۵
۲-۳-۲. آب با درآمد	۱۵
۳-۳-۲. آب بدون درآمد	۱۶
فصل ۳. اندازه‌گیری یا تخمین اجزاء بالانسینگ آب	۲۶
۱-۳. مقدمه	۲۶
۲-۳. حجم ورودی به سیستم	۲۶
۳-۳. مصارف مجاز	۲۷
۱-۳-۳. مصارف با درآمد	۲۷
۲-۳-۳. مصارف مجاز بدون درآمد	۲۸
۴-۳. هدررفت آب	۲۸
۱-۴-۳. هدررفت ظاهری	۲۹
۲-۴-۳. هدررفت واقعی	۳۳
فصل ۴. محاسبات بالانسینگ آب	۳۹

۱-۴	مقدمه	۳۹
۲-۴	گام‌های محاسبات بالانسینگ آب	۳۹
۳-۴	برخی نکات مهم در مورد محاسبات بالانسینگ آب	۴۱
فصل ۵	نمونه‌های موردی از روش بالانسینگ آب	۵۳
۱-۵	مقدمه	۵۳
۲-۵	ارزیابی مقدار حجم ورودی به سیستم	۵۳
۳-۵	ارزیابی هدررفت ظاهری آب	۵۵
۱-۳-۵	مصارف غیرمجاز	۵۵
۲-۳-۵	خطای مدیریت و پردازش اطلاعات	۵۸
۳-۳-۵	خطای ناشی از دقت کنتور (آزمون کنتور)	۵۹
۴-۳-۵	برآورد میزان کل هدررفت ظاهری به تفکیک مؤلفه‌ها	۶۱
۴-۵	هدر رفت واقعی آب	۶۲
۱-۴-۵	روشهای برآورد هدررفت واقعی	۶۳
۵-۵	مقایسه روش بالانسینگ با روش تحلیل جریان حداقل شبانه	۶۷
۱-۵-۵	مقایسه مقادیر حاصله از روش بالانسینگ و حداقل جریان شبانه	۶۹
۲-۵-۵	محاسبه شاخص زیرساختی هدررفت (ILI)	۶۹
۲-۵-۵	محاسبه شاخص زیرساختی هدررفت (ILI)	۶۸
پیوست ۱: مراجع		۷۱
پیوست ۲: واژه‌نامه		۷۳





چکیده



چکیده

به تعیین کمی اجزاء آب دارای درآمد و بدون درآمد هر سامانه آبرسانی فرایند بالانسینگ آب گفته می‌شود. این راهنما به روشها و مفاهیم مربوط به بالانسینگ می‌پردازد.

چکیده

به طور کلی مقدار هدررفت آب موجود در شبکه‌های آبرسانی می‌تواند یک شاخصه مهم در فرآیند ارزیابی بازدهی شبکه محسوب شود. در واقع با ارزیابی مقدار آب تلف شده در ساختار شبکه، می‌توان نسبت به مطلوبیت و یا عدم مطلوبیت سیستم و روش‌های اجرا، بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات یک شبکه اطلاع یافت. لذا می‌توان اذعان داشت برای آگاهی از شرایط حاکم بر شبکه‌های آبرسانی و طرح‌ریزی روش‌های بهسازی این شرایط لازم است تا از مقدار هدررفت قابل رخداد و موجود در شبکه آگاهی کامل پیدا نمود. همچنین با توجه به اهمیت روز افزون مسائلی نظیر پایداری آب، بازدهی اقتصادی و حفاظت محیط‌زیست در سطح جهان، موضوع کنترل هدررفت در شبکه‌های آبرسانی روز به روز مورد توجه خاص قرار می‌گیرد؛ که این امر لزوم شناخت اجزاء و مقدار هدررفت در شبکه‌های آبرسانی را ضروری می‌سازد.

معمولاً میزان واقعی هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی، از شبکه‌ای به شبکه دیگر مبتنی بر عوامل محلی نظیر توپوگرافی، طول شبکه، تعداد انشعابات و استانداردهای آبرسانی و همچنین وضعیت کیفی عملیات نگهداری و تعمیرات و بهره‌برداری شبکه متفاوت می‌باشد. در شبکه‌ای با راهبری مناسب، هدررفت آب باید به طور مداوم کنترل شده و نتایج مربوط به آن، به صورت سالیانه طی یک گزارش اعلام گردد.

به طور معمول هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی به دو دسته کلی هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی تقسیم می‌شود؛ که هدررفت ظاهری مشتمل بر تلفاتی می‌باشد که در اثر مصارف غیرمجاز، خطاهای ناشی از فرآیند اندازه‌گیری (خطای پردازش اطلاعات و عدم دقت کنتور) ایجاد می‌شوند و همچنین هدررفت واقعی مشتمل بر تلفاتی است که در اثر نشت و سرریز از مخازن و نشت از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات ایجاد می‌شود. لازم به ذکر است که معمولاً هدررفت واقعی حجم بیشتری از هدررفت شبکه‌های آبرسانی را شامل می‌شود، لذا ارزیابی و اندازه‌گیری این نوع هدررفت به طور سالیانه از اهمیت خاصی برخوردار است. معمولاً برای اندازه‌گیری هدررفت‌های واقعی از ۳ روش متعارف بالانسینگ آب، روش BABE (روش تحلیل مؤلفه‌های هدررفت واقعی) و روش MNF (تحلیل جریان حداقل شبانه) استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که معمولاً مقادیر هدررفت ظاهری به صورت آماری و یا به صورت تخمینی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

روش بالانسینگ آب انجمن بین‌المللی آب (IWA)، به عنوان یکی از روش‌های معتبر و مهم اندازه‌گیری هدررفت واقعی، مورد مقبولیت اغلب کشورهای جهان قرار گرفته است. لذا در این راهنما با تلفیق روش



بالانسینگ IWA با روش بالانسینگ شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و همچنین روش بالانسینگ AWWA، نسبت به معرفی روش بالانسینگ آب اقدام شده و چگونگی این عملیات به طور مفصل تشریح می‌شود.

در فصل اول از این دستورالعمل به طور اختصار مفاهیم مربوط به هدررفت آب را مورد ارزیابی قرار گرفته و اهمیت استفاده از روش بالانسینگ آب برای اندازه‌گیری هدررفت آب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در ادامه نیز تعریف و مفاهیم پایه روش بالانسینگ آب ارائه می‌شود. در فصل دوم از این راهنما با معرفی جدول بالانسینگ IWA به عنوان زیرساختار جداول بالانس شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و AWWA، تشریح هر یک از پارامترهای این جدول ارائه می‌شود. در ادامه در فصل سوم، چگونگی اندازه‌گیری هر یک از پارامترهای تشریح شده در فصل دوم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در فصل چهارم از این راهنما، روش گام به گام بالانسینگ آب برای اندازه‌گیری هدررفت واقعی ارائه شده و الگوریتم و فرم‌های مفید در این زمینه نشان داده می‌شود. به عنوان یک فصل تکمیلی، در فصل پنجم به ارائه یک مثال واقعی، تجربی و کاربردی در مورد چگونگی انجام فرآیند بالانسینگ در یکی از شهرهای کشور پرداخته می‌شود.

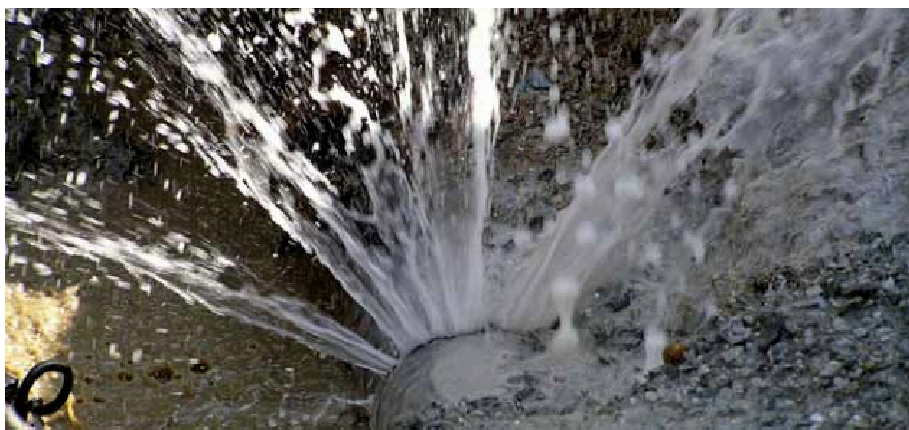
لازم به ذکر است که در صفحه بعد جایگاه راهنمای مطالعات بالانسینگ آب در شبکه‌های آبرسانی در مجموعه مطالعات راهبردی بررسی راهکارهای افزایش بهره‌وری تأسیسات و شبکه توزیع آب شرب به وسیله کاهش آب بدون درآمد در صنعت آب و فاضلاب و ارتباطات آن با دیگر راهنماهای این مجموعه نشان داده شده است.



کد	عنوان پروژه و مراحل انجام آن	مدارک مرتبط	پیشنیاز مطالعاتی
۱	راهنمای بالانسینگ آب	۲ الی ۷، ۹، ۱۲، ۱۳	-
۲	راهنمای مدیریت هدررفت واقعی	۴، ۶، ۸، ۹، ۱۳، ۱۷، ۱۶	۱
۳	راهنمای مدیریت هدررفت ظاهری	۱۰، ۱۲، ۱۳	۱
۴	راهنمای طراحی و اجرای DMA	۵، ۶، ۱۲، ۱۳	۲، ۱
۵	شاخصه‌های عملکردی در مدیریت هدررفت آب	۲، ۳	۱
۶	راهنمای مدیریت فشار و طراحی زون‌های فشاری	۴، ۸، ۹، ۱۳	۲، ۱
۷	راهنمای مدیریت مصارف مجاز بدون درآمد	-	۱
۸	راهنمای فشارسنجی، ترسیم خطوط همفشار، تعیین نقاط کلیدی	-	۶
۹	راهنمای ثبت و تحلیل گزارش حوادث و برداشت مؤثر داده‌های شبکه و حادثه	۱، ۲، ۶، ۱۷	-
۱۰	راهنمای ممیزی اماکن و تهیه نقشه‌های تفکیکی آماده GIS	۳، ۱۱	-
۱۱	راهنمای تهیه نقشه‌های بهنگام شبکه توزیع و ارتقاء مستمر کیفیت نقشه‌ها	۱۰	-
۱۲	راهنمای انتخاب و تست فلومترها	۱، ۳، ۴	-
۱۳	راهنمای ارزیابی اقتصادی برنامه‌های کاهش هدررفت	۱، ۴، ۶	۲، ۳
۱۴	راهنمای مدیریت مصرف	-	-
۱۵	راهنمای کاهش هدررفت داخلی مشترکین	-	-
۱۶	راهنمای اصلاح و بازسازی شبکه	۲	-
۱۷	راهنمای ارزیابی و کنترل خوردگی در لوله‌ها و تأسیسات آبرسانی شهری	۲، ۹	-

جدول: ارتباط راهنمای بالانسینگ آب با سایر مدارک





هدررفت آب و ارزیابی آن با فرآیند بالانسینگ آب

رخداد هدررفت آب در تمامی شبکه‌های آبرسانی اجتناب ناپذیر می‌باشد؛ که این امر لزوم پیاده‌سازی برنامه‌های کنترل هدررفت را ضروری می‌سازد. در این راستا پیش از این عملیات باید نسبت به اندازه‌گیری مقدار هدررفت موجود در شبکه اقدام نمود؛ که یکی از روش‌های مرسوم این امر، فرآیند بالانسینگ می‌باشد، که در این فصل به طور اختصار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

فصل ۱.

هدررفت آب و ارزیابی آن با استفاده از بالانسینگ آب

۱-۱. مقدمه

به طور معمول هدررفت آب جزئی اجتناب‌ناپذیر در تمامی شبکه‌های آبرسانی می‌باشد، که تنها مقدار حجم آن در شبکه‌های آبرسانی مختلف متغیر می‌باشد. عوامل مرتبط با نوسانات هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی مختلف می‌تواند شامل مشخصات تجهیزات شبکه، عوامل محلی، روش‌های بهره‌برداری و همچنین سطوح روش‌های کاربردی برای کنترل هدررفت بوده، که تمامی این عوامل از یک کشور تا کشور دیگر و بین شهرهای مختلف درون یک کشور به طور گسترده‌ای متغیر و متفاوت می‌باشد.

در این میان یکی از گام‌های اصلی و حیاتی فعالیت‌های کاهش هدررفت و کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های آبرسانی، درک مفاهیم و اجزا مربوط به هدررفت در شبکه‌های آبرسانی و حصول اطمینان از اندازه‌گیری دقیق هر یک از این اجزا و یا تخمین آنها می‌باشد. در واقع به عنوان زیرساختار فعالیت‌های مربوط به کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های آبرسانی، لازم است که ابتدا تمامی پارامترها و اجزای مرتبط با هدررفت آب در شبکه آبرسانی مورد شناسایی قرار گرفته و نسبت به اندازه‌گیری دقیق و یا تخمین آنها اقدامات لازم صورت گیرد. یکی از روش‌های موجود برای این عملیات روش بالانسینگ آب می‌باشد.



با توجه به اهمیت مفهوم هدررفت در شبکه‌های آبرسانی و لزوم استفاده از فرآیند بالانسینگ جهت تعیین مقادیر مربوط به این پارامتر در شبکه (به عنوان یکی از روش‌های محاسبه هدررفت در شبکه)، لذا در این فصل مفاهیم پایه‌ای مربوط به هدررفت و فرآیند بالانسینگ مورد ارزیابی قرار گرفته و در فصول بعد تشریح دقیق‌تر فرآیند بالانسینگ ارائه می‌شود.

در اینجا لازم به ذکر است که با توجه به شبهات موجود در عبارت " تلفات آب " و تعاریف مرتبط با آن، اصطلاح " هدررفت آب " و " آب بدون درآمد " به طور بین‌المللی مورد قبول قرار گرفته و جای اصطلاحاتی مانند " آب به حساب نیامده " را گرفته است؛ چرا که عبارت آب به حساب نیامده، اصطلاح نامناسب‌تری بوده و مقایسه بین‌المللی را مشکل‌ساز می‌کرده است [1].

۱-۲. تشریح هدررفت

به طور کلی براساس مفاهیم مربوط به فعالیت‌های کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های آبرسانی، هدررفت آب را می‌توان به صورت ذیل تعریف نمود:

" هدررفت آب " = " قسمتی از آب تولید شده که بر اساس داده‌های فروش آب به مصرف نرسیده است [2] " و یا

" هدررفت آب " = " آب مصرف شده " - " آب تولید شده " [1]

انجمن بین‌المللی آب (IWA) هدررفت آب را به صورت زیر تعریف کرده است:

" هدررفت آب " = " هدررفت ظاهری " + " هدررفت واقعی " [1]

که در این تعریف اصطلاح " هدررفت واقعی " جایگزین " هدررفت فیزیکی " و همچنین اصطلاح " هدررفت ظاهری " جایگزین " هدررفت غیرفیزیکی " شده است. در این راستا منظور از هدررفت واقعی (هدررفت فیزیکی) نشت از لوله‌ها، اتصالات و مفاصل، نشت از شیرآلات، نشت از کف و دیواره‌های مخزن و همچنین سرریز مخازن می‌باشد. هدررفت واقعی می‌تواند شدید بوده و ممکن است برای ماه‌ها و یا حتی سال‌ها بدون شناسایی باقی بماند. حجم هدررفت واقعی به طور قابل توجهی به خصوصیات لوله‌ها و تجهیزات شبکه و روش‌های اعمالی تعمیر و نشت‌یابی بستگی دارد. به عنوان مثال برخی از خصوصیات مرتبط با حجم هدررفت واقعی عبارت است از:



- فشار در شبکه؛
- تناوب و نرخ دبی جریان نشت‌ها و دیگر حوادث؛
- تناسب مقدار نشت‌های جدید با مقدار حجم نشت گزارش شده؛
- زمان "آگاهی" (اینکه چه مدت طول می‌کشد تا هدررفت مورد توجه قرار گیرد)؛
- زمان "موقعیت‌یابی" (اینکه چه مدت طول می‌کشد تا نشت جدید مورد شناسایی قرار گیرد)؛
- زمان "تعمیر" (اینکه چه مدت طول می‌کشد تا از نشت جلوگیری شده و یا تعمیر شود)؛
- میزان نشت پس زمینه (نشت‌های کم غیر قابل تشخیص).



شکل ۱-۱ نشان‌دهنده نشت در یک لوله مربوط به انشعاب بوده، که در صورت مدفون بودن، این امکان وجود دارد که تا ماه‌ها مورد شناسایی قرار نگیرد. همچنین در این شکل نشت در یک خط انتقال از شبکه توزیع نشان داده شده است، که می‌توان آن را به

سرعت مورد شناسایی قرار داده و از رخداد آن جلوگیری نمود.



شکل ۱-۱: نشت در یک انشعاب و یک خط انتقال از شبکه توزیع



شکل ۲-۱: فرسایش ساختار یک کنتور و افزایش احتمال ایجاد خطا در اندازه‌گیری [۲]

هدررفت ظاهری که پیشتر تلفات غیرفیزیکی نامیده می‌شدند، به قسمتی از اختلاف میان آب تولید شده و آب فروش رفته گفته می‌شود که براساس خطاهای اندازه‌گیری، استفاده غیر مجاز و یا خطاهای پردازش اطلاعات رخ می‌دهد. برخی عوامل بروز این هدررفت عبارتند از کنتورهای خراب، عدم صحت قرائت کنتورها، تغییر اطلاعات مصرف در سیستم صورت حساب و استفاده‌های غیرمجاز از شبکه‌های آبرسانی.



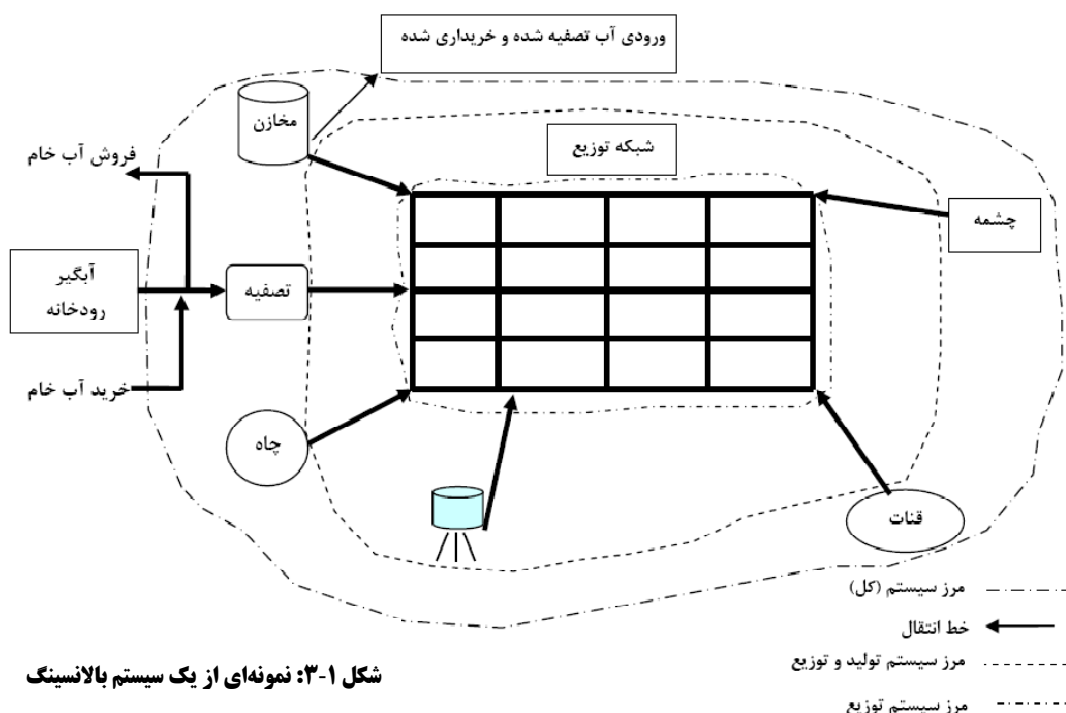
شکل ۲-۱ نمونه‌ای از ساختار یک کنتور فرسوده را نشان می‌دهد، که در اثر فرسایش بیش از اندازه می‌تواند در اندازه‌گیری مقدار آب خطای قابل توجهی داشته باشد. در شکل ۳-۱ نیز استفاده‌های غیرمجاز به عنوان بخشی از هدررفت ظاهری نشان داده شده است.

