مجله علمی – پژوهشی
مهندسی عمران مدرس
دوره بیستم، شماره ۴، سال ۱۳۹۹

شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های مؤثر در تامین آب سامانه آب‌رسان شهری به روش تلفیقی AHP و RAMCAP

مجید شیخعلی[۱]، غلامرضا اسدالله فردی[۲*]، سید شهاب امامزاده[۳]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی
۲- استاد، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی
۳- استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه خوارزمی

fardi@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: [۹۷/۱۰/۳]   تاریخ پذیرش: [۹۸/٤/۱۸]

چکیده

سامانه‌های تأمین و توزیع آب شهری شامل منابع تأمین، خطوط انتقال اصلی، تصفیه‌خانه‌ها، مخازن ذخیره و سیستم توزیع آب به طیف وسیعی از مصرف‌کنندگان خدمات‌رسانی می‌کنند و ازاین‌رو جزو زیرساخت‌های اساسی در هر شهری به شمار می‌روند. هدف اصلی این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی دارایی‌های حیاتی و حساس و مهم تأسیسات آب‌رسانی که شامل مخازن، شبکه انتقال و توزیع، تصفیه-خانه‌ها، سدها، تلمبه‌خانه‌ها، چاه‌ها، رودخانه‌ها، بر مبنای معیارهای ارزش اقتصادی، ارزش عملکردی و منحصربه‌فرد بودن با استفاده از روش تلفیقی سلسله مراتبی (AHP) و مدیریت و ارزیابی ریسک برای حفاظت از دارایی‌های حیاتی (RAMCAP) است. برای به دست آوردن عدد اولویت‌بندی ارزش دارایی به‌صورت کمی، از روش AHP با مدل‌سازی در نرم‌افزار Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) استفاده شد. در ابتدا ماتریس زوجی AHP مبتنی بر روش RAMCAP بر اساس سه معیار بیان شده طراحی شد و در بین خبرگان ذی‌ربط که تعداد ٤۲ نفر بودند، توزیع و نظرات جمع‌آوری شد. در ادامه برای به دست آوردن عدد اولویت‌بندی دارایی‌ها، داده‌های پر شده ماتریس‌ها زوجی برای مدل‌سازی به روش AHP، وارد نرم‌افزار Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) شد. بر مبنای روش تلفیقی سد امیرکبیر، سد طالقان، سد لتیان، سد لار، سد ماملو، سد نمرود، سد زیارت، سد شهید غفوری، چاه‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، تصفیه‌خانه شماره یک (جلالیه)، تصفیه‌خانه شماره دو (کن)، تصفیه‌خانه‌های شماره(۳ و ٤)، تصفیه‌خانه شماره پنج، تصفیه‌خانه شماره شش، تصفیه‌خانه شماره هفت (سوهانک)، تصفیه‌خانه فاضلاب صاحبقرانیه، تصفیه‌خانه فاضلاب محلاتی، تصفیه‌خانه فاضلاب زرگنده، تصفیه‌خانه فاضلاب قیطریه، تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس، تصفیه‌خانه فاضلاب شوش، تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان، تلمبه‌خانه‌ها، مخازن ذخیره، در شبکه توزیع آب دارایی‌های حیاتی سامانه آب‌رسانی شهر تهران انتخاب شدند. بر مبنای معیارهای تعریف‌شده ارزش اقتصادی، ارزش عملکردی و منحصربه‌فرد بودن سد لتیان و سد امیرکبیر و سد طالقان به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم با وزن عدد ارزش به ترتیب ۰/۱٤۷۷ و ۰/۱۳۵۹ و ۰/۱۱۰۹ و شبکه توزیع و مخازن ذخیره در رتبه ٢٤ و ٢٥ با وزن عدد ارزش دارایی به ترتیب ۰/۰۰٤٦ و ۰/۰۰٤٥ قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: تأمین، تصفیه، توزیع آب، AHP، RAMCAP

۱. مقدمه

طبق تعریف سازمان امنیت اجتماعی و آمادگی شرایط اضطراری کانادا، زیرساخت‌های حیاتی، شبکه‌ها، تأسیسات و سرویس‌های اطلاعاتی و فیزیکی مرتبط به یکدیگر هستند که اگر منقطع یا تخریب شود، روی سلامتی، ایمنی، امنیت و اقتصاد جامعه تأثیر جدی خواهند گذاشت [1].

