

تحلیل وضعیت منابع آب حوزه سد لتیان بر اساس مدل مفهومی DPSIR

مهدی نعمتی^{۱*}

Nemati_88@ymail.com

امین سرداری چرمی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۵

چکیده

یکی از گام‌های اساسی در مدیریت منابع آب ارزیابی از وضعیت منابع آبی است. چارچوب DPSIR با ارزیابی علل اصلی وقوع وضعیت- موجود تصمیم‌گیران حوزه منابع آب را در حل بنیادی مسأله یاری می‌رساند. چارچوب تحلیلی DPSIR مفهوم تازه‌ای نیست اما از یک‌کار پیش‌تاز به وسیله سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) پدید آمد و در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی به چاپ رسید. در این مطالعه بر مبنای چارچوب DPSIR، یک مدل مفهومی برای ارزیابی وضعیت موجود منابع آب حوزه سد لتیان در جهت یکپارچه‌سازی شاخص‌های اجتماعی- اقتصادی و محیط زیستی ارائه شده است. در نهایت، پس از ارزیابی وضعیت منابع آب حوزه آبریز سد لتیان، پاسخ‌های مناسبی برای مواجهه با وضعیت منابع آبی منطقه ارائه شد. این پاسخ‌ها در جهت حذف و یا کاهش اثرات نامطلوب عوامل تأثیرگذار انسانی و طبیعی بر روی منابع آبی است. نتایج نشان می‌دهند که افزایش میانگین سالانه دمای روزانه تهران در نیم قرن گذشته به اندازه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد و نیز افزایش جمعیت شهر تهران در بازه زمانی مشابه به بیش از ۱۱ برابر، کاهش سطح آب‌خوان شهر تهران را در پی داشته است، که با توجه روند تغییرات اقلیمی و پارامترهای کیفی آب، کاهش سطح آب‌خوان بیش‌تر ناشی از نیروی محرک انسانی است.

کلمات کلیدی: مدل مفهومی، چارچوب DPSIR، سد لتیان.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، رودهن، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، رودهن، ایران.

مقدمه

چارچوب‌ها برای ساختار بندی نشان‌گرها، تولید مجموعه‌ای متوازن از آن‌ها و ایجاد ارتباط با کارکرد آن‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹). چارچوب‌ها همچنین به مدل‌ساز کمک می‌کنند تا روابط علت و معلولی را به شکلی شفاف معین کند به این ترتیب اثر ورودی‌ها بر روی نشان‌گرها نیز مشخص خواهد شد و با ایجاد یک چشم انداز مدیریتی به توسعه مدل‌ها کمک می‌کنند. علاوه بر این نشان‌گرهایی که از چارچوب‌ها استخراج می‌شوند، می‌توانند به تعریف شاخص و معیار جهت اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف مدیریتی نیز کمک کنند همان‌طور که در پروژه MULINO توسط Giupponi و همکاران (۲۰۰۴) از این کارکرد به خوبی بهره‌گرفته شده است (۱۰).

مواد و روش‌ها

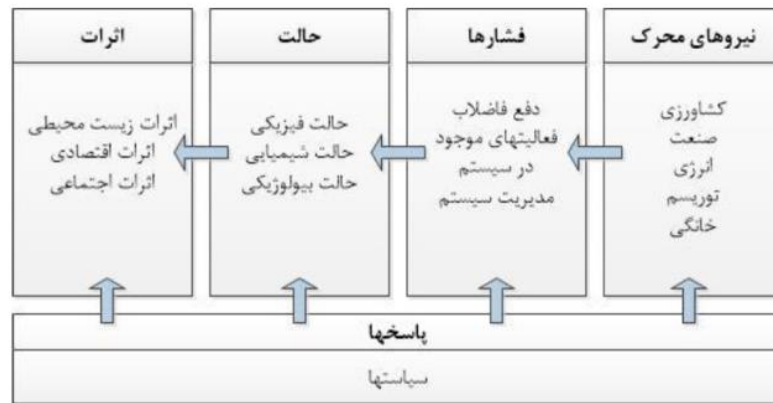
۱. مدل مفهومی DPSIR

DPSIR ابزاری است برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی به روشی سیستماتیک که در جهت فراهم آوردن مبنایی برای تحلیل با جزئیات بیش‌تر است (۱۱). این مدل چارچوبی برای تحلیل کاربردی و ساختاری برای عکس-العمل‌های علت و معلولی مسایل محیط زیستی است (۱۲). این چارچوب در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی به وسیله سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (۱۳) به عنوان ابزاری از نشان-گرهای ساختار یافته و سازمان‌دهی شده پیشنهاد شد. قبل از این نیز چارچوب‌های محیط زیستی مانند PSR و DSR ساخته شده بود اما DPSIR به عنوان یک چارچوب مفهومی تعمیم یافته به وسیله آژانس محیط زیست اروپا در سال ۱۹۹۵ به تصویب رسید. DPSIR برای نشان دادن روابط علت و معلولی بین سیستم‌های محیط زیستی و انسانی ترویج یافت. این مدل در اصل برای تبیین وضعیت محیط زیستی کشورها در اتحادیه اروپا مورد استفاده قرار گرفته است. ویژگی مشخص این مدل توانایی برقراری ساده ارتباط بین عوامل اقتصادی-اجتماعی و محیط زیست است. از جمله قابلیت‌های این مدل می‌توان به: ایجاد ارتباط بین عوامل اقتصادی-اجتماعی و محیط زیستی، ایجاد سهولت در تعریف متغیرهای کمی،

پروژه‌های مدیریت منابع آب پیچیده و شامل ابعاد مختلفی هستند، از جمله طبیعت مسأله، مشکلات تکنولوژیکی و موضوعات سیاسی (۱). مدیریت منابع آب به صورت گسترده‌ای در بخش‌های مختلف صنعتی، کشاورزی و شرب مورد توجه محققان بوده است. J. Vreke (۲) یک مدل بهینه به منظور پشتیبانی از ارزیابی تخصیص بالقوه در سطوح خاص مدیریتی ارائه کرد. Pham و همکاران (۳) یک چارچوب سیستمی متوازن آب به منظور کمیت بخشیدن به همه جریان‌های آب طبیعی و یا جریان‌های آب حاصل از فعالیت‌های انسانی که به داخل پارک‌های صنعتی جریان یافته و از آن خارج می‌شوند ارائه دادند. Singh (۴) به مروری بر کاربردهای GIS در مدیریت مشکلات منابع آب در بخش آبیاری کشاورزی پرداخت. Li و همکاران (۵) از یک مدل معتبر اصلاح شده فازی به نام MFCCP^۱ به منظور مدیریت آبیاری سیستم‌های کشاورزی تحت شرایط نامعین استفاده کردند. Afzal و همکاران (۶) اثرات دو روش متفاوت آبیاری را به منظور بهبود مدیریت منابع آب مورد ارزیابی قرار دادند. Carrasco و همکاران (۷) روشی برای تفسیر مقادیر شاخص که می‌تواند منجر به نتیجه‌گیری در مورد قابلیت اطمینان و آسیب‌پذیری سیستم‌های کمبود آب شود پیشنهاد دادند. Rotmans و Asseltvan (۱۹۹۶) (۸) در مورد اهمیت چارچوب‌ها در مشخص کردن روابط علت و معلولی و نقش آن‌ها در فرآیند ارزیابی یکپارچه بحث کرده‌اند. در حقیقت چارچوب‌ها برای تعیین نشان‌گرها به کار می‌روند و نشان‌گرها وضعیت سیستم و مقدار حرکت آن به سمت هدف را که در فاز شناسایی سیستم معین شده است، مشخص می‌کنند. نشان-گرها برای مشاهده، توصیف و ارزش‌یابی وضعیت واقعی سیستم و مقایسه وضعیت موجود با وضعیت دلخواه به کار برده می‌شوند. همچنین می‌توانند پیچیدگی‌های سیستم را به اعداد قابل مدیریت تبدیل کنند و اطلاعات مفیدی برای فرآیند تصمیم‌گیری فراهم آورند. بنابراین نشان‌گرها در فاز مفهوم‌سازی با استفاده از چارچوب‌های مفهومی تولید می‌شوند.