شکل ۳-۱: استفاده‌های

غیرمجاز به عنوان یکی از اجزای اصلی هدررفت‌های ظاهری [۲]

۱-۳. تشریح بالانسینگ

به طور کلی منظور از بالانسینگ آب، اندازه‌گیری دقیق و یا تخمین هر یک از پارامترهای آب تولیدی یا تولید شده، آب ورودی، آب خروجی، آب مصرفی و هدررفت برای یک سیستم می‌باشد. در واقع در عملیات بالانسینگ با اندازه‌گیری آب تولیدی، ورودی، خروجی و مصرفی نسبت به محاسبه و یا تخمین مقادیر هدررفت در شبکه آبرسانی اقدام می‌شود.



شکل ۱-۳: نمونه‌ای از یک سیستم بالانسینگ

در فرآیند بالانسینگ آب، هدف اصلی شناخت مؤلفه‌های آب بدون درآمد در شبکه آبرسانی و ارزیابی میزان تأثیر هر یک از این عوامل می‌باشد. در این راستا اهداف دیگری قابل بررسی می‌باشد، که برخی از این اهداف می‌تواند شامل اندازه‌گیری ورودی‌های سیستم، اندازه‌گیری یا تخمین خروجی‌های سیستم، ارزیابی این اندازه‌گیری‌ها و ایجاد تعادل بین ورودی و خروجی، یافتن میزان کل آب بدون درآمد و اجزاء آن، محاسبه شاخص‌های آب بدون درآمد با توجه به مقدار اجزاء و دیگر موارد باشد. در بالانسینگ آب، باید مرزهایی را در نظر گرفت که بتوان مقادیر ورودی، خروجی و مصرفی را اندازه‌گیری نمود. در این راستا از محدوده داخل مرز تحت عنوان "سیستم" یاد می‌شود [3]. معمولاً سیستم‌ها به ۳ زیرمجموعه سیستم، سیستم تولید و توزیع و سیستم توزیع تقسیم می‌شود. در شکل ۱-۴ نمونه‌ای از یک سیستم نشان داده شده است. در اینجا لازم به ذکر است که معمولاً شبکه‌هایی که دارای زون‌های فشاری مستقلی می‌باشند، فرآیند بالانسینگ آب باید برای هر زون فشاری انجام شود [3].



تشریح اجزاء بالانسینگ آب

در راستای درک بهتر فرآیند بالانسینگ آب، باید هر یک از عوامل دخیل در این فرآیند را مورد تشریح قرار داد؛ که در این فصل این مورد ارائه می‌شود.

فصل ۲.

تشریح اجزاء بالانسینگ آب

۲-۱. مقدمه

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، در عملیات بالانسینگ با اندازه‌گیری آب تولیدی، ورودی، خروجی و مصرفی نسبت به محاسبه و یا تخمین مقادیر هدررفت در شبکه آبرسانی اقدام می‌شود. لیکن برای این امر لازم است هر یک از مفاهیم مربوط به اجزاء فرآیند بالانسینگ آب کاملاً مورد ارزیابی قرار گرفته و تشریح شود. لذا با توجه به این مسئله، در این فصل هر یک از اجزاء مربوط به فرآیند بالانسینگ آب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲. روش بالانسینگ استاندارد IWA

با توجه به اینکه برای انجام فرآیند بالانسینگ آب در کشورهای مختلف از فرمت‌ها و تعاریف مختلفی استفاده می‌شود، لذا ضرورت تدوین و استفاده از یک اصطلاح رسمی در سطح بین‌الملل کاملاً محسوس می‌باشد. در این راستا IWA با ارزیابی و بررسی بهترین روش‌های بالانسینگ در کشورهای مختلف، اخیراً استاندارد بین‌المللی "بهترین روش" را در مورد محاسبات هدررفت آب و شاخص‌های عملکرد ارائه کرده،



که راهکاری مناسب برای محاسبات بالانسینگ آب می‌باشد [1] (شکل ۲-۱). به طور کلی براساس این استاندارد، تعاریف خلاصه شده از اجزاء اصلی بالانسینگ آب IWA عبارتند از:

(M ³ /year)	(M ³ /year)	(M ³ /year)	(M ³ /year)	(M ³ /year)
آب بادرآمد	مصارف با درآمد اندازه‌گیری شده (مشمول بر آب صادر شده)	مصارف مجاز با درآمد	مصارف مجاز	حجم آب ورودی به سیستم (اصلاح شده براساس خطاهای شناخته شده)
	مصارف با درآمد اندازه‌گیری نشده			
آب بدون درآمد (NRW)	مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری شده	مصارف مجاز بدون درآمد		
	مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری نشده			
	مصارف غیر مجاز	هدررفت ظاهری	هدررفت آب	
	عدم دقت اندازه‌گیری مصارف مشترکین			
	نشت از خطوط انتقال یا شبکه توزیع	هدررفت واقعی		
	نشت و یا سرریز از مخازن ذخیره در شبکه			
	نشت از خطوط انشعاب تا قبل از کنتور مشترکین			

شکل ۲-۱: بالانسینگ بین‌المللی آب براساس استاندارد IWA [۱]

- حجم آب ورودی به سیستم

حجم سالانه آب ورودی به بخشی از شبکه آبرسانی؛

- مصارف مجاز

حجم سالانه آب مصرفی توسط مشترکین مجاز، که این مصرف می‌تواند به صورت اندازه‌گیری شده و یا اندازه‌گیری نشده باشد. مصارف مجاز مشتمل بر آب تحویل داده شده به مشترک، نشت و همچنین سرریزهای بعد از محل کنتور مشترک می‌باشد.



ه (M ³ /year)	د (M ³ /year)	ج (M ³ /year)	ب (M ³ /year)	الف (M ³ /year)	قبل از سیستم (M ³ /year)
فروش آب صادراتی	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	مصارف مجاز با درآمد	مصارف مجاز	آب صادر شده	تولید چاه
آب بدرآمد					قنات
آب بدون درآمد	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری نشده	مصارف مجاز بدون درآمد	مصارف مجاز	حجم آب ورودی به شبکه (سیستم)	چشمه
	مصارف مجاز بدون درآمد				خرید آب تصفیه شده
	مصارف غیر مجاز	هدررفت ظاهری	هدررفت آب		ورودی به تصفیه‌خانه
	عدم دقت کنتور				سایر منابع
	خطای پردازش داده‌ها	هدررفت واقعی			
	نشت از خطوط انتقال یا شبکه توزیع				
	نشت و یا سرریز از مخازن ذخیره در شبکه				
	نشت از خطوط انشعاب تا قبل از کنتور مشترکین				

شکل ۲-۲: جدول بالانسینگ شرکت آب و فاضلاب کشور مبتنی بر مؤلفه‌های بالانسینگ آب IWA [۳]

- آب بدون درآمد
این مقدار برابر با تفاوت بین حجم ورودی سیستم و مصرف مجاز با درآمد می‌باشد. آب بدون درآمد شامل مصارف مجاز بدون درآمد و هدررفت آب می‌شود.
- هدررفت آب
تفاوت بین حجم ورودی سیستم و مصارف مجاز است و شامل هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی می‌باشد.
- هدررفت ظاهری
شامل مصارف غیرمجاز، خطای اندازه‌گیری، قرائت ناصحیح کنتور، خطای عملکرد کنتور و خطا در پردازش اطلاعات می‌باشد.



- هدررفت واقعی

شامل حجم سالانه هدررفت در غالب نشت، ترکیدگی و سرریز در خطوط انتقال، انشعابات، مخازن و اتصالات، قبل از نقطه اندازه‌گیری مشترک می‌باشد.

در سال‌های اخیر به جهت ضرورت استفاده از جدول بالانس IWA در کشور ایران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تصمیم بر انطباق‌سازی جدول بالانس IWA مبتنی بر شرایط محلی کشور نمود، که جدول حاصل از این تلاش را به صورت شکل ۲-۲ ارائه شده است [3].

۲-۳. مفاهیم اجزاء بالانسینگ IWA مبتنی بر شرایط ایران

۲-۳-۱. حجم آب ورودی به سیستم

همان طور که اشاره شد، منظور از حجم آب ورودی به سیستم، حجم سالانه آب ورودی به بخشی از سیستم آبرسانی می‌باشد. به عبارتی دیگر مجموع آب خروجی از چاه‌ها، قنات، چشمه، آب خریداری شده تصفیه شده (در صورتی که تصفیه‌خانه‌ای در تملک شرکت آب و فاضلاب نباشد)، ورودی به تصفیه‌خانه و سایر منابع که وارد سیستم می‌شود، تحت عنوان حجم آب ورودی به سیستم در نظر گرفته می‌شوند، که البته بخش از آن به عنوان آب صادراتی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۲. آب با درآمد

به طور کلی منظور از آب با درآمد، آب تولیدی است که برای شرکت آب و فاضلاب درآمدی را در برداشته باشد. این نوع مصارف تنها مشتمل بر مصارف مجازی است، که می‌تواند به صورت اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده وجود داشته باشد. به عبارتی دیگر در این نوع از مصارف مجاز (مصارف مجاز با درآمد)، در دو حالت صدور و یا عدم صدور قبض، توسط شرکت آب و فاضلاب آب بها دریافت می‌شود. در این راستا در مورد مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده (دارای قبض) می‌توان اذعان داشت که این نوع مصرف معمولاً شامل مشترکینی است که کنتور نداشته، لیکن صورت‌حساب برای آنها صادر می‌شود و یا صدور صورت‌حساب آنها مبتنی بر متوسط مصرف مشترک می‌باشد. مصادیق این نوع مصارف در جدول ۲-۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است بخشی از مصارف مجاز می‌تواند به صورت بدون درآمد باشد، که در بخش بعد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



۲-۳-۳. آب بدون درآمد

به طور کلی منظور از آب بدون درآمد، آب تولیدی است که برای شرکت آب و فاضلاب درآمدی را در بر نداشته باشد. این آب می‌تواند مشتمل بر مصارف مجاز بدون درآمد در حالت اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده و همچنین مجموعه هدررفت ظاهری و واقعی باشد.

حجم آب بدون درآمد (NRW) از تفاضل حجم مصارف مجاز با درآمد از حجم ورودی به سیستم بدست می‌آید. برای انجام دادن مابقی محاسبات بالانسینگ آب، باید اجزاء آب بدون درآمد مشتمل بر مصارف مجاز بدون درآمد و هدررفت ظاهری مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفته و سپس با تفاضل این دو از حجم NRW، نسبت به دستیابی به حجم هدررفت واقعی اقدام نمود.

همان طور که در قبل نیز ذکر شد، به خاطر تفاسیر گسترده‌ای که در کشورهای مختلف از عبارت آب به حساب نیامده (UFW) صورت می‌گیرد؛ IWA استفاده از این عبارت را پیشنهاد نمی‌کند. در هر صورت اگر عبارت آب به حساب نیامده مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش تعریف و بدست آوردن آن مانند آب بدون درآمد در شکل ۲-۲ می‌باشد [۱].

مصارف مجاز بدون درآمد

این نوع مصارف مشتمل بر مصارف مجازی است که به علل گوناگون، درآمدی برای شرکت آب و فاضلاب ندارند. این نوع مصرف نیز همانند مصارف مجاز بدون درآمد، در ۲ حالت اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مصادیق مربوط به این نوع مصارف نیز در جدول ۲-۱ ارائه شده است. در مورد مصارف مجاز بدون درآمد باید به این نکته توجه نمود، که می‌توان بدون صرف هزینه زیاد و بدون تأثیر بر روی کارایی شبکه نسبت به کاهش و یا حذف این نوع مصارف اقدام نمود؛ که این امر می‌تواند در کاهش مقدار آب بدون درآمد نقش بسزایی داشته باشد. در این راستا یکی از بخش‌های مطالعات راهبردی کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های آبرسانی، مجموعه‌ای تحت عنوان "مدیریت مصارف مجاز بدون درآمد" می‌باشد، که در این مجموعه این نوع مصارف و روش‌های کاهش و حذف آنها به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است.



جدول ۲-۱: مصادیق مربوط به برخی اجزاء فرآیند بالانسینگ آب [4,3]

اجزاء	مصادیق
اندازه‌گیری شده مجاز با درآمد	- خطاهای اندازه‌گیری اصلاح شده (خطای کنتور، خطای ثبت و پردازش اطلاعات) و خطاهای اصلاح شده مربوط به قرائت کنتور؛ - مشترکین فعال کنتوردار، که برای آنها صدور قبضه صورت نگرفته، لیکن در برنامه‌های آینده مورد شناسایی قرار گرفته و مصرف آنها ثبت شده است؛ - مصارف مجاز مشترکین مختلف و قرائت متعارف کنتور آنها.
مصارف مجاز با درآمد	- مشترکین بدون کنتور و دارای صورت‌حساب (فروش مقطوعی)؛ - مشترکین دارای صورت‌حساب براساس متوسط مصرف آنها؛ - ارگان‌های دولتی و ادارت بدون کنتور و دارای صورت‌حساب (تعیین مصرف به صورت تخمینی)؛ - مشترکین دارای کنتورهای خراب و دارای صورت‌حساب قطعی (تعیین مصرف براساس متوسط مصرف دوره‌های قبل)؛ - مشترکینی با مصارف صفر (مصارفی که کنتور نشان نداده، لیکن سیستم امور مشترکین این مصرف را قبول ندارد) و دارای صورت‌حساب قطعی (تعیین مصرف براساس مصرف دوره‌های قبل)؛ - صورت‌حساب تخمینی مشترکین تبدیلی از غیرمجاز به مجاز، برای زمان غیرمجاز بودن آنها؛ - آبرسانی تانکری و دریافت پول بابت آن؛ - صورت‌حساب‌های مربوط به هدررفت آب در اثر فعالیت‌های حفاری دیگر شرکت‌ها؛ - صورت‌حساب‌های مربوط به مصارف تهاثر شده با شهرداری‌ها؛ - مصارف تخمینی دیگر موارد و صورت‌حساب آنها.
مصارف مجاز بدون درآمد	- مصارف زیر ۵ مترمکعب یا ۷ مترمکعب براساس تعرفه‌های سال ۸۵؛ - مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری شده داخلی شرکت آب و فاضلاب و یا سایر ادارات و ارگان‌ها و اماکن عمومی؛ - شیرهای آتش‌نشانی و یا شیرهای برداشت عمومی دارای کنتور؛ - دیگر مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری شده.
مصارف مجاز بدون درآمد	- مصارف مربوط به شست و شوی تجهیزات مختلف سیستم‌های آبرسانی اعم از شبکه توزیع آب، مخازن و فیلترهای تصفیه‌خانه آب؛ - مصارف مربوط به شست و شوی تجهیزات شبکه جمع‌آوری فاضلاب؛ - مصارف آتش‌نشانی در حالت بدون کنتور؛ - مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری نشده داخلی شرکت آب و فاضلاب و یا سایر ادارات و ارگان‌ها و اماکن عمومی؛ - دیگر مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری نشده.



هدررفت ظاهری

همان طور که در فصل ۱ اشاره شد، هدررفت ظاهری شامل مصارف غیر مجاز (استفاده غیر قانونی)، خطاهای اندازه گیری و خطای پردازش اطلاعات می شود.

- مصارف غیر مجاز

مصارف غیر مجاز در بسیاری از شبکه های آبرسانی کشورهای مختلف با مقادیر متغیری رخ می دهد، ولی مبتنی بر دیدگاه IWA، در شبکه هایی با مدیریت مناسب، این حجم از مصرف نباید از ۱٪ حجم ورودی تجاوز کند. در برخی از کشورهای اروپایی همچون انگلستان و والز در سال ۲۰۰۲ این مقدار را ۰/۳۶٪ حجم ورودی به سیستم تخمین زدند [1]. در کشور ایران این نوع مصارف به طور متوسط چیزی در حدود ۱۴۵ میلیون مترمکعب در سال می باشد، که این مقدار به طور متوسط معادل ۲/۹٪ ورودی به سیستم های آبرسانی در ایران می باشد [5].

این جزء از هدررفت ظاهری، معمولاً با سوء استفاده از شیرهای آتش نشانی، اتصالات انشعاب آتش نشانی و ایجاد اتصالات غیرقانونی صورت می پذیرد. اندازه گیری از انشعابات آتش نشانی اندازه گیری نشده یا مدیریت فشار می تواند مشخص کننده این سوء استفاده ها باشد. همچنین با شناسایی مشترکینی که مصرف آنها به طور غیرمعمول کم می باشد، می توان احتمال وجود اتصالات غیر مجاز را مورد ارزیابی قرار داده و این مورد را بررسی نمود.

- خطاهای اندازه گیری

به طور کلی بهتر است که در ابتدای محاسبات بالانسینگ آب، هر گونه خطای مشخص شده در مقدار حجم ورودی به سیستم اصلاح شود. یکی از فواید اصلی این فرآیند، ارزیابی مداوم دقت کنتورهای ورودی سیستم می باشد. بر این اساس در سال های اخیر نرم افزارهایی مورد استفاده قرار می گیرد، که با ایجاد شرایطی برای ورود اطلاعات با ۹۵٪ بازه اطمینان (۵٪ خطای مجاز)، پارامترهای آب بدون درآمد را با ۹۵٪ بازه اطمینان محاسبه می کند [1]. از دیدگاه کلی IWA می توان خطاهای اندازه گیری مصرف مشترکین را به صورت ذیل ارزیابی نمود [1]:

- ✓ "خطاهای اتفاقی" که در طول فرآیند محاسبات رخ می دهند. این موارد می تواند شامل (۱) اختلاف تاریخ بین روز قرائت کنتور منبع و روز قرائت کنتور مشترکین، (۲) قرائت ناصحیح کنتور، (۳) تخمین نادرست از کنتورهای از کار افتاده (۴) تنظیمات



قرائت‌های کنتور، ۵) محاسبات نادرست و ۶) خطای برنامه های رایانه‌ای و دیگر موارد باشد؛

✓ "خطاهای سیستماتیک" ناشی از کنتورهای مشترکین ثبت شده یا ثبت نشده. این نوع خطاها به عوامل زیادی بستگی دارد، که این عوامل می‌تواند نوع و کلاس کنتور، روش نصب، کیفیت آب، پیوستگی آبرسانی، متوسط عمر مفید کنتورها و وجود یا عدم وجود مخازن ذخیره در ملک مشترکین را شامل شود.

از دیدگاهی دقیق‌تر و مبتنی بر مشکلاتی که در سیستم‌های اندازه‌گیری مصارف مشترکین در ایران وجود دارد، می‌توان خطاهای اندازه‌گیری مصارف مشترکین را به صورت ذیل تشریح نمود[3]:

✓ "خطاهای پردازش اطلاعات"، که به طور کلی این نوع خطاها شامل خطاهای بهره‌برداری، مدیریتی و انسانی می‌باشد، که در ذیل مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

- خطاهای بهره‌برداری، که مربوط به انشعاباتی است که با وجود موجودیت آنها در فایل سیستم صدور قبض، لیکن در چندین دوره، گزارشی از مصرف آنها ثبت نشده است. این گونه مشترکین معمولاً تحت عنوان "مشترکین فعال با مصرف صفر" مورد ارزیابی قرار می‌گیرند[3]. معمولاً آنچه که منجر به ایجاد مشترکین فعال با مصارف صفر می‌شود، شامل عللی همچون خرابی یا توقف کنتور، عدم درج شماره انشعاب در لیست کنتورخوان، عدم حضور مشترک، غیرقابل قرائت بودن کنتور و دیگر موارد مشابه می‌گردد.

- خطاهای مدیریتی، که مربوط به انشعاباتی است که با وجود اشتراک آنها در شرکت آبفا، لیکن در سیستم صدور قبض وجود نداشته و پرونده‌ای در سیستم امور مشترکین ندارند.

- خطاهای انسانی، که این نوع خطاها معمولاً در اثر عدم آشنایی فنی کنتورخوان‌ها با انواع کنتورها، مشکلات ناشی از ثبت و انتقال داده‌ها به فایل رایانه‌ای و خطاهای احتمالی نرم‌افزاری ایجاد می‌شود. از دیگر مواردی که منجر به بروز این خطاها می‌شوند، عبارتند از فواصل کم دوره زمانی قرائت کنتورها، فقدان پلاک



شماره اشتراک، عدم حضور مشترک در محل، عدم آگاهی کنتورخوان‌ها از تعویض کنتور مشترک و مشکلات ناشی از رؤیت شماره کنتور.