هنگام وقوع جنگ و بمباران در شهرها در مدت‌زمان بسیار کم سیستم عملکردی تأسیسات زیربنایی آسیب می‌بیند، این تأسیسات با هزینه بسیار بالا ایجاد و مورد بهره‌برداری قرار می گیرند که آسیب‌رسانی به آن‌ها باعث توقف تولید و خدمات‌رسانی به شهروندان و زیان‌های اقتصادی و اجتماعی می شود [2].

سامانه‌های تأمین و توزیع آب شهری شامل منابع تأمین، خطوط انتقال اصلی، تصفیه‌خانه‌ها، مخازن ذخیره و سیستم توزیع آب به طیف وسیعی از مصرف‌کنندگان خدمات‌رسانی می‌کنند و ازاین‌رو جزو زیرساخت‌های اساسی در هر شهری به شمار می‌روند. با توجه به اهمیت تأسیسات آب‌رسانی، گاهی در عملیات خرابکاری توسط دشمن، این تأسیسات به‌عنوان مراکز استراتژیک مورد هدف قرار می‌گیرند که ممکن است منجر به آسیب جدی به جامعه و گاهی ایجاد بحران‌های امنیتی شوند [3].

دشمن اگر از طریق حملات آلوده‌سازی قادر به آسیب رساندن نباشد، ممکن است با عملیات تخریبی، هر بخش از تأسیسات آبی را، موردحمله قرار دهد، که جبران خسارات وارد شده یا جایگزین کردن آن‌ها بسیار سخت و زمان‌بر خواهد بود و علاوه بر آن حوادث ثانویه‌ای را ایجاد می‌کند [4].

Singg و Webb (۱۹۷۹) مطالعه‌ای با عنوان " استفاده از روش دلفی برای سنجش اهداف و پیامدهای اجتماعی پروژه‌های آبی" با هدف اصلی شناسایی و رتبه‌بندی اهداف و آثار اجتماعی پروژه سد کوپر و مخزن واقع در منطقه تگزاس شرق انجام دادند. روش دلفی به منظور هماهنگی با ماهیت زمینه‌های اجتماعی مورد مطالعه، تغییر یافت. داده‌ها از طریق مصاحبه‌های شخصی از بیست و هفت نفر از پاسخ دهندگان از سازمان دولتی مسئول برنامه‌ریزی پروژه و سه جامعه جغرافیایی همسو با این پروژه جمع‌آوری شد. لیست اولیه‌ی اهداف پروژه و آثار اجتماعی در اختیار پاسخ‌دهندگان قرار گرفت و خواسته شد تا آنها را از لحاظ درجه اهمیت رتبه‌بندی کنند و اهداف و آثار دیگر را که لازم است آنها را در نظر بگیرند، به لیست اضافه کنند. پاسخ‌دهندگان در دو دوره متوالی مصاحبه شدند. داده‌ها نشان داد که در کل، روش دلفی در شناسایی و رتبه‌بندی اهداف و آثار اجتماعی آنها از لحاظ معیارهای انتخابی مفید بود [5].

Gallego-Ayal (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از روش SWOT و به وسیله مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به تحلیل و رتبه-بندی عوامل اساسی در موفقیت استراتژی‌های مدیریت یکپارچه منابع آب موزامبیک پرداخت. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده لزوم هدایت مدیریت راهبردی یکپارچه توسط ترکیبی از عوامل دخیل در فرصت‌ها و تهدیدها است [6].

Okeola و Sule (۲۰۱۲) به مطالعه‌ای با عنوان " ارزیابی گزینه‌های مدیریتی برای سیستم تامین آب شهری با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند متغیری" با فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) به مطالعه طرح تامین آب شهری در ایالت کوارا[1] کشور نیجریه پرداختند. این مطالعه سه راهکار مدیریتی را ارائه می‌دهد که در بخش تامین آب کشورهای خارجی شکل گرفته است. سه گزینه به ترتیب عبارتند از: دارایی عمومی و عملکرد عمومی؛ دارایی عمومی و عملکرد خصوصی؛ و دارایی و عملکرد خصوصی. نتایج دارایی و عمکرد عمومی را به عنوان بیشترین کمک به عملیات پایدار ارائه خدمات آبرسانی شهری با توجه به معیارهای زیست محیطی، اقتصادی، فنی، سازمانی و اجتماعی-فرهنگی انتخاب کرده‌اند [7].