فرآیندهای اقتصادی اجتماعی و فعالیت های انسانی ریشه دارد و موجب بروز "فشار" مانند تولید آلودگی بر روی "حالت" محیط زیست (محیط های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی و غیره) خواهد شد.

برقراری رابطه زنجیره علیت بین عوامل مورد بررسی و کمک به طراحی سیاست های برخورد در برابر مسایل و مشکلات اشاره کرد. مطابق مدل DPSIR زنجیره ای از ارتباطات علیتی وجود دارد که با "نیروهای محرک" شروع می شود. این نیروها در



شکل ۱- چارچوب DPSIR برای مدیریت منابع آب (۱۴)

منجر به تأمین یک نیاز می شوند. این فعالیت ها به عنوان نتیجه ای از فعالیت های تولید و مصرف، فشارهایی را بر محیط زیست اعمال می نمایند که می توان آن ها را تحت سه عنوان مصرف بیش از اندازه منابع محیطی، تغییر در کاربری اراضی و انتشار آلاینده ها تعریف کرد. مولفه دیگر "حالت ها" یا همان "وضعیت ها" است. تحت تأثیر فشارها، وضعیت محیط زیست تغییر می یابد. این وضعیت ها شامل کیفیت آب، کیفیت هوا (در سطوح مختلف محلی، شهری، ملی و منطقه ای) و اکوسیستم ها (تنوع زیستی، پوشش گیاهی موجودات زنده آبی و خاکزی) و وضعیت خاک هستند. "اثرات" به عنوان مولفه دیگر چارچوب در نظر گرفته شده است. تغییرات در وضعیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی محیط زیست، کیفیت اکوسیستم ها و رفاه انسانی را تحت تأثیر قرار می دهد. در نهایت "پاسخ ها" که از جانب جامعه و یا سیاست گذاران در نتیجه یک عامل نامطلوب هستند و قادر خواهند بود هر بخشی از زنجیره میان نیروهای محرک تا اثرات را تحت تأثیر قرار دهند. چارچوب DPSIR برای توصیف ارتباطات بین ریشه مسایل و عواقب ناشی از آن ها مناسب است (۲۰). چارچوب DPSIR در اصل برای گزارش های محیط زیستی تعریف شده

این فشارها باعث وارد آمدن اثرات بر روی سلامت و کارکرد اکوسیستم ها و سلامت انسان خواهد شد که سرانجام برای رفع آن ها "عکس العمل های" سیاستی لازم می باشد. شکل (۱) رابطه بین این اجزا را به خوبی نشان داده است. اخیراً مدل DPSIR برای توسعه شاخص های بین رشته ای، درک مدل و ساختار سیاست تحقیقات مربوطه مورد استفاده قرار گرفته است (۱۵). این چارچوب در تعداد زیادی از طرح های پژوهشی اتحادیه اروپا با هدف پشتیبانی از تصمیم گیری اعمال شده است (۱۶). در ایران نیز مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران گزارشی درباره وضعیت محیط زیست شهر تهران با چارچوب DPSIR ارائه داده است که در مقاله حاضر نیز از برخی آمار و اطلاعات موجود در این گزارش با ذکر منبع موجود در گزارش استفاده شده است (۱۷). چارچوب DPSIR نمونه ای از یکپارچه سازی دانش رشته های مختلف و یکی از راه های توضیح روابط علت و معلولی بین محیط زیست و عوامل اجتماعی و اقتصادی است (۱۸). مولفه های چارچوب عبارتند از (۱۹): "نیروهای محرک" که برخاسته از یک نیاز می باشند. مولفه دیگر چارچوب "فشار" می باشد. نیروهای محرک به واسطه فعالیت های انسانی هم چون حمل و نقل و یا تولید غذا،

است. اما بعدها در حیطه‌های مختلف مورد توجه و استفاده قرار گرفت (۲۱).

۲. معرفی حوزه آبریز سد لتیان

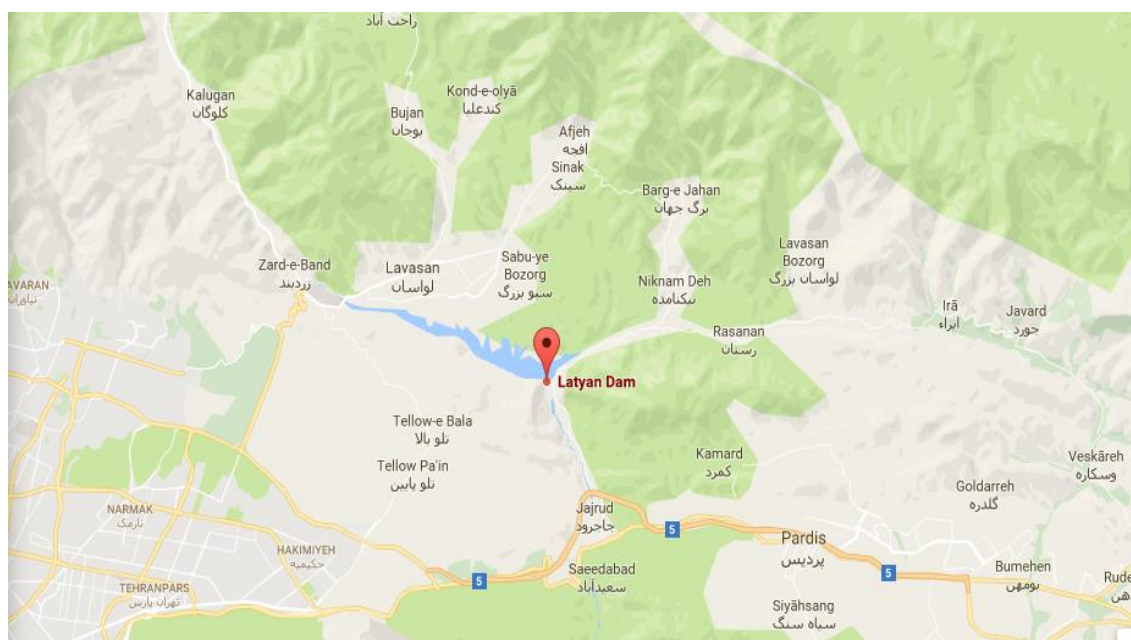
شکل (۲) موقعیت سد لتیان را نشان می‌دهد که در شهر تهران با موقعیت جغرافیایی $35^{\circ} 47' 27.83'' N$ $51^{\circ} 41' 12.91'' E$ قرار گرفته است. سد لتیان یکی از مهم‌ترین سدهای تأمین کننده آب مصرفی در تهران می‌باشد. این سد بر روی رودخانه «جاجرود» با سطح حوزه آبریزی به مساحت ۶۹۸۰۰ کیلومتر مربع و با متوسط جریان آب سالانه به میزان ۳۵۰ میلیون مترمکعب در استان تهران و در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال شرقی تهران و ۵ کیلومتری بخش جاجرود قرار دارد. چهار شاخه اصلی ورودی به سد وجود دارد که سهم نسبی آورد سالانه هر یک از این شاخه‌ها حدوداً برابر است با: جاجرود ۶۰، لوارک ۳۰، افجه ۳ و گلندوک ۷ درصد. تأمین آب شرب تهران به میزان ۲۹۰ میلیون مترمکعب از طریق تونل ۹/۵ کیلومتری به تصفیه‌خانه تهرانپارس، تأمین آب زراعی دشت ورامین به میزان متوسط ۱۶۰ میلیون