✓ "عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری (کنتورها)"، که این نوع خطا معمولاً شامل خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور، خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر و مصارف انشعابات که کنتورهای از کار افتاده و یا خراب می‌باشد. به طور معمول هر کنتور یا دستگاه اندازه‌گیری، دبی استارت استاندارد دارد، که مورد قبول شرکت آب و فاضلاب بوده و لذا مصارف کمتر از این دبی استارت می‌تواند در سرفصل مصارف مجاز بدون درآمد قرار گیرد. لذا خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور را می‌توان مصارفی با دبی کمتر از دبی استارت تعریف نمود. به طور کلی این مصارف می‌تواند شامل کولرهای آبی، منابع ذخیره مخازن، نشت‌های کوچک شیرآلات داخل منازل و ساختمان‌ها، منابع انبساط و تأسیسات سرمایشی و گرمایشی، مصارف هم‌زمان کمتر از دبی استارت کنتور در مجتمع‌های مسکونی، نشت‌های داخل منازل با دبی کمتر از دبی استارت، سریز فلاش تانک‌ها و دیگر موارد شود.

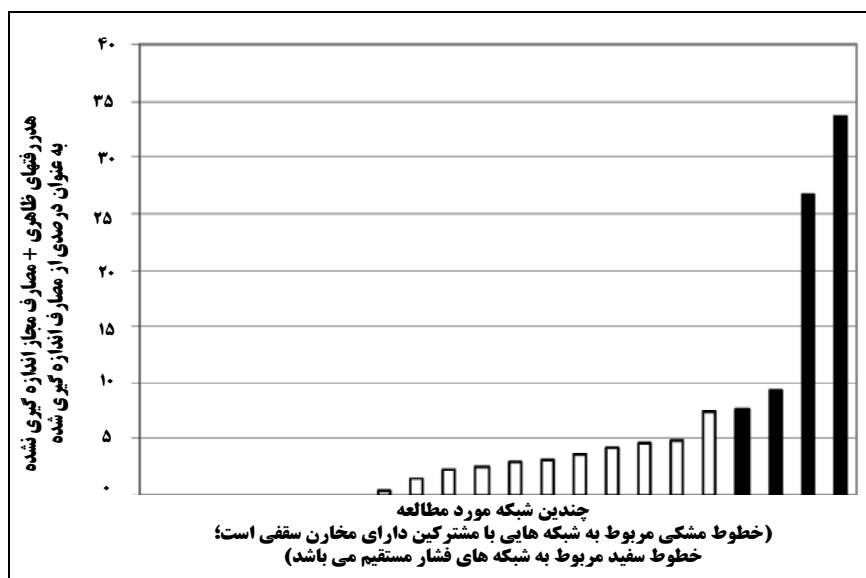
خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر مربوط به اندازه‌گیری‌های ناصحیح کنتور می‌باشد و خطایی که از وجود کنتورهای خراب ایجاد می‌شود، ناشی از اندازه‌گیری ناصحیح آنها می‌باشد.

یکی از مشکلات مربوط به خطاهای ناشی از اندازه‌گیری مصرف مشترکین، سیستم‌های رایانه‌ای صدور صورت حساب می‌باشد. در واقع برای بازیابی مؤثر اطلاعات فنی مصرف جهت مطالعات و محاسبات هدررفت آب، بسیاری از سیستم‌های رایانه‌ای صدور صورت حساب، دارای کارایی لازم نمی‌باشند. در این راستا بهسازی ارتباطات بین سیستم صدور صورت حساب و واحدهای راهبری شبکه آبرسانی می‌تواند این مشکلات را به حداقل ممکن برساند. یکی از روش‌هایی که می‌توان در این امر مورد استفاده قرار داد، استفاده از سیستم‌های AMR برای کنتورهای مشترکین می‌باشد، که با استفاده از این سیستم می‌توان به وسیله امواج رادیویی و به صورت اتوماتیک کنتور هر یک از مشترکین را مورد قرائت قرار داد.

یکی دیگر از مواردی که در بروز خطاهای اندازه‌گیری مورد بحث قرار گرفت، نوع و کلاس کنتورهای مشترکین می‌باشد. انتخاب نوع و کلاس کنتورهای مشترکین می‌تواند مبتنی بر



ملاحظات کیفی آب و همچنین ملاحظات فنی - اقتصادی صورت بگیرد. در مورد تشریح چگونگی انتخاب نوع و کلاس کنتورهای مشترکین می‌توان به راهنمای "انتخاب و تست کنتورها" مراجعه نمود. در مورد کنتورهای واحدهای مسکونی و چگونگی تعویض آنها جهت جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه‌گیری، می‌توان اذعان داشت که معمولاً محدوده‌های زمانی ۵ تا ۱۰ سال، از لحاظ اقتصادی دوره‌های زمانی به صرفه برای تعویض کنتورهای واحدهای مسکونی محسوب می‌شوند [1]. در مورد کنتورهای واحدهای تجاری می‌توان اذعان داشت که معمولاً یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در ایجاد مصارف ثبت نشده، عدم تناسب اندازه کنتورهای این نوع واحدها می‌باشد.



شکل ۲-۳: تفاوت مقدار هدررفت ظاهری در مورد شبکه‌های دارای مخازن سقفی و فشار مستقیم

به طور معمول به هنگام ارزیابی عملکرد و دقت کنتورهای مشترکین، مقدار خطای آنها بر حسب درصدی از مقدار مصرف اندازه‌گیری شده بیان می‌شود. در مورد مشترکینی که از مخازن سقفی استفاده می‌کنند، احتمال وجود مصارف اندازه‌گیری و ثبت نشده، به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد؛ چرا که در این گونه موارد حجم مصارفی با دبی‌هایی کمتر از حداقل دبی تعیین شده برای کنتور، بیشتر می‌شود. در شکل ۲-۳ آماری انتشار شده از IWA نشان داده شده است، که بیانگر تفاوت هدررفت ظاهری در مورد مشترکین مجاز دو نوع شبکه متفاوت در حالات مستقیم و با مخازن سقفی می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد بحث هدررفت ظاهری، روش‌های اندازه‌گیری و جلوگیری از رخداد آن می‌توان به راهنمای "کاهش هدررفت ظاهری در شبکه‌های آبرسانی" مراجعه نمود.



■ هدررفت واقعی

به طور کلی منظور از هدررفت واقعی، نشت و سرریزی است که در تجهیزات مختلف سیستم آبرسانی اعم از لوله‌های شبکه، لوله‌های خط انتقال، شیرآلات، مخازن و دیگر تجهیزات رخ می‌دهد. برای تعیین و محاسبه هدررفت واقعی مربوط به سیستم آبرسانی استفاده از فرآیند بالانسینگ آب روش مطلوبی می‌باشد، لیکن اگر برای ارزیابی هدررفت واقعی صرفاً به بالانسینگ آب اتکا شود، معایب و مشکلاتی به وجود می‌آید، که عبارتند از [1]:

- (۱) خطاهای حاصله از دیگر عوامل با تخمین‌های مربوط به هدررفت واقعی ادغام می‌شوند؛
- (۲) فرآیند بالانسینگ آب یک دوره ۱۲ ماهه را پوشش داده و به عنوان یک سیستم "سریع هشدار دهنده"، جهت شناسایی نشت و ترکیدگی‌های جدید گزارش نشده و آغاز کنترل نشت فعال، ارزش کمی دارد؛
- (۳) در فرآیند بالانسینگ آب، عوامل منحصر به فرد رخداد هدررفت واقعی مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده، ارجح است که علاوه بر فرآیند بالانسینگ، هدررفت واقعی با استفاده از روش‌های تحلیل عوامل هدررفت واقعی (تحلیل اجزاء هدررفت به روش BABE) و تحلیل جریان-های حداقل شبانه (MNF) نیز مورد ارزیابی قرار گیرند.

با توجه به اینکه هدف اصلی این راهنما تشریح روش بالانسینگ آب برای تعیین هدررفت واقعی می‌باشد، لذا این روش در فصل‌های آینده به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته و دیگر روش‌های تعیین هدررفت واقعی (روش‌های BABE و MNF) در این فصل به طور مختصر ارزیابی می‌شوند:

- روش تحلیل مؤلفه‌های هدررفت واقعی (روش BABE)

در سال ۱۹۹۳، یک مفهوم کلی بین‌المللی کاربردی به نام "تخمین نشت‌های زمینه و هدررفت ناشی از ترکیدگی‌ها (BABE)" معرفی شد، که برای محاسبه عوامل هدررفت واقعی مبتنی بر پارامترهای تأثیرگذار مورد استفاده قرار می‌گرفت. اصول کلی ارزیابی عوامل هدررفت واقعی با استفاده از آمارهای حاصله از تعمیرات، کاملاً شناخته شده می‌باشد. به طور کلی فرض بر این است که تعداد سالانه تعمیرات بیانگر تعداد سالانه نشت و ترکیدگی جدید می‌باشد؛ که سپس این نشت‌ها به گروه‌های مختلف و با دبی‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. اگر زمان متوسط هر کدام از گروه‌های نشت و ترکیدگی‌ها به طور منطقی ارزیابی شود، آنگاه



حجم سالیانه هدررفت مربوط به گروه‌های مختلف را می‌توان محاسبه نمود. در تجزیه و تحلیل BABE، عوامل هدررفت واقعی شامل موارد ذیل می‌گردد:

✓ "نشت‌های زمینه از اتصالات و مفاصل"، که اگر این نشت‌ها قابل رؤیت نباشند، دبی جریان موجود برای نشت‌یابی صوتی بسیار کم می‌باشد؛

✓ "نشت‌ها و ترکیدگی‌های گزارش شده"، که معمولاً این گونه نشت‌ها دارای نرخ دبی بالا و مدت زمان رخداد اندکی می‌باشد؛

✓ "نشت‌ها و ترکیدگی‌های گزارش نشده"، که دبی متوسط و زمان متوسط مربوط به این نشت‌ها معمولاً به روش کنترل نشت فعال بستگی دارد.

جدول ۲-۱: پارامترهای مورد استفاده برای تحلیل هدررفت واقعی [4,1]

اجزاء زیرساختار	نشت غیر قابل شناسایی زمینه	سرریزها و ترکیدگی‌های گزارش شده	سرریزها و ترکیدگی‌های گزارش نشده
خطوط انتقال	- طول - فشار - حداقل نرخ هدررفت - به ازای هر کیلومتر	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد
مخازن انشعاب	- نشت موجود - در ساختار مخزن، - درصدی از ظرفیت - به ازای هر روز	- تعداد سرریزهای گزارش شده در سال، - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد	- تعداد سرریزهای گزارش نشده در سال، - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد
اتصالات انشعاب، از خط انتقال تا مرز هر مشترک	- تعداد اتصالات انشعاب - فشار - حداقل نرخ هدررفت - به ازای هر انشعاب	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد
اتصالات انشعاب بعد از مرز هر مشترک (داخل ساختمان مشترک)	- طول - فشار - حداقل نرخ هدررفت - به ازای هر کیلومتر	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد	- تعداد در سال - فشار - نرخ متوسط جریان - متوسط مدت زمان رخداد

لازم به ذکر است که در این دیدگاه کلیه نشت‌های کمتر از ۲۵۰ لیتر در ساعت در فشار ۵۰ متر به عنوان نشت زمینه و کلیه نشت‌های برابر یا بیشتر از ۲۵۰ لیتر در ساعت در فشار ۵۰



متر به عنوان ترکیدگی یا شکستگی تعریف می‌شود [3]. اگر برای نشت‌ها و ترکیدگی‌های قابل شناسایی، زمان متوسط رخداد آنها را مشتمل بر ۳ جزء زمان آگاهی، زمان موقعیت‌یابی و زمان تعمیر فرض نماییم، با استفاده از این مفاهیم می‌توان فرآیند واکنش شرکت آب و فاضلاب را مدل‌سازی و برای فعالیت‌های سرویس‌دهی در این گونه موارد استانداردهایی را تعیین نمود. نرخ دبی جریان ترکیدگی‌ها در فشارهای استاندارد تعیین شده و مبتنی بر فشار واقعی مورد استفاده در فرضیات صحیح رابطه فشار-نشت تنظیم می‌شود. پارامترهای فرضی مؤثر بر هدررفت واقعی سالیانه در بخش‌ها و زیرساخت‌های مختلف به صورت جدول ۲-۲ نشان داده شده است.

- تحلیل جریان‌های حداقل شبانه

به طور کلی برای شناسایی درصد نشت‌ها و ترکیدگی‌های گزارش نشده موجود و همچنین شناسایی احتمال رخداد نشت‌های جدید، استفاده از جریان‌های شبانه اندازه‌گیری شده (جریان-های حداقل شبانه) به طور قابل توجهی می‌تواند مفید واقع شود. لذا به طور کلی می‌توان برای ارزیابی متوسط هدررفت واقعی سالیانه از جریان‌های شبانه پیوسته استفاده نمود. در این راستا باید با محاسبه مصرف مجاز شبانه مشترکین و نشت زمینه و کسر آن از مقدار جریان‌های شبانه اندازه‌گیری شده (مقدار کل حداقل جریان شبانه)، مقدار نشت متوسط شبانه را بدست آورد (بر حسب مترمکعب بر ساعت). طبق استاندارد، مقدار $0/6$ لیتر به ازای هر نفر در ساعت را برای مصارف مجاز شبانه و مقدار نشت زمینه را نیز برابر 25% مقدار ماکزیمم مصرف به عنوان استاندارد می‌توان در نظر گرفت [3]. مقدار نشت مربوط به شکستگی‌های گزارش نشده را می‌توان با تفاضل مصارف مجاز شبانه و نشت زمینه از جریان حداقل شبانه اندازه‌گیری شده مورد محاسبه قرار داد. لازم به ذکر است که برای محاسبه مقدار نشت متوسط روزانه، مقدار نشت متوسط شبانه باید در یک ضریب روزانه - ساعتی ضرب گردد، که این ضریب به تغییرات ۲۴ ساعته فشار متوسط در محدوده‌های مختلف بستگی دارد. در این میان طبق ارزیابی‌های صورت گرفته، مقدار دبی خالص شبانه از 20% متوسط مصرف در هر سیستم (یا 25% مقدار حداکثر مصرف) بیشتر نبوده و مقدار آن با اتخاذ تدابیر کنترل نشت باید به کمتر از 6 لیتر به ازای هر مشترک در ساعت و یا $4/3$ مترمکعب به ازای هر مشترک در هر ماه کاهش یابد [3]. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد بحث هدررفت واقعی می‌توان به راهنمای "کاهش هدررفت واقعی در شبکه‌های آبرسانی" مراجعه نمود.





اندازه‌گیری یا تخمین اجزاء بالانسینگ آب

جهت محاسبه مقدار هدررفت واقعی موجود در شبکه آبرسانی با استفاده از فرآیند بالانسینگ آب، ابتدا باید هر یک از عوامل دخیل در این فرآیند مورد محاسبه قرار گرفته و سپس با موازنه بین این مقادیر، حجم هدررفت را محاسبه نمود. در این فصل چگونگی اندازه‌گیری این پارامترها ارائه می‌شود.

فصل ۳.

اندازه‌گیری یا تخمین اجزاء بالانسینگ آب

۳-۱. مقدمه

در فصل ۱ و ۲ تمامی عوامل و پارامترهای مربوط به بالانسینگ آب تشریح شدند. لذا برای اندازه‌گیری هر یک از این عوامل و انجام فرآیند بالانسینگ آب، می‌توان از تکنیک‌ها و روش‌های مختلفی استفاده نمود. در این میان آنچه که اهمیت دارد، انتخاب بهترین روش برای اندازه‌گیری این عوامل در سیستم مورنظر می‌باشد. همچنین باید توجه نمود که اندازه‌گیری این پارامترها باید در یک بازه زمانی مشخص و مشابه تعیین شده و به صورت حجمی بیان شوند. در این راستا در این فصل در مورد چگونگی اندازه‌گیری یا تخمین هر یک از اجزاء بالانسینگ آب بحث و بررسی صورت می‌گیرد.

۳-۲. حجم ورودی به سیستم

به طور کلی برای اندازه‌گیری مقدار حجم آب ورودی به سیستم، باید بعد از شناسایی تمامی منابع آب، مقدار آب موجود جهت انتقال و آبرسانی تعیین شود. اندازه‌گیری این پارامتر به صورت یکی از روش‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- اندازه‌گیری مقدار آب تولیدی موجود (بعد از ارزیابی میزان صحت وجود هر یک از منابع)، که معادل مجموع جریان نواحی مختلفی است که در آنها کنتور وجود دارد؛
 - آزمون‌های افت سطح مخزن (محاسبه مقدار حجم آب تخلیه شده از مخزن، مبتنی بر افت سطح آب در مخزن)؛
 - ارزیابی منحنی‌های پمپ (ارزیابی نقطه کار پمپ و محاسبه دبی معادل فشار اندازه‌گیری شده و ارزیابی مقدار تولید مبتنی بر ساعت کارکرد پمپ)؛
 - ارزیابی و مقایسه قدرت الکتروپمپ با راندمان الکتروپمپ و فشار روی پمپ؛
 - تعبیه کنتورهایی در نقاطی که کنتور وجود ندارد. برای مثال بالادست یا پایین دست تصفیه‌خانه‌ها (اگر کنتور در بالادست تصفیه‌خانه مورد استفاده قرار گیرد، باید نسبت به ارزیابی هدررفت قابل رخداد در طول فرآیند تصفیه اقدام نموده و مقدار بدست آمده را از مقدار قرائت کنتور کسر نمود)؛
- در این میان لازم به ذکر است که به علت موارد ذیل امکان تخمین مضاعف از حجم ورودی به سیستم وجود دارد:
- عدم وجود تجهیزات کافی برای فرآیند اندازه‌گیری؛
 - عدم کفایت برنامه کالیبراسیون برای کنتورهای آبرسانی؛
 - خطاهای سیستماتیک ناشی از اطلاعات ناکافی از شبکه؛

۳-۳. مصارف مجاز

۳-۳-۱. مصارف با درآمد

مصارف با درآمد اندازه‌گیری شده

- به طور کلی برای اندازه‌گیری و تعیین هر یک از مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده می‌توان از روش‌های ذیل تبعیت نمود:
- برای تعیین مقدار خروجی‌های اندازه‌گیری شده از سیستم، از فرآیند ثبت و صدور صورتحساب می‌توان استفاده نمود؛
 - مشخص‌سازی و شناسایی تمامی مشترکین غیرمسکونی؛
 - مشخص‌سازی و شناسایی تمامی مشترکین مسکونی؛



- تبدیل اطلاعات صورت حساب دوره‌های ماهیانه یا فصلی به جریان متوسط روزانه (میلیون لیتر بر روز).

مصرف با درآمد اندازه گیری نشده

- شناسایی و ارزیابی هر یک از مشترکین خانگی (مسکونی) اندازه‌گیری نشده و دیگر مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده؛
- تخمین مصارف مشترکین خانگی اندازه‌گیری نشده، که در این راستا باید یک نمونه از این نوع مشترکین با استفاده از کنتور مورد بررسی قرار گیرد و یا مقدار مصرف آنها براساس مصرف سرانه تخمین زده شود.
- با اطلاع از مقدار تقریبی تعداد این نوع مشترکین و همچنین مقدار متوسط مصرف آنها (یا مصرف سرانه آنها) می‌توان مقدار کل مصارف با درآمد اندازه‌گیری نشده را تعیین نمود.

۳-۳-۲. مصارف مجاز بدون درآمد

- مشخص‌سازی و تخمین مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده توسط مشترکین مجاز، که مصادیق هر یک این نوع مصارف در فصل ۲ مورد ارزیابی قرار گرفته است؛
- مشخص‌سازی و تخمین مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری نشده توسط مشترکین مربوط به مناطق حاشیه نشین شهر و مناطق فقیرنشین؛
- مشخص‌سازی و تخمین مصارف شرکت آب و فاضلاب جهت راهبری شبکه که به عنوان مثال می‌توان به فلاشینگ و شست و شوی خطوط انتقال اشاره نمود.

۳-۴. هدررفت آب

- به طور کلی تفاضل مجموع مصارف مجاز از ورودی سیستم، مقدار هدررفت آب را حاصل می‌نماید. هدررفت آب به دو دسته هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی تقسیم می‌شود.



۳-۴-۱. هدررفت ظاهری

معمولاً برای محاسبه حجم هدررفت ظاهری از آزمون‌های نمونه‌ای ساختاری و یا از روش‌های محلی جامع استفاده می‌شود.

