

بررسی نقش قیمت آب در توجیه اقتصادی طرح‌های کاهش آب بدون درآمد

مسعود تابش^۱، سهیلا بیگی^۲

۱- استاد دانشکده مهندسی عمران و عضو قطب علمی مهندسی و مدیریت زیر ساخت‌های عمرانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) mtabesh@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- آب، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

(دریافت ۹۵/۷/۶ پذیرش ۹۵/۸/۷)

چکیده

محدودیت میزان بارش در کنار رشد روزافزون جمعیت که باعث محدودیت شدید منابع تجدیدپذیر و افزایش تقاضای آب در کشور شده است، امر مدیریت تقاضا و اصلاح الگوی مصرف را بیش از پیش ضروری ساخته است. از مهم‌ترین روش‌های مدیریت مصرف، کاهش آب بدون درآمد و تلفات آب در سامانه‌های آبرسانی است. آب بدون درآمد، مابه‌التفاوت آب تولید شده با مصارف اندازه‌گیری شده است که به دو بخش تلفات ظاهری و واقعی تقسیم می‌شود. در راستای تعیین مقدار سوددهی پروژه لازم است کلیه مراحل عملیاتی کاهش آب بدون درآمد مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات مربوط به یک پایلوت، آب بدون درآمد در منطقه ۴ آب و فاضلاب تهران و راهکارهای پیشنهاد شده توسط مشاور پروژه، توجیه اقتصادی کلیه هزینه‌های مربوط به رفع تلفات در نظر گرفته شد. صرفه اقتصادی انجام راهکارهای پیشنهادی در دو حالت ارزش اقتصادی آب برای تعیین منافع حاصل و در چهار سناریو با نرخ تنزیل‌های مختلف مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان دهنده سودآوری مناسب اجرای راهکارهای آب بدون درآمد با در نظر گرفتن قیمت تمام شده آب برای تعیین سود پروژه، حتی در نرخ تنزیل‌های غیر واقعی و توجیه‌طلبانه اقتصادی در بودجه‌های عمومی است. اما در شرایطی که ارزش اقتصادی آب معادل قیمت خرید و فروش آب برای کاهش تلفات واقعی و ظاهری فرض شود، سودآوری پروژه با چالش مواجه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب بدون درآمد، تحلیل اقتصادی هزینه-فایده، قیمت آب، نرخ تنزیل، سامانه‌های آبرسانی

۱- مقدمه

شرکت آب و فاضلاب پولی به ازای آب تلف شده به دست نمی‌آورد، بلکه برای جبران این کمبود باید سرمایه‌گذاری مجددی برای استحصال منابع آب مورد نیاز انجام دهد. تلفات واقعی به دو دسته نشت مرئی یا شکستگی‌های گزارش شده و نشت نامرئی شامل نشت زمینه و شکستگی‌های گزارش نشده تقسیم می‌شود [۲].

بیشترین مصرف سرانه آب شرب به دلیل تغییر عادات زندگی در ارتباط با بهبود کیفیت زندگی در کشورهای در حال توسعه مشاهده می‌شود [۳]. افزایش تقاضای آب در صنعت نیز به دلیل صنعتی شدن کشورهای در حال توسعه بیشتر است. در نهایت، بر اثر افزایش جمعیت، بهبود در کیفیت زندگی و صنعتی شدن، نیازهای انرژی بیشتر خواهد شد.

حدود ۲۹ میلیارد متر مکعب آب تصفیه شده هر سال در قاره آسیا هدر می‌رود که هزینه‌ای در حدود ۹ میلیارد دلار برای آن برآورد شده است [۴].

نتایج طرح‌های کاهش آب بدون درآمد شهرهای مختلفی در

مدیریت آب شهری دهه‌های متمادی است که با مشکل تلفات آب مواجه است. رشد سریع شهرها، افزایش جمعیت، افزایش تقاضای آبی در کاربری‌های شرب، صنعت و کشاورزی منجر به کاهش آب در دسترس خصوصاً در مناطق شهری شده است. سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۴ اعلام کرد در بخش شهری تقاضای آب برای مصارف خانگی افزایش خواهد یافت، اما تخمین زده می‌شود این رشد در صنعت و تولید انرژی، بیشتر باشد [۱]. آب بدون درآمد، مابه‌التفاوت آب تولید شده با مصارف اندازه‌گیری شده است که به دو بخش تلفات ظاهری و واقعی تقسیم می‌شود. تلفات ظاهری، آب مصرف شده‌ای است که به دلیل انشعابات غیرمجاز، خطای انسانی، ابزار اندازه‌گیری و یا خطای مدیریت و راهبری سیستم، دقیقاً اندازه‌گیری نشده و هزینه آن به وسیله شرکت آب و فاضلاب وصول نشده است. تلفات واقعی ناشی از فرار فیزیکی آب از شبکه توزیع و انشعابات مشترکان است. در این مورد علاوه بر این که

خاص هستند، گرایش قوی به ارائه آمار کمتر از آمار واقعی وجود دارد [۴].

شبکه بین‌المللی تعیین معیارهای آب بهداشتی در پایگاه داده بانک جهانی عملکرد بیش از ۹۰۰ شرکت تأمین و توزیع آب را در ۴۴ کشور در حال توسعه بررسی کرد. میزان متوسط آب بدون درآمد در این بررسی حدود ۳۵ درصد عنوان شده است [۷].

جدول ۱ برآورد حجم آب بدون درآمد شهری در سراسر جهان را که در گزارش بانک جهانی منتشر شده است، نشان می‌دهد. بیش از ۳۲ میلیارد مترمکعب آب تصفیه شده از سیستم‌های تأمین آب شهری در سراسر جهان به هدر می‌رود. در حالی که فقط در حدود ۱۶ میلیارد مترمکعب از این آب به عنوان مصارف مجاز بدون درآمد تحویل داده شده است [۸].

همچنین در جدول ۲ هزینه تلفات آب بدون درآمد در سراسر جهان برآورد شده است. طبق این جدول، بیش از ۱۴ میلیارد دلار در سراسر جهان و حدود یک سوم این هزینه در کشورهای در حال توسعه از دست می‌رود [۸ و ۹].

لازم به ذکر است که برای کاهش تلفات و کاهش خسارت‌های مالی ناشی از آن، قیمت آب خیلی مهم است؛ چون در صورت اعمال قیمت‌های یارانه‌ای و یا غیر واقعی، عموماً راهکارهای کاهش آب بدون درآمد اقتصادی نخواهد بود. به همین دلیل عدم سودآوری می‌تواند منجر به اجرایی نشدن راهکارهای کاهش تلفات شود که در نتیجه معضل بحران و کمبود آب کمکان ادامه خواهد داشت. در این پژوهش، با توجه به

آسیا به همراه استراتژی‌های کلیدی افزایش ظرفیت تولید و توسعه شبکه‌ها در گزارش بانک توسعه اسلامی گردآوری شده است. با وجود آن حذف تمام آب بدون درآمد امکان‌پذیر است، اما کاهش آب بدون درآمد به نصف سطح کنونی خود در کشورهای در حال توسعه واقع بینانه‌تر به نظر می‌رسد. این کاهش به واسطه افزایش درآمد و کاهش هزینه هدر رفت می‌تواند درآمدی بیشتر از ۲/۹ بیلیون دلار در هر سال برای بخش آب تولید کند [۵].