مترمکعب و همچنین تولید متوسط سالانه ۷۰۰۰۰ مگاوات ساعت انرژی برق-آبی جهت شبکه سراسری و در ادامه توسعه منابع آب شرب برای مصرف روز افزون تهران بزرگ، از سال ۱۳۶۷ نیز سالانه به طور متوسط ۱۴۰ میلیون متر مکعب آب از سد لار، از طریق تونل انتقال لار - کلان به طول ۲۰ کیلومتر به نیروگاه کلان و از آن جا به مخزن سد لتیان انتقال داده شده است، که این توسعه باعث بالا رفتن حجم آب قابل تنظیم سد لتیان به میزان ۴۱۰ میلیون مترمکعب شده است. با رشد اقتصادی بیش‌تر تهران، مطلوبیت حوزه افزایش یافته و انگیزه لازم برای مهاجرت از سایر نواحی کشور به تهران افزایش یافته است و نیاز به انتقال آب بیش‌تر احساس می‌شود. در این راستا مطالعات احداث سد لار آغاز شد و اجرای سد در سال ۱۳۵۳ آغاز و نهایتاً در سال ۱۳۶۱ گشایش یافت (۲۲).

۳. توسعه مدل مفهومی DPSIR برای حوزه آبریز سد

لتیان

توسعه مدل مفهومی DPSIR مطابق جدول (۱) در شکل (۳) آورده شده است.



شکل ۲- موقعیت دریاچه و سد لتیان

جدول ۱- مؤلفه های مدل مفهومی DPSIR مربوط به حوزه آبریز سد لتیان (نگارنده)

D (Driving Forces)	P (Pressure)	S (State)	I (Impact)	R (Response)
فعالیت‌های انسانی	فعالیت‌های اقتصادی	وضعیت فیزیکی	ناپایداری اکوسیستم در بلند مدت	اقدامات قانونی
	شهرسازی تغییر کاربری اراضی		افت سطح آب‌خوان	
	افزایش مصرف منابع آب و انرژی و...	وضعیت شیمیایی	کیفیت منابع آب	اقدامات سازه‌ای
	احداث هتل‌ها و رستوران‌ها و...			
فعالیت‌های طبیعی	تغییرات دما، بارش و تبخیر	وضعیت بیولوژیکی	فرسایش	اقدامات فرهنگی
			رسوب	

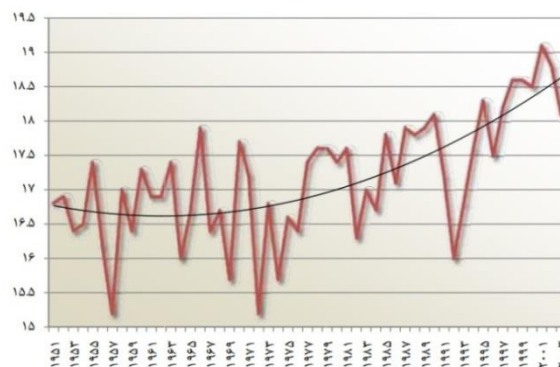
ارایه نتایج

۱. بررسی نشان‌گرهای نیروهای محرک

۱.۱. بررسی نشان‌گرهای نیروهای محرک طبیعی

آنچه که در حوضه سد لتیان تحت عنوان تغییر اقلیم رخ داده است، افزایش دمای تمام ماه‌های سال به استثنای ماه اسفند می‌باشد، که بر میانگین رواناب سالانه بی‌تاثیر بوده است، اما رواناب اغلب ماه‌های سال را تا حد زیادی تحت تاثیر قرار داده است. به این ترتیب در حوضه‌هایی با شرایط اقلیمی مشابه، که بخش عمده بارش در فصل سرد و به شکل برف رخ می‌دهد،

افزایش دما، توزیع ماهانه رواناب را به شدت تغییر خواهد داد. در واقع دما تعیین کننده نوع بارش و رژیم ذوب برف می‌باشد و افزایش آن در حوضه‌هایی با رژیم برفی، زمان شروع ذوب را جلو انداخته و سرعت ذوب را افزایش می‌دهد که نتیجه آن کاهش میزان نفوذ و افزایش ضریب رواناب می‌باشد. بنابراین تخلیه رواناب ناشی از ذوب برف در مدت زمان کوتاه تری صورت خواهد گرفت و احتمال رخداد سیلاب افزایش می‌یابد (۲۳).



نمودار ۱- میانگین سالانه دمای روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد (۲۲)

بررسی بلند مدت میانگین روزانه دمای شهر تهران نیز روندی افزایشی را نشان می‌دهد که حاکی از گرم‌تر شدن عمومی هوای شهر است. شدت این افزایش در متوسط دمای شب‌ها و

فصل زمستان بیش‌تر است. در نمودار (۱) میانگین سالانه دمای تهران نشان داده شده است (۲۴).



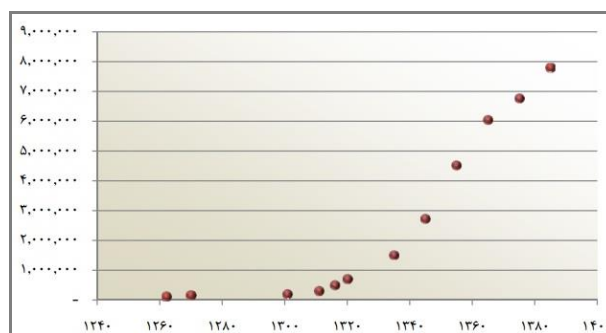
شکل ۳- فلوجارت DPSIR برای حوزه آبریز سد لتیان (نگارنده)

۲.۱. بررسی نشان‌گرهای نیروهای محرک انسانی

۱.۲.۱. جمعیت

شهر تهران از حدود ۱۰۶ هزار نفر در سال ۱۲۶۲ به حدود ۵۰۰ هزار نفر در سال ۱۳۱۶ و طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۲۰ از حدود ۷۰۰ هزار نفر به بیش از یازده برابر یعنی ۷/۸ میلیون نفر افزایش یافته است. رشد جمعیت کشور در دهه ۴۵-۱۳۳۵ که

حدود ۲/۳ درصد بود در دهه ۵۵-۱۳۴۵ به میزان ۶/۲ رسید، که با اعمال سیاست کنترل جمعیت که از قبل از انقلاب شروع شده بود رشد جمعیت تهران در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ به ۱/۴۵ درصد رسید. بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵، تعداد خانوارهای ساکن در تهران بالغ بر ۲,۲۶۷,۸۹۲ خانوار است و متوسط بعد خانوار در تهران ۳/۴۴ می‌باشد (۲۵).