مصارف غیر مجاز

معمولاً مصارف غیرمجاز می‌تواند شامل اتصالات غیر مجاز، سوء استفاده‌های مربوط به شیرهای آتش‌نشانی و انشعابات آتش‌نشانی، کنتورهای میانبر و رشوه‌گیری و تحریف قرائت توسط کنتورخوان‌ها گردد. در این راستا برای محاسبه این نوع مصارف می‌توان براساس اطلاعات و موارد ثبت شده در گذشته و یا مشاهدات بازرسان و یا بررسی و ارزیابی منزل به منزل در یک ناحیه نمونه (نمونه‌گیری تصادفی)، تعداد اتصالات غیر مجاز را تخمین زد (باید ارزیابی نمود که آیا هر انشعابی دارای مرجع صورت حساب می‌باشد یا نه؟). این عملیات را می‌توان به وسیله پیمایش کل مشترکین نیز انجام داد. معمولاً تعداد مصارف غیرمجاز براساس درصدی از کل مشترکین قابل بیان می‌باشد. برخی دیگر از روش‌هایی که می‌توان برای ارزیابی تعداد مصارف غیر مجاز در یک منطقه موردنظر مورد استفاده قرار داد، عبارتند از:

- مقایسه مقدار آب ورودی به منطقه با مقدار مصرف انشعابات آن؛
- مقایسه تعداد اشتراک‌های گاز و برق با تعداد مشترک آب در منطقه؛
- مقایسه آمار تعداد املاک منطقه با تعداد مشترکین موجود؛
- ارزیابی توالی پلاک‌ها در منطقه.

لازم به ذکر است که با در دست داشتن تعداد مشترکین غیرمجاز و تخمین سرانه مصرف خانوار مشترکین مختلف می‌توان مقدار مصارف غیرمجاز را تخمین نمود.

خطاهای ناشی از پردازش اطلاعات و عدم دقت کنتورها

به طور کلی می‌توان از روش‌های ذیل برای تخمین هدررفت ظاهری ناشی از سیستم‌های نامطلوب اندازه‌گیری مصارف مشترکین استفاده نمود:

- برای تخمین کنتورهایی که اندازه‌گیری آنها ناصحیح می‌باشد، می‌توان یک نمونه از مشترکین خانگی که دارای کنتور می‌باشد، را مورد آزمایش قرار داد؛ به طوری که یک کنتور ارزیاب (معمولاً از نوع کنتور استنتاجی کلاس D) در پایین دست کنتور مشترک نصب نمود. درصد کنتورهای با اندازه‌گیری ناصحیح را می‌توان محاسبه

نمود. اگر نتایج حاصله قابل توجه باشند، می‌توان فرآیند تعویض کنتورها را مورد طرح و برنامه‌ریزی قرار داد؛

- تعداد کنتورهای میانبر یا خراب شده را باید تخمین زد؛
- برای محاسبه مقدار حجم آب مصرفی باید از مصرف سرانه استفاده نمود.

- خطاهای پردازش داده‌ها

در مورد انواع خطاهای پردازش داده‌ها در فصل قبل توضیحات کامل ارائه شد. در این فصل روش‌های اندازه‌گیری و تخمین مقدار مصارف ناشی از این نوع خطاها ارائه می‌شود:

✓ "خطاهای بهره‌برداری"، که معمولاً برای اندازه‌گیری و یا تخمین مقدار مصارف ناشی از خطاهای بهره‌برداری، می‌توان با ارزیابی و شمارش تعداد انشعابات فعال با مصرف صفر و در نظر گرفتن متوسط مصرف ماهانه این نوع مشترکین، مقدار کل مصرف ماهانه مشترکین فعال با مصرف صفر را تخمین نمود. لازم به ذکر است که برای محاسبه متوسط مصرف ماهانه این نوع مشترکین می‌توان از ۲ روش ذیل استفاده نمود:

- با استفاده از قبوض صادر شده احتمالی در دوره‌های قبل از تبدیل این نوع مشترکین به مشترکین فعال با مصرف صفر؛
- استفاده از سرانه مصرف مربوط به مشترکین، مبتنی بر استانداردهای موجود.

✓ "خطاهای مدیریتی"، که برای ارزیابی هدررفت ناشی از این نوع خطاها، می‌توان با انجام پیمایش مشترکین و تهیه بانک اطلاعات مشترکین و مقایسه تعداد مشترکین پیمایش شده با تعداد مشترکین موجود در فایل‌های رایانه‌ای شرکت آب و فاضلاب، تعداد انشعابات بدون اطلاعات در فایل‌های رایانه‌ای را تعیین نموده و با ارزیابی متوسط مصرف ماهانه این نوع مشترکین، مقدار کل هدررفت ناشی از این نوع خطا را محاسبه نمود.

✓ "خطاهای انسانی"، که برای تعیین مقدار هدررفت ناشی از این نوع خطاها، با اعمال ضرایب خطای قرائت کنتورخوان و ضرائب خطای ثبت در رایانه، در حجم آب قرائت و ثبت شده در رایانه، می‌توان مقدار هدررفت ظاهری ناشی از هر یک از عوامل را

محاسبه نمود. برای تعیین ضرایب خطا، می‌توان مقادیر قرائت شده یا ثبت شده را با متوسط دوره‌های قبلی مقایسه نمود.

- عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری

همان طور که ذکر شد این نوع خطا معمولاً مشتمل بر خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور، خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر و مصارف انشعابات دارای کنتورهای کم کار یا خراب می‌باشد.

✓ "خطای مربوط به اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور"، که به صورت ذیل قابل محاسبه می‌شود [3]:

$$E = Q \times t \times d \times M \times k \times k' \quad (۱-۳)$$

$$k = n / M \quad (۲-۳)$$

$$k' = (P_{\min} / P_{\max})^N \quad (۳-۳)$$

که در این فرمول‌ها:

E: خطای مربوط به دبی‌های کمتر از دبی استارت (لیتر)؛

Q: دبی مصارف کمتر از دبی استارت کنتور (لیتر بر ثانیه)؛

t: تعداد ساعت رخداد این دبی کمتر از دبی استارت کنتور (ساعت)؛

d: تعداد روزهایی که محاسبه برای آن انجام می‌شود (به طور مثال ۳۰ روزه)؛

M: تعداد مشترکین منطقه یا شهر مورد مطالعه؛

k: ضریب مشترکین دارای تجهیزاتی با دبی کمتر از دبی استارت؛

k': ضریب نشت شبکه که با توجه به فشار حداقل و حداکثر شبکه تعیین می‌گردد؛

n: تعداد مشترکین دارای تجهیزات مصرف‌کننده‌ای با دبی کمتر از دبی استارت؛

P_{min}, P_{max}: فشار حداکثر و حداقل شبکه (متر)؛ و

N برابر با توان رابطه فشار و نشت در شبکه می‌باشد.



✓ " خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر"، که می‌توان برای محاسبه آن از فرمول ذیل استفاده نمود[3]:

$$E = C \times M \times Q \quad (۴-۳)$$

$$C = (Q_t + Q_{\max}) / 2 \quad (۵-۳)$$

که در این فرمول‌ها:

E: خطای مربوط به اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر کنتور (مترمکعب بر ماه)؛

C: میانگین ضریب تصحیح بوده، که با استفاده از آزمایش کنتور و از دبی انتقال و دبی حداکثر بدست می‌آید (فرمول ۳-۵)؛

M: تعداد مشترکین منطقه یا شهر مورد مطالعه؛

Q: متوسط مصرف ماهانه یک مشترک (مترمکعب بر ماه)؛

Q_t: دبی انتقال (مترمکعب بر ماه)؛ و

Q_{max}: دبی حداکثر (مترمکعب بر ماه) می‌باشد.

✓ "خطای ناشی از مصارف انشعابات دارای کنتور خراب"، که برای محاسبه آن می‌توان با ارزیابی تعداد انشعابات که دارای مصرفی کمتر از یک حد معین می‌باشند، و یا تعداد کنتورهای خراب (کنتورهای کم کار) و همچنین در نظر گرفتن مقدار متوسط مصارف ماهانه هر مشترک و ضرب این دو مقدار در یکدیگر، مقدار این خطا را محاسبه نمود.

سرانجام با ارزیابی مقادیر خطای مربوط به هر یک از موارد ذکر شده، مجموع آنها بیانگر مقدار کل خطای ناشی از تجهیزات اندازه‌گیری می‌باشد.

لازم به ذکر است که در راستای کاهش هدررفت ظاهری، محاسبات بالانسینگ آب می‌تواند نقش بسزایی را ایفا نماید. در واقع این محاسبات می‌تواند به شناسایی مفهوم، مقدار و علل هدررفت ظاهری کمک نموده و نیز در اصلاح برنامه‌های کاهش هدررفت ظاهری ایفای نقش کند.



۳-۴-۲. هدررفت واقعی

همان طور که در فصل‌های قبل نیز اشاره شد، معمولاً هدررفت واقعی مشتمل بر نشت و سرریز از مخازن، نشت از خطوط انتقال و نشت از شبکه توزیع می‌باشد؛ که نشت از شبکه توزیع نیز به نوبه خود به نشت از خطوط اصلی، نشت از انشعابات و اتصالات آن و نشت از شیرآلات تقسیم می‌شود.

▪ نشت از مخازن

به طور کلی برای محاسبه یا تخمین مقدار نشت رخ داده از مخزن می‌توان از فرمول ذیل استفاده نمود[3]:

$$V = N \times Q \times T \quad (۳-۶)$$

که در این فرمول:

V: مقدار حجم نشت از مخازن ذخیره (لیتر)؛

N: تعداد مخازن؛

Q: دبی متوسط نشت مخازن (لیتر بر ساعت)؛

T: مدت زمان نشت مخازن (ساعت)؛

که برای محاسبه مقدار Q می‌توان از روش‌های ارائه شده در ذیل استفاده نمود:

- آزمون افت مخزن، که در این روش پس از مسدود نمودن شیرهای ورودی و خروجی، افت سطح آب در یک محدوده زمانی در نظر گرفته شده اندازه‌گیری می‌شود. اگر مخزن از چندین بخش تشکیل شده باشد، می‌توان هر قسمت را به نوبه خود مورد ارزیابی قرار داد. معمولاً برای به حداقل رساندن مدت زمان قطعی آب شبکه، آزمون افت در ساعات شب انجام می‌شود؛
- پرش آب از روزنه؛
- جمع‌آوری نشت در یک ظرف قابل اندازه‌گیری و در یک محدوده زمانی مشخص؛

▪ سرریز مخازن

معمولاً آنچه که منجر به رخداد سرریز از مخازن می‌شود، کنترل نامطلوب جریان ورودی توسط تجهیزات نامناسب همچون شیرهای شناور خراب می‌باشد. در این راستا لازم است در مواقعی که

سطح آب در مخازن در بالاترین مقدار خود قرار دارند، این شیرآلات و دیگر تجهیزات مورد ارزیابی قرار گیرند، تا شیرآلاتی که دارای آبدهی می‌باشند، مورد شناسایی قرار گیرند. در این مواقع، هنگامی که آب در بالاترین سطح در مخزن قرار دارد، می‌توان حجم آب گذرنده از شیرآلات خراب را در یک محدوده زمانی مشخص مورد اندازه‌گیری قرار داد.

برای محاسبه یا تخمین مقدار سرریز رخ داده از مخزن می‌توان از فرمول مربوط به نشت مخازن استفاده نمود، با این تفاوت که در فرمول جدید منظور از Q ، دبی متوسط هر سرریز (لیتر بر ثانیه)، منظور از T مدت زمان رخداد سرریز (ساعت) و منظور از N تعداد سرریزها می‌باشد. در این راستا لازم به ذکر است که برای محاسبه مقدار دبی مربوط به سرریز مخازن، می‌توان از روش‌هایی همچون روش سرریز و اعمال رابطه برنولی، بستن شیرهای ورودی و خروجی و یا نصب دستگاه اندازه‌گیری در ورودی و خروجی و بدست آوردن اختلاف آنها با مقدار حجم پر شده مخزن استفاده نمود.

▪ نشت از خطوط انتقال

به طور کلی برای محاسبه مقدار کل حجم نشت مربوط به خطوط انتقال از آمار مربوط به تعداد، مدت زمان رخداد و دبی شکستگی و اتفاقات مربوط به خطوط انتقال استفاده نموده و مقدار حجم کل نشت محاسبه می‌شود.

بدین منظور می‌توان برای محاسبه و اندازه‌گیری تغییرات نرخ جریان در خطوط انتقال آب، از کنتورهای قابل تعبیه (الحاقی) یا کنتورهای ماوراءصوتی (اولتراسونیک) مهاربندی شده در انتهای هر خط انتقال استفاده نمود. در واقع با ثبت تغییرات جریان در خط انتقال می‌توان نسبت به مقدار حجم نشت قابل رخداد در این خط آگاهی یافت. لازم به ذکر است که این عملیات را همچنین می‌توان برای خطوط انتقال فرعی موجود در شبکه‌های توزیع استفاده نمود.

▪ نشت در شبکه توزیع و انشعابات

به طور کلی برای محاسبه مقدار نشت در شبکه توزیع و انشعابات مربوطه، می‌توان همانند روش مورد استفاده برای برآورد نشت در خطوط انتقال، مبتنی بر آمار حوادث و اتفاقات، با در دست داشتن تعداد، مدت زمان رخداد و دبی مربوط به شکستگی‌ها و حوادث شبکه توزیع و انشعابات، مقدار حجم کل نشت را مورد محاسبه قرار داد.



همان طور که در فصل ۲ نیز مورد بررسی قرار گرفت، برای ارزیابی مقدار هدررفت واقعی می‌توان از روش متداول استفاده نمود، که این روش عبارتند از بالانسینگ آب، تحلیل مؤلفه‌های هدررفت واقعی (تحلیل مؤلفه‌های شکستگی و زمینه) و تحلیل جریان حداقل شبانه.

مبتنی بر عنوان مربوط به این راهنما، در فصل ۴ روش بالانسینگ آب برای محاسبه مقدار هدررفت واقعی به طور مفصل تشریح می‌شود. دیگر روش‌های محاسبه مقدار هدررفت واقعی (روش تحلیل مؤلفه‌ها و روش تحلیل جریان حداقل شبانه) در این راهنما به طور اختصار مورد ارزیابی قرار گرفته و می‌توان برای مطالعه جزئی‌تر این روش‌ها به راهنماهای "هدررفت واقعی در شبکه‌های آبرسانی" و "نواحی مجزای اندازه‌گیری (DMA) در شبکه‌های آبرسانی" مراجعه نمود.

- روش تحلیل مؤلفه‌های هدررفت واقعی (روش BABE)

با توجه به اصول و دیدگاه‌های مربوط به این روش که در فصل ۲ ارائه شد، می‌توان اذعان داشت که نامرئی بودن بخشی از نشت‌ها، تعیین دقیق مقدار نشت در هر یک از بخش‌های مختلف شبکه را امکان‌پذیر نمی‌سازد، لذا جداولی برای تخمین این مقادیر در بخش‌های مختلف ارائه شده است. جدول شماره ۳-۱ نمونه‌ای از این جداول می‌باشد، که برای تخمین مقدار شکستگی‌های گزارش نشده می‌توان مورد استفاده قرار داد.

جدول ۳-۱: اطلاعات پایه برای تخمین شکستگی‌های گزارش نشده در یک سال

ردیف	بخش‌های مختلف شبکه	تعداد شکستگی‌های گزارش نشده	دبی شکستگی‌های گزارش نشده
۱	خطوط انتقال	تقریباً برابر با صفر	Q/2 شکستگی گزارش شده
۲	شبکه توزیع	۵ تا ۱۰٪ شکستگی گزارش شده	Q/2 شکستگی گزارش شده
۳	انشعابات	۳۰ تا ۳۵٪ شکستگی گزارش شده	معادل Q شکستگی گزارش شده

جدول ۳-۲: اطلاعات پایه برای تخمین نشت زمینه (IWA)

ردیف	بخش‌های مختلف شبکه	نشت زمینه در $ICF = 1^*$	واحد
۱	خطوط انتقال	۹/۶	لیتر بر کیلومتر بر روز بر متر فشار
۲	شبکه توزیع	۰/۶	لیتر بر کیلومتر بر روز بر متر فشار
۳	انشعابات	۱۶	لیتر بر کیلومتر بر روز بر متر فشار

از طرف دیگر با توجه به این که تفکیک مقدار نشت زمینه از ترکیدگی های گزارش شده مشکل است، لذا می توان برای برآورد آن از یک تخمین مهندسی استفاده نمود. در این راستا می توان از جدول ۲-۳ به عنوان اطلاعات پایه برای تخمین نشت زمینه استفاده نمود.

همان طور که در فصل ۲ نیز مورد ارزیابی قرار گرفت، با در دست داشتن تعداد ترکیدگی های گزارش شده در سال و تخمین تعداد ترکیدگی های گزارش نشده و بررسی مقدار زمان رخداد نشت، می توان مقدار دبی رخ داده در حوادث را اندازه گیری نمود. لیکن در صورت عدم دسترسی به این اطلاعات، می توان از جدول پیشنهادی IWA استفاده نمود (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳: مقادیر پیشنهادی IWA برای دبی حوادث گزارش شده و گزارش نشده

ردیف	موقعیت ترکیدگی	نرخ جریان برای ترکیدگی های گزارش شده (لیتر/ساعت/متر فشار)	نرخ جریان برای ترکیدگی های گزارش نشده (لیتر/ساعت/متر فشار)
۱	خطوط انتقال	۲۴۰	۱۲۰
۲	شبکه توزیع و انشعابات	۳۲	۳۲

- تحلیل جریان های شبانه

برای محاسبه مقدار نشت در یک منطقه با استفاده از اندازه گیری جریان های حداقل شبانه، باید مقدار مصارف مجاز شبانه و نشت زمینه را از مقدار کل جریان حداقل شبانه کسر نمود. همان طور که در فصل ۳ نیز ذکر شد، طبق استاندارد، برای مصارف مجاز شبانه می توان مقدار ۰/۶ لیتر به ازای هر نفر در هر ساعت و مقدار نشت زمینه را برابر ۲۵٪ مقدار ماکزیمم مصرف به عنوان استاندارد در نظر گرفت. لذا با اتوجه به موارد فوق الذکر، می توان مقدار نشت ناشی از شکستگی های گزارش نشده را به صورت زیر محاسبه نمود [3]:

$$Q_L = Q_{MNF} - (Q_{NC} + Q_{BL}) \quad (7-3)$$

$$Q_{NC} = 0/6 \times N_P \quad (8-3)$$

$$Q_{BL} = 0/25 \times Q_{max} \quad (9-3)$$



که در این فرمول‌ها:

QL: نشت گزارش نشده از خطوط انتقال، توزیع و انشعاب؛

QMNF: جریان حداقل شبانه اندازه‌گیری شده؛

QNC: مصارف مجاز شبانه؛

QBL: نشت زمینه؛

NP: جمعیت منطقه؛

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد بحث هدررفت واقعی، روش‌های اندازه‌گیری و جلوگیری از رخداد آن می‌توان به راهنمای "کاهش هدررفت واقعی در شبکه‌های آبرسانی" مراجعه نمود.

در انتها لازم به ذکر است که بعد از ارزیابی و محاسبه هر یک از مقادیر نشت‌های زمینه، شکستگی‌های گزارش شده و گزارش نشده در هر یک از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات، مقدار کل هدررفت، معادل مجموع این عوامل می‌باشد.





محاسبات بالانسینگ آب

پس از ارزیابی چگونگی اندازه‌گیری هر یک از عوامل مربوط به فرآیند بالانسینگ، می‌توان با استفاده از اطلاعات موجود، موازنه حجمی را انجام داده، تا بتوان مقدار هدررفت موجود در شبکه را محاسبه نمود. این فصل گام‌های مربوط به این فرآیند را ارائه می‌دهد.

فصل ۴.

محاسبات بالانسینگ آب

۴-۱. مقدمه

همانطور که در مباحث قبل نیز ذکر شد، یکی از روش‌هایی که برای محاسبه هدررفت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از فرآیند بالانسینگ می‌باشد، که این فرآیند براساس اندازه‌گیری یا تخمین آب تولیدی، ورودی، خروجی و مصرفی تحقق می‌یابد. لذا باید معادله مربوط به هر یک پارامترهای ذکر شده، موازنه گردد. به عبارتی دیگر با استفاده از بالانسینگ آب می‌توان مشخص نمود که چه مقدار از هدررفت به صورت هدررفت واقعی و چه مقدار از آن به صورت هدررفت ظاهری می‌باشد. لذا در این فصل چگونگی محاسبات بالانسینگ مورد ارزیابی قرار گرفته و در فصل بعد نمونه‌ای عملی از محاسبات بالانسینگ در یکی از شهرهای ایران ارائه می‌شود.

