

# نقش مدیریت فشار در شبکه توزیع آب جهت کاهش هدررفت و کاهش هزینه های بهره برداری (مطالعه موردی شهر رودبار قصران)

احسان طالب زاده

کارشناس طرح های آب شرکت مهندسی مشاور مددآب تهران  
[Talebzadehhsan@Gmail.Com](mailto:Talebzadehhsan@Gmail.Com)

## چکیده :

کاهش نشت موضوعی است که ذهن اغلب مهندسی بهره بردار و مدیران آب در جهان را مشغول کرده است. مدیریت فشار مثل بقیه روش های کاهش نشت یک ابزار است که بایستی به عنوان روش ترکیبی با دیگر روش ها و تکنولوژی ها به کار برده شود. [1] تحقیقات و مطالعات اخیر نشان داده است که میزان نشت و تعداد نشت به مقدار زیادی با کاهش و متعادل کردن فشار در سیستم توزیع ، کاهش می یابد. [2] عدم آرایش هیدرولیکی و زون بندی مناسب شبکه، پمپاژ مستقیم آب به داخل شبکه ، عدم اعمال مدیریت فشار ، باعث بروز فشارهای غیر مجاز و در نتیجه افزایش و تعدد ترکیدگی ها (حوادث) و خرابیها و خسارات ناشی از آن می شود. [3] نتایج فنی و اقتصادی مطالعات فشار سنجی و نصب شیرهای فشارکن به همراه عملیات نشت یابی در مطالعات موردی شهر رودبار قصران نشان می دهد انجام عملیات ذکر شده در بازه زمانی یک ساله ، ۴٫۸ در صد کاهش هدررفت آب را در پی داشته و کلیه هزینه های اجرای طرح مدیریت فشار ، با احتساب قیمت تمام شده هر متر مکعب آب ۱۰۰۰۰ ریال در سال ۱۳۹۵ برای استان تهران ، در یک بازه ۳ ماهه جبران می شود.

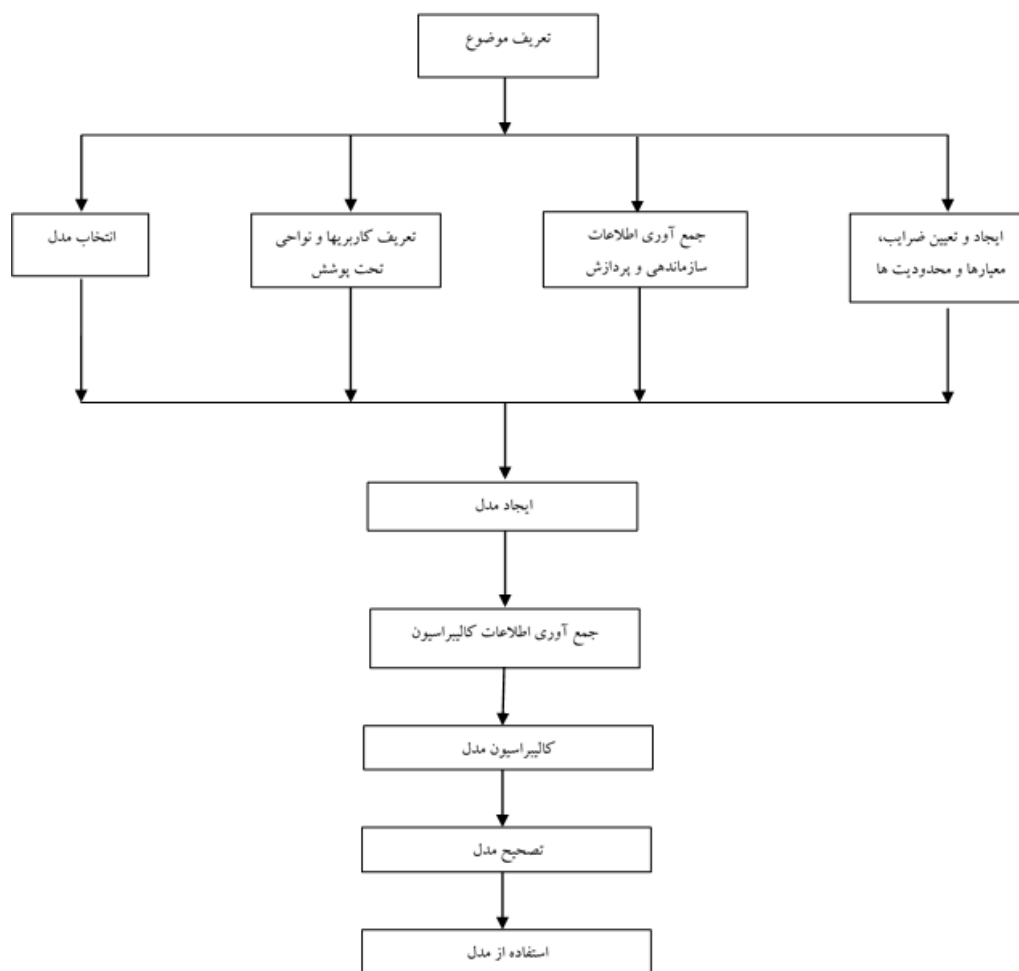
کلمات کلیدی : فشارسنجی ، مدل هیدرولیکی ، شیر فشارشکن ، کاهش هدررفت ، سرمایه گذاری ، بازگشت سرمایه

