

تعیین سطح پایداری سامانه آب کلان شهر تهران

احسان بی نیاز^{۱*}، محمدرضا مثنوی^۲، مهرداد نظریها^۳

۱- کارشناس ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

masnavim@ut.ac.ir

۲- دانشیار گروه طراحی محیط دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

mnazariha@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه سوانح دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱

چکیده

تهران از گذشته با معضل کم آبی روبرو بوده است و برای تأمین آب موردنیاز خود از دست اندازی به حوضه‌های مجاور کوتاهی نکرده است. با توجه به روند رو به رشد تقاضای آب و محدودیت منابع، در آینده‌ای نه چندان دور وقوع بحران آب در تهران بسیار محتمل است. با هدف جلوگیری از این بحران، ابتدا لازم است تا تحلیلی دقیق و کاربردی از وضعیت سامانه آب شهر تهران به عمل آید. در این تحقیق تلاش شده است تا از منظر "توسعه پایدار شهری" به عنوان دیدگاهی به نسبت جدید در توسعه شهری، مؤلفه‌های سامانه آب شهری مورد بررسی قرار گرفته و میزان پایداری سامانه آب کلان شهر تهران تعیین شود. به منظور تعیین سطح پایداری سامانه آب تهران، می‌باید با استفاده از یک سری معیارها و شاخص‌های کمی و کیفی متناظر، به صورت سیستماتیک پایداری سامانه را در حالت کلی و به تفکیک حوزه‌های مختلف سنجید. در این تحقیق پس از ارائه یک تعریف بنیادین از سامانه پایدار آب شهری، بر مبنای شاخص شناسی در توسعه پایدار و معیارهای پیشنهادی صاحب نظران، معیارهای سنجش پایداری استخراج شد. سپس با استفاده از تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی و طیف لیکرت نظرات خبرگان از طریق ماتریس‌ها و پرسشنامه جمع آوری شد و مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، چه در جهت افزایش سازگاری ماتریس‌ها و چه در جهت کنترل مطلوبیت نظرات خبرگان در تکمیل ماتریس‌ها و پاسخگویی به سوالات پرسشنامه از یک سری شاخص بهره‌جویی شد. در نهایت با محاسبات انجام شده مشخص شد وزن مطلق سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهر تهران ۰/۵۹۲ از یک است. بر این اساس می‌توان گفت سامانه آب تهران در حالت نیمه پایدار قرار دارد.

کلید واژه

توسعه پایدار، سامانه آب شهری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، کلان شهر تهران

سر آغاز

تهدیداتی روبرو باشد. به دیگر سخن کم آبی و در پی آن بحران آب باعث می‌شود تا کلان شهرهایمان به صورت زنجیروار در حوزه‌های مختلف از جمله اقتصادی، اجتماعی، امنیتی و ... با مشکلات عدیده‌ای دست به گریبان شوند. بروز این مشکلات با توجه به نقش غیر قابل اجتناب کلان شهرها در توسعه ایران، می‌تواند روند توسعه را با اختلال و تأخیر جدی و حتی غیر قابل جبران همراه کند که در نهایت به فلج شدن و عقب ماندگی همه جانبه کشور منجر می‌شود. بنابراین مقابله با بحران آب در کلان شهرها می‌تواند از عواقب ناگوار آن در کشور جلوگیری کند و به فرایند توسعه کشور و کلان شهرها شتاب بیشتری بخشد. در میان شهرهای پرجمعیت ایران، کلان شهر تهران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. پایتخت ایران از نقطه نظرات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، امنیتی و ... مهمترین شهر

آب در شهرها در چهار بخش خانگی، صنعتی - تجاری، همگانی و تلفات مصرف می‌شود. از مصارف یاد شده بخش خانگی بیشترین مقدار مصرف را داراست که این مقدار با جمعیت شهر ارتباط مستقیم دارد؛ به طوری که به تبع افزایش جمعیت، مقدار مصارف خانگی نیز افزایش می‌یابد. سرانه مصارف خانگی نیز بسته به ترقی سطح زندگی افزایش می‌یابد. توجه به بهداشت و پاکیزگی که بیشتر در شهرهای بزرگ بیشتر است و همچنین افزایش درآمدها باعث شده تا سرانه مصرف در شهرهای بزرگ افزایش یابد. در نظر داشتن این نکات از یک طرف و توجه به این نکته که کشور پهناور ایران به طور کلی کشور کم آبی محسوب می‌شود از طرف دیگر، باعث می‌شود تا تحقق توسعه پایدار در مراکز پرجمعیت کشور با

- شناسایی شاخص‌ها

- وزن دهی به معیارها و زیر معیارها

روش شناسی تحقیق

در رابطه با تعیین وضعیت سامانه آب یک شهر با مجموعه‌ای از معیارها روبرو هستیم. این معیارها از متن تعریف «پایداری سامانه آب شهری» که در ادامه این تحقیق ارائه می‌شود، قابل استخراج است. آن چنان که ملاحظه خواهد شد، در این رابطه با معیارهای مختلفی روبرو هستیم که برخی از آنها کمی و برخی دیگر کیفی هستند. برخی از معیارها جهت سنجش از شاخص‌ها و استانداردهای لازم و پذیرفته شده برخوردارند و برخی دیگر این گونه نیستند. این در حالی است که به علت ضعف بانک‌های اطلاعاتی و کمبود داده‌های آماری، بعضاً داده‌های لازم برای شاخص‌ها و استانداردهای موجود نیز، در اختیار نیست.

حال به طور خاص در رابطه با موضوع تحقیق حاضر، سه مشکل اختصاصی دیگر را نیز باید افزود:

(۱) تعدد معیارها و شاخص‌ها

(۲) گستردگی محدوده تحقیق که حجم بالایی از داده‌ها را

می‌طلبد و

(۳) طبقه بندی اطلاعاتی و محرمانه بودن بعضی از داده‌های مورد نیاز مثل بعضی از مشخصه‌های کیفی آب از جمله آرسنیک، سرب، کادمیوم، سیانور، کروم و غیره.

بنابراین به عنوان روش تحقیق باید از شیوه‌ای استفاده کرد که بتواند به نحوی با تمامی دشواری‌های ذکر شده همخوانی داشته باشد. به این منظور در این تحقیق از تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی و طیف لیکرت^۱ استفاده می‌شود.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۲ یکی از جامع ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله داراست. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد.

علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی شکل گرفته که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. همچنین این روش میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است. AHP از یک مبنای تئوریک قوی

ایران است و هر بحرانی در این شهر ممکن است به یک فاجعه ملی بدل شود. تهران از گذشته با معضل کم آبی روبرو بوده است و برای تأمین آب موردنیاز خود از دست اندازی به حوضه‌های مجاور کوتاهی نکرده است. انتقال آب از سدهای کرج و لتیان از سالها قبل گواه بارز این مدعا است.

اما این دست اندازی‌ها به رودخانه‌های کرج و جاجرود محدود نگشته و دامنه آن به شکل ناعادلانه‌ای به رودخانه لار- هراز از یک سو و رودخانه طالقان از سوی دیگر کشیده شده است. به نظر می‌رسد که مصرف فزاینده تهران هم چنان ادامه دارد و شهروندان روز افزون تهرانی هر روز آب بیشتری طلب می‌کنند. حال سخن این است: اکنون که منابع آب های سطحی در دسترس و قابل انتقال به تهران تقریباً به تمامی مورد بهره‌برداری قرار گرفتند و تعداد زیادی چاه نیز برای استحصال آبهای زیرزمینی در جای جای این شهر حفر شده است، با توجه به روند رو به رشد تقاضای آب و محدودیت منابع، در آینده‌ای نه چندان دور وقوع بحران آب در تهران بسیار محتمل است.

در این رابطه می‌باید هر چه زودتر چاره‌ای اندیشیده شود تا از وقوع بحران‌های گسترده‌تر و عمیق‌تر در سطوح شهری، استانی، حوضه آبریز و حتی ملی جلوگیری به عمل آید. بدین منظور پیش از هر گونه نسخه پیچی و ارائه راهکارهای عملی و غیر عملی، ابتدا لازم است تحلیلی دقیق و کاربردی از وضعیت سامانه آب شهر تهران به عمل آید. در این تحقیق تلاش شده است تا از منظر "توسعه پایدار شهری" به عنوان دیدگاهی نسبتاً جدید در توسعه شهری، مؤلفه‌های سامانه آب شهری مورد بررسی قرار گرفته و میزان پایداری سامانه آب کلان شهر تهران تعیین شود.