تعداد حوادث و میزان نشت از شبکه‌های توزیع آب، ارتباط مستقیمی با مقدار فشار آب در شبکه دارد. به همین دلیل اندازه‌گیری و کنترل فشار هیدرولیکی موجود در شبکه‌های توزیع آب شهری می‌تواند عامل مؤثری در سنجش وضعیت شبکه توزیع و کاهش حوادث آن باشد. معمولاً با توجه به بروز برخی نقایص و یا نقاط ضعف در طراحی، اجرا و یا بهره‌برداری شبکه‌های توزیع آب، مقدار فشار از محدوده مقادیر توصیه شده تجاوز می‌کند. اضافه کردن ظرفیت ذخیره‌سازی به منظور کاهش هزینه‌های بهره‌برداری تأثیر مثبتی در هزینه‌های کل بهره‌برداری ندارد. در مجموع افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی، افزایش مصرف آب و انرژی را در پی دارد [۶].

عموماً داده‌ها و اطلاعات در دسترس آب بدون درآمد، بسیار محدود بوده و حتی گاهی اعتماد به همان اطلاعات محدود، اشتباه و گمراه‌کننده است. در کشورهایی که شرکت‌های مربوطه از نظر حقوقی و قانونی ملزم به نگه داشتن سطح تلفات زیر یک سطح

Table 1: Estimated Worldwide NRW Volumes [8]

جدول ۱ - حجم آب بدون درآمد شهری در سراسر جهان [۸]

	Population in 2002 (millions) جمعیت سال ۲۰۰۲	System input (lpcd) سرانه آب (lpcd)	NRW(% of system input) آب بدون درآمد (%)	Ratio نسبت		Volume(BCM/year) حجم (میلیارد مترمکعب بر سال)		
				Physical losses (%) تلفات واقعی (%)	Commercial losses (%) تلفات ظاهری (%)	Physical losses تلفات واقعی	Commercial losses تلفات ظاهری	Total NRW مجموع
Developed countries کشورهای پیشرفته	744.8	300	15	80	20	9.8	2.4	12.2
Eurasia (CIS) کشورهای قفقاز	178.0	500	30	70	30	6.8	9.2	9.7
Developing countries کشورهای در حال توسعه	837.2	250	35	60	40	16.1	10.6	26.7
		Total مجموع				32.7	15.9	48.6

Table 2: Estimated value of global NRW and its components [8]
جدول ۲- هزینه تلفات آب بدون درآمد در سراسر جهان [۸]

	Marginal cost of water (US\$/m ³) هزینه آب	Average tariff (US\$/m ³) متوسط تلفات	Estimated values billions of US\$/year)		
			Cost of physical losses هزینه تلفات واقعی	Lost revenue from commercial losses هزینه تلفات ظاهری (US\$/year)	Total cost of NRW مجموع هزینه‌های آب بدون درآمد (US\$/year)
Developed countries کشورهای پیشرفته	0.30	1.00	2.90	2.40	5.30
Eurasia (CIS) کشورهای قفقاز	0.30	0.50	2.00	1.50	3.50
Developing countries کشورهای در حال توسعه	0.20	0.25	3.20	2.60	5.80
Total مجموع			8.10	6.50	14.6

سطح اقتصادی راهکارهای آب بدون درآمد تعیین شد.

۲-۱- علل به وجود آورنده تلفات

علل ایجاد نشت فشار زیاد آب، بار ترافیک و پوشش یا عمق ناکافی لوله‌ها، خورده شدن شیمیایی یا الکتروشیمیایی لوله‌ها و اتصالات در اثر گذشت زمان، ضربه و بی‌دقتی در حمل، بسترسازی و نصب غیراستاندارد لوله‌ها و اتصالات، کیفیت نامناسب و نامرغوب بودن لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات، قدمت زیاد و فرسودگی لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات؛ لغزش زمین و رانش خاک، ضربه قوچ، کیفیت نامناسب طراحی و کیفیت نامناسب اجرا است [۱۰]. همچنین از عمده‌ترین دلایل تلفات ظاهری می‌توان به فقر فرهنگی، اقتصادی و کمبودها و ضعف‌های مدیریتی، قانونی، برنامه‌ریزی و آموزش اشاره کرد. جدول ۳ علل به وجود آورنده تلفات آب را جزء به جزء نمایش می‌دهد.

۲-۲- تحلیل اقتصادی

در توجیه اقتصادی رفع تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی، بررسی و تعیین دو عامل کل هزینه‌های مطالعات و عملیات رفع تلفات و ارزش آب بازیافتی رکن اساسی را ایفا می‌کنند. انجام مطالعات شناخت و کاهش آب بدون درآمد موقعی اقتصادی است که میزان هزینه‌های پرداختی جهت این امر از درآمدهای ناشی از کاهش آب بدون درآمد کمتر باشد. در شکل ۱ نمودار هزینه-فایده و میزان بهینه کاهش آب بدون درآمد نشان داده شده است [۱۰]. بر اساس شکل ۱ کاهش آب بدون درآمد در ابتدا با هزینه کمی می‌تواند انجام شود ولی هنگامی که مقدار تلفات از مقدار بهینه اقتصادی کمتر شود، گرچه می‌توان باز هم تلفات را کاهش داد ولی این کار اقتصادی نیست. مشاهده می‌شود که قیمت آب در تعیین نقطه بهینه تلفات، نقش به‌سزایی ایفا می‌کند.

اهمیت مطالعات آب بدون درآمد، بررسی راهکارهای اجرایی و عملیاتی کاهش آب بدون درآمد بر مبنای گزارش‌های مطالعات کاهش آب بدون درآمد منطقه ۴ تهران انجام شد. همچنین از آنجایی که نقش ارزش اقتصادی آب و انتخاب نرخ تنزیل اقتصادی به‌عنوان پارامترهای تأثیرگذار در تحلیل اقتصادی مطرح است، سناریوهای اقتصادی به‌منظور مقایسه سود و هزینه راهکارهای کاهش آب بدون درآمد طراحی شده و مقادیر اقتصادی متناظر آنها برآورد شده است. در نهایت نیز توسط سناریوهای طراحی شده تحلیل حساسیت اقتصادی انجام شده است و سطح اقتصادی راهکارهای آب بدون درآمد تعیین شده است.

۲- روش کار

در این تحقیق، ابتدا گزارش‌های آب بدون درآمد در منطقه ۴ تهران مورد تحلیل، بررسی و علت‌یابی قرار گرفت و سپس اجزای تأثیرگذار آن مشخص شد. در ادامه راهکارهای اجرایی و عملیاتی کاهش آب بدون درآمد در محدوده مورد مطالعه بررسی و مشخص شد. نتیجه این راهکارها گرچه موجب کاهش اجزای مختلف تلفات می‌شود، ولی ارزیابی اقتصادی و تعیین مقدار سوددهی پروژه، یک شاخص مهم برای تعیین اقتصادی بودن این پروژه‌ها است. در راستای تعیین مقدار سوددهی پروژه، لازم است کلیه مراحل عملیاتی کاهش آب بدون درآمد مورد بررسی و ارزیابی اقتصادی قرار گیرد. همچنین از آنجایی که نقش ارزش اقتصادی آب و انتخاب نرخ تنزیل اقتصادی به‌عنوان پارامترهای تأثیرگذار در آنالیز اقتصادی مطرح می‌باشند، سناریوهای اقتصادی به‌منظور مقایسه سود و هزینه راهکارهای کاهش آب بدون درآمد طراحی شده و مقادیر اقتصادی متناظر آنها برآورد شده است. در نهایت نیز توسط سناریوهای طراحی شده تحلیل حساسیت اقتصادی انجام شده و

Table 3: Causes of Water Losses [11]
جدول ۳ - علل به وجود آورنده تلفات آب [۱۱]