## مقدمه :

آب را می توان به عنوان حیاتی ترین کالای عصر حاضر در نظر گرفت که ارزش آن روز به روز در جوامع مختلف بشری روشن تر و مشهودتر میگردد . لذا امروزه کاهش تلفات آب و مدیریت منابع طبیعی از نخستین اولویت های مدیریتی کشور می باشد و مدیریت بهینه مصرف منابع آب از توجه و سرمایه گذاری بیشتری برخوردار گردیده است . به همین منظور مطالعات مدیریت فشار شبکه توزیع آب شهرهای رودبار قصران طی قراردادی ، به مهندسین مشاور مددآب تهران سپرده شد که در همین راستا پس از بررسی های منطقه مورد مطالعه و جمع آوری اطلاعات اولیه و تعیین ضرایب و محدودیت ها ، مدلی از وضعیت موجود شبکه توزیع آب شهر رودبار قصران تهیه شد.

## ایجاد مدل هیدرولیکی :

تهیه این مدل هیدرولیکی و استفاده از آن طی چند مرحله صورت پذیرفته است تا نتایج قابل قبولی را بتوان از آن دریافت نمود . به طور خلاصه مراحل انجام شده جهت تهیه یک مدل هیدرولیکی در شکل ۱ آمده است . تحلیل شبکه های توزیع آب توسط برنامه های مختلفی همانند WaterCad ، WaterGems و ... میتوان مورد تحلیل قرار داد . این مدل توسط نرم افزار WaterGems مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت .



شکل ۱- مراحل تهیه یک مدل هیدرولیکی

## صحت سنجی و کالیبراسیون مدل هیدرولیکی :

برای تعیین میزان صحت مدل ابتدایی تهیه شده ، اقدام به دبی سنجی و نیز فشارسنجی در نقاط مختلف شد . فشارسنجی های صورت گرفته شامل ۲۳ نقطه مختلف بود ( ۱۱ نقطه در شهر فشم ، ۱۰ نقطه در شهر میگون ، ۴ نقطه در شهر اوشان ) . پس از بررسی های به عمل آمده و مقایسه مدل تهیه شده تفاوت های زیادی وجود داشت که بیشترین تفاوت ها در در شهر فشم بود که در جدول شماره ۱ نتایج آن آورده شده است .