مواد و روشها

در یک توصیف کلی، به منظور تعیین میزان پایداری سامانه آب تهران، می‌باید با استفاده از یک سری معیارها و شاخص‌های کمی و کیفی متناظر، به صورت سیستماتیک پایداری سامانه را در حالت کلی و به تفکیک حوزه‌های مختلف سنجید.

چنانچه بخواهیم جزئیات توصیف کلی فوق را بیان کنیم یا به عبارت دیگر چگونگی انجام تحقیق را مرحله بندی کنیم، مراحل زیر قابل بیان است:

- تبیین چارچوب مورد استفاده برای سنجش پایداری

- تعریف پایداری در سامانه آب شهری

- تعریف معیارهای پایداری سامانه آب شهری

تحول در نگرش است که در اواخر دهه ۱۹۶۰ رخ داد و ویژگی آن بحث درباره کیفیت محیط زیست در برابر رشد اقتصادی و حاکی از تغییر بینش و نگرش درباره الگوهای سنتی رشد اقتصادی بود (یانگ، ۱۳۷۶).

کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه^۴ در سال ۱۹۸۷ با (عنوان کمیسیون برانتلند^۵) از سازمان ملل خواست تا از کشورهای مختلف برای ایجاد یک سیستم همکاری و تلاش مشترک برای دست یابی به رفتار مناسب در کلیه سطوح و کسب منافع عمومی دعوت به عمل آورد.

مهمترین هدف این گردهمایی، همکاری جهانی و همکاری‌های دو جانبه و متقابل بین کشورهای مختلف در زمینه مسائل توسعه بود و با وجود این که در این گردهمایی تخریب گسترده محیط زیست گزارش شد، شرکت کنندگان خوشبینانه بر این باور بودند که به شرط متعهد شدن و هماهنگی جهانی، آینده‌ای مطمئن برای همگان امکان پذیر خواهد بود (WECD, 1987) (آزاد ارمکی، ۱۳۷۹).

در ادامه و در سال ۱۹۹۲ کنفرانس ریو برگزار شد که مهمترین نتیجه این اجلاس جمع بندی آن است که به عنوان دستور کار ۲۱^۶ شناخته شد و بر اساس آن دولت‌ها موظف شدند چارچوب استراتژیکی خاصی را برگزینند که ترکیب اهداف توسعه‌ای و محیط زیستی را میسر سازد (طراوتی، ۱۳۷۷).

یکی از توصیه‌های مهم دستور کار ۲۱، تشکیل کمیسیون توسعه پایدار در سازمان ملل متحد بود که در حال حاضر اهداف مربوط به توسعه پایدار را دنبال می‌کند (عطری، ۱۳۷۹).

تاکنون تعاریف و تفاسیر متعددی از توسعه پایدار به عمل آمده است. منتهی بیشتر افراد آن را معادل توسعه‌ای که از نظر اکولوژیکی مطلوب باشد می‌گیرند. در مهمترین و فراگیرترین تعریف، کمیسیون برانتلند توسعه پایدار را توسعه‌ای تعریف می‌کند که در آن نیازهای نسل کنونی بدون کاهش توانایی‌های نسل‌های آتی در برآوردن نیازهایشان برآورده شود. در این تعریف حق هر نسل در برخورداری از همان مقدار سرمایه طبیعی که در اختیار دیگر نسل‌هاست به رسمیت شناخته شده و استفاده از سرمایه طبیعی در حد بهره آن (و نه اصل آن که موجب نابودی سرمایه طبیعی است) مجاز شمرده شده است.

به بیان دیگر، توسعه در بهره‌برداری از داده‌های طبیعی، محدود به حد بازتولید و جبران طبیعی آنهاست. در غیر این صورت موازنه

برخوردار است و بر اساس اصول بدیهی^۳ بنا نهاده شده است (قدسی پور، ۱۳۸۵). در این تحقیق نیز که با معیارها و شاخص‌های مختلف کمی و کیفی روبرو هستیم، از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شود تا یک مساله پیچیده فرموله شود. اما به علت تک‌گزینه‌ای بودن ساختار مورد مطالعه و از آنجا که هدف انتخاب پایدارترین سامانه آب شهری نیست، این روش بتهنایی پاسخگوی نیاز تحقیق نیست و برای تکمیل آن می‌باید از یک طیف نگرش استفاده شود. هدف در اینجا سنجش وضعیت نمونه مورد نظر با حالت مطلوب است.

در این رابطه با توجه به ماهیت فازی بودن فرایند تحلیل سلسله مراتبی، لازم است تا ابزار تکمیلی مورد استفاده قابلیت تطابق با فرایند را داشته باشد. طیف‌های نگرش بهترین ابزار قابل استفاده در این زمینه هستند. طیف‌های نگرش تعدادی عبارت نگرشی هستند که پاسخگو نظر موافق یا مخالف خود را نسبت به آنها ابراز می‌دارد (خاکی، ۱۳۸۶).

طیف لیکرت یک مقیاس فاصله‌ای است که از تعدادی عبارت و گزینه‌های جوابیه تشکیل شده است. بنابراین مقیاس لیکرت یک مقیاس مرکب است. گزینه‌های جوابیه در این مقیاس، معمولاً نشانگر میزان موافقت یا مخالفت پاسخگو نسبت به یک موضوع یا مفهوم معین، اعم از مثبت یا منفی است. به دیگر سخن، از طریق این مقیاس می‌توان حساسیت، نگرش، تعلق یا باور و احساسات پاسخگو را تعیین کرد.

معیار اساسی برای ساختن عبارات (پرسشی) در این مقیاس، ایده آل‌ها و امور مطلوب است نه واقعیت‌ها و موجودیت‌ها. به سخن دیگر، آنچه باید باشد یا باید انجام گیرد معیار طرح عبارت است و نه آنچه که هست یا انجام می‌شود (ساده، ۱۳۷۵).

بحث و بررسی

از نظر محتوا و معنی، توسعه پایدار مفهوم کاملاً جدیدی نیست. از دوره‌های ماقبل تاریخ، بسیاری از مردم از محدودیت‌های محیطی و برخی استراتژی‌های تکامل موفقیت آمیز و دراز مدت بقاء همچون مدیریت بهینه و حسن تدبیر مناسب آگاهی داشته‌اند (بارو، ۱۳۷۶).

اولین کوشش‌ها در زمینه توسعه پایدار ناشی از نگرانی‌های تعدادی از متفکران بود که می‌گفتند انسان در حال نابودی محیط زیست خود است؛ محیطی که از لحاظ تاریخی در آن به سر برده و از لحاظ بیولوژیکی به آن وابسته است (مهمشوری، ۱۳۷۸). این اولین

از نظر آپشور و ریچندر^۹ معیارهای پایداری در واقع خطوط راهنمایی هستند که شاخص‌های پایداری در چارچوب آنها اندازه‌گیری می‌شوند (Opschoor & Reijnder, 1991).

محققان بسیاری به منظور پایش پایداری سیستم‌های مختلف معیارهایی پیشنهاد داده‌اند. در جدول شماره (۱) خلاصه‌ای از معیارهای پیشنهاد شده توسط محققان مختلف برای سنجش پایداری یک سیستم به نمایش در آمده است.

با توجه به معیارهای پیشنهادی محققان، تعریف بنیادین سامانه پایدار آب شهری و شاخص‌شناسی در توسعه پایدار می‌تواند معیارهای لازم برای تحقیق حاضر را تعریف کرد. اگر در سلسله مراتبی تحقیق حاضر «پایداری سامانه آب شهری» را سطر اول یا همان هدف^{۱۰} در نظر بگیریم، معیارها و زیرمعیارهای این سلسله مراتبی به ترتیبی که در **کردار** شماره (۱) نمایش داده شده، تعریف شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این تحقیق برای سنجش پایداری سامانه آب شهری هفت معیار اصلی قابل تعریف است. هر یک از معیارها خود دارای زیر معیار هستند و برای برخی از زیرمعیارها نیز معیارهای خردتر تعریف شده است.