Real losse تلفات واقعی		Apparent Losse تلفات ظاهری	
Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective causes علل مؤثر	Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective causes علل مؤثر
Visible leaks (Reported incidents and pipe breaks) نشست مرئی (حوادث و شکستگی گزارش شده)	Inappropriate materials used for valves, pipes, and accessories انتخاب جنس نامناسب برای لوله ها، شیرها و متعلقات	Illegal connections انشعابات غیر مجاز	(Consumers') cultural ignorance فقر فرهنگی (مشترکین)
	Non-standard or faulty installation اجرای غلط و غیر استاندارد (عدم بسترسازی، پوشش و تراکم)		(Consumers') poverty or greed فقر اقتصادی (مشترکین)، زیاده خواهی اقتصادی
	Inadequacies in 122 system, failure to collect and record complete data on incidents ضعف در سیستم ۱۲۲ و عدم جمع آوری و ثبت کامل اطلاعات حوادث		Poor management (certainty of wrongdoers and offenders of the company's leniency or inability to sue or fine the offenders appropriately) ضعف مدیریتی (اطمینان متخلفین از عدم پیگیری توسط شرکت آبفا، عدم اعمال جریمه مناسب برای متخلفین)
	Slow and poor repair operations کم بودن سرعت و کیفیت تعمیرات		Legal inadequacies (ownership documentation in the outskirts of urban areas or the inefficiency of operation codes of water and waterwater companies ضعف قانونی (مشکلات ثبتی و خدمات شهری در حاشیه شهرها، ضعف در آیین نامه های عملیاتی شرکت آبفا)
	Lack of continuous monitoring and inspection of the network, valves, pumps, and storage tanks عدم پیمایش و بازرسی مستمر شبکه، شیر آلات، پمپ ها و مخازن		Failure to make timely records of new connections عدم ثبت به موقع اطلاعات انشعابات جدید
	Poor handling of pipes and accessories بی دقتی در حمل لوله و متعلقات		Failure to timely install connections or new meters عدم نصب به موقع انشعابات و کنتور جدید
	Poorly manufactured pipes and accessories کیفیت نامناسب در ساخت لوله و متعلقات		Management faults خطای مدیریتی
	Improper network design طراحی غلط شبکه		Failure to record timely readings عدم قرائت به موقع کنتور انشعابات جدید
	Untimely maintenance and renovation of network components عدم به سازی و نوسازی به موقع اجزای شبکه		Failure to identify malfunctioning water meters عدم شناسایی کنتورهای خراب
	Mismanagement of pressure along the network عدم مدیریت فشار در شبکه		Poor management ضعف مدیریتی
	Failure to identify the underlying causes of network failures عدم بررسی و تحلیل علل وقوع حادثه		Poor planning and scheduling ضعف برنامه ریزی
	Poor management of storage overflows ضعف در مدیریت سرریز مخازن		Poor training ضعف آموزش
Non-existence of remote management systems of telemetry or SCADA (for pumps and storage tanks) عدم استفاده از سیستم های مدیریت از راه دور (برای پمپ و مخزن) - تله متری و اسکادا	Poor planning and absence of optimized routes for meter eaders ضعف برنامه ریزی و نبود مسیر بهینه برای کنتور خوان		
Lack of a PM plan عدم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)	Personnel errors Meter errors خطای پرسنلی		
Shortage of funds at company level کمبود منابع مالی در شرکت آبفا	Poor supervision ضعف نظارت		
	Failure to employ new technologies عدم استفاده از فناوری های جدید		
	Poor management ضعف مدیریتی		

Table 3: (Cont'd) Causes of Water Losses [11]
ادامه جدول ۳ - علل به وجود آورنده تلفات آب [۱۱]

Real losse تلفات واقعی		Apparent Losse تلفات ظاهری	
Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective causes علل مؤثر	Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective causes علل مؤثر
Invisible leak نشت نامرئی Non-reported background leaks and pipe breakage نشت زمینه و شکستگی های گزارش نشده	Poor labor and staff training ضعف شرکت در آموزش کارگران و کارشناسان	Unbilled authorized consumption خطای کنتورها	Informed/intentional personnel errors تخلفات آگاهانه پرسنل
	Poor management (non-existence of updated drawings, failure to execute timely leak inspections) ضعف مدیریتی (عدم وجود نقشه های بهنگام، عدم شروع به موقع نشت یابی)		Improper selection of meter size and class (to ensure accuracy) انتخاب نادرست سایز و کلاس (دقت) کنتور
	Failure to perform step-by-step tests to identify high risk zones in isolated areas عدم انجام تست گام به گام و تشخیص مناطق با ریسک بالا در مناطق ایزوله		Poorly manufacture meters ضعف در ساخت
	Failure to detect the root causes of leaks in the network عدم ریشه یابی علل وقوع نشت در شبکه		Improper location and installation of meters جانمایی و نصب غلط
	Poor management (Non-existence of updated drawings and GIS, Non-existence of continual network monitoring, Failure to employ proper indices to schedule leak detection and maintenance operations) ضعف مدیریتی (عدم وجود نقشه های بهنگام، عدم وجود سیستم GIS، عدم پیمایش مستمر شبکه، عدم استفاده از شاخصهای مناسب برای تعیین زمان نشت یابی و تعویض)		Poor maintenance عدم نگهداری صحیح
	Failure to purchase and employ calibrated instrumentation عدم خرید و استفاده از ابزار اندازه گیری دقیق و کالیبره شده		Failurer to test in time and replace عدم تست و تعویض به موقع
	Failure to purchase/employ leak detection instruments and modern leak management techniques عدم خرید و استفاده از دستگاه های نشت یاب و روش های مدرن مدیریت نشت		Financial problems مشکلات مالی
	Selection of improper materials for pipes, valves, and accessories انتخاب جنس نامناسب برای لوله ها، شیرها و متعلقات		Lack of economic justification for meter replace meuts due to water prices عدم توجیه اقتصادی تعویض بدلیل قیمت کم آب
	Improper and non-standard implementation (lack of bedding, cover, and proper cover density) اجرای غلط و غیر استاندارد (عدم بسترسازی، پوشش و تراکم)		Legal inadequacies ضعف قانونی
	Non-existence of a PM plan عدم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)		Management inefficiency ضعف مدیریتی
	Lack of economic justificatiobn due to low water prices عدم توجیه اقتصادی به دلیل قیمت کم آب		Lack of supervision عدم نظارت
	Poorly manufactured pipes and accessories بی دقتی در حمل لوله و متعلقات		Unawareness of relevant organizations and agencies عدم آگاهی مؤسسات و ارگان ها از اهمیت اندازه گیری مصارف مجاز
Poorly manufactured pipes and accessories کیفیت نامناسب در ساخت لوله و متعلقات			

Table 3: (Cont'd) Causes of Water Losses
ادامه جدول ۳ - علل به وجود آورنده تلفات آب [۱۱]

Real losse تلفات واقعی		Apparent Losse تلفات ظاهری	
Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective Coues علل مؤثر	Components of NRW اجزای آب بدون درآمد	Effective cause علل مؤثر
	Improper network design طراحی غلط شبکه		
	Untimely maintenance and rennovation of network components عدم بهسازی و نوسازی به موقع اجزای شبکه		
	Mismanagement of pressure along the network عدم مدیریت فشار در شبکه		
	Failure to identify the underlying causes of network fauilures I عدم نشت یابی به موقع و استمرار آن		
	Shortage of funds at copmany level کمبود منابع مالی در شرکت آبفا		
	Poor labor and staff training ضعف شرکت در آموزش کارگران و کارشناسان		
	Inadequacines and shorcomings in operation and contract codes and instructions ضعف در آیین نامه های عملیاتی و قراردادها		

هزینه‌ها و اقساط سالانه و مقدار آب استحصال شده در مدت یک سال قیمت تمام شده یک متر مکعب آب تعیین می‌شود. ارزش اقتصادی آب شامل ارزش ذاتی آن در هر منطقه متناسب با شرایط طبیعی و اقلیمی در دسترسی به آب، ارزش سرمایه‌گذاری‌های تأمین، انتقال، توزیع و بازیافت آب برای بخش‌های مختلف مصرف است و ارزش آب بستگی به منطقه مورد مطالعه نیز دارد. همچنین در تعیین ارزش آب در مصارف مختلف، باید نیازهای پایه آب شرب و بهداشتی در چهارچوب الگوی مصوب برای شهر و روستا تأمین شود.