Yoo و همکاران (۲۰۱٤) در مطالعه‌ای با عنوان "تعیین اولویت توانمندی لوله‌های آب بر اساس اهمیت هیدرولیکی" معیارهایی برای تعیین قابلیت اطمینان ترتیب اولویت توان بخشی لوله های آب با توجه به اهمیت هیدرولیکی لوله ها ارائه دادند. روش‌های موجود برای تعیین اولویت توان بخشی تنها از میزان خرابی خط لوله استفاده می کنند. معیارها عبارت بودند از نرخ خرابی خط لوله توزیع آب از لحاظ میزان خسارت ناشی از

1 Kwara State

شاخصه اطلاعات مکانی خط لوله و میزان خرابی ناشی از فرایند نصب/محیط خارجی محاسبه شد و اهمیت هیدرولیکی خطوط لوله توزیع آب ناشی از یک شکست لوله‌ای بر اثر نشت آب یا برخورد و یک شکست لوله چندگانه ناشی از یک اتفاق، مانند یک زلزله. این چهار عامل ویژگی در یک فرایند تصمیم گیری چند معیاره به نام رویکرد وزن مطلق استفاده شدند که در این پژوهش توسعه یافته است، و تعیین اولویت توانمندی نهایی برای هر خط لوله را تعیین می‌کند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ترتیب اولویت توانبخشی با استفاده از این روش نسبت به روش های قبلا توسعه یافته احتمال شکست و مدل‌های ریاضی توسعه یافته که نیاز به مقدار زیادی داده دارند راحت‌تر است [8].

Chung و همکاران (۲۰۱٤) آسیب‌پذیری منابع آب در کره جنوبی را بر اساس جمعیت منطقه‌ای در شرایط آب و هوایی متغیر مطالعه نمودند. تعریف آسیب‌پذیری منابع آب در این مطالعه شامل آسیب احتمالی سیل و کمبود آب بود. برای اندازه گیری این آسیب پذیری، عوامل کلیدی یا شاخص‌هایی که آسیب پذیری را تحت تأثیر قرار می‌دادند، از روش TOPSIS استفاده نمودند. وزن هر شاخص را براساس تکنیک دلفی و آنتروپی شانون تعیین نموده که برای کاهش عدم اطمینان در فرایند تعیین وزن استفاده شد. براساس نتایج حاصل از این روش اطلاعات مفیدی در اختیار عوامل اجرایی مدیریت منابع آب کشور قرار می‌گیرد [9].

Maiolo و Pantusa (۲۰۱۸) در پژوهشی به عنوان " شاخص آسیب‌پذیری زیرساخت‌های سامانه‌های آب آشامیدنی برای حمله تروریستی" یک مدل برای آسیب‌پذیری زیرساخت سیستم توزیع آب آشامیدنی باهدف ارائه ابزار مدیریت برای ارزیابی آسیب‌پذیری سیستم در برابر اقدامات تروریستی احتمالی و همچنین افزایش امنیت ارائه دادند. این مدل با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها با اشاره به بخش‌های ساختاری سیستم به دست آمده است و هر دو آلودگی عمدی و آسیب فیزیکی را در نظر گرفته است. این مدل از یک ساختار سلسله مراتبی استفاده کرده است و سیستم را تجزیه کرد و از روند تحلیلی سلسله مراتبی برای محاسبه وزن استفاده شد. این مدل برای سه طرح آب در استان کرتونه (جنوب ایتالیا)[1] استفاده شد [10].

روزبهانی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی ریسک منابع آب شهر ارومیه با استفاده از مدل فازی سلسله مراتبی و استفاده از تلفیق نظرات ۲۰ نفر متخصص موضوع و گزارش مهندسی در اختیار، با تئوری Dempster-Shafer پرداخته‌اند.