در ادامه در رابطه با معیارهای اصلی توضیح مختصری ارائه می‌شود:

- معیار بسندگی: این معیار سرانه آبی را که باید در اختیار شهروندان قرار گیرد، مورد سنجش قرار می‌دهد.
- معیار خوشایندی: این معیار مطلوبیت آبی را که در اختیار شهروندان است، از نظر پیوستگی، فشار، قابلیت دسترس و کیفیت مورد بررسی قرار می‌دهد.
- معیار برابری: این معیار برقراری عدالت (در بعد مکان) را در رابطه با خصوصیات مهم سامانه دنبال می‌کند.
- معیار هم‌زیستی: این معیار حسن همجواری با سیستم‌های طبیعی و انسانی مجاور را مورد سنجش قرار می‌دهد.
- معیار خودکفایی: با استفاده از این معیار خود کفایی آب شهری به عنوان یک سیستم پویا از نظر فنی و تکنولوژیکی، مالی و منابع مورد سنجش قرار می‌گیرد.
- معیار ساختارمندی: نظام مدیریتی و حقوقی سامانه با این معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.
- معیار آزادی و انعطاف‌پذیری: این معیار آزادی عمل سامانه را در رابطه با مشکلات و نیازهای محتمل در آینده می‌سنجد.

منفی در بهره‌برداری از سرمایه طبیعی به کاهش تدریجی آن می‌انجامد و توسعه را ناپایدار می‌کند (WECD, 1987). به منظور تعیین معیارهای لازم برای سنجش پایداری سامانه آب شهری ابتدا لازم است تا تعریف پایداری در رابطه با سامانه آب شهری ارائه شود و سپس می‌توان از تعریف «سامانه پایدار آب شهری» به عنوان سنگ بنا در تعیین معیارها، زیر معیارها، شاخص‌ها و پایه تجزیه و تحلیل‌ها استفاده کرد.

در این تحقیق تلاش شده است با الگوبرداری از تعریف برانتلند و همچنین در نظر داشتن رهکردهای کلی فصل هجدهم دستور کار ۲۱، یک تعریف اصلی و بنیادین از سامانه پایدار آب شهری صورت گیرد.

تعریف بنیادین

"سامانه پایدار آب شهری، سامانه‌ای است که نیاز شهروندان نسل حاضر به آب سالم و مطمئن را به طور یکسان برآورده کند بدون آن که توانایی ساکنان همان شهر در نسل‌های آینده و ساکنین شهرها و روستاهای دیگر در نسل‌های حاضر و آینده را در تأمین نیاز آبی خود کاهش دهد."

از تعریف فوق می‌توان کلمات کلیدی «نیاز نسل حاضر»، «آب سالم و مطمئن»، «یکسان»، «ساکنان شهرها و روستاهای دیگر» و «توانایی نسل‌های آینده» را استخراج کرد و به تدوین معیارها پرداخت. همچنین از آن جایی دستورکار ۲۱ به عنوان یک سند جهانی و فراگیر که اکثر کشورها از جمله ایران متعهد به پیگیری، بومی‌سازی و عملیاتی کردن آن شده‌اند، در فصل هجدهم خود با تعریف هفت برنامه کاری در ارتباط با آب شیرین خطوط روشن‌تری در اختیار جوامع قرار داده است، در این تحقیق نیز به منظور تدوین معیارها و زیر معیارها از مفاد این فصل هم استفاده شده است.

حال با مشخص شدن تعریف پایداری در سامانه آب شهری بایستی با توجه به معیارهای پیشنهادی صاحب نظران در زمینه سنجش پایداری، معیارهای مورد نظر تحقیق را تدوین کرد.

پایش پایداری امکان کمی کردن سطوح نسبی پایداری را برای استفاده در تصمیم‌گیری‌ها فراهم می‌سازد. سیمونویچ و دیگران^۸ بیان می‌کنند که از شاخص‌ها نباید مستقیماً در تصمیم‌گیری استفاده کرد، بلکه سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در امر توسعه پایدار نیازمند طراحی و کاربرد معیارهای پایداری است (Simonovic, et al, 1997).

جدول شماره (۱): معیارهای پیشنهادی محققان مختلف برای سنجش پایداری یک سیستم

معيار	مرجع
انحراف از حالت یک نواخت	Opschoor & Reijnder, 1991
روش معیارهای وزن دار شامل معیارهای زیر: جنبه های اقتصادی - اجتماعی، استفاده از منابع طبیعی و محیط زیست، محافظت و بهبود منابع طبیعی و محیط زیست، بهبود در ظرفیت تحمل طبیعت، بهداشت، امنیت و رفاه عمومی، انعطاف پذیری و پایداری امور زیربنایی و قابلیت انطباق با فرصت ها و پدیده های در حال تغییر	Baan, J.A., 1994
یک پارچگی / هم افزایی ^{۱۱} ، سادگی ^{۱۲} ، خصوصیات ورودی / خروجی ^{۱۳} ، آزادی عمل ^{۱۴} ، انطباق پذیری ^{۱۵} ، تنوع ^{۱۶} ، ظرفیت تحمل طبیعی ^{۱۷}	Baetz & Korel, 1995
کم یابی اکولوژیکی	Mc Mahon, 1995
آگاهی عمومی	Bender & Simnovicl, 1997
عدالت (در بعد مکان و زمان)، برگشت پذیری و ریسک	Simonovic, et al, 1997 Matheson, et al, 1997 Fanai & Burnl, 1997 Kroeger, et al, 1997
موجودیت ^{۱۸} ، استقلال و آزادی عمل، امنیت ^{۱۹} ، قابلیت انطباق، هم زیستی ^{۲۰} ، تولید مثل ^{۲۱} ، نیازهای روان شناختی ^{۲۲} و مسئولیت پذیری ^{۲۳}	Bossel, 1999

شاخص‌ها

- بخش‌هایی از «دستور العمل تعدیل در مبانی و ضوابط

طراحی طرح های آبرسانی و فاضلاب شهری (بخشنامه تعدیل وزارت نیرو)»

- بخش‌هایی از «نشریه شماره ۳-۱۱۷ سازمان برنامه»

- بخش‌هایی از «نشریه شماره ۳-۱۱۶ سازمان برنامه»

- بخش‌هایی از «استاندارد شماره ۱۰۵۳ سازمان برنامه»

- آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب (بر اساس استاندارد سال ۱۳۷۳ سازمان حفاظت محیط زیست)

- بند ۷-۲-۸ طرح جامع تهران (۱۳۸۶ مصوب)

- بخش‌هایی از قانون توزیع عادلانه آب (مصوب ۱۳۶۱)

- قسمت‌هایی از «بخش نامه شماره ۴-۱۱۱۱۱۰۴ سازمان

برنامه با عنوان توسعه پایدار و مدیریت مالی منابع آب، ۱۳۸۱»