۲-۲-۲- روش ارزش فعلی

روش مرسوم محاسبه ارزش ذاتی یا واقعی، استفاده از تجزیه و تحلیل ارزش فعلی^۱ است. ارزش فعلی در علم اقتصاد، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش، جریان نقدینگی شامل درآمد و هزینه بر پایه زمان وقوع درآمد یا هزینه به نرخ روز تنزیل می‌شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا درآمد نیز لحاظ می‌شود. در روش ارزش فعلی، ابتدا تمامی هزینه‌ها و درآمدها بسته به اینکه در چه زمانی به وقوع خواهند پیوست، با نرخ بهره مناسبی تنزیل می‌شوند [۱۲]. ارزش فعلی توسط رابطه ۱ برآورد می‌شود.

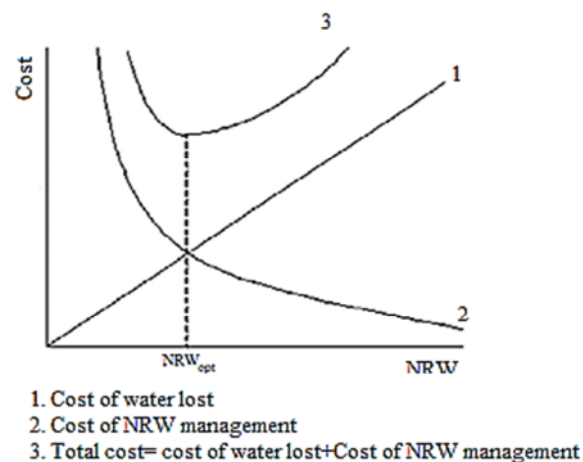


Fig.1: Cost-benefit diagram for the studies and executive operations of reducing NRW measures [10]

شکل ۱ - نمودار هزینه - فایده مطالعات و عملیات اجرایی کاهش آب بدون درآمد [۱۰]

۲-۲-۱- ارزش اقتصادی آب

به‌طور کلی ارزش اقتصادی آب می‌تواند قیمت تمام شده یک مترمکعب آب باشد که بنابر ضوابط تعیین می‌شود. تعیین این با توجه به مجموعه‌ای از هزینه‌های موجود برای تأمین، تصفیه، انتقال، ذخیره و نگهداری و توزیع آب در یک دوره یکساله انجام می‌شود و به این وسیله قیمت تمام شده آب محاسبه می‌شود. با جمع کردن کل

¹ Present Value Analysis (PVA)

مورد مطالعه دارای ۸۵ کیلومتر خط توزیع در ۱/۹ کیلومتر مربع مساحت با ۸۵۳۸ سطح مشترک تحت پوشش است. جدول ۴ بالانس آب در این پژوهش را نمایش می‌دهد.

۳-۱- شرح پژوهش

پژوهش در محدوده تحت پوشش مخزن ۲ منطقه ۴ آب و فاضلاب تهران نشان دهنده این امر بود که ۶۱ درصد کل هدر رفت در این محدوده در مدت زمان در نظر گرفته شده برای بالانسینگ، به هدر رفت واقعی اختصاص دارد. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، تأمین آب در محدوده مورد مطالعه فقط توسط خرید آب تصفیه شده تأمین می‌شود. به این ترتیب در این پژوهش دو حالت برای ارزش آب در نظر گرفته شده است:

حالت اول: برای دستیابی به منافع حاصل از راهکارهای کاهش تلفات فیزیکی، ارزش آب معادل قیمت خرید آب تصفیه شده برابر ۷۰۰۰ ریال و برای دستیابی به منافع حاصل از راهکارهای کاهش تلفات ظاهری قیمت فروش آب معادل ۳۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

حالت دوم: ارزش آب برابر قیمت تمام شده آب در نظر گرفته می‌شود. اما همان‌گونه که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد برای محاسبه قیمت تمام شده واقعی در هر منطقه نیاز به اطلاعات هزینه‌ای از مرحله تأمین، انتقال تا تصفیه است و به دلیل عدم دسترسی بودن این اطلاعات، در این پژوهش، قیمت تمام شده برابر ۱۰۰۰۰ ریال فرض شده است.

همچنین با توجه به اهمیت نرخ تنزیل در محاسبه اقتصادی سود پروژه، چهار سناریو زیر برای تحلیل حساسیت نرخ تنزیل اقتصادی در نظر گرفته شده است:

سناریو ۱: نرخ تنزیل صفر فرض شده است. به عبارتی شرایط اقتصادی اجرای پروژه بدون وابستگی به تورم در نظر گرفته شده است.

سناریو ۲: نرخ تنزیل برابر ۱۲ درصد (که اغلب در پروژه‌های عمرانی استفاده می‌شود) در نظر گرفته شده است. در صورتی که در فضای اقتصاد ایران این نرخ تنزیل، واقعی نیست زیرا تورم اقتصادی بیشتر از عدد در نظر گرفته شده است و در سرمایه‌گذاری‌های خصوصی قابل توجیه نیست. این فرض به دلیل در نظر گرفتن یارانه‌های دولتی در پروژه‌های عمرانی در نظر گرفته شده است، در صورتی که با اهداف کلان کشوری در رابطه با حذف یارانه‌ها و خصوصی‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب منافات دارد. سناریو ۳: نرخ تنزیل معادل ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است. زیرا اگر حداکثر سود بانکی در کشور ۲۰ درصد باشد، نرخ تنزیل مناسب

$$PV_t = \frac{C}{(1+i)^t} \quad (1)$$

که در آن، C: هزینه‌های زمان‌های آینده، t: تعداد دوره‌های زمانی و i: نرخ تنزیل است. بنابراین PV_t : ارزش فعلی پرداخت‌ها در انتهای دوره زمانی t است. همچنین انتخاب نرخ تنزیل بسیار مهم است و تأثیر قابل توجهی روی نتایج تجزیه و تحلیل ارزش فعلی دارد.

۲-۲-۳- نرخ تنزیل

پایه و اساس تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی، درک مفهوم این جمله است که هر رقم پیش‌بینی شده برای جریان‌های نقدی در سال‌های آتی، برابر یک سرمایه‌گذاری با نرخ سود سالانه در زمان حال است. بر اساس آنچه در بحث ارزش فعلی توضیح داده شد، در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی برای حذف عامل زمان در محاسبات، ارزش جریان‌های نقدی که در سال‌های آتی کسب می‌شود را با استفاده از ضریب، به ارزش روز تبدیل می‌نمایند. به‌طور معمول نرخ تنزیل در یک طرح سرمایه‌گذاری که برای محاسبه ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدهای پیش‌بینی شده برای سال‌های آتی طرح مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادل حداکثر نرخ سود بدون ریسک مانند نرخ سود سپرده بلند مدت بانکی و یا اوراق مشارکت به‌اضافه چند درصد برای پوشش ریسک سرمایه‌گذاری است. نرخ تنزیل که از آن می‌توان به‌عنوان یک استاندارد شاخص اقتصادی نام برد همان‌گونه که در بخش‌های قبلی و در مورد استاندارد شاخص اقتصادی اشاره شد، تابعی از زمان، مکان و صنعت مورد بررسی است و در شرایط مختلف با در نظر گرفتن همه موارد تأثیرگذار بر آن تعیین می‌شود و در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انتخاب نرخ تنزیل برای پروژه‌های عمرانی به دلیل تأثیر عوامل مختلف اجتماعی و اقتصادی بسیار پیچیده است. انتخاب نرخ تنزیل در پروژه‌های عمومی با سه رویکرد (۱) نرخ تنزیل صفر، (۲) نرخ تنزیل ثابت و (۳) نرخ تنزیل کاهنده نسبت به زمان انجام می‌شود [۱۳].