۴-۲. گام‌های محاسبات بالانسینگ آب

با توجه به شکل ۴-۱:

(۱) حجم آب ورودی به شبکه را مشخص و در ستون (الف) وارد نمایید؛



- ۲) مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده را در ستون (د) وارد کنید. مجموع این دو مورد را تحت عنوان مصارف مجاز با درآمد در ستون (ج) و آب با درآمد در ستون (ه) وارد کنید؛
- ۳) حجم آب بدون درآمد (ستون ه) را از تفاضل آب ورودی به شبکه و آب با درآمد محاسبه کنید؛
- ۴) مقادیر آب مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده را در ستون (د) مشخص کرده و مجموع آنها را تحت عنوان مصارف مجاز بدون درآمد در ستون (ج) وارد نمایید؛

ه (M ³ /year)	د (M ³ /year)	ج (M ³ /year)	ب (M ³ /year)	الف (M ³ /year)	قبل از سیستم (M ³ /year)	
فروش آب صادراتی	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	مصارف مجاز با درآمد	مصارف مجاز	آب صادر شده	تولید چاه	
آب بادرآمد	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری نشده			حجم آب ورودی به شبکه (سیستم)	قنات	
آب بدون درآمد	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری شده	مصارف مجاز بدون درآمد				چشمه
	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده	هدررفت ظاهری	خرید آب تصفیه شده			
	مصارف غیر مجاز					
	عدم دقت کنتور	هدررفت واقعی				
	خطای پردازش داده‌ها					
	نشت از خطوط انتقال یا شبکه توزیع					
	نشت و یا سرریز از مخازن ذخیره در شبکه		سایر منابع			
نشت از خطوط انشعاب تا قبل از کنتور مشترکین						

شکل ۴-۱: (تکرار شکل ۲-۲) مؤلفه‌های بالانسینگ آب برای یک شبکه توزیع آب

- ۵) مقادیر مربوط به مصارف مجاز با درآمد و مصارف مجاز بدون درآمد را در ستون (ج) جمع کنید و مجموع را تحت عنوان مصارف مجاز در بالای ستون (ب) وارد کنید؛
- ۶) میزان کل هدررفت (ستون ب) را از روی تفاوت بین حجم ورودی به شبکه (ستون الف) و مصارف مجاز (ستون ب) محاسبه کنید؛



- ۷) مؤلفه‌های مربوط به به مصارف غیر مجاز، عدم دقت اندازه‌گیری‌ها و خطای پردازش اطلاعات (ستون د) را به کمک روش‌های موجود تعیین، این مؤلفه‌ها را جمع و تحت عنوان تلفات ظاهری آب در ستون (ج) وارد کنید؛
- ۸) هدررفت واقعی (ستون ج) را از تفاضل بین میزان کل هدررفت (ستون ب) و هدررفت ظاهری آب (ستون ج) محاسبه نمایید؛
- ۹) مؤلفه‌های هدررفت واقعی اعم از نشت از خطوط انتقال یا شبکه توزیع، نشت یا سرریز از مخازن و نشت از انشعابات تا قبل از کنتور مشترک (ستون د) را به وسیله بهترین تجارب موجود (تحلیل جریان شبانه، فراوانی ترکیدگی، نرخ جریان، محاسبات مربوط به استمرار نشت، شبیه‌سازی و ...) تعیین نموده، این مؤلفه‌ها را جمع و مجموع آنها را با مقدار هدررفت واقعی به دست آمده از گام ۸ مقایسه نمایید. لازم به ذکر است که بهترین روش‌های موجود در زمینه کنترل هدررفت شامل ترکیبی از محاسبات مداوم موازنه آب به همراه اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه بر یک مبنای مشخص می‌باشد.

۴-۳. برخی نکات مهم در مورد محاسبات بالانسینگ آب

بالانسینگ آب (موازنه آب) که معمولاً برای یک دوره ۱۲ ماهه صورت می‌پذیرد شامل این موارد است:

- محاسبات کامل کلیه مقادیر ورودی و خروجی آب در شبکه به همراه بازبینی نتایج ثبت شده؛
 - برنامه مداوم آزمون و کالیبراسیون کنتورها؛
 - تلاش در جهت نظم بخشیدن به فواصل قرائت کنتورهای بخش تولید و کنتورهای مشترکین.
- که در نهایت محاسبات بالانسینگ آب منجر به مشخص شدن مواردی از این قبیل خواهد شد:

- کل آب ورودی به شبکه
- مصارف مجاز (با درآمد و بدون درآمد، در حالات اندازه‌گیری شده و نشده)
- هدررفت آب (واقعی و ظاهری)

از آنجایی که ارزیابی دقیق کلیه مؤلفه‌ها با دقت کامل میسر نمی‌باشد، محاسبات موازنه آب همواره با حدی از تقریب مواجه می‌باشند. در این حالت قابلیت اطمینان وقتی افزایش می‌یابد که مقادیر آب ورودی شبکه ۲ بار اندازه‌گیری شوند و کلیه مقادیر آب ارائه شده به مشترکین توسط کنتورهای دقیق اندازه‌گیری شوند.



در مواردی که منازل مسکونی دارای مخازن ذخیره آب باشند، و جریان‌های با نرخ کوچک از کنتور بگذرد احتمال زیادی وجود دارد که این مقادیر کوچک توسط کنتور ثبت نگردد.

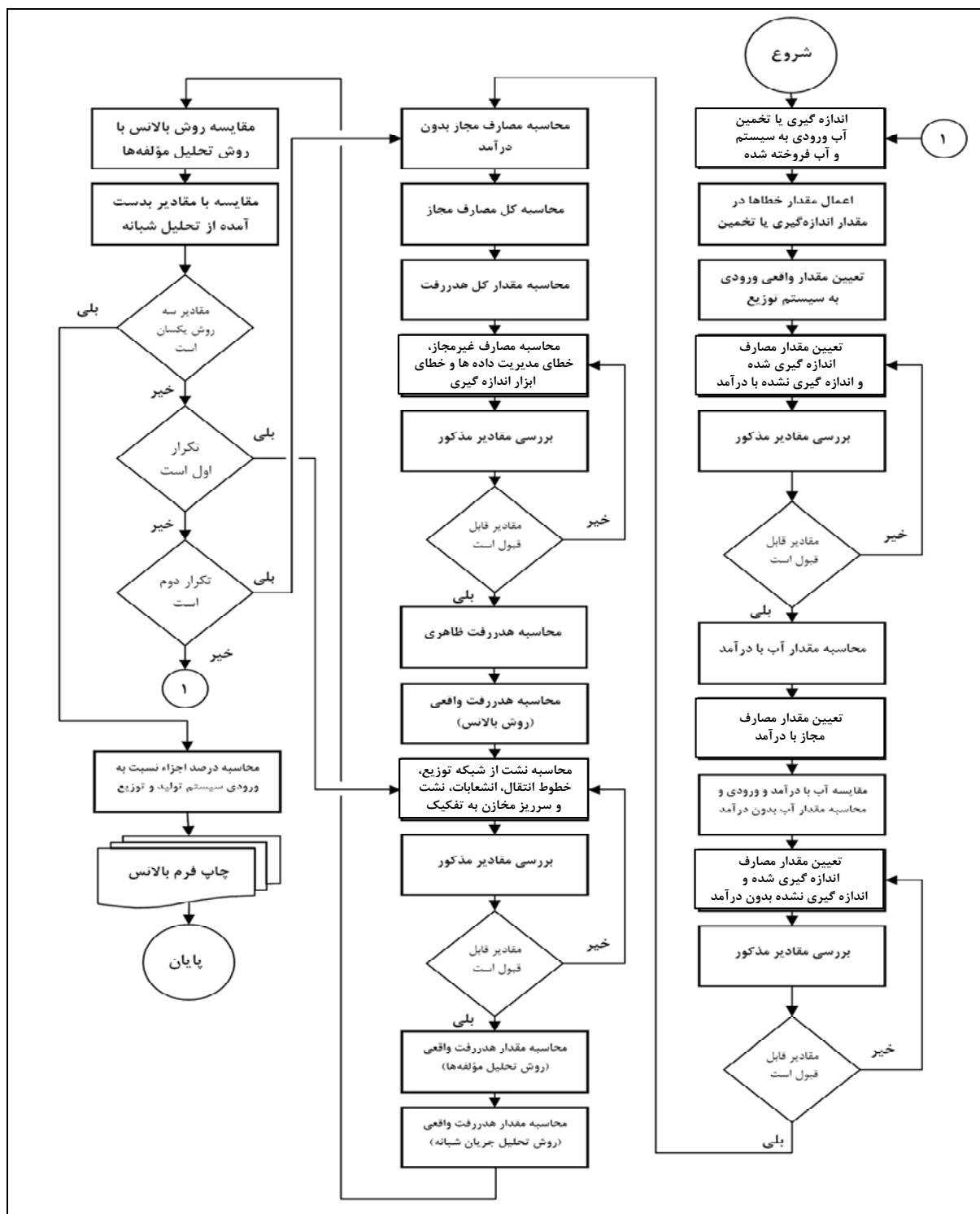
بهترین تجارب موجود پیشنهادی توسط IWA، به هریک از مؤلفه‌های بالانسینگ آب یک درجه اطمینان مشتمل بر هر دو پارامتر قابلیت اطمینان و دقت نسبت می‌دهد. در برخی کشورها این رتبه‌بندی خود به عنوان بخش مستقلی از عملیات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هر یک از مؤلفه‌های بالانسینگ سالیانه آب باید بر حسب مقدار حجم آب در سال بیان گردد. برای محاسبه مصارف مجاز با درآمد و بدون درآمد و هدررفت آب مطابق با گام‌های ارائه شده در بخش قبل عمل می‌شود. در گام ۹ فرآیند محاسبات توصیه می‌گردد تا هدررفت واقعی از تفاضل بین هدررفت آب و هدررفت ظاهری محاسبه شود و چنانچه امکان ارزیابی و تخمین مؤلفه‌های هدررفت واقعی از روی اصول اولیه ممکن باشد، با این مقادیر تخمینی مقایسه و مقابله گردد. در این راستا با طبقه‌بندی مؤلفه‌های هدررفت واقعی به صورت زیر می‌توان درک بهتری از موضوع به دست آورده و نسبت به ارزیابی و تخمین مؤلفه‌های هدررفت واقعی کارآمدتر عمل نمود:

- هدررفت زمینه از نوع نشت‌های کوچک غیر قابل تشخیص - معمولاً با نرخ جریان پایین، مدت هدررفت طولانی، حجم بالا؛
- هدررفت ناشی از نشت‌ها و ترکیدگی‌های گزارش شده به شبکه - معمولاً با نرخ جریان بالا، مدت استمرار کوتاه، حجم‌های متوسط؛
- هدررفت ناشی از ترکیدگی‌های گزارش نشده به شبکه، کشف شده توسط کنترل هدررفت فعال - با نرخ جریان متوسط و حجمی که وابسته به کیفیت برنامه نشت‌یابی فعال می‌باشد؛
- سرریز یا نشت در مخازن شبکه.

با توجه به مفاهیم ذکر شده، شکل ۴-۲ به عنوان مروری کلی بر فرآیند بالانسینگ آب ارائه شده است، که کلیه مباحث ذکر شده در این فصل را شامل می‌شود. همچنین در ادامه نمونه‌ای از فرم بالانسینگ آب به صورت شکل ۴-۳ ارائه شده، که می‌توان از این نمونه فرم برای انجام محاسبات بالانسینگ استفاده نمود. در شکل ۴-۴، نیز نمونه‌ای از یک فرم بالانس پر شده یکی از شهرهای کشور آمریکا نشان داده شده است.





شکل ۴-۲: مرور کلی بر فرآیند بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب

نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ				ردیف
نوع اطلاعات ورودی		مقدار	پارامتر	
اندازه‌گیری شده	محاسباتی			
نحوه محاسبه				
اطلاعات زیرساختاری				
			طول خطوط انتقال و شبکه توزیع (متر)	۱
			تعداد جمعیت تحت پوشش	۲
			خانگی	۳
		مقدار کل:	تجاری و صنعتی	۴
			تعداد شیرهای آتش‌نشانی	۵
			متوسط فشار حاکم بر شبکه (اتم‌سفر)	۶
اطلاعات محاسبات بالانسینگ				
	مقدار موجود:		تولید چاه‌ها	۷
	خطای اندازه‌گیری:			۸
	مقدار موجود:		تولید قنات	۹
	خطای اندازه‌گیری:			۱۰
	مقدار موجود:		تولید چشمه	۱۱
	خطای اندازه‌گیری:			۱۲
	مقدار موجود:		خرید آب تصفیه شده	۱۳
	خطای اندازه‌گیری:			۱۴
	مقدار موجود:		ورودی به تصفیه‌خانه	۱۵
	خطای اندازه‌گیری:			۱۶
	مقدار موجود:		سایر منابع	۱۷
	خطای اندازه‌گیری:			۱۸
			خطای نوسانات مقدار ذخیره مخزن ($\pm$)	۱۹
	مجموع خطای مذکور + (۱۹)		مجموع خطای کنتورها و دیگر تنظیمات	۲۰
	مجموع هر یک از منابع مذکور		مجموع ورودی‌های موجود چاه و قنات و ...	۲۱
	(۲۰) $\pm$ (۲۱)		مجموع ورودی به سیستم و خطاهای موجود ($\pm$)	۲۲
			مصارف مشترکین خانگی	۲۳
			مصارف واحدهای تجاری و صنعتی	۲۴
			دیگر مصارف	۲۵
			خطاهای اصلاح شده اندازه‌گیری و قرائت کنتور ($\pm$)	۲۶
			مشترکین فعال کنتوردار بدون قبض و با ثبت مصرف	۲۷
	(۲۶) $\pm$ (۲۳)+(۲۴)+(۲۵)+(۲۷)		مجموع مصارف مجاز بادرآمد اندازه‌گیری شده و خطاها ($\pm$)	۲۸

شکل ۴-۳: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب [۱،۳،۸،۹،۱۰، نویسنده]



نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ				ردیف
نوع اطلاعات ورودی		مقدار	پارامتر	
اندازه‌گیری شده	محاسباتی			
نحوه محاسبه				
اطلاعات محاسبات بالانسینگ				
		مشترکین بدون کنتور دارای صورت حساب	مصارف مجاز بادرآمد اندازه‌گیری نشده (m^3/y)	۲۹
		مشترکین دارای صورت حساب، براساس متوسط مصرف		۳۰
		ارگان‌های بدون کنتور و دارای صورت حساب		۳۱
		مشترکین دارای کنتور خراب و صورت حساب قطعی		۳۲
		مشترکین با مصارف صفر و دارای صورت حساب قطعی		۳۳
		صورت حساب مشترکین تبدیلی از غیرمجاز به مجاز		۳۴
		آبرسانی تانکری و دریافت پول بابت آن		۳۵
		صورت حساب‌های هدررفت آب در اثر حفاری‌ها		۳۶
		صورت حساب مصارف تهاثر شده با شهرداری‌ها		۳۷
		مصارف تخمینی دیگر موارد و صورت حساب آنها		۳۸
		مجموع مصارف مجاز بادرآمد اندازه‌گیری نشده		۳۹
		آب بدون درآمد		۴۰
		مصارف زیر $5 m^3$ یا $7 m^3$ براساس تعرفه ۸۵	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری شده (m^3/y)	۴۱
		مصارف داخلی آبفا، ارگان‌ها و اماکن عمومی		۴۲
		شیر آتش‌نشانی یا برداشت عمومی کنتوردار		۴۳
		دیگر مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری شده		۴۴
		مجموع مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری شده		۴۵
		شست و شوی شبکه، مخازن و فیلترهای آب	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده (m^3/y)	۴۶
		شست و شوی تجهیزات شبکه فاضلاب		۴۷
		مصارف آتش‌نشانی بدون کنتور		۴۸
		مصارف بدون کنتور آبفا، ادارات و اماکن عمومی		۴۹
		دیگر مصارف بدون درآمد اندازه‌گیری نشده		۵۰
		مجموع مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده		۵۱
		مقدار 1.25% از حجم ورودی به سیستم		۵۲
		مقدار نهایی مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده		۵۳
تمامی سطرهای ۴۶ تا ۵۲ باید مورد تخمین و یا محاسبه قرار گرفته و مقادیر بدست آمده در سطرهای ۵۱ یا ۵۲ مورد مقایسه قرار گیرد. هر یک از این مقادیر که بزرگتر باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. (لازم به ذکر است که مقدار سطر ۵۱ می‌تواند نسبت به مقدار سطر ۵۲ تخمینی دقیق‌تر محسوب گردد.)				
		هدررفت آب		۵۴

ادامه شکل ۴-۳: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب [۱، ۳، ۸، ۹، ۱۰، نویسنده]



نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ					ردیف
نوع اطلاعات ورودی		مقدار	پارامتر		
اندازه‌گیری شده	محاسباتی				
	نحوه محاسبه				
اطلاعات محاسبات بالانسینگ					
(۲۲) × ۰.۲۵ یا متوسط مصرف ماهانه هر مشترک × تعداد مشترکین غیرمجاز منطقه			مصارف غیرمجاز (۲۵٪ حجم ورودی به سیستم یا تخمین بیشتر)		۵۵
متوسط مصرف ماهانه هر مشترک در منطقه موردنظر × تعداد انشعابات با مصرف صفر			خطای بهره‌برداری	خطای	۵۶
متوسط مصرف ماهانه هر مشترک در منطقه موردنظر × تعداد مشترک ثبت نشده در کامپیوتر در یک محدوده زمانی					۵۷
خطای قرائت + خطای ثبت					۵۸
دبی مصارف کمتر از دبی استارت کنتور × تعداد ساعات مصرف × تعداد روزهای موردنظر × تعداد مشترک منطقه مورد نظر × نسبت تعداد مشترکین دارای تجهیزاتی با دبی کمتر از دبی استارت به تعداد کل مشترکین × نسبت فشار حداقل به فشار حداکثر شبکه به توان N (توان رابطه فشار و نشت)					خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور
میانگین دبی حداکثر و دبی انتقال × متوسط مصرف ماهانه هر مشترک × تعداد کل مشترکین منطقه موردنظر			۶۰		
متوسط مصرف ماهانه هر مشترک × تعداد انشعابات دارای کنتور خراب			۶۱		
(۵۵) + ... + (۶۱)			مقدار کل هدررفت ظاهری		۶۲

ادامه شکل ۴-۳: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب [۱،۳،۸،۹،۱۰، نویسنده]



نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ				ردیف
نوع اطلاعات ورودی		مقدار	پارامتر	
اندازه‌گیری شده	محاسباتی			
	نحوه محاسبه			
اطلاعات محاسبات بالانسینگ				
(۶۲) – (۵۴)			مقدار حاصله از فرآیند بالانسینگ	۶۳
استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌ها و یا روش تحلیل جریان شبانه (MNF) برای محاسبه اجزاء هدررفت واقعی				
- روش تحلیل مؤلفه‌ها: دبی متوسط هر سرریز × مدت زمان سرریز × تعداد سرریزها			سرریز از مخازن	۶۴
- روش تحلیل مؤلفه‌ها: دبی متوسط نشت × مدت زمان نشت × تعداد مخازن			نشت از مخازن	۶۵
- روش تحلیل مؤلفه‌ها: دبی متوسط نشت × مدت زمان نشت × تعداد حوادث گزارشی			نشت از خطوط انتقال	۶۶
- روش تحلیل مؤلفه‌ها: دبی متوسط نشت × مدت زمان نشت × تعداد حوادث گزارشی - روش MNF: تفاضل MNF و مصارف مجاز شبانه			نشت از شبکه	۶۷
- روش تحلیل مؤلفه‌ها: دبی متوسط نشت × مدت زمان نشت × تعداد حوادث گزارشی - روش MNF: تفاضل MNF و مصارف مجاز شبانه			نشت از انشعابات	۶۸
(۶۴) + ... + (۶۸)			مقدار کل هدررفت واقعی	۶۹
تعدیل مقادیر سطر (۶۳) و (۷۰)			تعیین نهایی مقدار هدررفت واقعی	۷۰

ادامه شکل ۴-۳: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب [۱،۳،۸،۹،۱۰، نویسنده]



نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ		
اطلاعات مورد نیاز در فرم بالانسینگ		
دوره زمانی انجام فرآیند بالانسینگ	از تاریخ:	تا تاریخ:
سیستم مورد نظر برای بالانسینگ و آدرس مربوطه	نام:	
	آدرس:	
تاریخ تکمیل فرم بالانسینگ		
مشخصات فرد تکمیل کننده فرم	نام و نام خانوادگی:	
	آدرس و شماره تلفن:	