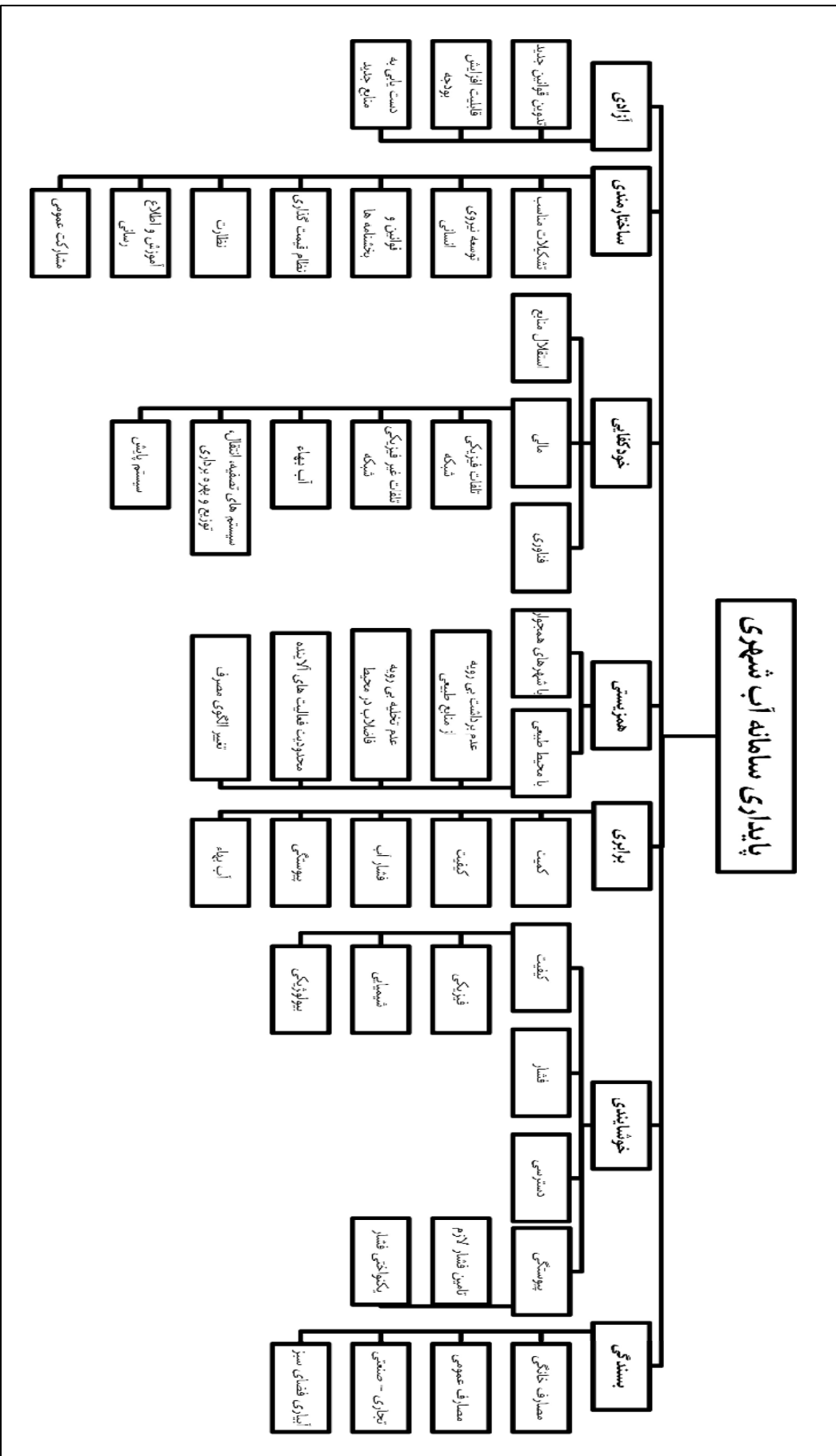
ماتریس‌ها و پرسشنامه‌ها

به منظور جمع‌آوری نظرات و قضاوت‌های خبرگان در تحقیق

حاضر از دو ابزار ماتریس و پرسشنامه استفاده می‌شود. در ابتدا خبرگان بر اساس مقایسه زوجی وزن معیارهای هفت گانه اصلی را نسبت به هدف در ماتریس مربوطه مشخص می‌کنند. سپس با همین روش وزن زیر معیارها نسبت به معیار سطح بالاتر تعیین می‌شود. به این منظور ۱۲ ماتریس طرح شده است.

همان گونه که در روش شناسی تحقیق نیز بیان شد، به منظور وزن دهی به معیارها (وزن نسبی و مطلق) از تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی و طیف لیکرت استفاده می‌شود. در این راستا با استفاده از ابزارهای ماتریس (برای انجام مقایسات زوجی و تعیین وزن نسبی داده‌ها) و پرسشنامه (برای تعیین نمره هر یک از معیارها در رابطه با سامانه مورد مطالعه) نظرات خبرگان دریافت می‌شود. در رابطه با بعضی از معیارها و زیر معیارهای ارائه شده راهنماهایی موجود است که خبرگان می‌توانند از آنها در امتیاز دهی‌ها بهره جویند.

در انتهای سوالات پرسشنامه این شاخص‌ها به عنوان راهنما قرار داده شده است. مزیت این کار در آن است که وزن دهی و امتیاز دهی خبرگان به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شود و بدین وسیله سازگاری فرایند و ماتریس‌ها بیشتر می‌شود. همچنین با در دست داشتن برخی اطلاعات شهر مورد مطالعه در این راهنماها، می‌توان کیفیت پاسخگویی خبرگان را کنترل کرد و در صورت غیر کارشناسی بودن امتیاز دهی‌ها، داده‌های خیره مربوطه را از محاسبات خارج کرد. بیان همه این راهنماها در این مقاله امکان پذیر نیست ولی برخی از آنها عبارتند از:



نمودار شماره (۱). سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهری

شهر از شمال به سلسله جبال البرز، از شرق به لواسانات، از غرب به شهرستان کرج و از جنوب به شهرستان ورامین محدود می‌شود. شهر تهران از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه، ۱۱۹ ناحیه و ۳۶۲ محله تقسیم می‌شود (سالنامه آماری شهر تهران، ۱۳۸۵). تحقیق حاضر در محدوده این شهر انجام می‌شود. یا به عبارت دقیق‌تر مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران محدوده تحقیق حاضر را تشکیل می‌دهد. تهران در اقلیم خشک معتدل تا نیمه خشک سرد و مدیترانه‌ای قرار دارد. تهران (گذشته از رودخانه نه چندان بزرگ کن) هیچ رودخانه مهمی ندارد^{۲۷} و از نظر تأمین آب به منابعی متکی است که در فاصله‌های دور از شهر قرار دارند. به فاصله کمی بعد از انتخاب تهران به عنوان پایتخت و با آغاز رشد جمعیت آن، معلوم شد که شهر با کمبود آب مواجه است (مدنی پور، ۱۳۸۱). در سال ۱۳۲۹ طرح اولیه لوله کشی تهران برای جمعیتی معادل نهمصد هزار نفر به مرحله اجرا در آمد و دو خط لوله فولادی به قطر ۴۰ اینچ و با ظرفیت ۲۴۲۰۰۰ متر مکعب در شبانه روز برای انتقال آب از آبگیر بیلقان به اولین تصفیه خانه تهران (جلالیه) در نظر گرفته شد (آل یاسین، ۱۳۸۴).

منابع آب تهران

منابع تأمین کننده آب به همراه جمعیت و سرانه مصرف آن سه رکن اساسی برنامه‌ریزی و مدیریت آب هر شهر است. در حال حاضر آب مورد نیاز شهر تهران از رودخانه‌های کرج، جاجرود، لار و آبه‌های زیر زمینی سفره‌های آبرفتی داخل شهر تهران و چاه‌های جاجرود تأمین می‌شود. مجموع آورد سالانه رودخانه‌ای کرج و جاجرود که دو منبع اصلی و نسبتاً قدیمی تأمین آب شهر تهران هستند، نسبت به نیازهای روز افزون این شهر محدود بوده و افزایش برداشت از این منابع موجب کاهش حبابه کشاورزی می‌شود. جدول شماره (۳) مشخصات هیدرولوژیکی رودخانه‌های مذکور را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۳): مشخصات هیدرولوژیکی رودخانه‌های

تأمین کننده آب تهران (طرح تأمین آب تهران بزرگ، ۱۳۷۹)

نام رودخانه	کرج	جاجرود	لار
وسعت حوضه (km ²)	۸۵۰	۶۹۰	۷۱۵
متوسط آورد سالانه (MCM)	۴۴۵	۳۱۱	۳۹۵
حداقل جریان (m ³ /s)	۳/۱۹	۱/۳۴	۱/۹۸
حداکثر جریان (m ³ /s)	۸۳/۲۱	۷۵/۹۱	۹۱/۷۰

اما به منظور امتیاز دهی به معیارهای سطح آخر با استفاده از طیف لیکرت در رابطه با سامانه مورد مطالعه، از پرسشنامه استفاده می‌شود. به این منظور ۳۸ سوال طرح شده است. از آنجایی که در فرایند تحلیل سلسله مراتبی امتیاز کسب شده گزینه نسبت به هر معیار عددی بین صفر تا یک است، در آخر جوابیه‌های پرسشنامه حاضر (ارزشهای عددی معمول ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ طیف لیکرت)، بر عدد ۵ تقسیم می‌شوند. در نهایت با انجام محاسبات لازم وزن نهایی پایداری سامانه آب شهر مورد مطالعه حاصل می‌شود که عددی بین صفر تا یک است. با ضرب عدد به دست آمده در عدد ۵ و با استفاده از جدول شماره (۲) میزان پایداری سامانه مورد نظر مشخص می‌شود.