۳- مطالعه موردی

در این پژوهش تحلیل اقتصادی و مطالعه سود و هزینه‌های کاهش آب بدون درآمد در محدوده آب و فاضلاب منطقه ۴ شهر تهران و تحت پوشش مخزن شماره ۲ صورت گرفته است. قدمت تأسیسات آبرسانی منطقه و خطوط انتقال آن در این منطقه به بیش از ۴۰ سال می‌رسد و با توجه به افزایش جمعیت این محدوده طی سال‌های اخیر، به تناسب، نیازمند اصلاح، بازسازی و توسعه است که این امر اهمیت مطالعات آب بدون درآمد را بیشتر نشان می‌دهد. محدوده

Table 4: Water balance metrix for the study area (m³/day)
جدول ۴- جدول موازنه آب در محدوده مورد مطالعه (m³/day)

Supply محل تامین	Input ورودی	Total input کل ورودی	Output خروجی	Output خروجی	Components of NRW اجزاء آب بدون درآمد	Output خروجی	Output خروجی			
Well چاه	۰	22434	Authorized consumption مصارف مجاز	17547	Billed metered consumption (inc. water exported) آب تحویلی به دیگر شبکه ها (فروش کلی)	۰	Revenue Water آب با درآمد	17547		
Subterranean canal قنات	۰				17566	Billed authorized consumption مصارف مجاز با درآمد			Billed metered consumption مصارف اندازه گیری شده با درآمد (دارای قبض)	۱۷۵۴۷
									Billed unmetered consumption مصارف اندازه گیری نشده با درآمد (دارای قبض)	۰
Fountain چشمه	۰				18	Unbilled authorized consumption مصارف مجاز بدون درآمد			Unbilled Unmetered Consumption مصارف اندازه گیری نشده بدون درآمد (شستشوی شبکه)	۰
									Unbilled Metered Consumption مصارف اندازه گیری شده بدون درآمد	۱۸
									Unauthorized Consumption مصارف غیر مجاز	۰
Purchase of Treated Water خرید آب تصفیه شده	۲۲۴۳۴				1778	Apparent Losses هدر رفت ظاهری			Systematic Data Handling Errors خطاهای سیستماتیک داده گردانی	۱۰
									Metering Inaccuracies عدم دقت تجهیزات اندازه گیری	۲۴۷۵۵
									Leakage from distribution net work نشت از شبکه توزیع	۱۷۶۹
Inflow to the Treatment Plan ورودی به تصفیه خانه	۰				4869	Water losses هدر رفت آب			Leakage from transmission lines نشت خطوط انتقال	۰
		Overflows at Utility's storage tanks سرریز مخازن	۰							
		Leakage from storage tanks نشت از مخازن	۰							
Other Sources سایر منابع	۰	3091	Real Losses هدر رفت واقعی	Background losses حجم ناشی از تلفات زمینه	۱۹۳۷					
				Leakage Service connections نشت انشعابات مشترکین	۷۰۶					
						Non-Revenue Water آب بدون درآمد	4888			

Table 5: Cost of different measures of reducing NRW in the case study area (Thousand IR Rials)
جدول ۵ - هزینه‌های مربوط به راهکارهای کاهش هدر رفت در محدوده مطالعاتی (هزار ریال)

Row	Type of Losses	Strategic Approach	Unit	Quality	Unit Cost	Labor Cost+	Material Cost	Permit Cost	Total Cost
ردیف	نوع هدر رفت	راهکار ارائه شده	واحد	تعداد	هزینه هر واحد	هزینه دستمزد	هزینه مصالح	مجوز	جمع هزینه
1	Real Losses هدر رفت واقعی	Leak detection	Km	69	2000				138000
2		Connections Repair	Events	85	4300	2000	500	1800	731000
3		Main Pipe Repair	Events	1	20400	11000	4000	54000	89400
4		Valves Repairs	Events	1	6816	3000	816	3000	13632
5		Connections replacement	Unit	114	13520	4520	4200	48000	3082560
6		PRV Instalation	Machinery	6	225200	18000	200000		2659200
7		PRV chamber construction	m ³	6	95000	45800	42000	7200	1140000
8		Valves Monitoring	Round	130		30			39000
9		Pressure Control and Monitoring	Set	6		140 daily	300000		1800840
10	Apparent Losses هدر رفت ظاهری	Meter Replacement	Unit	54	4100	550	3600		445500
11		Large Meters Test and Calibration	Round	4	2500				10000

۴- تجزیه و تحلیل اقتصادی

به طور کلی برای توجیه اقتصادی هر پروژه باید منافع اقتصادی حاصل از پیاده‌سازی پروژه نسبت به هزینه‌های قابل پرداخت آن مورد ارزیابی قرار گیرد تا نسبت به سودمندی آن بررسی‌های لازم انجام شود. مجموع برنامه‌های کاهش هدر رفت در شبکه‌های آبرسانی نیز از این قاعده مستثنی نیست. در واقع باید با در نظر گرفتن فواید اقتصادی حاصل از این برنامه‌ها، نسبت به اقتصادی بودن یا نبودن برنامه‌های کاهش هدررفت اظهار نظر کرد. برای تعیین منافع اقتصادی حاصل از فعالیت‌های کاهش هدررفت‌های واقعی و ظاهری در شبکه‌های آبرسانی، باید مقدار آبی که در اثر کنترل هر یک از عوامل هدررفت حاصل می‌شود، محاسبه شود.

۴-۱- مزایای اقتصادی کاهش هدر رفت واقعی

با مشخص کردن قیمت آب بازیافتی در عملیات نشت‌یابی و رفع آن، مقدار مجموع منافع اقتصادی به دست آمده از آب‌های بازیافتی در منطقه مورد نظر از شبکه، مورد بررسی قرار گرفته و مقدار درآمد حاصله محاسبه می‌شود. از دیگر منافع می‌شود که در اثر برنامه‌های کاهش

برای انجام محاسبات طرح و برآورد شاخص‌های مالی آن با توجه به ریسک سرمایه‌گذاری، در حدود ۲۵ درصد خواهد بود. این به آن مفهوم است که هزینه‌ها و درآمدهایی که برای طرح در طی سال‌های آتی پیش‌بینی می‌شود، براساس نرخ تنزیل ۲۵ درصد سالانه است. به این ترتیب در این سناریو سرمایه‌گذاری طرح کاهش آب بدون درآمد با سپرده‌گذاری در بانک که دارای نرخ سود سالانه ۲۵ درصد است، مقایسه می‌شود.

سناریو ۴: نرخ تنزیل اقتصادی، متناسب با شرایط ایران و اهداف کلان اقتصادی در رابطه با کاهش تورم در نظر گرفته شده است. در این سناریو نرخ تنزیل در سال ابتدای دوره طرح برابر ۲۵ درصد بوده که با شیب خطی در انتهای دوره طرح به ۱۲ درصد می‌رسد.