نمودار ۲- رشد جمعیت شهر تهران ۱۲۶۲-۱۳۸۵ (۲۵)

به شهرهای بزرگ، به ویژه تهران براساس مصوبه مورخ ۱۳۶۴/۱۲/۲۰ هیأت محترم وزیران اتخاذ گردید و بر همین اساس هیأت وزیران در تاریخ ۱۳۶۸/۱۲/۲۳ احداث شهر جدید

در زمینه مهاجرت نیز با رونق گرفتن اقتصاد در تهران و روند افزایشی مهاجرت به این شهر سیاست ایجاد شهرهای جدید باهدف مهار رشد بی رویه جمعیت و کنترل مهاجرت

مساحت آن در همین دوره ۸۶ برابر گردیده است (۲۸). اراضی که امروزه در تهران به عنوان مناطق مسکونی شناخته می‌شوند در زمان نه چندان دور، از اراضی کشاورزی و باغات محسوب می‌شدند. اراضی کشاورزی و باغ‌ها به دو دلیل در مرکز توجه سرمایه‌گذاران در بخش ساخت و ساز قرار دارند؛ یکی در زمانی که زمین بایر مناسب ساخت و ساز موجود نباشد، ارزش افزوده اراضی کشاورزی مالکین آن‌ها را تحریک به فروش و تغییر کاربری می‌نماید. دوم به دلیل کیفیت محیط زیستی این اراضی و قرارگیری در شرایط مطلوب آب و هوایی شهر، این اراضی مورد توجه سرمایه‌گذاران برای ساخت و ساز به صورت ویلایی و یا مجتمع‌های مسکونی قرار می‌گیرند. استفاده کشاورزی در این اراضی حاکی از حاصل‌خیزی خاک آن‌ها و توازن آن‌ها بر تولید مواد غذایی می‌باشد و تبدیل آن‌ها به ساخت و ساز یعنی تحمیل کردن کاربری مغایر با توان آن‌ها و از سوی دیگر محروم نمودن محیط شهری از این توانایی است. متأسفانه توسعه شهرها به از دست رفتن این منابع کمیاب محیط زیستی؛ یعنی از دست دادن خاک‌های حاصل‌خیز منتهی می‌گردد (۲۹).

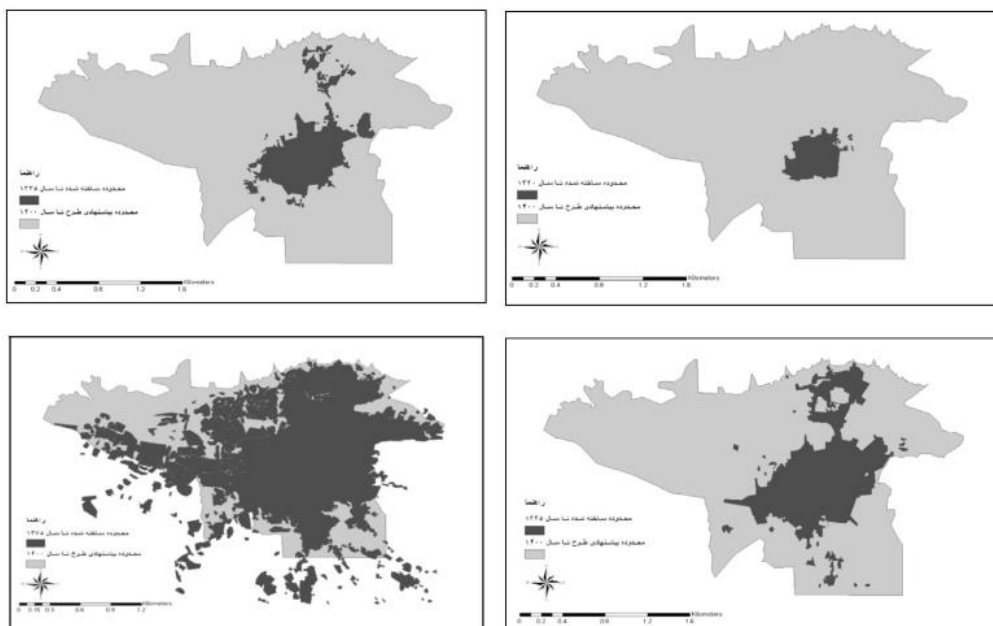
پردیس را در فاصله ۲۵ کیلومتری شرق تهران در کنار جاده ترانزیتی تهران به مازندران و با جمعیت نهایی دویست هزار نفر تصویب نمود. شهر مذکور در طرح اولیه، در قالب ۵ فاز دیده شد که برای هرفاز حدود ۳۶۰۰۰ نفر جمعیت و مجموعاً ۱۸۰۰۰۰ نفر جمعیت لحاظ گردید. لیکن در تصمیم‌گیری‌های کلان بعدی دولت، قرار شد ۳ الی ۶ فاز دیگر به شهر اضافه شود. بنابراین جمعیت احتمالی ساکن در سال‌های آینده را می‌توان بالغ بر ۵۰۰۰۰۰ نفر در شهر جدید پردیس برآورد نمود. آب مورد نیاز شهر پردیس نیز از محل سد لتیان و احداث چاه‌های عمیق در منطقه تامین می‌شود (۲۶). به عنوان مثال، رشد جمعیت در شهر دماوند از ۱/۱٪ در سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۴۵ به ۴/۹٪ بین سالهای ۱۳۷۵-۱۳۸۵ رسیده است (۲۷).

۲.۲.۱. توسعه شهری

بررسی روند رشد و توسعه فیزیکی شهر تهران در دوره‌های مختلف بیان‌گر این مساله است که علی‌رغم بالابودن نرخ رشد جمعیت، مساحت و وسعت این شهر رشد سریع‌تری از جمعیت آن را نشان داده است به طوری که تنها در فاصله سال‌های ۱۳۰۲ تا ۱۳۶۵ جمعیت این شهر ۲۷ برابر شده است اما

جدول ۲- مساحت، جمعیت، تراکم شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۲۰ (۳۰،۲۵)

سال	مساحت (کیلومتر مربع)	جمعیت (نفر)	تراکم (نفر در کیلومتر مربع)
۱۳۲۰	۴۴/۳	۷۰۰/۰۰۰	۱۵/۸۰۱
۱۳۳۵	۱۰۰	۱/۵۱۲/۰۸۲	۱۵/۱۲۰
۱۳۴۵	۱۸۱	۲/۷۱۹/۷۳۰	۱۵/۰۲۶
۱۳۵۵	۳۷۰	۴/۵۳۰/۲۲۳	۱۲/۲۴۲
۱۳۶۵	۵۵۸/۷	۶/۰۴۲/۵۸۴	۱۰/۸۱۵
۱۳۷۵	۷۳۳/۸	۶/۷۵۸/۸۴۵	۹/۲۱۰
۱۳۸۵	۷۳۳/۸	۷/۸۰۳/۸۸۳	۱۰/۵۰۸



شکل ۴- نقشه رشد شهر تهران بین سال‌های ۱۳۲۰-۱۳۷۵ (۳۰)

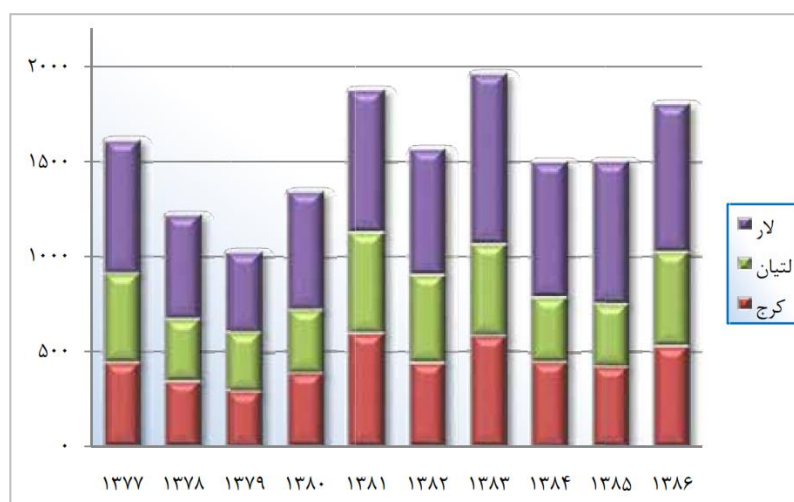
۳.۲.۱. وضعیت اقتصادی

متأسفانه آمار رسمی که نشان دهنده وضعیت اقتصادی شهر تهران باشد در اختیار نیست، ولی با توجه به نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ سهم جمعیت استان تهران از کل جمعیت کشور قریب به ۲۰ درصد است، اما ۴۴ درصد سپرده‌های ریالی کشور نزد بانک‌ها در پایان سال در این استان است. در این نتیجه مطلوبیت حوضه افزایش یافته و تقاضا برای مهاجرت به تهران به عنوان نیروی کار افزایش می‌یابد.