۱۵۱-۳-۴: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب [۱،۳،۸،۹،۱۰، نویسنده]



۲۰۰۶/December/۳۱	تا	۲۰۰۶/January/۱	بالانس آب IWA/AWWA برای دوره زمانی
۳۷۰۰۰	تعداد جمعیت تحت پوشش	سیستمی از کشور آمریکا	نام و آدرس سیستم
۲۰۰۷/March/۲۳	زمان تکمیل فرم	مدیر John Smith	تکمیل کننده فرم
مقادیر اندازه گیری شده و یا اکتسابی به رنگ سبز، مقادیر محاسبه شده به رنگ آبی و مقادیر پیشنهادی به رنگ زرد می باشد			

اطلاعات مربوط به شبکه آبرسانی موردنظر			
نوع ساختار سیستم توزیع	خط انتقال آب خام	خط انتقال آب تصفیه شده	شبکه توزیع آب تصفیه شده
اطلاعات زیرساختاری		اطلاعات مالی	
طول خطوط انتقال و شبکه (mile)	۲۵۰	هزینه های کل راهبری شبکه آبرسانی	\$۹۶۰۰۰۰
تعداد انشعابات مشترکین	۱۱۴۹۰	نرخ واحد مصارف مشترکین (مشترکین مسکونی)، مورد استفاده برای هدررفت های ظاهری (\$ / mil gal)	\$۴۱۴۲
تعداد انشعابات واحدهای تجاری	۷۰۶	نرخ واحد مصارف مشترکین (مشترکین تجاری، صنعتی و کشاورزی)، مورد استفاده برای هدررفت های ظاهری (\$ / mil gal)	\$۳۶۲۷
تعداد کل انشعابات	۱۲۱۹۶	نرخ واحد مصارف مشترکین (مشترکین مسکونی)، مورد استفاده برای هدررفت های ظاهری (\$ / mil gal)	\$۳۹۴۵
طول متوسط اتصالات انشعاب مشترک از شیر قطع و وصل تا کنتور مشترک (feet)	۱۸	هزینه نهایی کوتاه مدت برای ایجاد شبکه آب - مورد استفاده برای هدررفت های واقعی (\$ / mil gal)	\$۱۹۰
تعداد شیرهای آتش نشانی	۲۷۵۰	اطلاعات کاربردی	
طول متوسط اتصالات شیر آتش نشانی (feet)	۱۲	تعداد روزهای مربوط به دوره ممیزی آب	۳۶۵
فشار متوسط بهره برداری (psi)	۶۵	درصدی از زمان که سیستم تحت فشار می باشد	٪۱۰۰

شکل ۴-۴: نمونه ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب یکی از ایالت های آمریکا [۸]



محاسبات بالانس آب	حجم آب		هزینه‌ها (نرخ کاربردی و مقدار کل)
	واحد	Mil Gal	
۱	حجم منابع (اطلاعات خام)	۳۴۸۰/۷۶	
A۱	تنظیمات: خطای کنتور منابع	+۱۳۶/۸۹	
B۱	تنظیمات: تغییرات در ذخایر مخزن ($\pm$)	+۰/۸۳	
C۱	دیگر تنظیمات (مشخص گردد)	0	
D۱	مجموع تنظیمات = $C1 + B1 + A1$	+ ۱۳۷/۷۲	
۲	حجم منابع (اطلاعات تنظیم شده) = سطر ۱ $\pm D1$	۳۶۱۸/۴۸	
۳	حجم آب صادر شده	۷۸۳/۶۸	
۴	حجم ورودی به سیستم + حجم منابع + حجم آب صادر شده	۴۴۰۲/۱۶	
۵	حجم آب وارد شده	۰	
۶	آب تأمین شده = سطر ۴ - آب وارداتی	۴۴۰۲/۱۶	
۷	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	۲۳۱۸/۸۰	انشعابات خانگی
۸	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	۴۸۸/۶۰	انشعابات صنعتی
۹	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	۹۷/۲۰	انشعابات تجاری
۱۰	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری شده	۳۵۳/۴۰	انشعابات کشاورزی
۱۱	مجموع سطر ۷ تا ۱۰	۳۲۵۸	
A۱۱	تنظیمات مربوط به تأخیر قرائت کنتور مشترک	+ ۰/۲۰	
۱۲	مجموع سطر ۱۱ و A۱۱	۳۲۵۸/۲۰	
۱۳	مصارف مجاز با درآمد اندازه‌گیری نشده	۰	
۱۴	آب بدون درآمد: تفاضل سطر ۶ با مجموع سطر ۱۲ و ۱۳	۱۱۴۳/۹۶	مجموع سطر ۱۵، ۱۶ و و $17 = 1764317 \$$

ادامه شکل ۴-۴: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب یکی از ایالت‌های آمریکا [۸]



محاسبات بالانس آب	حجم آب		هزینه‌ها (نرخ کاربردی و مقدار کل)
	واحد	Mil Gal	
۱۵	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری شده	۱۵/۴۲	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۶۰۸۳۱ =
۱۶	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده	۵۵/۰۳	تخمینی: ۱/۲۵۰٪ آب تأمین شده
A۱۶	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده	۱۸۳/۸۲	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۷۲۵۱۷۰ = اگر A۱۶ < ۱۶، استفاده از A۱۶
۱۷	هدررفت آب = آب بدون درآمد - (سطر ۱۵ و ۱۶ یا A۱۶)	۹۴۴/۷۲	مجموع سطرهای ۲۴ و ۲۵ \$ ۹۷۸۳۱۶ =
۱۸	هدررفت ظاهری - عدم دقت کنتور مشترکین مسکونی	۱۳۴/۳۳	@ \$ ۴۱۴۲/Mil gal \$ ۵۵۶۳۹۵ =
۱۹	هدررفت ظاهری - عدم دقت کنتور دیگر مشترکین (مشترکین صنعتی/تجاری/کشاورزی)	۲۹/۹۷	@ \$ ۳۶۲۷/Mil gal \$ ۱۰۸۷۰۱ =
۲۰	هدررفت ظاهری - خطای سیستماتیک انتقال اطلاعات	۱۲/۵۷	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۴۹۵۸۹ =
۲۱	هدررفت ظاهری - خطای سیستماتیک تحلیل اطلاعات	۸/۷۲	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۳۴۴۰۰ =
۲۲	هدررفت ظاهری - اثرات روش/سیاست اطلاعات	۱۱/۶۳	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۴۵۸۸۰ =
۲۳	مصارف غیرمجاز	۱۱	@ \$ ۳۹۴۵/Mil gal \$ ۴۵۸۸۰ = تخمینی: ۱/۲۵۰٪ آب تأمین شده
A۲۳	مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده	-----	اگر A۲۳ < ۲۳، استفاده از A۲۳
۱۹	هدررفت‌های ظاهری = مجموع سطر ۱۷ تا ۲۳ یا A۲۳	۲۰۸/۲۲	مجموع = \$ ۸۳۸۳۸۱
۲۰	هدررفت واقعی موجود سالیانه = هدررفت آب - هدررفت ظاهری (سطر ۱۷ - ۱۹)	۷۳۶/۵۰	@ \$ ۱۹۰/Mil gal \$ ۱۳۹۹۳۵ =
۲۱	هدررفت واقعی سالانه موجود نرمالایز شده (در هر روز)	۲/۰۲	

ادامه شکل ۴-۴: نمونه‌ای از یک فرم بالانسینگ آب در شبکه توزیع آب یکی از ایالت‌های آمریکا [۸]





نمونه ای موردی از روش بالانسینگ آب

با توجه به موارد ذکر شده در فصل قبل، آنچه که به نظر ضروری است، ارائه مثالی کاربردی از چگونگی فرآیند بالانسینگ آب در یک نمونه واقعی از شبکه آبرسانی می باشد؛ که در این راستا فصل ۵ به عنوان مکمل این راهنما ارائه می شود.

فصل ۵.

نمونه‌ای موردی از روش بالانسینگ آب

۵-۱. مقدمه

با توجه به موارد ذکر شده در فصل ۵، ارائه یک نمونه عملی از محاسبات بالانسینگ آب در یکی از شهرهای ایران، لازم و ضروری به نظر می‌آید؛ لذا در این فصل مثالی از مراحل و ملاحظات محاسبات بالانسینگ آب در یکی از شهرهای ایران ارائه می‌شود، که اطلاعات آن مبتنی بر مرجع [۱۱] می‌باشد. در این فصل شهر مورد مطالعه تحت عنوان X و سیستم مورد مطالعه آن برای محاسبات بالانسینگ آب تحت عنوان x1 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵-۲. ارزیابی مقدار حجم ورودی به سیستم

با مطالعه و ارزیابی اسناد مربوط به گزارش بررسی نیازهای آبی شهر X، میزان تولید، مصرف و هدررفت در سال ۱۳۸۵ در این شهر برابر با مقادیر زیر بوده است:

مترمکعب $۵۴۸۵۷۲۰۵ =$ میزان تولید



مترمکعب $۳۸۳۸۳۱۷۸ =$ میزان مصارف

$$(۱-۵) \quad \text{مترمکعب } ۱۶۴۷۴۰۲۷ = ۳۸۳۸۳۱۷۸ - ۵۴۸۵۷۲۰۵ = \text{هدررفت آب}$$

که با استفاده از این اطلاعات مقدار هدررفت آب در این شهر در سال ۱۳۸۵ برابر با ۳۰٪ مورد محاسبه قرار گرفته است. طی این برآورد و ارزیابی مصرف متوسط هر اشتراک در این شهر برابر ۵۷۰/۹ مترمکعب در سال ۱۳۸۵ (مصرف سالانه ۳۸۳۸۳۱۷۸ توسط ۶۷۲۳۵ مشترک در پایان سال ۱۳۸۵) بوده است.

با توجه به اینکه آمار فوق مربوط به کل شهر X می‌باشد، لذا برای انجام بالانسینگ آب در سیستم x1، دسترسی به اطلاعات دقیق‌تری از میزان واقعی تولید و مصرف، لازم و ضروری به نظر می‌آید. یکی از روش‌های برآورد مقادیر حجم تولید (حجم ورودی) و حجم مصرف در سیستم x1، استفاده از نسبت اشتراکات موجود در این سیستم به تعداد کل اشتراک در شهر X می‌باشد. در واقع با ضرب این نسبت در مقادیر تولید و مصرف شهر X، می‌توان تخمینی از این اطلاعات برای سیستم x1 بدست آورد. از دیگر روش‌هایی که می‌توان برای برآورد حجم تولید و مصرف آب در سیستم x1 به کار برد، استفاده از اطلاعات مربوط به دب‌سنجی مخازن موجود در سیستم و نتایج مربوط به مطالعات DMA آن سیستم می‌باشد (در صورت وجود). با توجه به اینکه در نمونه مطالعاتی موردنظر (شهر X) امکان استفاده از اطلاعات مربوط به DMA وجود دارد، لذا در این نمونه از این اطلاعات استفاده می‌شود. این محدوده در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج مربوط به گزارش این DMA، میزان کل تولید آب در سال ۱۳۸۵ در این ناحیه برابر با ۱۰۵۰۳۳۶۷ مترمکعب می‌باشد. همچنین با استناد به اندازه‌گیری‌های مربوط به جریان حداقل شبانه، میزان کل هدررفت واقعی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۵ برابر ۲۶۱۳۰۷۳ مترمکعب در سال بوده است.

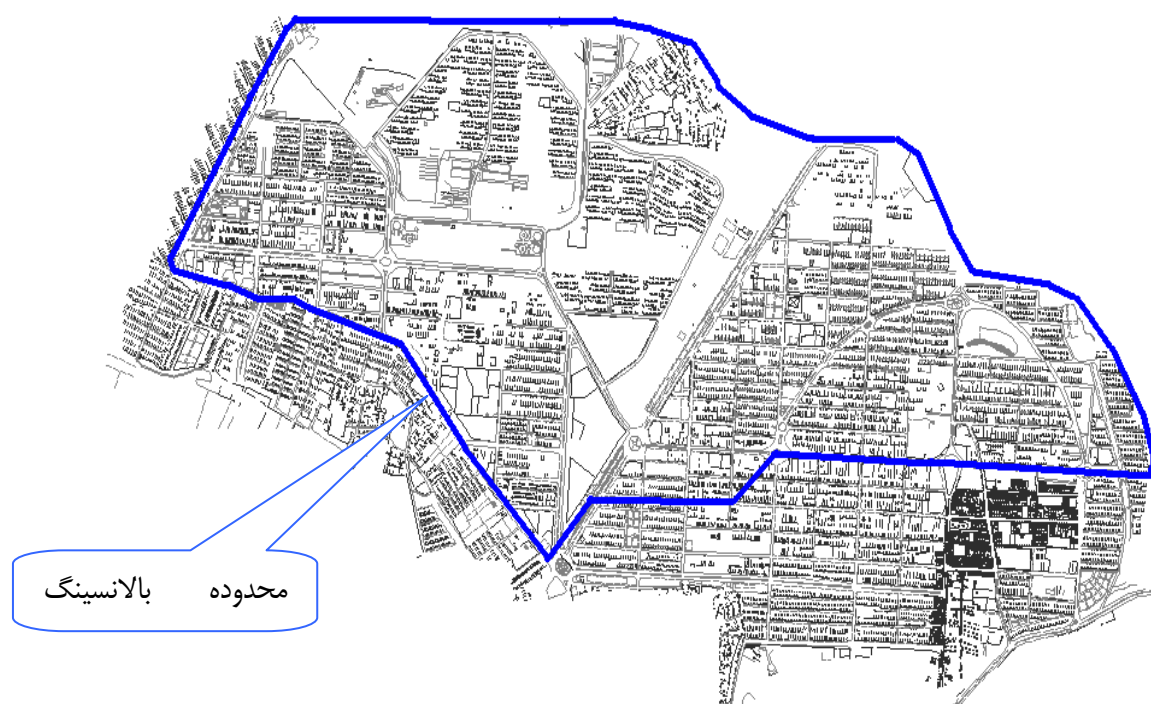
$$\text{مترمکعب در سال } ۱۰۵۰۳۳۶۷ = \text{میزان تولید در منطقه مورد مطالعه برای بالانسینگ در سال } ۱۳۸۵$$

با توجه به تعداد ۹۷۱۵ اشتراک موجود در منطقه تحت بالانسینگ و مقدار مصرف میانگین ۵۷۰/۹ مترمکعب به ازای هر اشتراک، خواهیم داشت:

$$\text{مترمکعب در سال } ۵۵۴۶۲۹۴ = \text{میزان مصارف در منطقه مورد مطالعه برای بالانسینگ در سال } ۱۳۸۵$$

$$(۲-۵) \quad \text{مترمکعب در سال } ۴۹۵۷۰۷۳ = ۱۰۵۰۳۳۶۷ - ۵۵۴۶۲۹۴ = \text{هدررفت آب در منطقه مورد مطالعه}$$





شکل ۵-۱: محدوده سیستم X1 (محدوده مورد نظر جهت انجام فرآیند بالانسینگ) [۱۱]

۵-۳. ارزیابی هدررفت ظاهری آب

۵-۳-۱. مصارف غیرمجاز

محاسبات مربوط به برآورد هدررفت ناشی از مصارف غیر مجاز در محدوده مطالعاتی شامل موارد ذیل می-باشد.

- هدررفت مربوط به انشعابات غیر مجاز بعد از کنتور (انشعابات که به واحدهای تجاری و املاک مجاور خود آبرسانی می کنند)؛
- هدررفت مربوط به انشعابات غیر قانونی قبل از کنتور (از شبکه).

▪ هدررفت ناشی از انشعابات غیرمجاز بعد از کنتور

با بررسی خروجی نرم افزار کنترل اماکن در بخش انشعابات غیرمجاز بعد از کنتور، مشخص گردید که تعداد ۷۳۵ مورد انشعاب غیر قانونی از نوع اول در منطقه مطالعاتی وجود دارد. از آنجا که نوع اشتراک غیرمجاز (تجاری یا مسکونی) در برآورد میزان خسارت وارده بسیار مهم می باشد، لذا با

بررسی انشعابات غیرمجاز از کل تعداد انشعابات، مشخص گردید که در حدود ۴۲ مورد مربوط به اشتراک غیرمجاز مسکونی و ۶۹۲ مورد نیز مربوط به واحدهای تجاری بوده است. زیانهای ناشی از انشعابات غیرمجاز بعد از کنترل ناشی از حالات مطرح زیر است.

- زیان اقتصادی از نظر تفاوت کاربری

در شبکههای توزیع آب شهری که بهای فروش آب برای کاربریهای مختلف متفاوت است، در صورتی که گیرنده از انشعابات غیرمجاز بعد از کنترل، دارای کاربری متفاوت باشد، مابه-التفاوت محاسبه آب بهاء در دو تعرفه مورد بحث، زبانی است که به شرکت آب و فاضلاب وارد می‌گردد. به عبارت دیگر در مواردی که مصرف‌کننده غیرمجاز دارای کاربری تجاری باشد، علاوه بر زبانی که پرداختن حق اشتراک و آبونمان به شرکت وارد می‌نماید، به دلیل تفاوت قیمت آب بها ناشی از تفاوت کاربری نیز خسارتی متوجه شرکت آب و فاضلاب می‌گردد.

- زیان اقتصادی ناشی از عدم پرداخت حق اشتراک و آبونمان

گونه‌ای دیگر از زیان اقتصادی ناشی از انشعابات غیرمجاز بعد از کنترل، عدم پرداخت حق اشتراک اولیه و آبونمان ماهانه از طرف ملک دوم (گیرنده انشعاب غیر مجاز) می‌باشد.

- آب دادن به واحد مسکونی

زیان وارد به شرکت آب و فاضلاب در این حالت ناشی از عدم پرداخت حق اشتراک، نصب انشعاب و آبونمان ماهانه است.

- آب دادن به واحد تجاری

در این حالت مصرف‌کننده تجاری علاوه بر زبانی که پرداختن حق اشتراک و آبونمان به شرکت وارد می‌نماید، به دلیل تفاوت قیمت آب بها ناشی از تفاوت کاربری نیز خسارتی را متوجه شرکت آب و فاضلاب می‌نماید.

با توجه به توضیحات فوق محاسبه هدررفت ناشی از انشعابات غیرمجاز صورت پذیرفته است. لازم به ذکر است که در این محاسبات زیان ناشی از عدم پرداخت حق انشعاب نصب و آبونمان ماهانه در نظر گرفته نشده است. در این راستا با توجه به اینکه آب بهای واحدهای تجاری در حدود ۳-۲/۵ برابر آب بهای واحدهای مسکونی است و همچنین میزان مصرف آب توسط واحدهای تجاری و صنعتی براساس مراجع و کتب آبرسانی شهری در حدود ۲۵-۲۰ درصد مصرف سرانه خانگی می‌-

باشد، می‌توان از ضریبی در حدود ۰/۵ تا ۰/۷۵ برای احتساب میزان اختلاف آب بها استفاده نمود. بدین ترتیب با توجه به تعداد ۶۹۲ مشترک غیر مجاز از این دست، زیان اقتصادی وارده برابر با مقدار زیر خواهد شد:

$$۶۹۲ \times ۵۷۰/۹ \times ۶۵۰ \times ۰/۵ = ۱۲۸۳۹۵۴۱۰ \text{ ریال}$$

▪ هدررفت ناشی از انشعابات غیر مجاز قبل از کنترل

با توجه به خروجی نرم افزار کنترل اماکن و بررسی مشخصات مشترکان ثبت شده تعداد ۸۲ انشعاب غیر قانونی در منطقه مورد مطالعه برای بالانسینگ، شناسایی گردیده است که مقدار هدررفت ناشی از آنها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E = K \times N \times Q \quad (۳-۵)$$

E: هدررفت ناشی از انشعابات غیرمجاز از شبکه (مترمکعب بر سال)؛

N: تعداد مشترکین غیرمجاز قبل از شبکه؛

Q: میانگین مصرف سالانه هر اشتراک (مترمکعب بر سال)؛

K: ضریب اضافه مصرف^۱ (برابر با ۱/۳ در نظر گرفته می‌شود).

به این ترتیب خواهیم داشت:

$$E = ۱/۳ \times ۸۲ \times ۵۷۰/۹ = ۶۰۸۵۸ \text{ متر مکعب در سال} \quad (۴-۵)$$

با توجه به مقدار به دست آمده می‌توان گفت که در حدود ۱/۲۲ درصد از کل هدررفت سالیانه در ناحیه مورد مطالعه مربوط به این نوع هدررفت می‌باشد.