۴-۲- راهکارهای پیشنهادی در محدوده مطالعاتی

راهکارهای پیشنهادی به منظور کاهش آب بدون درآمد در دو دسته کلی هدر رفت واقعی و ظاهری مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۵ تقسیم‌بندی هزینه‌های مربوط به راهکارهای کاهش هدررفت این پژوهش را نشان می‌دهد.

داده شده است.

جدول ۶ و شکل‌های ۲ و ۳ نشان دهنده حساسیت زیاد آنالیز اقتصادی به تعیین نرخ تنزیل و مخصوصاً ارزش اقتصادی آب انتخاب شده برای تعیین منفعت حاصل از اجرای پروژه است. چنانچه مقدار نسبت سود به هزینه کمتر از یک باشد، یعنی سودی از عملیات حاصل نشده است. همچنین محل برخورد نمودار مجموع ارزش فعلی خالص با محور افقی نشان دهنده سال شروع بازگشت سرمایه است.

در شکل ۲ با فرض قیمت خرید آب برای راهکارهای تلفات فیزیکی و قیمت فروش آب برای راهکارهای تلفات ظاهری سودآوری سناریوی ۱ پس از سال ششم با نسبت سود به هزینه برابر $1/4$ به دست می‌آید. در صورتی که با همین ارزش‌گذاری منافع، در نرخ تنزیل ۱۲ درصد، سودآوری اندک پروژه پس از سال دوازدهم به وقوع می‌پیوندد. در این سناریو نسبت سود به هزینه تقریباً برابر یک است و به این معنی است که طرح کاهش آب بدون درآمد منفعتی را به دنبال ندارد. در سناریوهای ۳ و ۴ نیز که نرخ تنزیل اقتصادی با تورم جامعه هماهنگ‌تر است، عدم بازدهی اجرای پروژه آب بدون درآمد در دوره طرح کاملاً مشهود است.

نسبت سود به هزینه کمتر از یک نیز نشان‌دهنده همین امر است. به عبارت دیگر نرخ تنزیل ۲۵ درصد در سناریوی ۳ و نرخ تنزیل کاهنده نسبت به زمان از ۲۵ درصد به ۱۲ درصد در سناریوی ۴، در شرایط فرض قیمت خرید آب برای راهکارهای تلفات فیزیکی و قیمت فروش آب برای راهکارهای تلفات ظاهری بازگشت سرمایه‌ای رخ نمی‌دهد مگر آنکه نرخ تنزیل مطابق سناریوهای ۱ و ۲ در نظر گرفته شود. این نتیجه همان اقدامی است که عموماً در پروژه‌های عمرانی از جمله مطالعات کاهش آب بدون درآمد انجام می‌شود. به این طریق سرپوشی بر عدم در نظر گرفتن ارزش واقعی اقتصادی آب نهاده می‌شود در صورتی که این امر با واقعیت فضای اقتصادی ایران منافات دارد.

در شکل ۳ قیمت تمام شده آب به‌عنوان ارزش آب در محاسبه سود پروژه در نظر گرفته شده است. نتایج نشان دهنده سودآوری مناسب اجرای راهکارهای آب بدون درآمد است. سناریوهای چهارگانه نرخ تنزیل در این حالت نشان دهنده حساسیت در تعیین شیب و حداکثر مجموع ارزش فعلی خالص در دوره طرح است. همچنین حساسیت در سال شروع بازگشت سرمایه در این حالت کمتر شده و نتایج نشان می‌دهد، تقریباً پس از سال دوم طرح در هر چهار سناریو بازگشت سرمایه به وقوع می‌پیوندد.

هدر رفت واقعی در شبکه‌های آبرسانی ایجاد می‌شود، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از کاهش تکرار رخداد حوادث در شبکه است. ارزیابی اقتصادی فعالیت‌های کاهش هدر رفت واقعی را می‌توان به صورت گام به گام انجام داد، این گام‌ها عبارت‌اند از:

۱- شناسایی محل رخداد نشت و ارزیابی تخمینی مقدار نشت قابل رخداد در آن با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری موجود همچون اندازه‌گیری جریان شبانه و یا تخمین آن با استفاده از روش مقایسه‌ای بین مناطق مشابه؛

۲- ارزیابی قیمت فروش مقدار آب بازیافتی و میزان منفعت مالی حاصل از عملیات کاهش مقدار هدر رفت واقعی؛

۳- ارزیابی هزینه‌های مربوط به عملیات کاهش هدررفت‌های واقعی؛

۴- مقایسه منافع اقتصادی این عملیات با هزینه‌های مطالعات و اجرایی مربوط به آن.

لازم به ذکر است که در ابتدای پروژه برای تهیه دستگاه‌ها و لوازم مورد نیاز عملیات مربوطه از جمله دستگاه‌های نشت‌یابی نیاز به سرمایه‌گذاری هنگفتی است، اما به این دلیل که هزینه اشاره شده برای کل سیستم در نظر گرفته شده، درصدی از این هزینه به‌عنوان مقدار استهلاک دستگاه‌ها منظور شده است.

۴-۲- مزایای اقتصادی کاهش هدررفت ظاهری

در مقابل هزینه‌هایی که در عملیات کاهش هدررفت ظاهری در مقابل هزینه‌هایی که ایجاد می‌کند، همچون هزینه اصلاح انشعابات و یا نصب کنتورهای نو و با حساسیت و دقت بالا به جای کنتورهای قدیمی‌تر، موجب کاهش سالانه مقدار هدر رفت ظاهری می‌شود. در واقع با کاهش خطی اندازه‌گیری مصرف مشترکان و جلوگیری از مصارف غیرمجاز و دیگر موارد، حجم بالایی از آب تولید شده و هدر رفته دوباره بازیابی می‌شود و منفعت مالی ایجاد می‌شود.

همان‌گونه که در روش پژوهش ذکر شد چهار سناریو بر مبنای نرخ تنزیل‌های متفاوت و در دو حالت طراحی شده برای ارزش آب برآورد و مقایسه شده است. در جدول ۶ هزینه‌های مربوط به راهکارهای کاهش آب بدون درآمد بر اساس سناریوهای طراحی شده آورده شده است. شکل‌های ۲ و ۳ نیز نمودار هزینه‌های مربوط به سناریوهای راهکارهای کاهش هدررفت در محدوده مطالعاتی بر مبنای قیمت تمام شده آب، قیمت خرید آب و قیمت فروش نمایش

Table 6: Cost of different scenarios to reduce NRW (milion IR Rials)
جدول ۶ - هزینه‌های مربوط به راهکارهای کاهش آب بدون درآمد بر اساس سناریوهای طراحی شده

	Scenario 1: Interest rate = 0% سناریوی ۱: نرخ تنزیل صفر	Scenario 2: Interest rate = 12% سناریوی ۲: نرخ تنزیل ۱۲٪	Scenario 3: Interest rate = 25% سناریوی ۳: نرخ تنزیل ۲۵٪	Scenario 4: with reducing Interest rate سناریوی ۴: نرخ تنزیل ۲۵٪ کاهنده با زمان
Appraisal period (years) دوره طرح	25	25	25	25
Capital Costs (million IR Rials) هزینه سرمایه گذاری برای کاهش تلفات (میلیون ریال)	10,969	10,969	10,969	10,969
Whole Priod Life Costs (million IR Rials) مجموع هزینه دوره طرح (میلیون ریال)	57,215	57,215	57,215	57,215
Economic analysis on the basis of real water price (milion IR Rials) تحلیل اقتصادی بر مبنای ارزش واقعی آب				
Present Value of Benefits ارزش فعلی سود (میلیون ریال)	162,967	54,108	29,042	31,560
Present Value of Costs ارزش فعلی هزینه (میلیون ریال)	57,215	24,378	16,848	17,627
Benefit Cost Ratio $\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}}$	2.85	2.22	1.72	1.79
Present Net Value ارزش فعلی خالص (میلیون ریال)	10,5752	29,729	12,194	13,933
Economic analysis on the basis of the purchase price of water for real losses and selling price for apparent losses (milion IR Rials) تحلیل اقتصادی بر مبنای قیمت خرید آب برای راهکارهای تلفات فیزیکی و قیمت فروش آب برای راهکارهای تلفات ظاهری				
Present Value of Benefits ارزش فعلی سود (میلیون ریال)	79820	26502	14225	15458
Present Value of Costs ارزش فعلی هزینه (میلیون ریال)	57215	24378	16848	17627
Benefit Cost Ratio $\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}}$	1.4	1.09	0.84	0.88
Net Present Value ارزش فعلی خالص (میلیون ریال)	22605	2123	-2623	-2169