۲. بررسی نشان‌گرهای فشار ناشی از نیروهای محرک

۱.۲. میزان بارش

میزان بارندگی در حوضه آبریزدهای لار، لتیان و کرج طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۷ حداقل ۱۰۲۶ میلی‌متر در سال ۱۳۷۹ میلی‌متر و حداکثر آن ۱۹۶۷ میلی‌متر در سال ۱۳۸۳ بوده که سهم سد لار از سایر سدها بیش تر است. متوسط بارندگی برای این سه سد ۱۵۴۴ میلی‌متر است.

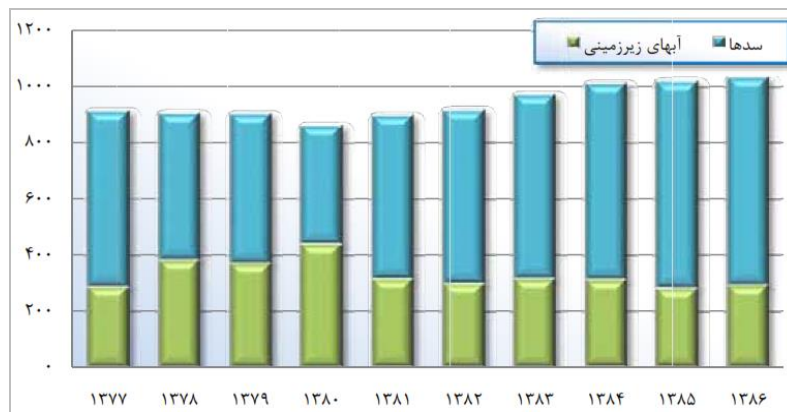


نمودار ۳- میزان بارندگی در حوضه آبریز سدهای تهران طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۶ (۲۲)

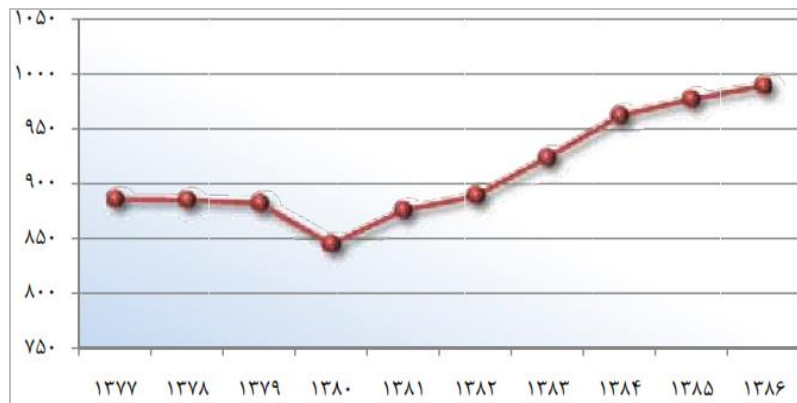
۲.۲. برداشت آب

منابع تامین کننده‌ی آب تهران (تا سال ۸۶) سدهای لار، لتیان، کرج و همچنین چاه‌های تهران و جاجرود می‌باشند، که در این میان معمولاً بیش‌ترین سهم مربوط به سد کرج است. میزان آب تامین شده‌ی تهران از ۹۱۵ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۷۷ با متوسط رشد سالانه‌ی ۱/۳۹ درصد به ۱۰۳۶ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است، که این رشد نزدیک به نرخ رشد سالانه جمعیت شهر تهران ۱/۴۵ درصد است (نمودار ۴) (۳۱). در محدوده لواسانات در حدود ۴۴۳۸ حلقه چاه وجود دارد که وظیفه تامین بخشی از آب شهر

تهران و شهر جدید پردیس، جاجرود، بومهن و کشاورزی منطقه را بر عهده دارد. در جدول (۳) برداشت از چاه‌های لواسانات آمده است. سرانه آب تجدید شونده شهر تهران در سال ۱۳۳۵ بالغ بر ۱۱۵۷ مترمکعب بوده که این رقم در سال ۱۳۷۵ به ۲۷۰ مترمکعب و در سال ۸۰ به ۲۵۵ متر مکعب کاهش یافته است. مصرف سالانه آب و جمعیت شهر تهران در بین سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۷ روندی صعودی با نرخ رشد نزدیک به هم داشته‌اند، و مصرف سرانه سالانه آب در این دوره تقریباً ثابت بوده است.



نمودار ۴- میزان تامین آب شرب تهران به تفکیک طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۶ (میلیون متر مکعب) (۳۱)



نمودار ۵- روند مصرف آب شهر تهران طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۶ (میلیون متر مکعب) (۳۱)

جدول ۳- میزان برداشت آب زیرزمینی محدوده لواسانات (۳۲)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
جمعیت (هزار نفر)	۶۹۵۶	۷۰۵۷	۷۱۵۹	۷۲۶۳	۷۳۶۸	۷۴۷۴	۷۵۸۳	۷۶۹۲	۷۸۰۴	۷۹۱۷
مصرف سالانه آب (میلیون متر مکعب)	۸۸۶	۸۸۵	۸۸۳	۸۴۵	۸۷۶	۸۸۹	۹۲۴	۹۶۲	۹۷۸	۹۹۰
مصرف سرانه (لیتر در روز)	۳۴۹	۳۴۴	۳۳۸	۳۱۹	۳۲۶	۳۲۶	۳۳۴	۳۴۳	۳۴۳	۳۴۲

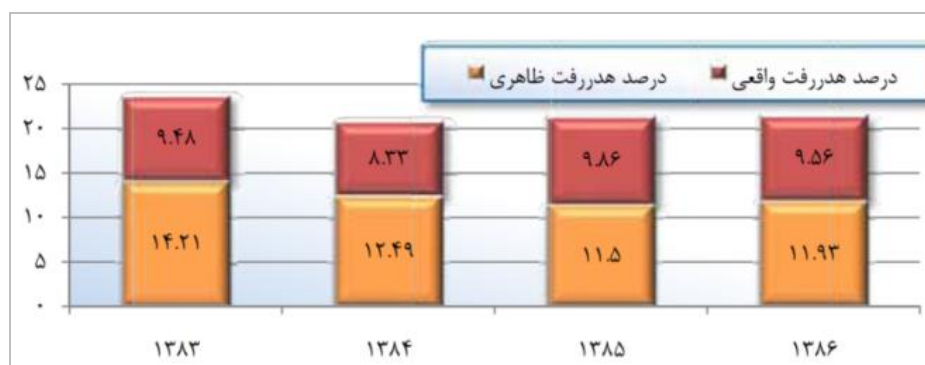
جدول ۴- جمعیت تهران و مصرف سرانه آب طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۷(۳۱ و ۳۳)

محدوده لواسانات	چاه(حلقه)	چشمه(دهنه)	قنات(رشته)	کل
تعداد	۴۴۲۸	۶۵۰	۴۸	۵۱۲۶
برداشت(میلیون متر مکعب)	۲۱/۵	۱۷۱/۹	۱۱	۲۰۴/۳

۳.۲. هدر رفت آب

هدر رفت آب یا آب به حساب نیامده که در فهرست فروش آب شرکت‌های آب و فاضلاب محاسبه نمی‌شود، شامل هدر رفت ظاهری و واقعی است. هدر رفت ظاهری شامل مصارف غیرمجاز، خطای مدیریت داده‌ها و عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری است و هدر رفت واقعی شامل نشت از شبکه توزیع، نشت از خطوط انتقال، سر ریز مخازن و نشت از انشعابات

مشترکین است. بر اساس اطلاعات موجود (۳۱)، درصد هدر رفت آب از حجم آب ورودی به سیستم آب‌رسانی شهر تهران از حدود ۲۳/۷ درصد در سال ۱۳۸۳ به ۲۱/۵ درصد در سال ۱۳۸۶ کاهش یافته است، که عمدتاً این کاهش مربوط به هدر رفت ظاهری است.