نخعی و همکاران (۱۳۹٦) ریسک سامانه‌های آبرسانی را مطالعه نمودند. ابتدا ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات خاص مربوط به سامانه آبرسانی و در ادامه به ارزیابی شدت آسیب‌پذیری دارایی‌ها پرداخته شد و در نهایت با محاسبه عدد ریسک هر یک از دارایی‌ها با استفاده از روش رمکپ، دارایی سدها، مخازن به همراه ایستگار پمپاژ، تصفیه‌خانه‌ها و چاها به عنوان واحدهای آسیب‌پذیر مشخص شدند. از دیگر نتایج این پژوهش مشخص شدن تهدیدات پایه تأثیرگذار بر این سامانه شامل آلودگی آب، حملات موشکی و سپس حملات سایبری است [12]. تفاوت این پژوهش با مطالعات نخعی در این است که اولا در این مطالعه روش‌های RAMCAP و AHP تلفیق شده و هر معیار به صورت جداگانه و جدول شده برای امتیاز دهی و ارزش گذاری در اختیار پرسش شونده قرار گرفت، ثانیا، در تمامی مراحل روش AHP از عدد ناسازگاری برای کنترل و دقت در نظردهی استفاده شد. ثالثا، در این پژوهش، برای تعیین اولویت بندی میزان ارزش هر دارایی در سامانه آبرسانی منطقه تهران روش‌های RAMCAP و AHP تلفیق شده اند. تمامی دارایی-های سامانه آب‌رسانی منطقه مطالعه و به صورت جزء به جزء از سدها و تصفیه‌خانه‌ها گرفته، تا مخازن ذخیره و شبکه توزیع بر مبنای معیارهای تعریفی ارزش دارایی رتبه‌بندی شده‌اند در حالی که در مقالات مذکور به این جزئیات پرداخته نشده‌است. همچنین تعیین دقیق عدد ارجحیت بندهای مختلف هر معیار بر مبنای نظر کارشناسی انجام شده که در مطالعه قبلی در نظر گرفته نشده است. استفاده هم زمان از جداول معیارها برای وزن دهی به میزان ارزش شاخص‌ها (دارایی‌ها) که میزان دقت در

1 Kartune (southern Italy)

وزن دهی با توجه به تعریف جداگانه هر معیار بر طبق نظر هر کارشناس تا حد بالایی افزایش یافت. در این پژوهش، تمامی نظرات کارشناسی برای بالا رفتن دقت نتایج بر مبنای عدد ناسازگاری روش AHP کنترل شده‌اند. نظرات کارشناسی برای وزن دهی به ارزش هر دارایی به صورت تجمعی بوده که با کاربرد روش تجمعی در روش AHP تمامی نظرها در نتایج تاثیر مستقیم داشته‌اند. در تمامی مراحل وزن دهی و اولویت بندی در انجا/م این /مطالعه از نرم‌افزار کاربردی Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) استفاده شده است. با کمک این نرم‌افزار دقت نتایج تا حد بالایی افزایش یافت. الگوی به کار رفته در این پژوهش برای هر بخش به صورت جداگانه و کارشناسانه معیارهای برای تعیین وزن و اولویت بندی تعریف شده است. معیارهای تعریفی الگوی پژوهش به صورت کمی و کیفی بیان شده و این باعث می‌شود کارشناس به صورت دقیق در مراحل وزن دهی نظر دهد.

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و تعیین ارزش دارایی های حیاتی و حساس و مهم تأسیسات آب‌رسانی شهر تهران که شامل مخازن، شبکه انتقال و توزیع، تصفیه‌خانه‌ها، سدها، تلمبه‌خانه‌ها، چاه‌ها، رودخانه‌ها، با استفاده از روش تلفیقی سلسله مراتب AHP[1] و RAMCAP[2] است.

۱- مواد و روش‌ها

بـــرای رسـیـدن بـه اهـــداف موردنظر هـر پژوهش، استفاده از یک روش تحقیق علمی و نظام‌مند ضروری است. روش پژوهش مورد استفاده در این پژوهش «توصیفی- تحلیلی» است که از ترکیب دو روش RAMCAP و فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است، بهره گرفته‌شده است. بدین منظور، سعی شد از روش‌هـای کمی و کیفی به صورت تـوأمـان اسـتـفـاده شـود.