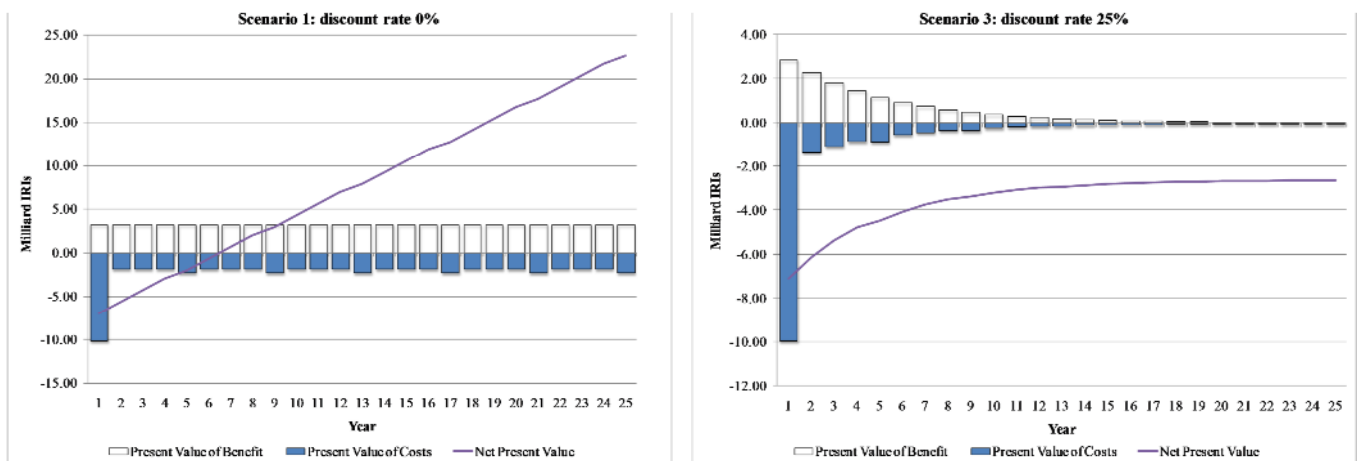


Fig. 2: Cost diagrams for the different scenarios of reducing NRW based on purchase water price for real losses and selling water price for apparent losses

شکل ۲ - نمودار هزینه‌های مربوط به سناریوهای راهکارهای کاهش هدر رفت در محدوده مطالعاتی بر مبنای قیمت خرید آب برای راهکارهای کاهش تلفات فیزیکی و قیمت فروش آب برای راهکارهای کاهش تلفات ظاهری

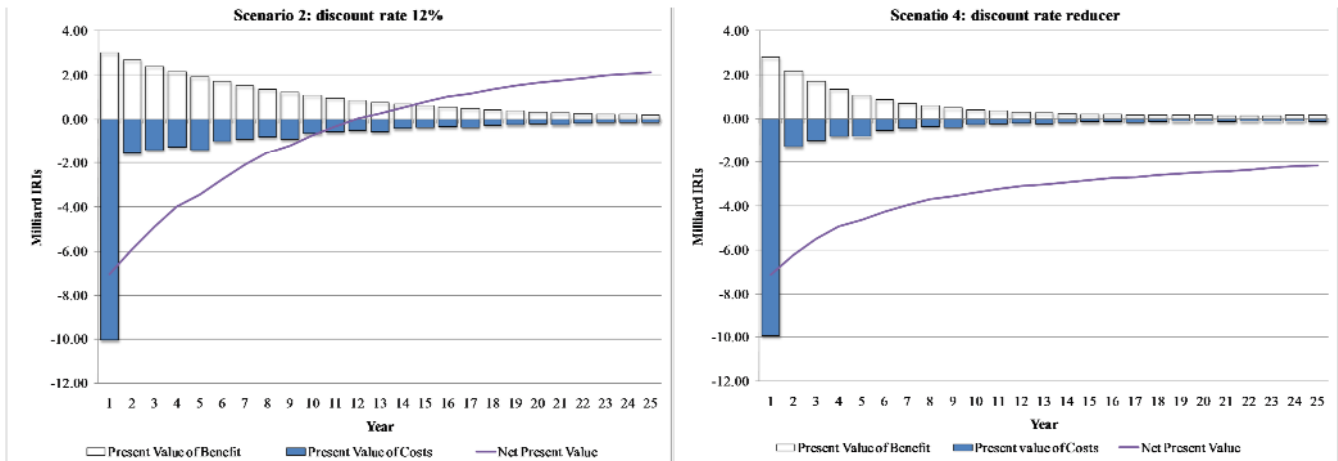


Fig. 2: (Cont'd) Cost diagrams for the different scenarios of reducing NRW based on purchase water price for real losses and selling water price for apparent losses
 ادامه شکل ۲- نمودار هزینه‌های مربوط به سناریوهای راهکارهای کاهش هدر رفت در محدوده مطالعاتی بر مبنای قیمت خرید آب برای راهکارهای کاهش تلفات فیزیکی و قیمت فروش آب برای راهکارهای کاهش تلفات ظاهری