جدول ۱- بررسی مقایسه ای وضعیت فشار ماکزیمم در مدل سازی و شرایط واقعی رفتار شبکه شهر رودبار قصران

ردیف	آدرس فشارسنجی	ماکزیمم فشار در مدل سازی هیدرولیکی (متر)	ماکزیمم فشار در فشارسنجی واقعی (متر)	ردیف	آدرس فشارسنجی	ماکزیمم فشار در مدل سازی هیدرولیکی (متر)	ماکزیمم فشار در فشارسنجی واقعی (متر)
۱	اول مگسک (فشم)	۱۱۵	۴۲	۱۴	سرخوشه، ویلای کاشی (اوشان)	۸۰	۷۲
۲	باغ میر (فشم)	۱۱۸	۷۰	۱۵	محدوده ی حسینیه (اوشان)	۵۴	۵۹
۳	کنار دهکده (فشم)	۱۳۰	۶۱	۱۶	آزادگان، مدرسه ی آزادگان (میگون)	۸۳	۷۸
۴	جاده میگون (فشم)	-	-	۱۷	کنار حسینیه-رستوران مخصوص (میگون)	۷۵	۸۰
۵	جنب پمپ بنزین کوچه یاس (فشم)	۷۰	۶۰	۱۸	تنگه بن - منزل خانم حمیرا ناظمی (میگون)	۸۰	۸۵
۶	جنب شورای شهر (فشم)	۱۱۸	۵۸	۱۹	جاده شمشک-جنب منبع آب (میگون)	۵۳	۴۸
۷	روبروی بانک ملی (فشم)	۹۰	۶۸	۲۰	خیابان الهام-منزل ملکی (میگون)	۶۴	۳۲
۸	سپاه پاسداران (فشم)	۳۵	۳۵	۲۱	سه راه هتل-منزل صدیقه هوشمند (میگون)	۵۵	فاقد داده قابل قبول
۹	سرفلا کوچه شهید محسنی منزل علی محسنی (فشم)	۱۱۰	۳۰	۲۲	کلالی-منزل احمد رجب مهر (میگون)	۱۳۰	۱۴۰
۱۰	شرکت مخابرات (فشم)	۱۱۲	۱۰۰	۲۳	مسجد جامع (میگون)	۱۱۲	۱۲۰
۱۱	کوچه جنب حسینیه (فشم)	۱۲۰	۴۲	۲۴	معلم-رستوران آیشار (میگون)	۹۳	۹۰
۱۲	خیابان اصلی قهوه خانه (اوشان)	۳۸	۳۰	۲۵	میگون نو شمالی - املاک تخت جمشید (میگون)	۶۵	۸۳
۱۳	خیابان فرهنگ (اوشان)	۷۲	۶۸				

با نگاه دقیق به نتایج فشارسنجی، می توان فهمید که بین فشار ماکزیمم مدل سازی با واقعی اختلاف زیادی وجود دارد. همچنین فشار اندازه گیری شده به مراتب پایین تر از حد استاتیک می باشد، که این نشان دهنده ی نشتی زیاد شبکه می باشد که با توجه به کنتورهای التراسونیک نصب شده در خروجی های مخزن و وجود اطلاعات آنها در سال ۱۳۹۳، می توان با محاسبه اختلاف آن با آمار مصرف بانک مشترکین در طی همین دوره به میزان واقعی تلفات دست پیدا کرد. میزان آب بدون درآمد و تلفات محاسبه شده در کل رودبار قصران معادل ۷۱,۵ درصد می باشد که در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲- میزان تولید و مصرف آب شهر رودبار قصران در سال ۱۳۹۳

ردیف	مصرف سالانه مشترکین (m3)	تولید سالانه (m3)	درصد تلفات
۱	۱/۲۳۹/۰۲۰	۴/۳۴۸/۰۰۰	۷۱,۵

پس از کالیبره کردن شبکه با توجه به اطلاعات بدست آمده ، وضعیت شبکه دوباره مورد تحلیل قرار گرفت و نقاط مطلوب جهت نصب شیرهای فشارشکن مشخص شد . همچنین این مشاور پیشنهاد نشت یابی در نقاطی از شهر را به کارفرما داد تا بتوان از هدر رفت آب تا حدود زیادی در این منطقه جلوگیری نمود . که با تایید مدیریت امور بهره برداری شهرستان رودبار قصران به صورت محدود و موردی در مناطقی از شهر که در مدل تهیه شده بیشترین میزان هدر رفت را نشان میداد عملیات نشت یابی توسط کارشناسان این مشاور صورت پذیرفت . مقدار تغییرات فشار در شهر رودبار قصران قبل از نصب شیر فشارشکن و بعد از نصب آن به صورت جدول شماره ۳ می باشد .