جدول شماره (۲): سنجش نهایی پایداری سامانه آب شهری

وضعیت پایداری	بازه وزن نهایی
بسیار ناپایدار	۰-۱
ناپایدار	۱-۲
نیمه پایدار	۲-۳
پایدار	۳-۴
بسیار پایدار	۴-۵

نرم افزار مورد استفاده

نرم افزار EC²⁴ که در این تحقیق از آن استفاده شده است، جهت تحلیل مسایل تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده و قابل اجرا بر روی کامپیوترهای شخصی است. این نرم افزار دارای توانایی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی کردار سلسله مراتبی^{۲۵} تصمیم گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را نیز داراست. این نرم افزار مورد حمایت ساعتی^{۲۶}، بنیانگذار روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی است (قدسی پور، ۱۳۸۵).

ساخت سامانه مورد مطالعه

کلان شهر تهران با جمعیت حدود هشت میلیون نفر بزرگ ترین شهر کشور و ویتترین سیاسی-اقتصادی ایران در دنیا محسوب می‌شود. شهر تهران با وسعت حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع بین ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. این

در سال ۱۳۸۷، به میزان ۱۰۱۸ میلیون مترمکعب آب از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی دور و نزدیک برداشت کرده است. بخش اعظم منابع آبهای سطحی کیلومترها از تهران فاصله دارند و مربوط حوضه‌های آبریز مجاور تهران هستند. این مقدار در سال ۸۷ تقریباً ۵۷ درصد منابع آب برداشتی تهران را تشکیل می‌دهد. از ۴۳ درصد منابع برداشتی که مربوط به آبهای زیرزمینی است نیز درصد اندکی از برداشت مربوط به چاه‌های جاجرود است. به عنوان مثال در دی ماه ۱۳۸۸ به میزان ۲۰۹۲۱۴۵۰ متر مکعب از منابع زیرزمینی برداشت شد که به میزان ۸۹۹۰۲۸ متر مکعب از این برداشت (۴،۳ درصد) مربوط به چاه‌های جاجرود بود (سایت شرکت آب و فاضلاب شهر تهران، ۱۳۸۸).

جدول شماره (۴): میزان برداشت از منابع آبهای سطحی و زیر زمینی تهران در سالهای اخیر (بر حسب میلیون متر مکعب)؛ گزارش‌های شرکت آب و فاضلاب شهر تهران، سالهای مختلف

	برداشت ۸۸			برداشت ۸۷			برداشت ۸۶		
	جمع	زیرزمینی	سطحی	جمع	زیرزمینی	سطحی	جمع	زیرزمینی	سطحی
برداشت سالانه	-	-	-	۱۰۱۸/۲	۴۳۰/۶۱	۵۸۷/۶۱	۱۰۳۵/۷	۲۹۳/۶۰	۷۴۲/۱۴
میانگین ماهانه	۹۲/۸۷	۱۹/۳۹	۳۹/۲۳	۸۴/۸۵	۳۵/۸۸	۴۸/۹۷	۸۶/۳۱	۲۴/۴۷	۶۱/۸۵
درصد برداشت		%۲۳	%۶۷		%۴۲	%۵۸		%۲۸	%۷۲

گزارش‌های مختلف در سالهای متمادی برای سرانه مصرف در تهران و اختلاف با حدود مطلوب مصرف ذکر کردند. بر اساس مطالعات انجام شده در طرح تأمین آب تهران بزرگ، سرانه مصرف آب تهرانی‌ها در سال ۱۳۶۵ برابر با ۲۷۴ لیتر نفر در روز بوده است. ۲۷ درصد این مقدار مربوط به تلفات انتقال و توزیع و ۱۳ نیز مربوط به برداشت‌های غیر مجاز و عدم دقت کنتورها بود (طرح تأمین آب تهران بزرگ، ۱۳۷۹). بر اساس مطالعات طرح جامع آب کشور، مصرف سرانه شهر تهران در سال ۱۳۷۳ برابر با ۳۲۱ لیتر نفر در روز بوده است. این گزارش در ادامه مقدار مطلوب سرانه تهران را ۲۶۷ لیتر نفر ذکر می‌کند که بر این مبنا تهرانی‌ها به میزان ۵۴ لیتر نفر در روز (۲۰ درصد) بیش از مقدار مطلوب در سال ۷۳ مصرف کردند (طرح جامع آب کشور، ۱۳۷۹). جدول ۵ حجم آب تأمین شده و صورت حساب شده تهران را طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۸۷ نشان می‌دهد. همان گونه که در جدول شماره (۵) قابل مشاهده است مقدار میانگین آب به حساب نیامده تهران در سالهای اخیر تقریباً ۲۶ درصد است که این مقدار رقم تأمل برانگیز و چشمگیری است. به طور کلی تلفات آب شبکه تهران بالا بوده و از این نظر لازم است تا

سدهای کرج، لتیان و لار عمده منابع آبهای سطحی تهران را ذخیره می‌کنند و به ۵ تصفیه خانه تهران منتقل می‌کنند. به لحاظ ویژگی‌های خاص تکنوتیکی و زمین شناسی، آبخوان‌های دشت تهران را می‌توان به دو بخش کاملاً متمایز تفکیک کرد. بدین معنی که در بخش‌های شمالی دشت تهران (شمال محور خیابان شهید بهشتی تا شمیران) سفره‌ها اکثراً منفرد و موضعی با پتانسیل ضعیف و در بخش جنوبی آن همراه با دشت شهریار آبخوان اصلی و یکپارچه دشت گسترش دارد (طرح مطالعات بهینه بهره برداری، ۱۳۸۶). میزان برداشت از منابع آبهای سطحی و زیر زمینی تهران در سالهای ۱۳۸۶، ۸۷ و ۸ ماهه اول ۸۸ مطابق جدول شماره (۴) است. بر این اساس و به عنوان نمونه شرکت آب و فاضلاب شهر تهران

کیفیت منابع

مطالعات نشان می‌دهد منابع آبهای سطحی تهران در مجموع از کیفیت قابل قبولی برخوردار است. این در حالی است که مطلوب بودن کیفیت منابع آبهای زیرزمینی تهران به ویژه در سالهای اخیر همواره مورد تردیدهای جدی بوده است. به عنوان مثال مقدار نترات در اکثر نقاط شهر تهران بالا و در بخش‌های وسیعی نیز مقدار آن از حد مجاز بیشتر است. به طور کلی می‌توان گفت که به دلیل استفاده از چاه‌های جذبی در سیستم فاضلاب شهر تهران (به دلیل نبود شبکه جمع آوری فاضلاب در تهران) میزان نترات روندی رو به رشد دارد و باتوجه به نتایج منفی آن ضروری است که طرح‌های نترات زدایی از منابع شرب تهران جهت کاهش میزان آن انجام پذیرد (طرح مطالعات بهینه بهره‌برداری، ۱۳۸۶).

سرانه مصرف

بر اساس سرشماری سراسری که در سال ۱۳۸۵ در کشور و تهران انجام شده است، جمعیت تهران ۷۷۹۷۵۲۰ نفر بوده که از این تعداد ۳۸۱۴۴۴۰ نفر زن و ۳۹۸۳۰۸۰ نفر مرد هستند. سرانه مصرف آب در تهران همواره بالا بوده است. گواه این ادعا مقادیری است که

- سرانه مصرف کل آب شهر تهران در سال ۸۵ برابر با ۳۷۸/۴ لیتر نفر در روز بوده است.