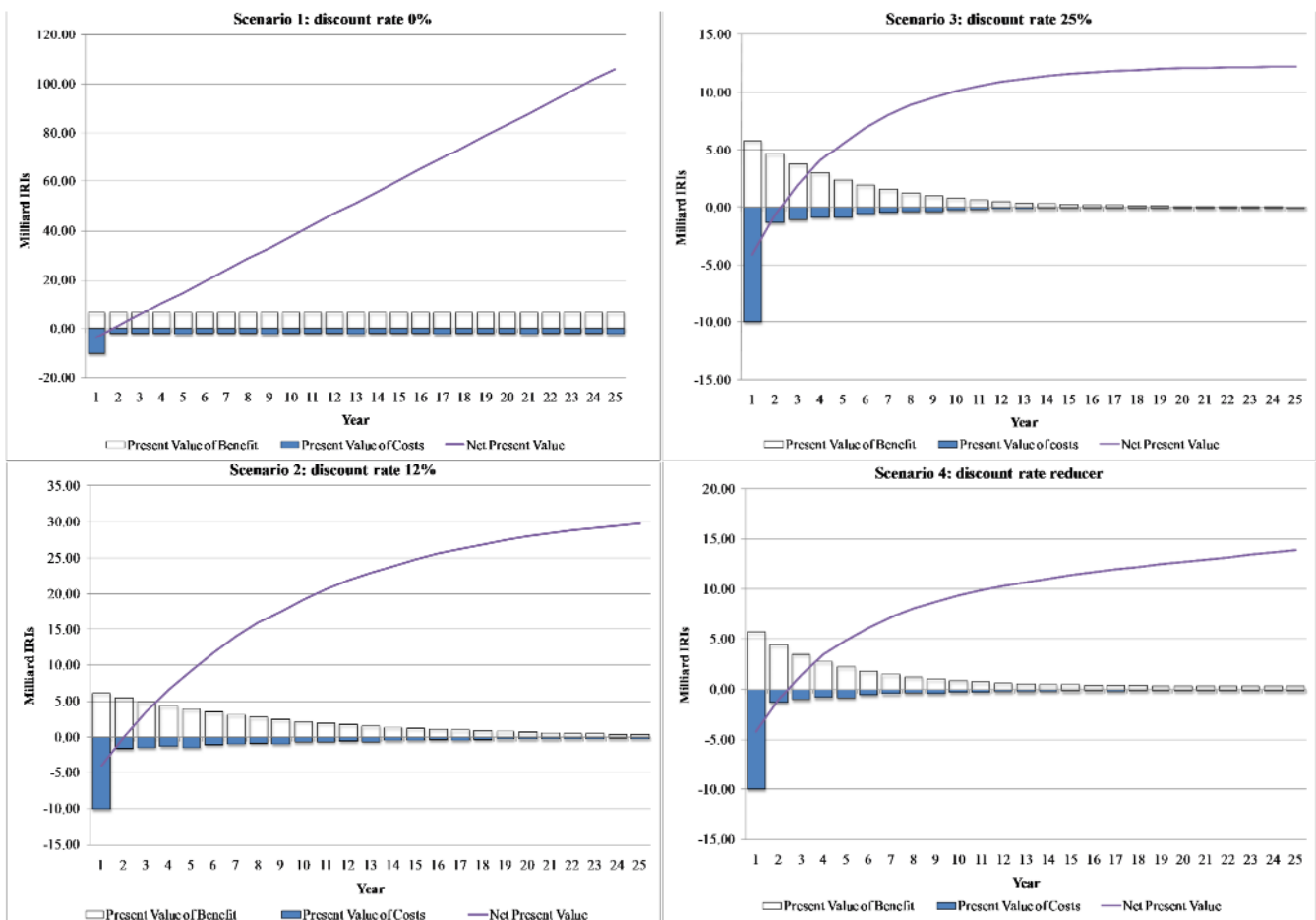


Fig. 3: Cost diagrams for the different scenarios of reducing NRW based on real water price
 شکل ۳- نمودار هزینه‌های مربوط به سناریوهای راهکارهای کاهش هدر رفت در محدوده مطالعاتی بر مبنای قیمت واقعی آب

۵- نتیجه‌گیری

فرض قیمت خرید آب برای سودآوری راهکارهای تلفات واقعی و قیمت فروش آب برای سودآوری راهکارهای تلفات ظاهری، تنها در شرایطی می‌توان انتظار سود داشت که نرخ تنزیل متناسب با توجیحات حمایت‌رسان دولتی در این‌گونه پروژه‌ها در نظر گرفته شود. در صورتی که این امر خود با اهداف درازمدت دولت در مورد خصوصی‌سازی پروژه‌ها منافات دارد.

در هر حال، تفاوت قیمت واقعی با قیمت و هزینه‌های خرید و فروش آب در آنالیز اقتصادی یک معضل مهم و اساسی به شمار می‌رود. در صورت محاسبه نکردن قیمت واقعی آب، در حقیقت بی‌ارزش بودن آب با وجود ارزش واقعی آن در اقتصاد پروژه تزریق شده است. بنابراین محاسبه ارزش واقعی آب در آنالیز اقتصادی مطالعات آب بدون درآمد فرایندی است که باید با دقت و شدت دنبال شود و با حرکت به این سو اقتصاد این بخش را سالم‌سازی کرد تا از این رهگذر امکان مدیریت دقیق و کارشناسانه در مورد کاهش تلفات مهیا شود.

۶- قدردانی

بدینوسیله از شرکت آب و فاضلاب منطقه ۴ تهران و شرکت آب، صنعت انرژی که داده‌های مورد نیاز این پژوهش را در اختیار نویسندگان قرار دادند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

در این پژوهش با استفاده از راهکارهای پیشنهاد شده توسط مشاور طرح، توجیه اقتصادی کلیه هزینه‌های مربوط به رفع تلفات، در نظر گرفته شد و مشخص شد که انجام این عملیات صرفه اقتصادی دارد یا خیر. در مبحث آب بدون درآمد هدف، بازگرداندن آبی است که قسمتی از آن به علت تلفات مختلف از دست می‌رود. یعنی بازگرداندن آبی که مخارج تامین آن پرداخت شده و در مورد تأمین آن سرمایه‌گذاری‌های لازم انجام شده است. با شناسایی مقدار آب برگشتی براساس عملیات کاهش تلفات و تعمیرات لازم، هزینه‌های لازم تخمین زده شده و با مقایسه بین هزینه انجام عملیات، به بررسی بازده اقتصادی که وابستگی زیادی به ارزش اقتصادی آب و نرخ تنزیل دارد، پرداخته شد.

نتایج به دست آمده از تحلیل اطلاعات پایلوت منطقه ۴ آب و فاضلاب تهران نشان می‌دهد با فرض ارزش واقعی آب، در شبیه سازی واقع بینانه و متناسب با سیاست‌های کلان اقتصادی (نرخ تنزیل کاهنده نسبت به زمان از ۲۵ درصد به ۱۲ درصد) با سودآوری همراه است. سودآوری اجرای راهکارهای آب بدون درآمد در چنین شرایطی با بازگشت سرمایه دو ساله به وقوع می‌پیوندد.

سودآوری اجرای راهکارهای آب بدون درآمد در چنین شرایطی با بازگشت سرمایه دو ساله به وقوع می‌پیوندد. همچنین با

۷- مراجع

References

1. UN Water. (2014). *The United Nations world water development Report 2014*, Water and Energy, UNESCO, Paris, France.
2. Tabesh, M. (2015). *Advanced modeling of water distribution networks*, University of Tehran Press, Tehran, Iran. (In Persian)
3. Gonzalez-Gomez, F., Garcia-Rubio, M. A., and Guardiola, J. (2011). "Why is non-revenue water so high in so many cities?" *Water Resources Development*, 27(2), 345-360.
4. Frauendorfer, R., and Liemberger, R. (2010). "The issues and challenges of reducing non-revenue water." Asian Development Bank.
5. Tortajada, C. (2010). "Water governance: Some critical issues." *Water Resources Development*, 26(2), 297-307.
6. Colombo, A. F., and Karney, B. W. (2005). "Impacts of leaks on energy consumption in pumped systems with storage." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(2), 146-155.
7. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). (2015). Available from: <<http://www.ib-net.org/>> (March 2016)
8. Kingdom, B., Liemberger, R., and Marin, P. (2006). *The challenge of reducing Non-Revenue Water (NRW) in developing countries*, The World Bank, Washington DC, USA.
9. IWA. (2000). *The blue pages*, International Water Association, USA.
10. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. (2012). *Guideline for determining effective parameters on unaccounted for water (UFW) and water losses reduction schemes*, Report No. 556, Tehran, Iran.
11. Tabesh, M., Roozbahani, A., Rasi-Faghihi, N., Roghani, B., Heydarzadeh, R., Beygi, S., and Salehi, S., (2016). *An algorithm for risk analysis and management of different effective threats on non-revenue water due to design, construction and operation of water distribution networks*, Technical Report, University of Tehran.
12. Kaen, F. R. (1995). *Corporate finance: Concepts and policies*, Blackwell Business.
13. Rambaud, S. C., and Torrecillas, M. J. M. (2005). "Some considerations on the social discount rate." *Environmental Science and Policy*, 8(4), 343-355.