نمودار ۶- میزان هدر رفت آب تهران (۳۱)

۳. بررسی نشان‌گرهای وضعیت

۱.۳. آب موجود در مخزن سد لتیان

سد لتیان با حجم مفید مخزن ۶۷ میلیون متر مکعب یکی از منابع تامین آب تهران می‌باشد. بررسی میزان ورودی آب ماهانه به سد لتیان نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۰، ۲۸۵/۸ میلیون متر مکعب میزان آب ورودی به سد بوده است و در سال ۱۳۸۶ این میزان ۳۵۸/۲ میلیون متر مکعب در سال بوده است که طی

سال‌های ۱۳۵۰-۱۳۸۶، میانگین آب ورودی به مخزن سد لتیان ۳۱۸/۷ میلیون متر مکعب در سال بوده است (۳۴).

۲.۳. وضعیت موجود آب زیرزمینی

بررسی وضعیت آب‌خوان تهران از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تا سال ۹۴ حاکی از آن است که به طور متوسط سالانه حجم آب‌خوان ۲۷ میلیون متر مکعب و تراز ایستایی آب‌خوان ۴۳ سانتی‌متر کاهش داشته است.

جدول ۵- تغییرات حجم و تراز آبخوان تهران (۳۵)

سال آبی		میانگین تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	میانگین تجمعی تغییر سطح ایستابی آبخوان (متر)	میانگین تغییر حجم آبخوان (میلیون متر مکعب)
۱۳۷۲	۷۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۴/۴۹
۱۳۸۲	۸۳	۰/۵۳	-۴/۴۰	۳۳/۹۹
۱۳۹۲	۹۳	-۱/۵۹	-۸/۱۳	-۱۰۱/۹۸
۱۳۹۳	۹۴	-۱/۲۷	-۹/۴۰	-۸۱/۴۶
متوسط سالانه		-۰/۴۳		-۲۷/۳۹

۳.۳. بررسی وضعیت آلودگی میکروبی

توسط دانشگاه صنعتی شریف انجام گرفت (۳۶)، پارامترهای میکروبی و بیولوژیکی آب در اعماق مختلف مخزن سد به صورت جدول (۶) می‌باشد.

متأسفانه آمار قابل استناد از وضعیت کیفی آب رودخانه جاجرود و چاه‌ها و همچنین حیات وحش منطقه در دسترس نیست. در نمونه برداری که در تاریخ ۱۳۸۶/۱/۲۷ از مخزن سد لتیان

جدول ۶- پارامترهای میکروبی و بیولوژیکی مخزن سد لتیان (۳۶)

عمق آب				واحد	پارامتر
۳۰	۲۰	۱۰	۱	متر	عمق آب
۹/۱	۹/۱	۹/۶	۱۱/۲	درجه سانتی‌گراد	دمای آب
۲۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۳۰۰	MPN/100ml	غلظت کلی فرم کل
<۲۰۰	<۲۰۰	<۲۰۰	۱۳	MPN/100ml	غلظت کلی فرم مدفوعی
۰	۰	۰	۱	در ۵۰۰ میلی متر	ژیلاردیا

طبق گزارش تلفیق وزرات نیرو از حوضه آبریز دریاچه نمک، آلوده‌ترین رودخانه در این حوضه آبریز رودخانه جارومی‌باشد به طوری که سالیانه بیش از ۱۱۰ هزار تن آلودگی نیتروژن، ۱۶۰۰۰ تن آلودگی فسفاتی و ۲۷۶ هزار تن آلودگی BOD وارد آن می‌شود. این رودخانه در نهایت وارد دریاچه نمک می‌گردد و این میزان آلودگی را مستقیماً به این دریاچه وارد می‌کند. متأسفانه در این گزارش اطلاعات دقیق‌تری ارائه نشده است

با بررسی عوامل میکروبی در طول رودخانه جاجرود و مخزن سد، در حالی که غلظت باکتری کلی فرم در رودخانه جاجرود در شرایط نگران‌کننده قرار دارد اما غلظت آن در مخزن سد لتیان در شرایط قابل قبول می‌باشد. این بدان علت است که آب در سد تحت زمان ماند قرار گرفته و تحت تابش خورشید و سایر عوامل باعث زوال باکتری می‌شود (۳۶).

۴.۳. بررسی آلودگی نیتروژن، فسفات و BOD

مثل سهم هر یک از سرشاخه‌های این رودخانه چه میزان در آلودگی می‌باشد (۳۲).

۴. شاخص‌های اثر

اثرات ایجاد شده در محیط در نهایت با اثر گذاری بر روی سرویس دهی اکوسیستم آب بر کیفیت و سلامت زندگی انسان و سایر جانداران تاثیر خواهد گذاشت و در صورتی که پاسخ‌های مناسب از سوی جامعه و سیاست‌گذاران اتخاذ نشود در دراز مدت سیستم به سمت ناپایداری پیش خواهد رفت. در پژوهشی که در زمینه زیست پذیری شهر تهران انجام شده است (۳۷)، نتایج نشان می‌دهد که زیست پذیری کلان شهر تهران در هر سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در حد متوسط به پایین ارزیابی شده است که با روند کنونی سیستم به سمت توسعه پایدار پیش نخواهد رفت. با توجه به موضوع این مقاله، نشان‌گرهای اثر در حوزه سد لتیان از دو منظر «نشان‌گر تخلیه آب (برداشت)» و «نشان‌گر رسوب» قابل بررسی است. منظور از نشان‌گر تخلیه آب، میزان برداشت و تخلیه آب می‌باشد. میزان برداشت از سد لتیان به طور متوسط سالیانه ۲۹۰ میلیون متر مکعب می‌باشد که از این میزان مقدار ۲۶۶ میلیون متر مکعب برای شرب استفاده می‌شود. میزان برداشت از سطح آب‌خوان لواسانات نیز در حدود ۲۰۴ میلیون متر مکعب می‌باشد (۳۲ و ۳۴). اندازه‌گیری‌های رسوب در مخزن سد لتیان نشان داده است که سالیانه به طور متوسط ۱/۶۵ میلیون متر مکعب رسوب وارد مخزن سد می‌شود که ۱/۲۴ میلیون متر مکعب در سد باقی می‌ماند. این بدان معنا است که سد لتیان سالیانه حدود ۱/۳ درصد از ظرفیت خود را از دست می‌دهد (۳۸).