- بر اساس بخشنامه تعدیل و با توجه به اقلیم و جمعیت تهران، مصرف سرانه کل آب تهران نباید از ۲۶۰ لیتر نفر در روز تجاوز کند. بدین ترتیب به طور متوسط هر تهرانی در سال ۱۳۸۵ به مقدار ۱۱۸/۴ لیتر اضافه‌تر از حد مجاز آب مصرف کرده است. به عبارت دیگر ۴۵/۵ درصد بیشتر از حد مجاز مصرف شده است که البته بخش قابل توجهی از این رقم حیرت انگیز مربوط به تلفات بالای شبکه است.

هر چه سریع‌تر برنامه‌های لازم برای کاهش میزان تلفات شبکه طراحی و اجرا شود. چنانچه خواسته شود سرانه مصرف آب در سال ۱۳۸۵ مورد محاسبه قرار گیرد، با توجه به جمعیت ۷۷۹۷۵۲۰ نفری تهران در سال ۸۵ و ۱۰۷۷ میلیون مترمکعب آب مصرف شده، با فرض اینکه کل جمعیت تهران تحت پوشش شبکه قرار داشته باشند:

- به طور متوسط هر تهرانی در سال ۸۵ به میزان ۱۳۸/۱ مترمکعب آب مصرف کرده است.

جدول شماره (۵): احجام آب تأمین و صورت حساب شده تهران در سالهای اخیر (بر حسب میلیون متر مکعب)؛

(آمارنامه شهرداری تهران، ۱۳۸۴ & سالنامه آماری شهر تهران، ۱۳۸۵ & گزارش عملکرد شرکت آبفا استان تهران، ۱۳۸۷)

سال	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
حجم آب تأمین شده	۸۸۰	۹۱۸	۹۳۴	۱۰۰۵	۱۰۶۴	۱۰۷۷	۱۰۴۱	۱۰۱۹
حجم آب صورت حساب شده	-	-	-	-	۷۷۸	۷۸۵	۷۷۴	۷۴۸
درصد آب به حساب نیامده	-	-	-	-	۲۶/۹	۲۷/۱	۲۵/۷	۲۶/۶

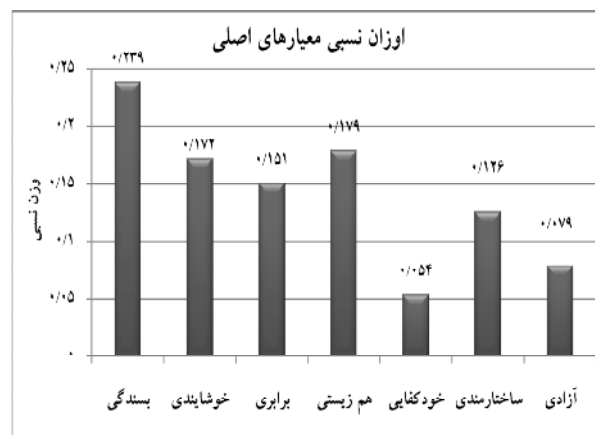
یافته‌ها

پس از آن که ۴۰ سری از ماتریس‌های مقایسه و پرسشنامه در اختیار خبرگان سامانه آب شهر تهران قرار گرفت، اقدام به جمع‌آوری مرحله اول شد. در این مرحله ۲۹ نفر از خبرگان ماتریس‌ها و پرسشنامه را تکمیل کردند. از این تعداد ۸ سری از ماتریس‌ها ناسازگار بودند. پس از عودت این ماتریس‌ها به خبرگان در مرحله دوم تعداد ۵ سری ماتریس جمع‌آوری شد. در نهایت دو سری ماتریس دیگر نیز کنار گذاشته شد و ۲۴ سری ماتریس مقایسه به همراه پرسشنامه‌های مربوطه نهایی شد.

در ادامه نتایج حاصل از محاسبات انجام شده به کمک نرم افزار Expert Choice ارائه می‌شود. نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌های نهایی که از ۲۴ خبره جمع‌آوری و مورد محاسبه قرار گرفت، کمتر از ۰/۱ است. همچنین مقدار ۰/۸۳ برای آلفای کرونباخ موید آن است که ماتریس‌ها و پرسشنامه از پایایی لازم برخوردارند.

اوزان نسبی معیارها

به منظور پرهیز از طولانی شدن این بخش و عدم ارائه جداول و کردارهای متعدد، وزن نسبی معیارها و زیر معیارها در ادامه و به همراه نمره معیارها و اوزان مطلق در جدولی مجزا نشان داده می‌شود. نمودار شماره (۲) وزن نسبی معیارها و زیرمعیارهای سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهری را نشان می‌دهد.



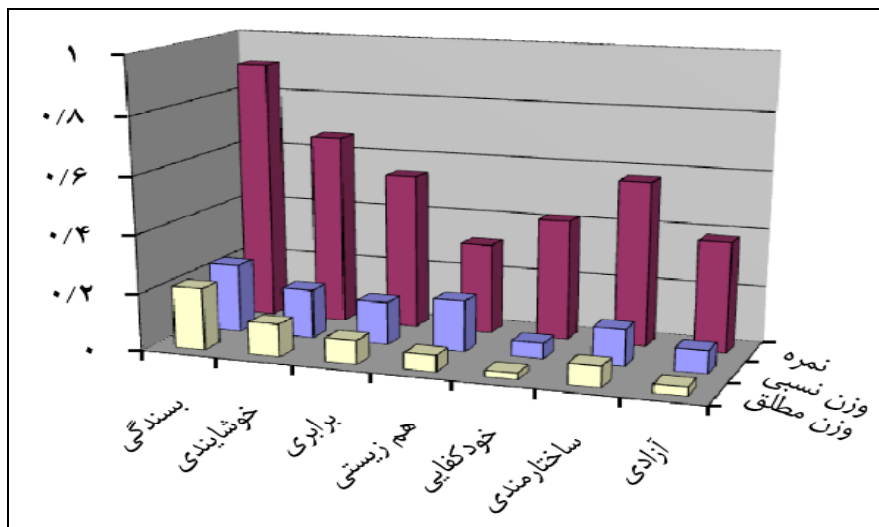
نمودار شماره (۲): اوزان نسبی معیارهای اصلی سلسله مراتبی

در میان معیارهای اصلی معیار بسندگی نسبت به دیگر معیارها از وزن بیشتری برخوردار است و تقریباً می‌توان گفت فاصله محسوسی با دیگر معیارها دارد. پس از بسندگی، هم زیستی سنگین ترین معیار است. در رده‌های بعدی نیز معیارهای خوشایندی (با فاصله کم)، برابری، ساختارمندی، آزادى و خودکفایی قرار دارند.

اوزان مطلق

اوزان نسبی‌ای که خبرگان تعیین کردند، علاوه بر سامانه آب تهران برای سامانه هر شهر دیگر نیز قابل استفاده است. گرچه ممکن است به هنگام مقایسات این ذهنیت که تحقیق در رابطه با تهران انجام می‌شود، باعث شده باشد اوزان نسبی بیشتر برای شهر تهران کاربست داشته باشد. به هر روی در جدول شماره (۶) اوزان نسبی تمامی معیارهای اصلی، معیارها و زیر معیارها ارائه شده است.

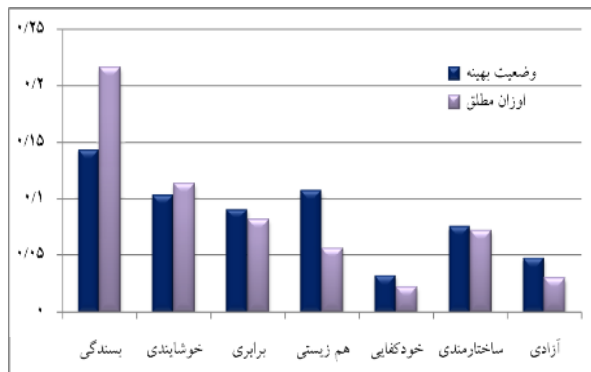
در این جدول همچنین مقادیر نرماتی که هر معیار به خود اختصاص داده به همراه وزن مطلق که معیار کسب کرده در مقابل وزن نسبی ذکر شده است. در بین معیارهای اصلی بیشترین نمره مربوط به معیار بسندگی و کمترین آن‌ها مربوط به معیار هم زیستی است. نمودار شماره (۳) در حالت سه بعدی به صورت مقایسه‌ای وضعیت اوزان نسبی و مطلق معیارهای اصلی را به همراه نمرات مربوطه نشان می‌دهد.