جدول ۳- میزان تغییرات فشار در شهر رودبار قصران قبل و بعد نصب شیر فشار شکن

میزان تغییرات فشار	حداقل فشار در شبکه (متر)	میانگین فشار (متر)	حداکثر فشار(متر)
قبل از نصب شیر فشار شکن	۱۳٫۵	۵۵	۱۳۴
بعد از نصب شیر فشار شکن	۱۳	۲۷	۵۸

### هزینه سرمایه گذاری و میزان برگشت سرمایه :

هزینه های صورت گرفته در طرح مدیریت فشار شبکه توزیع آب شهر لوسان شامل ۳ مورد اصلی میباشد که عبارتند از : ۱- هزینه های انجام مطالعات فشار شهر رودبار قصران ، ۲- هزینه های انجام شده جهت نشت یابی ، ۳- هزینه های مربوط به خرید و نصب شیرهای فشارشکن و نیز ساخت حوضچه های شیر .  
هزینه مطالعات مدیریت فشار شهر رودبار قصران در سال ۱۳۹۳ در جدول شماره ۴ آمده است .

جدول ۴- هزینه مطالعات مدیریت فشار شهر رودبار قصران ( سال ۱۳۹۳ )

کد فعالیت	فعالیت	حق الزحمه (ریال) قرارداد
۱	جمع آوری اطلاعات پایه مربوط به زون فشاری فشار شکن	۱۹/۰۸۱/۲۴۴
۲	انجام فشارسنجی در یک هفته در نقاط تعیین شده در مرحله اول	۴۷/۷۰۳/۱۱۰
۳	مطالعات تعیین نمودار خروجی فشار در فشارشکن متناسب با مصرف در نقطه بحرانی	۱۹/۰۸۱/۲۴۴
۴	اجرای عملیات کاهش فشار توسط کنترلگر فشار	۱۹/۰۸۱/۲۴۴
۵	بررسی تاثیر نصب کنترلگر فشارشکن بر روی فشار منطقه مورد مطالعه	۱۹/۰۸۱/۲۴۴
۶	بررسی اثرات اقتصادی مدیریت فشار	۱۹/۰۸۱/۲۴۴
۷	مطالعات تعیین اثرات مدیریت فشار بر کاهش نشت	۴۷/۷۰۳/۱۱۰
	مجموع	۱۹۰/۸۱۲/۴۴۰

هزینه نشت یابی انجام شده در شهر رودبار قصران در جدول ۵ آمده است .

جدول ۵- هزینه نشت یابی انجام شده شهر رودبار قصران ( سال ۱۳۹۳ )

کد فعالیت	فعالیت	تعداد (فقره)		حق الزحمه (ریال)	
		طبق قرارداد	انجام شده	قرارداد- قیمت واحد	قطعی
۱	شناسایی نشتهای نامرئی شبکه و ارائه کروکی آنها	۴۰	۴۰	۵/۱۰۰/۰۰۰	۲۰۴/۰۰۰/۰۰۰
۲	شناسایی نشتهای نامرئی انشعاب و ارائه کروکی آنها	۱۰۰	۱۰۰	۱/۸۵۰/۰۰۰	۱۸۵/۰۰۰/۰۰۰
۳	شناسایی نشت شبکه و انشعاب بصورت موردی (اضطراری)	۲۰	۲۰	۶/۷۰۰/۰۰۰	۱۳۴/۰۰۰/۰۰۰
	جمع پیشرفت فیزیکی و ریالی	۱۶۰	۱۶۰	۱۵۷/۶۳۲/۷۷۹	۵۲۳/۰۰۰/۰۰۰

میزان برآورد هزینه انجام شده جهت ساخت حوضچه ها و خرید و نصب شیرآلات فشارشکن ، شیر هوا و حمل نصب آنها ، همچنین شیر حد و یک عدد پمپ در جدول شماره ۶ آمده است :

جدول ۶- برآورد هزینه ساخت حوضچه ها و خرید و نصب شیرآلات فشارشکن ، شیر هوا و حمل نصب آنها ، همچنین شیر حد و یک عدد پمپ