۱-۲ مراحل روش RAMCAP در ارزیابی دارایی-های تأسیسات آب‌رسانی

1 Analytic Hierarchy Process
2 Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection

۲-۱-۱ گام اول شناسایی دارایی [13]

اولین گام در فرآیند روش RAMCAP، شناسایی دارایی‌ها است که در دو مرحله زیر شناسایی می‌شوند:

جدول (۱) معیارهای RAMCAP برای شناسایی دارایی[14]

Function	Issue	Activity
1	Identification of assets	
2	Identify critical factors	Identify important facility facilities
3	Identify critical assets	Identification of vital assets of the center, including manpower, equipment,… for vital functions
4	Identify critical infrastructure and interdependence	The identification of the internal and external critical infrastructure and their interdependence, such as electricity, petroleum fuels, natural gas, telecommunications, transportation, water, emergency services, computer devices, air transport devices, firefighting equipment and devices (SCADA).
5	Identify existing countermeasures	Identify what vital assets are protected and supported. Detect existing security layer layers, including physical, cyber, operational, business continuity planning, as well as the safety of systems that protect any asset.
6	Identification of the potential outcome	Identify the consequences or potential impacts on assets and performance of the facility, disruption, damage or loss of assets
۷	Selecting assets for further analysis	To continue evaluating the RAMCAP method, a list of vital assets is created

Table (1) RAMCAP Criteria for Asset Identification

مرحله غربالگری: در این مرحله دارایی‌های که اهمیت کمتری در سازوکار سیستم مطالعه شده دارند و احتمالات آسیب‌پذیری در آن‌ها بسیار پایین است شناسایی و از لیست نهایی دارایی‌های که وارد تجزیه‌وتحلیل روش RAMCAP می‌شوند، حذف خواهند شد.

مرحله انتخاب دارایی: مرحله انتخاب دارایی شامل ٦ مرحله است که در جدول (١) خلاصه‌شده است. نتایج این جدول یک لیست از دارایی‌های مهم خواهد شد که باید در روش RAMCAP بیشتر موردتوجه قرار بگیرند.

انواع دارایی‌ها سخت بر مبنای روش RAMCAP عبارت‌اند از:

دارایی‌های سخت، دارایی‌های محسوس، عینی و قابل معادل‌سازی با واحدهای پولی هستند. این دارایی‌ها بر اساس ارزشمندی فرآیندی آن‌ها در سه دسته حیاتی، حساس و مهم طبقه‌بندی می‌شوند 15][:

واحدهای حیاتی: زیرساخت‌هایی که در صورت آسیب دیدن آن‌ها، امکان تداوم فعالیت سامانه و بخش‌های مختلف آن تا پایان تهدید از بین می‌رود.

واحدهای حساس: واحدهایی که در صورت آسیب دیدن آن‌ها، ظرفیت فعالیت سامانه و بخش‌های مختلف آن بیش از ٥٠ درصد کاهش‌یافته و یا باهم افزایی خطر، سبب آسیب‌رسانی گسترده به دیگر زیرساخت‌ها می‌شود [15].

واحدهای مهم: واحدهایی که در صورت آسیب دیدن، صدمات محدودی را در نظام اقتصادی- پشتیبانی و ارتباطی سامانه و بخش‌های مختلف آن ایجاد می‌کنند.

واحدهای قابل حفاظت: کلیه بخش‌هایی که تأثیری در فرآیند عملیاتی ندارند و انهدام آن‌ها سبب تغییری در روند فعالیت‌های جاری سامانه و بخش‌های مختلف آن نمی‌شود [14]. درنهایت طبق موارد گفته شده در این بخش و همچنین جدول پیشنهادی شماره (١) دارایی‌ها طبق نظرات خبرگان در چک‌لیستی ارائه می شود.

٢-١-٢ گام دوم تجزیه‌وتحلیل ارزش دارایی [14]

هدف از این مرحله درواقع برآورد شدت خسارت مالی و عملکردی وارد شده به دارایی‌های سامانه مورد مطالعه در اثر وقوع یک تهدید خاص در بحرانی‌ترین حالت ممکن، است. در حوزه آب‌رسانی واحدهای مختلفی وجود دارد که عبارت‌اند از: سدها، تصفیه‌خانه‌ها، مخازن به همراه ایستگاه پمپاژ، شبکه توزیع، چشمه‌ها، رودخانه‌ها و چاه‌ها.

به منظور ارزیابی و اولویت‌بندی دارایی‌ها بر مبنای ارزش دارایی، سه معیار بر طبق روش RAMCAP و همچنین نظر خبرگان در نظر گرفته شد و به هریک از دارایی‌ها در برابر این معیارها امتیازدهی شد و امتیاز نهایی هر یک از دارایی‌ها بر اساس جمع امتیاز دارایی‌ها بر اساس این معیارها به دست آمد. این سه معیار عبارت‌اند

الف- ارزش اقتصادی: منظور از ارزش اقتصادی، ارزش ریالی دارایی هست. بر اساس روش RAMCAP جدول (٢) برای کمک به هر چه دقیق‌تر شدن مقدار این معیار در نظرسنجی‌ها و محاسبات ارائه شده است.