نمودار شماره (۳): مقادیر اوزان نسبی و مطلق و نمرات معیارهای اصلی سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهر تهران

همان گونه که در جدول شماره (۶) نشان داده شده وزن مطلق سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهر تهران ۰/۵۹۲ از یک است. چنانچه خواسته شود بر مبنای ارزش گذاری جدول شماره (۲) میزان پایداری سامانه آب تهران مورد سنجش قرار گیرد، عدد ۲/۹۶ (از ۵) مبین میزان پایداری سامانه آب شهر تهران است. بدین ترتیب وزن نهایی این سلسله مراتبی در بازه سوم (۲ تا ۳) قرار می‌گیرد و می‌توان گفت سامانه آب تهران در حالت نیمه پایدار قرار دارد.

چنانچه عدد ۳ یا همان مرز بین بازه‌های نیمه پایدار و پایدار به عنوان حد پایداری سامانه در نظر گرفته شود، بر این مبنا نمره ۰/۶ برای هر معیار به عنوان نقطه مرزی در نظر گرفته می‌شود و بر این اساس می‌توان وضعیت قوت و ضعف سامانه آب شهر تهران در معیارهای اصلی را در نمودار شماره (۴) نشان داد. همان گونه که در نمودار شماره (۴) و جدول شماره (۶) قابل ملاحظه است، سامانه آب کلان شهر تهران در معیارهای بسندگی و خوشایندی از وضعیت مطلوبی برخوردار است. همچنین بدترین



نمودار شماره (۴): مقایسه اوزان مطلق معیارهای اصلی سامانه آب تهران با وضعیت مطلوب

جدول شماره (۶): اوزان نسبی، نمرات و اوزان مطلق معیارها و زیرمعیارهای سلسله مراتبی پایداری سامانه آب شهر تهران

وزن مطلق	نمره (از یک)	وزن نسبی	زیر معیارها	وزن مطلق	نمره (از یک)	وزن نسبی	معیارها	وزن مطلق	نمره (از یک)	وزن نسبی	معیارهای اصلی
				۰/۵۲۰	۰/۹۵۸	۰/۵۴۳	خانگی	۰/۲۱۶	۰/۹۰۴	۰/۲۳۹	بسندهی
				۰/۱۹۵	۰/۹۴۲	۰/۲۰۷	عمومی				
				۰/۱۲۶	۰/۸۱۷	۰/۱۵۴	تجاری ...				
				۰/۰۶۳	۰/۶۵۸	۰/۰۹۶	فضای سبز				
				۰/۰۶۷	۰/۶۷۵	۰/۰۹۹	پیوستگی				
				۰/۲۴۰	۰/۶۵۰	۰/۳۶۹	دسترسی				
۰/۳۳۸	۰/۵۲۵	۰/۶۴۳	تأمین	۰/۰۹۱	۰/۵۱۹	۰/۱۷۵	فشار	۰/۱۱۴	۰/۶۶۱	۰/۱۷۲	خوشایندی
۰/۱۸۱	۰/۵۰۸	۰/۳۵۷	یکنواختی								
۰/۰۹۷	۰/۸۱۷	۰/۱۱۹	فیزیکی								
۰/۱۵۹	۰/۵۱۷	۰/۳۰۸	شیمیایی								
۰/۴۸۲	۰/۸۴۲	۰/۵۷۳	بیولوژیکی								
				۰/۲۶۴	۰/۷۳۹	۰/۳۵۷	کیفیت				
				۰/۲۶۸	۰/۸۵۸	۰/۳۱۲	کمیت	۰/۰۸۲	۰/۵۴۰	۰/۱۵۱	برابری
				۰/۱۲۰	۰/۴۰۸	۰/۲۹۳	کیفیت				
				۰/۰۵۲	۰/۴۰۸	۰/۱۲۷	فشار				
				۰/۰۲۵	۰/۳۵۸	۰/۰۷۱	پیوستگی				
				۰/۰۷۶	۰/۳۸۳	۰/۱۹۷	آب بهاء				
۰/۰۷۹	۰/۲۷۵	۰/۲۸۸	برداشت منابع	۰/۲۵۷	۰/۳۲۳	۰/۷۹۷	با محیط طبیعی	۰/۰۵۶	۰/۳۱۴	۰/۱۷۹	هم زیستی
۰/۰۶۴	۰/۳۰۰	۰/۲۱۳	تخلیه فاضلاب								
۰/۰۴۳	۰/۳۱۷	۰/۱۳۵	فعالیتها								
۰/۰۹۴	۰/۲۵۸	۰/۳۶۴	الگوی مصرف								
				۰/۰۵۷	۰/۲۷۹	۰/۲۰۳	با شهرها و ...				
				۰/۱۲۹	۰/۷۴۲	۰/۱۷۴	تکنولوژیکی				
۰/۰۸۴	۰/۳۵۰	۰/۲۴۱	تلفات فیزیکی	۰/۲۱۲	۰/۴۰۰	۰/۵۳۰	مالی	۰/۰۲۳	۰/۴۱۸	۰/۰۵۴	خودکفایی
۰/۰۸۷	۰/۴۹۲	۰/۱۷۷	تلفات غ. فیزیکی								
۰/۰۹۵	۰/۲۷۵	۰/۳۴۶	آب بهاء								
۰/۰۴۲	۰/۴۰۸	۰/۱۰۴	سیستمها								
۰/۰۹۱	۰/۶۹۲	۰/۱۳۲	پایش								
				۰/۰۷۶	۰/۲۵۸	۰/۲۹۶	استقلال منابع				
				۰/۱۱۷	۰/۸۵۰	۰/۱۳۸	تشکیلات	۰/۰۷۲	۰/۵۷۱	۰/۱۲۶	ساختارمندی
				۰/۰۸۵	۰/۶۷۵	۰/۱۲۶	نیروی انسانی				
				۰/۱۰۰	۰/۵۷۵	۰/۱۷۴	قوانین				
				۰/۰۵۵	۰/۲۸۳	۰/۱۹۵	قیمت گذاری				
				۰/۰۵۶	۰/۶۰۰	۰/۰۹۳	نظارت				
				۰/۰۷۹	۰/۶۰۰	۰/۱۳۳	آموزش				
				۰/۰۷۸	۰/۵۵۰	۰/۱۴۱	مشارکت				
				۰/۱۰۴	۰/۶۱۷	۰/۱۶۹	قوانین جدید				
				۰/۲۰۱	۰/۵۹۲	۰/۳۴۰	افزایش بودجه	۰/۰۳۰	۰/۳۸۳	۰/۰۷۹	آزادی
				۰/۰۷۸	۰/۱۵۸	۰/۴۹۱	منابع جدید				
				-				۰/۵۹۲	-	۱	مجموع