ردیف	شرح	هزینه (ریال)
ردیف ۱	خلاصه کل برآورد هزینه شهر اوشان	۲۲۰/۱۴۲/۰۵۴
ردیف ۲	خلاصه کل برآورد هزینه شهر میگون	۳۳۰/۷۰۷/۲۹۱
ردیف ۳	خلاصه کل برآورد هزینه شهر فشم	۳۰۷/۳۸۷/۷۱۲
	مجموع	۸۵۷/۲۳۷/۰۵۷

پس از نصب شیرهای فشارشکن و عملیات نشت یابی صورت پذیرفته میزان آب به حساب نیامده و نیز تعداد حوادث و اتفاقات که در سامانه اداره آب و فاضلاب ثبت می شود مورد بررسی قرار گرفت .تعداد حوادث و اتفاقات در مناطقی که شیر فشار شکن در آن ها نصب گردید به طور قابل ملاحظه ای از ۳ تا ۵ اتفاق در هفته به صفر و یا ۱ اتفاق در هفته رسید جدول شماره ۷ تعداد حوادث و اتفاقات ثبت شده در سامانه ۱۲۲ را طی دو سال متوالی (قبل و بعد از نصب شیر فشارشکن) را نشان می دهد .

جدول شماره ۷- میزان تولید و مصرف آب شهر رودبار قصران در سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

دوره آماری	تعداد اتفاقات انشعابات	تعداد اتفاقات شبکه	تعداد کل اتفاقات
۱۳۹۴	۶۸۲	۲۵۷	۹۷۱
۱۳۹۵	۴۳۲	۱۸۹	۶۴۰

همانطور که مشاهده میشود تعداد کل اتفاقات در سال ۱۳۹۵ (بعد از نصب شیر فشارشکن) نزدیک به ۳۵ درصد کاهش را نشان می دهد که خود علاوه بر کاهش هزینه های بهره برداری شبکه توزیع ، باعث رضایت بیشتر مشترکین می شود. (البته قابل ذکر است تعداد اتفاقات در شبکه توزیع علاوه بر میزان فشار ارتباط مستقیمی با سن شبکه، نحوه بهره برداری شبکه ، تعداد انشعابات غیر مجاز در شبکه و میزان توسعه و نوسازی قسمت های مختلف یک شبکه دارد [4] که با توجه به عدم تغییر در موارد ذکر شده به غیر از تغییر در میزان فشار در شبکه مورد بررسی ، دلیل اصلی کاهش اتفاقات در بازه زمانی مورد مطالعه مدیریت فشار می باشد) .  
همچنین هدررفت آب نیز در دو سال متوالی (قبل از نصب شیر فشارشکن و بعد از نصب شیر فشارشکن) ۴۸ درصد کاهش را نشان می دهد. در جدول شماره ۸ میزان هدررفت آب در سال ۱۳۹۴ (قبل از نصب شیر فشارشکن) و سال ۱۳۹۵ (بعد از نصب شیر فشارشکن) آمده است .

## جدول شماره ۸- میزان تولید و مصرف آب شهر رودبار قصران در سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

دوره آماری	مصرف سالانه مشترکین (m3)	تولید سالانه (m3)	درصد تلفات
۱۳۹۴	۱/۱۶۳/۰۰۰	۴/۴۵۰/۰۰۰	۷۳,۸
۱۳۹۵	۱/۲۹۳/۰۰۰	۴/۱۷۴/۰۰۰	۶۹

با مقایسه میزان مصرف سالانه مشترکین در دو سال متوالی میتوان فهمید که مصرف در سال ۱۳۹۵ به میزان ۱۰,۰۵ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۵ بوده است بنابراین در صورت عدم نصب فشارسنجها و نیز عملیات نشت یابی برای تامین آب در سال ۱۳۹۵ به مقدار ۴/۸۹۷/۲۲۵ مترمکعب آب نیاز بوده است اما با کارهای صورت پذیرفته میزان تولید آب در این سال ۴/۱۷۴/۰۰۰ بوده است که این نشان دهنده ۷۲۳/۲۲۵ مترمکعب جلوگیری از هدررفت آب می باشد .