۵. شاخص‌های پاسخ

زیست پذیری در معنای اصلی و کلی خود به مفهوم دست‌یابی به قابلیت زندگی است و در واقع همان دست‌یابی به کیفیت برنامه ریزی شهری خوب یا مکان پایدار است (۳۷). بنابراین، برای دست‌یابی به وضعیتی قابل قبول و پایدار نیازمند پاسخ‌های مناسب با توجه به شرایط کنونی هستیم. این پاسخ‌ها می‌توانند تخصیص اختیارات مدیریتی آب، بازگشت دوباره

هزینه، استفاده مجدد از فاضلاب (۳۹) و آموزش همگانی باشند. البته این پاسخ‌ها را همان‌گونه که در جدول (۱) بیان شد می‌توان مثال‌هایی برای اقدامات قانونی، اقدامات سازه‌ای و اقدامات فرهنگی دانست. در نتیجه، پاسخ‌های مناسب به وضعیت کنونی منابع آب حوزه آبریز سد لتیان جهت مدیریت یکپارچه منابع آب را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱. تخصیص اختیارات مدیریتی آب (اقدامات قانونی)

۲. بازگشت دوباره هزینه (اقدامات قانونی)

۳. استفاده دوباره از فاضلاب (اقدامات سازه‌ای)

۴. آموزش همگانی (اقدامات فرهنگی)

تخصیص اختیارات مدیریتی آب را می‌توان در بُعد توسعه پایدار و توسعه محیط زیستی-اقتصادی-اجتماعی و از نوع اقدامات قانونی تعریف کرد. هدف از اعطای اختیارات مدیریتی آب فراهم آوردن اطلاعاتی است، که بر مبنای آن قادر به تشخیص این موضوع باشیم که آیا یک مقام محلی باید عهده‌دار مسؤلیت برای مدیریت یکپارچه حوزه رودخانه‌ی مورد مطالعه باشد یا خیر. این موضوع از آن جهت دارای اهمیت است که مقامات صاحب اختیار در مدیریت آب در بکارگیری نیروهای محرک آب و دست‌یابی به اهداف آن پاسخ‌گو خواهند بود. بدین گونه که قادر خواهیم بود با وضع تعداد تعریف شده‌ای از قوانین حاکمیتی پاسخ‌های مناسب در این بخش را فراهم کنیم. اگر شاخص‌های چارچوب مفهومی DPSIR را از نوع توصیفی و عملکردی بدانیم از این جهت بازگشت دوباره هزینه صرف شده از نوع شاخص عملکردی در نظر گرفته می‌شود که نیازمند تصویب قوانین مورد نیاز و اعمال ساز و کاری موثر برای عملیاتی نمودن آن است. بازگشت دوباره هزینه می‌تواند پایداری محیط زیستی را نیز به همراه داشته باشد. این شاخص با ارایه اطلاعات منابع مورد استفاده در صنایع مشخص می‌کند که آیا فعالیت صنعتی در برگزیده بخش غالب تاثیرگذار در مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه خواهد بود یا خیر. پاسخ مناسب دیگر استفاده دوباره از فاضلاب می‌باشد. فاضلاب تصفیه شده یک راه حل مهم به عنوان منبع آب جایگزین به شکل روز افزونی مورد توجه بوده است. به علاوه انتشار فاضلاب

محیط زیستی ارایه شد. در نهایت پاسخ های مناسبی در سه سطح اقدامات قانونی، اقدامات سازه ای و اقدامات فرهنگی ارایه گردید که با اعمال آن ها در منطقه مطالعاتی می توان وضعیت کنونی منابع آب را در مسیر پایداری قرار داد. با توجه به داده های ارایه شده در این مقاله مشاهده می شود که افزایش میانگین سالانه دمای روزانه تهران در نیم قرن گذشته به اندازه ۱/۵ درجه سانتی گراد و نیز افزایش جمعیت شهر تهران در بازه زمانی مشابه به بیش از ۱۱ برابر، افزایش مصرف آب شهر تهران را در پی داشته است، به گونه ای که در طی سال های ۱۳۸۶-۱۳۷۷ با یک روند صعودی از ۸۸۶ میلیون متر مکعب در سال به ۹۹۰ میلیون متر مکعب در سال رسیده است. با توجه به روند بارندگی در حوزه آبریز در سدهای تهران که کاهش مطلق را نشان نمی دهد، سطح آبخوان تهران یک روند نزولی را نشان داده است. به طوری که از زمان اندازه گیری سطح آب زیرزمینی در تهران در طی سال های ۱۳۹۴-۱۳۷۳ سالانه حجم آبخوان ۲۷ میلیون متر مکعب و تراز ایستایی آبخوان ۴۳ سانتی متر کاهش داشته است. در نتیجه، از آنجایی که بیشترین اثر نیروی محرک طبیعی در تغییر رژیم ذوب برف در ارتفاعات می باشد و حجم بارندگی نیز تغییر مطلق را نشان نمی دهد، کاهش تراز سطح آب زیرزمینی بیش تر ناشی از نیروی محرک انسانی یعنی افزایش جمعیت شهر تهران بوده است تا نیروی محرک طبیعی.

منابع

- 1- Lilian Bernhardt, Giampiero E. G. Bero ggi, Michel R. Moens. 2000. Sustainable Water Management through Flexible Method Management. Water Resources Management, Vol.14 :6, pp 473-495. DOI: 10.1023/A:1011105008526
- 2- J. Vreke. 1994. Optimal allocation of surface water in regional water management. Water Resources

از جمله عواملی است که بر روی استانداردهای کیفی آب و کاهش های استفاده از آب طبیعی تاثیرگذار می باشد. در نتیجه با تصفیه فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی نه تنها قادر خواهیم بود منبع آب قابل اطمینان برای مصارف مشخص از آن داشته باشیم بلکه از آلوده شدن منابع آبی به خصوص آب های زیرزمینی و چاه ها جلوگیری خواهیم نمود. بنابراین با اعطای بودجه لازم برای احداث زیر ساخت های مورد نیاز، می توان به این مهم دست یافت. لازم به ذکر است که در پاسخ در نظر گرفته شده برای بازگشت هزینه می توان در کنار پایداری محیط زیستی، توسعه پایدار بخش اجتماعی-اقتصادی را مورد توجه قرار داد. به گونه ای که با فراهم آوردن اطلاعاتی درباره ی سیاست یکپارچه قیمت گذاری آب به ازای هر واحد مصرفی آب شاخص جدیدی را به عنوان پاسخ در چارچوب مورد نظر تعریف نمود. همچنین در زمینه اقدامات فرهنگی می توان با گسترش آموزش های مرتبط با حفظ و اهمیت منابع آبی در دسترس، مردم را برای تأثیرگذاری بیش تر پاسخ های عملی همراه کرد. در نهایت، بر کسی پوشیده نیست که دستیابی به اهداف متعالی یک چشم انداز نیاز به توجه لازم به اقدامات فرهنگی و آموزشی مربوطه دارد. این اقدامات آموزشی می تواند از سطوح کلان در بخش کارفرمایان و اجرا کنندگان پروژه منابع آب باشد تا سطوح استفاده کنندگان و ذی نفعان نهایی پروژه. به گونه ای که آموزش لازم در جهت هماهنگی بیش تر بخش های مختلف اجرایی و به روز رسانی اطلاعات و سیستمی یکپارچه در این زمینه در سطح کلان باید همان قدر مورد توجه قرار گیرد که به عنوان مثال الگوی کشت مصرف کنندگان منابع آب در بخش کشاورزی منطقه مورد نظر حایز اهمیت می شود.