نتیجه گیری

در این تحقیق ابتدا یک تعریف بنیادین از سامانه پایدار آب شهری با الگوبرداری از تعریف کمیسیون برانتلند از توسعه پایدار و در نظر داشتن رهکردهای کلی فصل هجدهم دستور کار ۲۱ ارائه شد. بر اساس این تعریف سامانه پایدار آب شهری، سامانه ای است که نیاز شهروندان نسل حاضر به آب سالم و مطمئن را به طور یکسان برآورده کند بدون آن که توانایی ساکنان همان شهر در نسل های آینده و ساکنان شهرها و روستاهای دیگر در نسل های حاضر و آینده را در تأمین نیاز آبی خود کاهش دهد. با توجه به تعریف سامانه پایدار آب شهری، شاخص شناسی در توسعه پایدار و منابع آب و همچنین نقطه نظرات صاحب نظران، معیارها و زیرمعیارهای پایداری سامانه آب شهری تدوین شد. معیارهای اصلی پایداری عبارتند از: بسندگی، خوشایندی، برابری، هم زیستی، خودکفایی، ساختارمندی و آزادی. از آنجا که برخی از معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی پایداری سامانه آب شهری کمی و برخی دیگر کیفی هستند، لازم است تا از روشی استفاده شود که امکان مقایسه این معیارها را با یکدیگر در یک ساختار مشخص فراهم آورد. بنابراین با استفاده از تلفیق روشهای تحلیل سلسله مراتبی و طیف لیکرت و با ابزارهای ماتریس مقایسه زوجی و پرسشنامه، اوزان نسبی و مطلق معیارهای پایداری تعیین و پایداری سامانه آب کلان شهر تهران مورد سنجش قرار گرفت. بر این اساس مشخص شده است که معیارهای بسندگی و هم زیستی از بیشترین وزن نسبی برخوردارند و سبک ترین معیارها هم معیارهای خودکفایی و آزادی هستند. نتایج محاسبات نشان می دهد وزن مطلق سامانه آب تهران ۲/۹۶ (از ۵) است. به عبارت دیگر با توجه به طبقه بندی این تحقیق، سامانه آب کلان شهر تهران در حالت نیمه پایدار قرار دارد. همچنین مشخص شده است اوزان مطلق معیارهای اصلی بسندگی و خوشایندی در وضعیت مناسبی قرار دارند و وزن مطلق دیگر معیارها زیر حد پایداری قرار می گیرند. با استفاده از نقاط قوت و ضعف سامانه در معیارها و زیرمعیارهای مختلف که به کمک این

منابع مورد استفاده

آزاد ارمکی، ت. ۱۳۷۹. اقتصاد توسعه پایدار، چاپ اول، انتشارات مؤسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، ص ۲۴ و ۲۵

آل یاسین، احمد. ۱۳۸۴. بحران آب، بخش سوم، فصل ششم، انتشارات جامعه مهندسان مشاور ایران، چاپ اول، مقدمه و صص ۵ و ۸ و ۱۰

آمارنامه شهرداری تهران. ۱۳۸۴. آب و برق و فاضلاب

تحقیق مشخص شده است، می توان راهکارهای اصلاحی و بهبود سامانه آب کلان شهر تهران را در سطوح خرد و کلان ارائه کرد.

پیشنهادات

به منظور بررسی های دقیق در سطوح خرد و کلان، می توان معیارهای دیگری را از جمله بازگشت پذیری در مقابل بحران های طبیعی و حملات تروریستی به مجموعه معیارهای پیشنهادی این تحقیق افزود.

یادداشتها

- 1-Likert Scale
- 2-A.H.P (Analytic Hierarchy Process)
- 3- Axioms
- 4-World Commission on Environment and Development, 1987
- 5- Brundtland Commission
- 6- AGENDA 21
- ۷- حمایت از کیفیت و ذخیره منابع آب شیرین: به کارگیری روشهای کامل در مورد توسعه، مدیریت و استفاده از منابع آب

- 8-Simonovic et al
- 9- Opschoor & Reijnder
- 10-Goal
- 11- Integrity/Synergy
- 12- Simplicity
- 13- Input/Output Characteristics
- 14- Freedom of Action
- 15-Adaptability
- 16- Diversity
- 17-Natural Carrying Capacity
- 18-Existence
- 19- Security
- 20- Coexistence
- 21- Reproduction
- 22- Psychological Needs
- 23-Responsibility
- 24-Expert Choice
- 25- Hierarchy
- 26-T. L. Saaty

۲۷- به نسبت وسعت و جمعیت شهر

بارو، سی، جی. ۱۳۷۶. توسعه پایدار: مفهوم، ارزش و عمل، ترجمه سید علی بدری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مؤسسه مطالعات عاشورا، مشهد، شماره ۴۴، صص ۴۳ و ۵۶

خاکی، غ. ۱۳۸۶. روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی، انتشارات بازتاب، چاپ سوم

ساده، م. ۱۳۷۵. روشهای تحقیق، چاپ اول، انتشارات مؤلف

سالنامه آماری شهر تهران. ۱۳۸۵. شهرداری تهران، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، فصل ششم، آب و برق

سایت شرکت آب و فاضلاب شهر تهران

طراوتی، ح و ایافت، س. ۱۳۷۷ دستور کار ۲۱، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست با همکاری UNDP، ص ۱۲۰

طرح تأمین آب تهران بزرگ. ۱۳۷۹. جمعیت و مصارف و نیازهای آب و فاضلاب شهری و روستایی و صنایع و معادن، شرکت مهندسان مشاور جاماب، وابسته به وزارت نیرو، کارفرما: شرکت آب منطقه‌ای تهران

طرح جامع آب کشور. ۱۳۷۹. محدوده سازمان آب تهران، فصل دوم، ارزیابی منابع آب و خاک، جدول خلاصه وضعیت کیفیت آب رودخانه‌های حوزه عمل آب منطقه‌ای تهران، شرکت مهندسان مشاور جاماب (وابسته به وزارت نیرو)، کارفرما: سازمان مدیریت منابع آب ایران

طرح مطالعات بهینه بهره برداری کمی، کیفی و آلودگی، منابع آب زیرزمینی دشتهای تهران - شهریار. ۱۳۸۶. مطالعات هیدرولوژی، مرحله اول، شرکت مشاور: مهندسان مشاور مهتاب قدس، کارفرما: شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران

عطری، ش. ۱۳۷۹. توسعه پایدار و اهداف آن، بولتن دبیرخانه کمیته ملی توسعه پایدار، شماره ۶، ص ۱۳

قدسی پور، ح. ۱۳۸۵. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

گزارش عملکرد شرکت آب و فاضلاب شهر تهران، ۱۳۸۷

مدنی پور، ع. ۱۳۸۱. تهران، ظهور یک کلان شهر، انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری وابسته به شهرداری تهران، چاپ اول

مehشورای، ش. ۱۳۷۸. توسعه پایدار و مدیریت دولتی در هند؛ مدیریت توسعه، مجموعه نهم از انتشارات مرکز آموزش مدیریت دولتی، صص ۵۵ و ۵۹

یانگ، ت. برتون ام پی. ۱۳۷۶. ترجمه محسن تشکری، پایداری کشاورزی با تعریف و دلالت‌های آن در سیاست تجاری و کشاورزی، انتشارات مؤسسه پژوهش‌های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی وزارت کشاورزی، ص ۱۵

Baan, J.A., 1994. Evaluation of water resources projects on sustainable development. Proceedings, International UNESCO System, Water Resources Planning in a Changing World, Karlsruhe, Germany, June 28-30, pp. IV 63-72.

Baetz, B.W., R.M. Korol. 1995. Evaluating technical alternatives on basis of sustainability. J. of Professional Issues in Engineering Education and Practice, ASCE, Vol. 121, No. 2, April, pp. 102-107.

- Bender, M.J. , S.P., Simonovic .1997. Consensus as the measure of sustainability. *Hydrological Sciences Journal*, 42 (4), pp. 493-500.
- Bossel, H. 1999. Indicators for sustainable development: Theory, method, applications. International Institute for Sustainable Development, Canada.
- Fanai, M. , D.H., Burn .1997. Reversibility as a sustainability criterion for project selection. *Int. Jr. of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 4, pp. 259-273.
- Kroeger, A.I. , S.P., Simonovic .1997. Development of a risk measure as a sustainable project selection criterion. *Int. Jr. of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 4, pp. 274-285.
- Matheson, S. , B.J.; Lence and J., Furst .1997. Distributive fairness consideration in sustainable project selection. *Hydrological Sciences Journal*, 42 (4), pp. 531-548.
- McMahon, G.F. 1995. Metrics of sustainability. *Proceedings of WEFTEC 95, 68th Annual Conference and Exposition*, Oct. 21-25, pp. 475-483. (Miami , Florida : Water Environment Federation
- Opschoor, H. , L., Reijnders .1991. Towards sustainable development indicators. In Kuik, O. and Verbruggen, H. (eds.), *In Search of Indicators of Sustainable Development*, pp. 7-27. (Boston : Kluwer Academic Publishers).
- Simonovic, S.P. , D.H., Burn , and B.J., Lence .1997. Practical sustainability criteria for decision making. *Int. Jr. of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 4, pp. 231-244.
- WECD, *Our Common Future*, Oxford, Oxford University press, 1987, P82