با توجه به هزینه تمام شده یک متر مکعب آب در استان تهران در سال ۱۳۹۵ که حدوداً ۱۰۰۰۰ ریال میباشد و میزان آب بدون درآمد که از هدررفت آن جلوگیری شده است ، سرمایه ای برابر ۷/۲۳۲/۲۵۰/۰۰۰ ریال در هزینه های بهره برداری صرفه جویی شده است . همچنین باید در نظر داشت که مبلغ ذکر شده در واقع جزء هزینه های مستقیم می باشد که در امور بهره برداری صرفه جویی شده است و در نگاه دقیقتر هزینه های غیرمستقیم که هدررفت اب باعث آن می شود ، همانند تخریب و آسیب رساندن به تاسیسات زیرزمینی در نظر گرفته نشده است .

### نتیجه گیری و پیشنهاد :

با توجه به تجربیات زیاد این مشاور همچنین نتایج مثبت مدیریت فشار در شهر رودبار قصران ( کاهش ۴,۸ درصدی هدررفت آب و کاهش ۳۵ درصدی تعداد اتفاقات شبکه ) ، پیشنهاد می شود مدیریت فشار بروی شبکه توزیع شهر رودبار قصران به کمک هوشمندسازی و نصب سیستم های ارسال داده همچنین نصب عملگرهای تنظیم فشار بر روی شیرها فشارشکن انجام شود . در تجربه های قبلی که در این خصوص وجود دارد نتایج بسیار مطلوبی بدست آمده است برای نمونه میتوان به هوشمندسازی و نصب عملگرهای تنظیم فشار در منطقه ۶ تهران اشاره نمود . در این طرح در ۶۰ نقطه از مناطقی که دارای شیر فشارشکن بوده اند یک سیستم RTU به همراه عملگر تنظیم فشار نصب گردید . اطلاعات جمع آوری شده از قبیل میزان فشار ورودی ، میزان فشار خروجی در فشارشکن و نیز میزان جریان مصرفی در پایین دست شیرهای فشارشکن به صورت آنلاین و ۲۴ ساعته در سیستم اوبراتور مونتورینگ می شود که در ساعت های حداقل مصرف ( شبانه ) و یا حداکثر مصرف ( روزانه ) با ارسال دستور مناسب به RTU میزان فشار خروجی را تنظیم می کند . قابل ذکر است نیروی برق مورد نیاز عملگر تنظیم فشار و نیز RTU از طریق پنلهای خورشیدی که در کنار حوضچه های شیر فشارشکن نصب شده اند تامین می گردد همچنین نتایج ۱ ساله پس از نصب RTU و عملگرهای تنظیم فشار نشان میدهد میزان حوادث شبکه توزیع در این منطقه ۳۸ درصد نسبت قبل کاهش داشته است و همچنین در کاهش هدررفت نیز نتایج بسیار مطلوبی به دست آمده است . بنابراین با توجه به هدررفت بسیار بالای شبکه توزیع آب شهر رودبار قصران طرح هوشمند سازی شبکه توزیع از نظر اقتصادی کاملاً منطقی و مقرون به صرفه می باشد .

### مراجع :

1. Araujo, L.S., Ramos, H.M. and Coelho, S.T., (2003), "Optimization of the use of valves in a network water distribution system for leakage minimization", Advances in Water Supply Management, (Maksimovic, Butler, Memon), eds., Swets & Zeitlinger, Lisse.
2. Bessey, S.G., (1985), "Some development in pressure reduction", J. Inst. Water Engineering Science, 39(6), pp. 501-505.
- ۳- تابش ، م. واسطی ، م.م ، (۱۳۸۳) "مقایسه فرمولهای دبی - فشار برای تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار در شبکه های توزیع آب شهری " ، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی منابع آب ایران ، دانشکده فنی ، دانشگاه تهران ، ایران .
4. Goodwin, S.J., (1980), "The results of the experimental program on leakage and leakage control", Technical Report TR 154, Water Research Centre, Swindon, UK.