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه با ارایه یک چارچوب به توسعه مدل مفهومی برای حوزه آبریز سد لتیان پرداخته شد. به گونه ای که با بررسی نیروهای محرک، فشارها و وضعیت موجود منابع آب حوزه سد لتیان و اثرات آن در حوزه آبریز، ارزیابی جامع با رویکرد

- 8- Rotmans J, Van Asselt M.1996. Integrated assessment: growing child on its way to maturity. An editorial essay, *Climatic Change* 34: 327-336.
- 9- Giupponi C, Jakeman A J, Karssenberg D and Hare M P, 2006, sustainable management of water resources an integrated approach. Edward Elgar publishing, Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA.
- 10- Giupponi C, Mysiak J, Fassio A, and Cogan V.2004. MULINO-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale. *Mathematics and computer in simulation* 64: 13-24.
- 11- Bidone, E.D. and Lacerda, L.D. 2004. The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Regional Environmental Change*, Vol.4:1 ,pp 5-16.DOI: 10.1007/s10113-003-0059-2
- 12- Ness, B., Anderberg, S. and Olsson, L. 2010. Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. *Geoforum*, Vol.41:3, pp479-488. DOI:10.1016/j.geoforum.2009.12.005
- 13- Organization for Economic Cooperation and Development.1994.Environmental indicators: OECD core set. OECD, Paris.
- 14- ثمره هاشمی، مرضیه.ارزیابی یکپارچه سامانه های منابع آب مبتنی بر نگرش سیستمی. پایان نامه دکتری مدیریت منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۳؛ ص ۹۵.
- 15- Svarstad H, Petersen L K, Rothman D, Siepel H, Watzold F.2008. Discursive biases of the environmental research Management, Vol. 8:2, pp 137-153.DOI: 10.1007/BF00872433
- 3- Thanh Tuan Pham, Thanh Dung Mai, Tien DucPham,MinhTrang Hoang, ManhKhai Nguyen, ThiThuy Pham.2016. Industrial water mass balance as a tool for water management in industrial parks. *Water Resources and Industry*, Vol.13,pp.14-21.DOI: 10.1016/j.wri.2016.04.001
- 4- Ajay Singh.2016. Managing the water resources problems of irrigated agriculture through geospatial techniques: An overview. *Agricultural Water Management*, Vol.174,pp2-10. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.04.021
- 5- X.M. Li, H.W. Lu, J. Li, P. Du, M. Xu, L.He.2015.A modified fuzzy credibility constrained programming approach for agricultural water resources management—A case study in Urumqi, China. *Agricultural Water Management*, Vol.156, pp79-89.DOI: 10.1016/j.agwat.2015.03.005
- 6- M. Afzal, A. Battilani, D. Solimando, R. Ragab. 2016. Improving water resources management using different irrigation strategies and water qualities: Field and modelling study. *Agricultural Water Management*, Vol. 176, pp 40-54. DOI:10.1016/j.agwat.2016.05.005
- 7- Francisco Martin-Carrasco , Luis Garrote ,Ana Iglesias,Luis Mediero.2013.Diagnosing Causes of Water Scarcity in Complex Water Resources Systems and Identifying Risk Management Actions. *Water Resources Management*, Vol.27:6, pp 1693-1705.DOI: 10.1007/s11269-012-0081-6

- ۲۵- مرکز آمار ایران. ۱۳۸۸. نتایج کلی شهر تهران مناطق ۲۲ گانه. نتایج سر شماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵.
- ۲۶- شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران. <http://east.tpww.ir>
- ۲۷- اطلس شهر تهران، شهرداری تهران. <http://atlas.tehran.ir>
- ۲۸- مشهدی زاده دهقانی، ناصر، «تحلیلی از ویژگی های برنامه ریزی شهری در ایران»، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۷۸، ص ۴۲۲.
- ۲۹- سوزنچی، ک. نگاهی به ابهامات موجود در حفاظت از اراضی کشاورزی و باغات در محدوده شهرها. مجله آبادی. ۱۳۸۳. سال چهاردهم؛ شماره ۴۲: ۹۸-۱۰۱
- ۳۰- شهرداری تهران. ۱۳۷۷. شناخت جمعیت تهران، دفتر مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران.
- ۳۱- شرکت آب و فاضلاب تهران.
- ۳۲- وزارت نیرو. ۱۳۹۴. گزارش تلفیق دریاچه نمک، بسته ۶: گزارش تلفیق مطالعات و تهیه و تنظیم برنامه های حوضه آبریز، شماره گزارش: SYNTH-۴۱-۰۷، شرکت مهندسی مشاور یکم.
- ۳۳- مرکز آمار ایران. ۱۳۸۶
- ۳۴- شرکت آب منطقه ای استان تهران. ۱۳۸۸. گزارش طرحهای پیشنهادی ساماندهی، جمع آوری و انتقال به سامانه های مصرف. کد گزارش: TWM/PRP-۰۲، شرکت مهندسی مشاور یکم.
- ۳۵- شرکت مدیریت منابع آب ایران. <http://wrs.wrm.ir>
- ۳۶- مغربی، مهدی. تجریشی، مسعود. جمشیدی، مهدی. ابریشمی، احمد. بررسی آلودگی میکروبی رودخانه جاجرود و نقش عوامل تولید کننده آن، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران: ۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- framework DPSIR. Land Use Policy 25: 116-125.
- 16- Tscherning, K. Helming, K. Krippner, B. Sieber, S. Gomez y Paloma. S. 2012. Does research applying the DPSIR framework support decision making?. Land Use Policy 29 (2012) 102-11
- ۱۷- مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران. ۱۳۸۶. گزارش وضعیت محیط زیست شهر تهران (SoE). شماره گزارش: ۲۷۶-۹۰.
- 18- Lundberg, C. 2005. "Conceptualizing the Baltic Sea ecosystem: an interdisciplinary tool for environmental decision making", *Ambio* 34, 433-439
- 19- Kristensen, P. 2004. "The DPSIR Framework", workshop on a comprehensive / detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya.
- 20- Smeets, E., Weterings, R. 1999. "Environmental Indicators: Typology and Overview" European Environment Agency, Copenhagen. Report No. 25, 19 pp.
- 21- Vázquez, J and Mattei, F. 2003. A methodology for policy analysis in water resources management, European Summer school, Sep 1-6.
- ۲۲- شرکت سهامی آب منطقه ای استان تهران. <http://www.thrw.ir>
- ۲۳- فرج زاده، منوچهر. لشکری، حسن. رفعتی، سمیه. تغییرپذیری منابع آب در حوضه آبریز سد لتیان و اثر تغییر اقلیم بر آن، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۳۸۸؛ سال پنجم، شماره ۱: ۸۲-۸۵
- ۲۴- سالنامه آماری شهرداری تهران. ۱۳۸۵.

- ۳۷- ساسان پور، فرزانه. تولایی، سیمین. جعفری اسدآبادی، حمزه. قابلیت زیست پذیری شهرها در راستای توسعه پایدار شهری (مورد مطالعه: کلانشهر تهران)، مجله جغرافیا، پاییز ۱۳۹۳، سال دوازدهم، شماره ۴۲: ۱۲۹-۱۵۷.
- ۳۸- ولیزادگان، ابراهیم. جلیلی، فرزاد. نصراله زاده اصل، علی. بهره برداری بهینه از تخلیه کننده های تحتانی با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیوسته جهت کمینه سازی رسوبگذاری درمخازن سدها، نشریه دانش آب و خاک، پائیز ۱۳۹۲، جلد ۲۳، شماره ۳: ۶۷-۷۸.
- 39- European Regional Development Fund. 2013. Sustainable Water Management through Common Responsibility enhancement in Mediterranean River Basins, Report Number: 1G-MED08-515.