جدول ٢. محدوده خسارت مالی

Financial Loss Limit (Million Dollars)	Damage number
0-25	1
26-50	2
51-100	3
101-200	4
201-400	5
401-800	6
801-1600	7
1601-3200	8
3201-6400	9
6401-12800	10
12801-25600	11
25600-51200	12
51200-102400	13
+102401	14

Table ٢ Financial Loss Limit

ب- ارزش عملکردی: ارزش عملکردی به این معنی است که اگر یک دارایی از بین برود، چه تأثیری در عملکرد سیستم آب‌رسانی خواهد داشت. جدول (٣) بیانگر معیار ارزش عملکردی است.

ج- منحصربه‌فرد بودن: منحصربه‌فرد بودن یک دارایی شامل تجزیه‌وتحلیل وابستگی به خارج از کشور، فن‌آوری بالا و امکان جایگزینی و ترمیم هست و شامل موارد زیر:

جدول ۳. شاخص‌های معیار ارزش عملکردی درروش RAMCAP نظر خبرگان

AHP Leadership Score	Indicator and functional value criterion	Row
9	Quick stop of products, services and water supply	1
7	The gradual phasing out of products, services and outputs over a period of one day, or a reduction of about of 60 % products, services, and water supply or the system, will be disturbed in the short term.	2
5	The gradual phasing out of products, services, and output products over a period of one week, or a reduction of about of products, services and %۳۰ water supply or the system in .a timely manner	3
3	The gradual endowment of products, services and outputs days, or a ۱۰over a period of of %۱۰decrease of about products, services and water supply, or the system will be .degraded in the short run	4
1	There is no significant effect on products, water supply services or system disruptions	5

Table 3 Functional performance criterion indicators in RAMCAP (expert opinion)

وابستگی به خارج از کشور: منظور از وابستگی به خارج این است که یک دارایی مشخص تا چه اندازه برای تهیه و یا تداوم خدمات‌رسانی به خارج از کشور وابسته است. لازم به ذکر است گاهی اوقات وابستگی به خارج از کشور در شیوه‌های مانند ثبت نمودن[1] (کد گذاری و انحصاری بودن برخی تجهیزات سامانه آبرسانی و وابستگی به خارج)، نمود می‌یابد. برای نمونه برخی از تجهیزات نیازمند نرم‌افزارهای خاص و وابسته کدهای زمان‌دار هست؛ که در صورت عدم وجود کدهای مربوطه دارایی مذکور فاقد ارزش و کارایی می‌شود در این زمینه می‌توان به سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و کنترل و هماهنگی شبکه‌های هوشمند اشاره نمود.

جدول ٤. شاخصه‌های منحصربه‌فرد دارایی درروش RAMCAP (مرجع: نظر گروه متخصص ارزیاب)

AHP method preference score	Unique asset components: Replacement and repair	Unique asset components: Dependency outside (Purchase, technology, spare parts)	row
9	There is no possibility of replacement and repair (sanctions, holidays of the constructive country, high ... cost and	Dependence on the purchase of equipment to a limited country	1
7	Replacement, repair and refurbishment require more than three months	Dependence on specific and unrelated countries with the country	2
5	Replacement, repair and refurbishment require up to three months	Dependence on several countries and sanctions imposed by some countries	3
3	Replacement, repair and refurbishment require a maximum of one month	Dependence on several countries	4
1	Replacement, repair and restoration will be completed on the same day	There is no dependency	5

Table 4. Property Unique Characteristics in RAMCAP (Reference: Opinion of Expert Rating Group**)**

1 Registering

عدم امکان جایگزینی و ترمیم: منظور از جایگزینی و ترمیم این است که تا چه اندازه یک دارایی مشخص را می‌توان جایگزین یا ترمیم نمود به عبارت‌دیگر در صورت فقدان یک دارایی خاص تا چه میزانی امکان جایگزینی یا بهره‌برداری مجدد از آن دارایی وجود دارد؟ و نیز زمان این جایگزینی و ترمیم چقدر است؟ جدول (٤) بیانگر معیار منحصربه فرد بودن است.