^۱ با توجه به اینکه مشترکین غیرقانونی، تعهدی در مصرف بهینه و صرفه‌جویی آب ندارند، لذا عموماً مصرف بیشتری نسبت به سایر مشترکین دارا می‌باشند. از این رو جهت تعیین متوسط مصرف این گونه مشترکین، متوسط مصرف مشترکین عادی در ضریب ۱/۳ تا ۱/۵ ضرب می‌گردد.

۵-۳-۲. خطای مدیریت و پردازش اطلاعات

خطای بهره‌برداری

با توجه به پیمایش انجام شده و با استناد به نتایج موجود، در مجموع در منطقه مورد بررسی کارکرد ۱۴۸۸ کنتور ثبت نگردیده است. با در نظر گرفتن مصرفی متوسط برابر ۵۷۰/۹ مترمکعب در سال برای هر اشتراک، مقدار تلفات سالانه ناشی از این نوع خطا برابر با مقدار ۸۴۹۵۰۰ مترمکعب می‌باشد که در مجموع ۱۷/۱۳ درصد از کل هدررفت را شامل می‌گردد.

$$(۵-۵) \quad \text{متر مکعب در سال} \quad ۸۴۹۵۰۰ = ۱۴۸۸ \times ۵۷۰/۹ = \text{مقدار هدررفت ناشی از خطای بهره‌برداری}$$

خطای مدیریتی

با انجام پیمایش مشترکین و تهیه بانک اطلاعات و مقایسه تعداد مشترکین پیمایش شده با تعداد مشترکین موجود در فایل‌های کامپیوتری شرکت، تعداد انشعابات بدون اطلاعات در سیستم شرکت مشخص شد. با استفاده از این بانک در ناحیه مورد مطالعه، در مجموع ۱۳۷۳ مشترک فاقد پرونده بوده‌اند، که با استفاده از روابط ارائه شده در فصل ۳، مقدار هدررفت ناشی از این مشترکین مورد محاسبه قرار گرفت. در این محاسبات با توجه به متوسط مصرف هر اشتراک (۵۷۰/۹ مترمکعب در سال) میزان تلفات ناشی از این خطا برابر ۷۸۳۸۴۶ مترمکعب در سال و حدود ۱۵/۸۱ درصد از کل هدررفت موجود برآورد شد.

$$(۶-۵) \quad \text{مترمکعب در سال} \quad ۷۸۳۸۴۶ = ۱۳۷۳ \times ۵۷۰/۹ = \text{مقدار هدررفت ناشی از خطای مدیریتی}$$

خطای انسانی

با توجه به اینکه بروز خطاهای انسانی تحت تأثیر عوامل محیطی و انسانی متعدد می‌باشد، برآورد دقیق آن بسیار مشکل است. یکی از راه‌های مناسب در مورد خطاهای انسانی در قرائت کنتورها، پیمایش مجدد مسیر قرائت شده توسط قرائت کننده و مقایسه نتایج می‌باشد. همچنین در مورد خطاهای مربوط به ورود اطلاعات به بانک‌های اطلاعاتی نیز از روش کنترل مجدد می‌توان بهره جست. بنابراین می‌توان به صورت تقریبی، هدررفت ظاهری ناشی از خطای انسانی را به صورت درصدی از مصرف ثبت شده مشترکین در نظر گرفت که مقدار معمول آن در حدود ۲-۳ درصد از کل مصرف مشترکین می‌باشد. با در نظر گرفتن این میزان می‌توان خطای انسانی را در حدود ۱۳۸۶۵۷ مترمکعب در سال برآورد کرد.

(۷-۵) متر مکعب در سال $138657 = 5546294 \times 0.025$ = مقدار هدررفت ناشی از خطای مدیریتی

۵-۳-۳. خطای ناشی از دقت کنتور (آزمون کنتور)

با بررسی و ارزیابی نتایج آزمون کنتور انجام شده در محدوده مشخص شده برای انجام آزمون بالانسینگ، می‌توان اذعان داشت که در مجموع کنتورهای تست شده شامل ۴ نوع مختلف بوده‌اند که در جدول ۵-۱ به تفکیک آورده شده‌اند.

جدول ۵-۱: انواع کنتورهای مورد استفاده منطقه مطالعاتی [۱۱]

نوع کنتور	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
درصد از کل نمونه	۱۴/۹۷	۶۷/۹۱	۹/۶۳	۷/۴۹

همان طور که از جدول فوق مشخص می‌باشد، کنتور A₂ با حدود ۶۸ درصد بیشترین فراوانی و مورد مصرف در محدوده پایلوت را دارد.

▪ محاسبه ضریب تصحیح

منظور از ضریب تصحیح، ضریبی است که رقم ثبت شده در کنتور در یک محدوده دبی مشخص را باید در آن ضرب کرد تا رقم واقعی دبی عبور داده شده را بدست آورد. خطای ناشی از وسایل اندازه‌گیری ثابت نیست و بستگی به میزان جریان عبوری دارد. عواملی را که برای تعیین هدررفت ناشی از خطای اندازه‌گیری باید در نظر گرفت، می‌توان به دو دسته عمده تقسیم‌بندی نمود. عامل اول بستگی به ویژگی‌های خود کنتور و تست خطاها در دبی‌های عبوری مختلف دارد. از طرفی دیگر نمی‌توان نقش الگوی مصرف آب توسط مصرف‌کننده یا به عبارتی نحوه توزیع مقادیر جریان عبوری در طول شبانه روز را نادیده گرفت. با احتساب این دو عامل نهایتاً می‌توان به ضریب خطای اندازه‌گیری وزن‌دار شده دست یافت که تقریب خوبی از میزان هدررفت مربوط به خطای کنتور را بدست خواهد داد.

با توجه به اینکه خطای اندازه‌گیری شده در سه دبی حداقل، انتقال و حداکثر تعیین شده است و از آنجا که سهم دبی‌های عبوری از کل آب مصرفی روزانه متفاوت است، همانگونه که اشاره شد، معقول‌تر به نظر می‌رسد که میانگین وزن‌داری از این سه خطا به عنوان خطای واحد برای هر کنتور در نظر گرفته شود. برای انجام اینکار لازم است تا الگوی مصرف در محدوده مورد نظر مشخص



شده و به کمک این الگو ضرایب موردنیاز بدست آید. ضرایب مورد استفاده بر طبق مقادیر پیشنهادی برابر با ۰/۰۵، ۰/۸۵ و ۰/۱ برای دبی‌های حداقل، انتقال و حداکثر در نظر گرفته شده است. با لحاظ کردن این ضرایب و تفکیک کنتورهای تست شده بر حسب نوع آنها می‌توان به جدول ۲-۵ دست یافت. در این جدول علاوه بر ضریب تصحیح وزن‌دار، میانگین ساده برای محاسبه خطای واحد و نهایتاً ضریب تصحیح متناظر برای هر کدام از انواع کنتورهای تست شده نیز محاسبه گردیده است. با توجه به تعداد کم کنتورها و مقادیر خطاهای گزارش شده در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد، که این مقادیر تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند.

جدول ۲-۵: ضرایب تصحیح میانگین معمولی و وزن‌دار برای انواع کنتورهای موجود در منطقه مورد مطالعه [۱۱]

ضریب تصحیح		درصد از کل نمونه	نوع کنتور
میانگین وزن‌دار	میانگین معمولی		
0/9576	0/9677	15.0	A ₁
0/9938	1/0000	65.8	A ₂
1/0537	1/1200	11.8	A ₃
1/0628	1/0813	7.5	A ₄
1/0006	1/0126	ضریب تصحیح نهایی	

همچنین لازم به ذکر است که از روی درصد خطا، ضریب تصحیح به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$(۸-۵) \quad ۱۰۰ / \text{درصد خطا} + ۱ = \text{ضریب تصحیح}$$

با توجه به نحوه محاسبه خطا بدیهی است که ضریب تصحیح بالای ۱ بدین معناست که کنتور مذکور میزان آب عبوری را کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد و از این رو این ضریب به ضرر شرکت آب و فاضلاب می‌باشد. با توجه به ضریب وزن‌دار محاسبه شده، می‌توان گفت که در مجموع خطاهای ذکر شده به ضرر شرکت است. با استناد به ضرایب تصحیحی که به تفکیک نوع کنتور در جدول ۲-۶ آمده است، کنتورهای از نوع A₁ و A₂ دارای ضرایب کوچکتر از ۱ هستند، حال آنکه دو نوع کنتور دیگر ضرایب بالاتر از ۱ دارند. بنابر آنچه که در قبل ذکر شد، می‌توان نتیجه گرفت که دو نوع اول عملکرد مطلوب‌تری داشته‌اند.



از نقطه نظر قطر کنتور نیز می‌توان به بررسی خطاهای گزارش شده پرداخت. اطلاعات ناشی از آنالیز خطاها بر حسب قطر در جدول ۳-۵ آمده است. همان گونه که از این جدول قابل مشاهده می‌باشد، کنتورهای با قطر ۳/۴ اینچ با داشتن ضریب کوچکتر از ۱ عملکرد مطلوبی داشته‌اند؛ ولی در مجموع خطای کنتورهای دارای قطرهای ۱ و ۱/۲ اینچ به زیان شرکت آب و فاضلاب می‌باشد.

جدول ۳-۵: ضرائب تصحيح میانگین معمولی و وزن دار برای قطرهای مختلف کنتورهای موجود در منطقه مورد مطالعه [۱۱]

ضریب تصحیح		درصد از کل نمونه	قطر کنتور (اینچ)
میانگین وزن دار	میانگین معمولی		
1/0240	1/0482	5/3	1
1/0045	1/0145	75/9	1/2
0/9778	0/9946	18/7	3/4
1/0006	1/0126	ضریب تصحیح نهایی	

در مجموع برای کنتورهای تست شده، با اعمال ضرایب ذکر شده و استفاده از رابطه ۵-۸ می‌توان ضریب تصحیحی برابر با ۱/۰۰۰۶ بدست آورد. این مقدار با ضرب شدن در مقدار مصرف آب در منطقه موردنظر، مقدار واقعی مصرف را نشان خواهد داد. بدین ترتیب مقدار هدررفت ناشی از عدم دقت در اندازه‌گیری برابر ۳۳۲۷ مترمکعب بدست می‌آید، که در حدود ۰/۰۶۷ درصد از کل تلفات را به خود اختصاص می‌دهد.

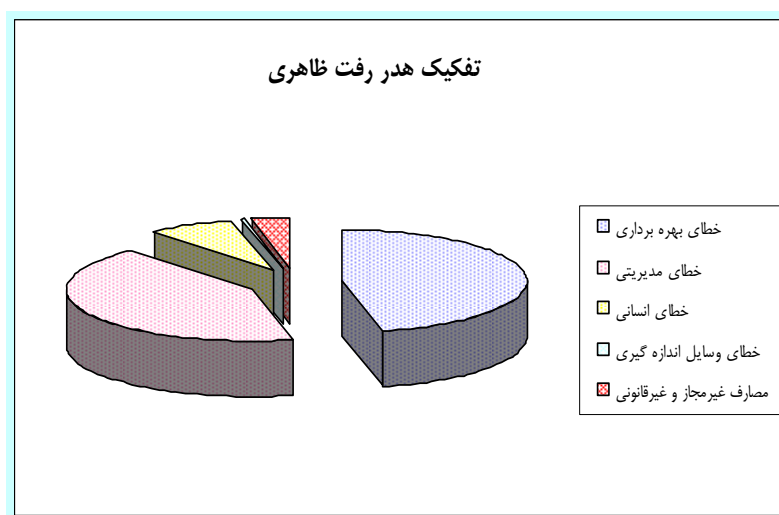
۵-۳-۴. برآورد میزان کل هدررفت ظاهری به تفکیک مؤلفه‌ها

با توجه به مقادیر محاسبه شده، می‌توان میزان کل هدررفت ظاهری موجود در منطقه تحت مطالعه بالانسینگ را برابر با ۱۸۳۶۱۸۸ مترمکعب برآورد کرد. در جدول ۴-۵ این مقادیر به تفکیک آورده شده است. همچنین برای مقایسه بهتر این نتایج در شکل ۵-۲ نیز نشان داده می‌شود.



جدول ۵-۳: اجزاء هدررفت ظاهری در منطقه مورد مطالعه [۱۱]

درصد (نسبت به کل هدررفت)	مقدار (مترمکعب)	نوع خطا
17/13711124	84949/2	خطای بهره‌برداری
15/81267052	783845/7	خطای مدیریتی
2/797161218	138657/3375	خطای انسانی
0/067131869	3327/7761	خطای وسایل اندازه‌گیری
1/227698964	60857/94	مصارف غیرمجاز و غیرقانونی
37/04177381	1836187/954	مجموع



شکل ۵-۲: تفکیک پارامترها و اجزاء هدررفت ظاهری و سهم هر یک در این نوع هدررفت [۱۱]

۵-۴. هدررفت واقعی آب

برای تحلیل مؤلفه‌های هدررفت واقعی، دسترسی به اطلاعاتی همچون طول کل لوله‌های شبکه، تعداد انشعابات یا مشترکین، متوسط طول انشعابات، تعداد شکستگی‌ها در لوله‌های انتقال، لوله‌های اصلی شبکه و انشعابات، متوسط فشار در سراسر شبکه، تخمین زمان موردنیاز برای اطلاع از وقوع حادثه و حضور در محل



و همچنین مدت زمان رفع حادثه، تخمین متوسط دبی نشت در شبکه و انشعابات، برآورد سرریز و نشت از مخازن (که به دلیل عدم وجود اطلاعات در این محاسبات صفر منظور می‌گردد)، ضروری می‌باشد.

۵-۴-۱. روش‌های برآورد هدررفت واقعی

برآورد هدررفت واقعی از روش بالانسینگ آب

در این روش حجم آب ورودی به سیستم با مقادیر مصرف و هدر رفت ظاهری مقایسه شده و میزان تلفات واقعی مشخص می‌گردد. با داشتن کل آب ورودی به سیستم (V_{in}) میزان مصارف مجاز با درآمد (V_1 و V_2) می‌توان ابتدا مقدار آب بدون درآمد (NRW) را محاسبه نمود.

$$NRW = V_{in} - V_1 - V_2 \quad (۵-۹)$$

$$NRW = 10503367 - 5546293 = 4957074 \quad \text{مترمکعب در سال} \quad (۵-۱۰)$$

- مصارف مجاز بدون درآمد

با ارزیابی اطلاعات موجود، مصارف مشترکان زیر ۷ مترمکعب در حدود ۴۶۵۰۰ مترمکعب برآورد گردید. در مورد مصارف مربوط به فضای سبز، با بررسی نقشه‌های اماکن به تفکیک نوع کاربری زمین، می‌توان مقدار مساحت مربوط به فضای سبز را در مجموع در حدود ۷۸۶۵۲ مترمربع برآورد نمود. از این رو با استناد به نشریه شماره ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه و احتساب مصرف ۵ لیتر در روز به ازای هر متر مربع فضای سبز (با توجه به مقادیر حداقل و حداکثر توصیه شده توسط نشریه شماره ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه برای مناطق آب و هوایی)، مقدار مصرف مربوط به آبیاری فضای سبز در حدود ۱۴۳۵۴۰ بدست می‌آید. البته لازم به توضیح است که قسمت عمده‌ای از فضای سبز موجود توسط چاه آبیاری می‌شوند؛ که این مقدار در حدود ۱۱۰۰۰۰ مترمکعب تخمین زده می‌شود. از این رو می‌توان مقدار مصارف مجاز بدون درآمد را برابر با مقدار ۸۰۴۰ مترمکعب در نظر گرفت. با لحاظ کردن موارد مربوط به مصارف داخلی شرکت، شست و شوی شبکه توزیع آب، مخازن و فیلترهای تصفیه‌خانه‌ها و سایر موارد مصرفی تخمینی می‌توان در کل میزان مصارف مجاز بدون درآمد (V_3 و V_4) را در حدود ۹۰۰۰۰ متر مکعب در سال برآورد نمود.

بنابراین می‌توان میزان کل هدررفت آب را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:



$$(۱۱-۵) \quad \text{حجم کل هدررفت} = V_{in} - (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

$$(۱۲-۵) \quad \text{مترمکعب در سال} = 10503367 - 5546293 - 90000 = 4867074$$

با کسر مقدار هدررفت ظاهری از مقدار فوق می‌توان میزان هدررفت واقعی را برآورد کرد:

$$(۱۳-۵) \quad \text{حجم هدررفت واقعی} = \text{حجم هدررفت ظاهری} - \text{حجم هدررفت کل}$$

$$(۱۴-۵) \quad \text{مترمکعب در سال} = 4867074 - 1836188 = 3030886$$

▪ تفکیک مؤلفه‌های هدررفت واقعی

- نشت از مخازن ذخیره

دبی سنجی‌های انجام شده توسط شرکت مشاور مربوطه با نصب کنتورهایی بر روی خروجی مخازن انجام شده است و در عمل نشت مخازن در محاسبه مؤلفه‌های بالانسینگ در نظر گرفته نشده است؛ هرچند که در صورت اعمال نیز اطلاعاتی در این زمینه وجود نداشته است.

- سرریز از مخازن ذخیره

برای محاسبه سرریز از مخازن می‌توان از رابطه برنولی و اندازه‌گیری مقادیر ورودی و خروجی استفاده نمود. با توجه به اینکه سرریز از مخزن بندرت اتفاق می‌افتد و هیچ گونه اطلاعاتی از سرریز مخازن موجود در منطقه مورد بررسی وجود ندارد، میزان هدررفت ناشی از این بخش را برابر صفر در نظر می‌گیریم.

- نشت از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات

با کسر میزان نشت و سرریز از مخازن از مقدار کل هدررفت واقعی می‌توان به مجموع نشت از انشعابات، شبکه توزیع و خط انتقال دست یافت. از آنجا که در منطقه مطالعاتی موردنظر مقادیر نشت از مخزن و سرریز از مخزن برابر با صفر در نظر گرفته شده، لذا مجموع نشت از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات برابر با مقدار کل هدررفت واقعی در نظر گرفته می‌شود، که این مقدار معادل ۳۰۳۰۸۸۶ مترمکعب در سال می‌باشد. لازم به ذکر است که برای تفکیک این سه نوع نشت می‌توان از آمار مربوط به اتفاقات در شبکه انتقال و توزیع منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. در این راستا با توجه به اینکه در منطقه مطالعاتی موردنظر در سال



۱۳۸۵ هیچ حادثه‌ای در خطوط انتقال رخ نداده است، لذا میزان نشت از این خطوط برابر با صفر خواهد شد.

- بررسی آماری حوادث و اتفاقات

به منظور تعیین میزان دبی نشت شکستگی‌های رخ داده در شبکه توزیع، باید میانگین واکنش یا به عبارت دیگر متوسط مدت زمان بین دریافت گزارش حادثه تا حضور در محل و همچنین میانگین مدت زمان رفع حادثه در خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعاب را تعیین نمود. با استفاده از نتایج مربوط به ارزیابی فرم‌های حوادث، فواصل زمانی متوسط برای حضور اکیپ‌های شرکت آب و فاضلاب به منظور رفع نشت، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همان گونه که در جدول ۵-۵ نشان داده شده است، در منطقه مورد مطالعه این مقدار برابر با ۱۳۲ دقیقه بوده است.

جدول ۵-۵:- فواصل زمانی متوسط برای حضور اکیپ‌های رفع حادثه

ضریب وزنی	میانگین	درصد حوادث	تعداد	فاصله زمانی بین دریافت گزارش تا حضور در محل (دقیقه)
0/275	11/9	27/5	180	0-30
0/151	46/4	15/1	99	30-60
0/107	77/7	10/7	70	60-90
0/073	108/1	7/3	48	90-120
0/067	136/2	6/7	44	120-150
0/047	172/6	4/7	31	150-180
0/061	200/3	6/1	40	180-210
0/044	228/0	4/4	29	210-240
0/029	259/5	2/9	19	240-270
0/026	288/8	2/6	17	270-300
0/029	317/6	2/9	19	300-330
0/017	349/5	1/7	11	330-360
0/050	418/2	5/0	33	360-500
132/0		100	654	

در جدول ۵-۵ نیز متوسط زمان‌های لازم برای رفع حادثه به تفکیک محل وقوع، درصد حوادث نسبت به کل حوادث رخ داده در پایلوت، قطر سوراخ نشت، فشار متوسط در هر کدام از بخش‌ها و نهایتاً میزان دبی نشت (لیتر بر دقیقه) آورده شده است. با دانستن اندازه متوسط



سوراخ نشت و فشار متوسط موجود در هر کدام از بخش‌ها، می‌توان براساس جدول‌های موجود، میزان دبی نشت را در هر یک از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات برآورد نمود.

جدول ۵-۲: متوسط زمان‌های لازم برای رفع حادثه به تفکیک فاکتورهای مختلف

محل وقوع حادثه	در صد حوادث	متوسط زمان رفع حادثه (دقیقه)	متوسط زمان حضور در محل (دقیقه)	کل زمان هدررفت (دقیقه)	قطر متوسط سوراخ نشت	فشار آب متوسط (اتمسفر)	میزان جریان نشت
خطوط انتقال	0.0	-	132	132	13/5	6	285
شبکه توزیع	19/5	192	132	324	7/6	5/2	74
انشعاب	79/4	154	132	286	4	3	15/6

حال با توجه به جداول ۵-۵ و ۵-۶، مقدار جریان نشت در شبکه توزیع و انشعابات برابر ۷۴ و ۱۵/۶ مترمکعب بر ساعت بوده، که با توجه به مدت زمان رخداد آنها معادل ۳۲۴ و ۲۸۶ دقیقه و تعداد دفعات حوادث رخ داده در طول سال (مبتنی بر آمار حوادث مربوط به منطقه مطالعاتی) معادل ۵۳۶ بار در شبکه توزیع و ۲۱۸۰ بار در انشعابات، می‌توان با ضرب مقدار نسبت هر یک از این اجزاء هدررفت واقعی در مقدار هدررفت واقعی کل، مقادیر حقیقی آنها را محاسبه نمود، که در ذیل ارائه شده است:

$$(۱۵-۵) \quad \text{نشت سرریز مخزن - هدر رفت کل} \times \frac{\text{دبی نشت} \times \text{مدت زمان} \times \text{تعداد}}{\text{مجموعه‌های خطوط انتقال و شبکه های توزیع و انشعابات}} = \text{حجم نشت}$$

لذا با توجه به این فرمول، مقادیر مربوط به حجم هر یک از نشت‌های خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات برابر خواهد با:

$$(۱۶-۵) \quad ۰ = (۳۰۳۰۸۸۶) \times [(۲۲۵۷۷۴۲۴) / (۲۸۵ \times ۱۳۲ \times ۰)] = \text{حجم نشت خطوط انتقال}$$

$$(۱۷-۵) \quad ۱۷۲۵۱۸۹ \text{ m}^3/\text{y} = (۳۰۳۰۸۸۶) \times [(۲۲۵۷۷۴۲۴) / (۷۴ \times ۳۲۴ \times ۵۳۶)] = \text{حجم نشت شبکه توزیع}$$

$$(۱۸-۵) \quad ۱۳۰۵۶۹۷ \text{ m}^3/\text{y} = (۳۰۳۰۸۸۶) \times [(۲۲۵۷۷۴۲۴) / (۱۵/۶ \times ۲۸۶ \times ۲۱۸۰)] = \text{حجم نشت انشعابات}$$

لازم به ذکر است همان طور که ذکر شد، تعداد دفعات رخداد حوادث در خطوط انتقال منطقه مطالعاتی برابر با صفر بوده و نشت موجود تنها مربوط به نشت زمینه در این منطقه می‌باشد. همچنین همان طور که ذکر



شد، عدد ۲۲۵۷۷۴۲۴ در فرمول‌های ذکر شده معادل مجموع هر یک از هدررفت مربوط به خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات می‌باشند، بدین معنی که:

$$۲۲۵۷۷۴۲۴ = (۲۸۵ \times ۱۳۲ \times ۰) + (۷۴ \times ۳۲۴ \times ۵۳۶) + (۱۵/۶ \times ۲۸۶ \times ۲۱۸۰)$$

هم اکنون با استفاده از مقادیر محاسبه شده در مورد هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی، می‌توان نسبت به تکمیل جدول بالانس و انجام محاسبات بالانسینگ به صورت شکل ۵-۳ اقدام نمود.

۵-۵. مقایسه روش بالانسینگ با روش تحلیل جریان حداقل شبانه

به جریان اندازه‌گیری شده در یک منطقه ایزوله، در هنگامی از شب که در آن میزان تقاضای مشترکان به کمترین مقدار خود می‌رسد، حداقل جریان شبانه (MNF) گفته می‌شود. در این روش ابتدا مناطقی به صورت ایزوله (DMA) مشخص می‌گردند، که بتوان میزان ورودی و خروجی آب در آنها را به دقت تعیین نمود. با استفاده از کنتورها و دبی‌سنج‌های متصل به ورودی و خروجی آب منطقه ایزوله شده، دبی به صورت مداوم در فواصل زمانی کوتاه اندازه‌گیری می‌شود. از آنجا که مصارف و فشار شبکه به الگوی مصرف مشترکان وابسته است و معمولاً در طول نیمه شب میزان مصرف در کمترین حد و فشار در بالاترین مقدار قرار می‌گیرد، از این رو در ساعاتی از نیمه شب میزان مصرف به حداقل ممکن کاهش پیدا می‌کند، که با اعمال اثر شرایط فشاری شبکه و تفاضل میزان مصرف مجاز شبانه، تخمین قابل قبولی از میزان هدررفت واقعی در شبکه بدست می‌آید. در این راستا به دلیل عدم وجود مطالعات آماری کافی در زمینه میزان مصرف شبانه مشترکین در ایران، مقدار ۰/۶ لیتر بر ثانیه براساس استاندارد WRC، به عنوان مصرف شبانه به ازای هر نفر در نظر گرفته می‌شود.

برای اعمال اثر فشار شبکه از نسبت فشار متوسط به فشار ماکزیمم، متوسط هدررفت از رابطه زیر بدست می‌آید [۴]:

$$L_1 = L_0 (P_1 / P_0)^{N_1} \quad (۱۹-۵)$$

که در آن L_0 حداکثر نشت شبانه، L_1 نشت در ساعات دیگر شبانه روز و N_1 توان فشار است که بین ۰/۵-۲/۵ در نظر گرفته می‌شود.



فرم بالانس آب برای منطقه تحت مطالعه

فرم بالانس آب برای منطقه تحت مطالعه										
۵۲/۸	آب با درآمد			۵۲/۸	مصارف مجاز دارای درآمد	۵۳/۴	مصارف مجاز	حجم آب ورودی به سیستم	92/6	تولید چاه‌ها
					5546293/۵					9,726,118
۴۷/۲	آب بدون درآمد	مصارف اندازه گیری شده بدون درآمد		۰/۶	مصارف مجاز بدون درآمد	۹0000	5636294	هدر رفت آب	0.0	قنات
		مصارف اندازه گیری نشده بدون درآمد		۱۹/۹	هدررفت ظاهری	۱836188	7/4		آب‌های سطحی	
		مصارف غیر مجاز		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0		خرید آب تصفیه شده	
		۱/۳	60857/۹۴							
		خطای مدیریت داده ها و سیستم		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0		ورودی به تصفیه‌خانه	
		۳۶/۴	1772002/۲۴							
		عدم دقت تجهیزات اندازه گیری		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0		سایر منابع	
		۰/۱	3327/۷۸							
		نشت از خطوط انتقال		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0		سایر منابع	
		0	0							
		نشت از شبکه توزیع		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0		سایر منابع	
		۳۵/۴	1725189/۰۰							
	نشت از انشعابات		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0	سایر منابع			
	۲۶/۸	1305697/۰۰								
	نشت از مخازن شبکه		۲۶/۷	هدررفت واقعی	۴۶/۶	0.0	سایر منابع			
	0	0								
	4,957,074	سر ریز از مخازن شبکه		۲۶/۷	3030886	4867074	10,503,367		0.0	سایر منابع
	0	0								

شکل ۵-۳: فرم بالانس آب برای منطقه تحت مطالعه



با استناد به نتایج مطالعات DMA در منطقه مورد مطالعه، میزان کل نشت شبانه پس از کسر مصارف شبانه و تعدیل آن با استفاده از رابطه ۵-۱۴ برابر با ۸۲/۸۶ لیتر بر ثانیه یا ۲۶۱۳۰۷۳ مترمکعب در سال بوده است.

۵-۵-۱. مقایسه مقادیر هدررفت حاصله از روش بالانسینگ و حداقل جریان شبانه

با توجه به بخش‌های قبلی مقادیر محاسبه شده برای هدررفت واقعی از دو روش برابر است با:

مترمکعب در سال $3030886 =$ مقدار هدررفت محاسبه شده به وسیله روش بالانسینگ
مترمکعب در سال $2613073 =$ مقدار هدررفت محاسبه شده به وسیله روش تحلیل جریان حداقل شبانه
بنابراین میزان خطای مقدار بدست آمده از روش بالانسینگ برابر خواهد بود با:

$$[(3030886 - 2613073) / 3030886] = 13/7 \% \quad (20-5)$$

که مقدار خطای محاسبه شده در حد قابل قبولی قرار دارد.

۵-۵-۲. محاسبه شاخص زیرساختی هدررفت (ILI)

ضریب ILI در واقع ضریبی است که نشانگر نحوه مدیریت شبکه توزیع آب (نگهداری، تعمیرات و بازسازی) برای کنترل و کاهش هدررفت واقعی در فشار بهره‌برداری می‌باشد. مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌گردد، که خود نیازمند محاسبه دو پارامتر دیگر می‌باشد [۸]:

$$(ILI) = TIRL / UARL \quad (21-5)$$

▪ شاخصه فنی هدررفت واقعی (TIRL)

این شاخص در واقع نشان دهنده میزان هدررفت واقعی به ازای هر اشتراک می‌باشد. به طور معمول این پارامتر از هدررفت را به صورت لیتر به ازای هر انشعاب در روز محاسبه می‌کنند. مقدار آن برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$TIRL = 3030886 \times 1000 / 9715 / 365 = 854/74 \quad (22-5)$$

▪ میانگین هدررفت واقعی غیر قابل اجتناب (UARL)

همواره میزان نشت زمینه مورد سؤال بوده است. یکی از بهترین برآوردها در این زمینه استفاده از رابطه زیر است که ترکیبی از پارامترهای مؤثر را به نحو مطلوبی در نظر می‌گیرد. در واقع در این رابطه می‌توان نقش پارامترهای نظیر طول کل شبکه توزیع و انتقال، طول کل انشعاب از لبه خیابان تا محل نصب کنتور (به طور متوسط برابر ۱ متر در نظر گرفته می‌شود) و همچنین تعداد کل انشعابات موجود را لحاظ کرد. فشار میانگین شبکه نیز در این رابطه وارد شده است. همچنین مقادیر ثابتی که در فرمول مشاهده می‌شود، براساس بررسی داده‌های آماری تعدادی از شبکه‌های توزیع آب در سراسر جهان انتخاب گردیده است.

$$UARL = [18 \times (L_M / N_C) + 0.8 + 25 \times (L_P / N_C)] \times P \quad (23-5)$$

در رابطه فوق:

L_M : طول خطوط اصلی شبکه (بر حسب Km)؛

N_C : تعداد کل انشعابات؛

L_P : طول کل انشعاب از لبه خیابان تا محل نصب کنتور (بر حسب Km)؛

P : فشار متوسط شبکه بر حسب متر؛

$$UARL = [18 \times (188 / 9715) + 0.8 + 25 \times (1 / 1000)] \times 40 = 46/03 \quad (24-5)$$

اکنون با استفاده از مقادیر محاسبه شده می‌توان مقدار ILI را برآورد نمود:

$$(ILI) = TIRL / UARL = (854/74) / (46/03) = 18/56 \quad (25-5)$$





مراجع اصلی

در تهیه این راهنما مراجع متعددی مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته‌اند. به دلیل تعدد مراجع و تشابه مطالب در بسیاری از منابع مورد استفاده تنها به تعدادی که حاوی مطالب مستقل‌تر بوده و یا در بیشتر منابع به عنوان مرجع مورد استناد بوده‌اند اشاره گردیده است.

منابع و مراجع

- [۱] Farley, M. Trow, S. (2007). "Losses in Water Distribution Networks". IWA Publishing (UK).
- [2] صالحی، ستار. جمالی، کاوه. قاضی‌زاده، علیرضا (۱۳۸۷). "امکان‌سنجی کاهش هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی با استفاده از TPM". اولین کنفرانس TPM. تهران.
- [3] معاونت نظارت بر بهره‌برداری، دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد (۱۳۸۵). "راهنمای بالانسینگ سیستم تولید و توزیع آب"، وزارت نیرو - شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
- [4] تابش، مسعود. میرسپاسی، عبدالمهدی. (۱۳۸۶). "پیش‌نویس-دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن"، نشریه شماره ۳۰۸-الف، وزارت نیرو-استاندارد مهندسی آب.
- [5] "اطلاعات مربوط به اجزاء هدررفت در شهرهای مختلف ایران"، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
- [۶] Kugler, S. Lambert, A. (1996-2000). "Applying the IWA Water Balance and Performance Indicators in the Middle East". Amman 11194 - Jordan Dorsch Consultant, Germany, Leader of IWA Water Losses Task Force.
- [7] Liemberger, R. Farley, M. "Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy". Austria & UK.
- [۸] Near Final Draft water loss control committee review. (2006). "Water Audits and Loss Control Programs". AWWA M36 Publication Rewrite.
- [۹] Mathis .M, Kunkel .G, Chastain Howley .A. (2008). "Water Loss Audit Manual for Texas Utilities". Texas Water Development Board.
- [۱۰] Maryland Department of the Environment. "Water Supply Program-Water Audit Guidance".
- [11] "پروژه تعیین پارامترهای آب به حساب نیامده منطقه عظیمیه کرج"، شرکت مهندسی مشاور راهدان سما (۱۳۸۶).



ABC

واژه‌نامه

در این پیوست فهرستی از اصطلاحات اصلی
به کار رفته در این متن به همراه واژه‌های
معادل انگلیسی آنها درج گردیده است.

واژه نامه

Accounting errors	خطاهای صورت حساب
ALC (Active Leakage Control)	کنترل نشت فعال
AMR (Automated Meter Reading)	قرائت کنتور خودکار
Annual average real losses	میانگین هدررفت واقعی سالیانه
Apparent losses	هدررفت ظاهری
Authorised consumptions	مصارف مجاز
Average burst flow rates	میانگین نرخ جریان ترکیدگی‌ها
Average night leakage	میانگین نشت شبانه
Awareness time	زمان آگاهی (زمان اطلاع‌رسانی)
AWWA (American Water Works Association)	انجمن فعالیتهای آبی امریکا (AWWA)
AZNP (Average Zone Night Pressure)	متوسط فشار شبانه ناحیه
AZP (Average Zone Point)	نقطه متوسط ناحیه
AZP Point (Average Zone Pressure Point)	نقطه با متوسط فشار ناحیه
BABE (Burst and Background Estimates)	تخمین نشت زمینه و ترکیدگی‌ها
Background leakage	نشت زمینه
Best practice	بهترین تجارب
Billed authorised consumptions	مصارف مجاز با درآمد

Billed metered/unmetered consumption	مصارف اندازه‌گیری شده/نشده با درآمد
Burst	ترکیدگی
By-passed meters	کنتورهای میانبر
CARL (Current Annual Real Losses)	هدررفت واقعی سالیانه موجود
Clamp-on ultrasonic meters	کنتورهای اولتراسونیک مهرابندی شده
Class D inferential meter	کنتور انبساطی کلاس D
Commercial meters	کنتورهای واحدهای تجاری
Component analysis	آنالیز اجزاء و پارامترهای هدررفت
Computer-based billing systems	سیستم‌های صدور حساب مبتنی بر رایانه
Connections	اتصالات
Consumption	مصرف
Customer boundary	مرز مربوط به محدوده مشترک
Customer consumption	مصرف مشترک
Customer demand	تقاضای مشترک
Customer metering inaccuracies	عدم دقت کنتور مشترکین
Customer meters	کنتورهای مشترکین
Customer night consumption	مصرف شبانه مشترک
Customer service	انشعاب مشترک
Demand management	مدیریت تقاضا
DI (Distribution Input)	ورودی شبکه
Distribution losses	هدررفت شبکه
DMA's (District Metered Areas)	نواحی اندازه‌گیری شده مجزا



Early warning system	سیستم‌های زود اخطار دهنده (زود بازده)
Fittings	متعلقات، اتصالات
Flow meters	کنتور جریان، کنتور
Hour-day factor	فاکتور تبدیل ساعت به روز
Household	منطقه مسکونی
Households and non-households	مناطق مسکونی و غیرمسکونی
Hydrant	شیر آتش نشانی
ICF (Infrastructure Condition Factor)	فاکتور حالات و شرایط زیرساختاری
ILI (Infrastructure Leakage Index)	شاخص نشت زیرساختاری
Illegal connections	اتصالات و انشعابات غیر مجاز
Inaccurate meters	کنتورهای خراب (با دقت ناکافی)
Insertion meters	کنتورهای الحاقی
IWA (International Water Association)	انجمن بین‌المللی آب
Joints	اتصالات، مفاصل
Leak	نشت
Leak detection	شناسایی نشت
Legal and illegal uses	مصارف مجاز و غیر مجاز
Location time	مدت زمان موقعیت یابی (محل یابی) نشت
Main	خط انتقال
Mains cleaning and flushing	شست و شو و فلاشینگ خطوط انتقال
Management losses	هدررفت مدیریتی
Measured and unmeasured uses	استفاده‌های اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده



Metering errors	خطاهای اندازه‌گیری
Metering inaccuracy	عدم دقت اندازه‌گیری
Misread meters	قرائت غلط کنتور (کنتورهایی با قرائت ناصحیح)
MNF (Minimum Night Flow)	جریان حداقل شبانه
Night flow	جریان شبانه
Night flow analysis	تحلیل جریان شبانه
Non-physical losses	هدررفت (تلفات) غیرفیزیکی
NRW (Non-Revenue Water)	آب بدون درآمد
Overflow	سرریز
Passive leakage control	کنترل انفعالی (غیر فعال) نشت
capita consumption Per	مصرف سرانه
Physical losses	هدررفت (تلفات) فیزیکی
PMAs (Pressure Management Areas)	نواحی تحت مدیریت فشار
Pressure management	مدیریت فشار
Random errors	خطاهای اتفاقی
Real losses (physical losses)	هدررفت واقعی (تلفات فیزیکی)
Recorded metered consumption	مصارف اندازه‌گیری شده ثبت شده
Registered customers	مشترکین ثبت شده
Repair time	مدت زمان تعمیر
Reported leaks and bursts	نشت و ترکیدگیهای گزارش شده
Reported/unreported bursts	ترکیدگیهای گزارش شده/نشده
Reservoir overflows	سرریزهای مخزن



Reservoir drop test	آزمون افت مخزن
Reservoir leakage	نشت مخزن
Residential meters	کنتورهای واحدهای مسکونی
Roof tanks	مخازن سقفی
Service connections	اتصالات انشعاب
Service pipe	لوله انشعاب
Stopped meters	کنتورهای متوقف شده
Street/property boundary	مرز خیابان/مشترک
Supply pipe losses	هدررفت لوله آبرسانی
Supply zones	نواحی آبرسانی
System Demand (system input)	تقاضای سیستم (ورودی سیستم)
System input volume	حجم ورودی سیستم
Systematic errors	خطاهای سیستماتیک
under/over registration of customer meters	ثبت‌های بیشتر/کمتر از مصرف کنتور مشترکین
Tariff	تعرفه
Theft uses	مصارف سرقتی
Top-down water balance	بالانسینگ بالا به پایین آب
Transmission (trunk) mains	خطوط انتقال
UARL (Unavoidable Annual Real Losses)	هدررفت واقعی اجتناب‌ناپذیر سالانه
UFW (Unaccounted-For Water)	آب به حساب نیامده
Unauthorised consumption	مصارف غیر مجاز
Unbilled authorised consumption	مصارف مجاز بدون درآمد



Under-registration of customer meters	ثبت مصارف کمتر از مصارف کنتور مشترکین
Undetectable leakage	نشت غیر قابل شناسایی
Unreported leaks and bursts	نشت و ترکیدگی‌های گزارش نشده
Water loss	هدررفت آب
Water balance	موازنه آب (بالانس آب)
Water conservation	حفاظت از آب (صرفه جویی در آب)
WC (Water Consumed)	آب مصرف شده
WE (Water exported)	آب صادراتی
WI (Water imported)	آب وارداتی
WP (Water produced)	آب تولید شده