درنهایت به منظور محاسبه ارزش و اولویت‌بندی دارایی‌های سامانه آب‌رسانی از سه معیار توضیح داده‌شده استفاده می‌شود و امتیاز نهایی دارایی‌ها از مجموع امتیاز سه معیار به دست می‌آید و با استفاده از روش AHP[1] عدد ارزش و اولویت‌بندی مربوط به هر دارایی به دست می‌آید.

در اولویت نخست به دلیل ماهیت موضوع، از روش توزیع پرسشنامه خبره، بین افراد واجد شرایط برای تکمیل پرسشنامه استفاده شد در ادامه از روش‌های مصاحبه گزینشی هدفمند و بررسی کتابخانه‌ای و اسنادی نیز برای تکمیل مطالب استفاده شد. در این پژوهش از روش نمونه‌گیری غیر تصادفی هدفمند (از پیش تعیین‌شده) و از نوع نمونه‌گیری ساده استفاده‌شده است. برای تعیین تعداد افراد روش AHP قاعده کلی را تعریف نکرده است اما کیفیت را نسبت به کمیت در اولویت قرار داده است [16]. با بررسی منابع مختلف معیار پایدارسازی در رتبه‌بندی، ملاک انتخاب تعداد افراد خبره قرارگرفته شد. در این پژوهش تعداد افراد خبره شناسایی‌شده با ویژگی‌های تعریف‌شده ٤٢ نفر بودند که به‌عنوان جامعه آماری محسوب شده‌اند. در این پژوهش طبق نکات ذکرشده از روش نمونه‌گیری غیر تصادفی هدفمند (از پیش تعیین‌شده) و از نوع نمونه‌گیری ساده استفاده‌شده است. در این پژوهش افرادی که توانایی پر کردن پرسشنامه خبره تدوین شده را دارند و در طبقات سهمیه‌ای چگونگی نمونه‌گیری انتخاب شدند، دارای شرایط زیر بودند:

١-کارشناسی، کارشناس ارشد یا دکتری عمران باسابقه فعالیت در حوزه پدافند غیرعامل و مدیریت بحران

٢-کارشناسی، کارشناسی ارشد یا دکتری عمران باسابقه فعالیت در حوزه آب، تصفیه‌خانه‌ها، سد و شبکه، سازه‌های هیدرولیکی، مدیریت ساخت، مطالعات اجتماعی، مطالعات زیست‌محیطی، مطالعات اقتصادی.

٣-افراد باتجربه بالا و سابقه پژوهشی درزمینه مربوط مدیران رده‌های اجرایی در زمینه پدافند غیرعامل، مدیریت بحران و صنعت مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی. تقسیم‌بندی درجات علمی کارشناسان خبره به صورت جدول (٥) انجام شد.

جدول ٥. افراد مورد پرسش قرار گرفته از نظر تحصیلات

Number	Degree title
22	Bachelor
13	Masters
7	Doctoral

Table 5. Persons Asked for Education

پس از تعیین معیارها و شاخص‌ها (دارایی‌ها) مقایسات زوجی بر اساس نظر خبرگان انجام شد. به‌طورکلی اگر تعداد شاخص‌ها (دارایی‌ها) و معیارها به ترتیب m و n باشند، آنگاه ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها m×m و ماتریس مقایسه زوجی معیارها یک ماتریس n×n خواهد بود [17]. محاسبه وزن از طریق روابط (١) تا (٨) به دست آمد. مقایسه بین دو عنصر با استفاده از مقادیر ١ تا ٩ از مقیاس AHP جمع‌آوری شد. درایه-های ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها و معیارها به‌صورت ماتریس (١) به دست آمد. هر یک از درایه‌های این ماتریس حاصل نظر هر خبره براساس اعداد ارجحیت است. عدد ١ اهمیت برابر شاخص یا معیار مقایسه شده بر طبق نظر خبرگان را نشان می‌دهد. اگر بعد قائم و افقی این ماتریس را معیارها یا شاخص‌ها بر طبق هدف مقایسات زوجی تشکیل دهد آنگاه برای تشکیل این ماتریس هر یک از معیارها یا شاخص‌ها با کل معیارها یا شاخص‌ها مقایسه شده و یک ردیف از ماتریس تشکیل می‌شوند. با ادامه این روند تا آخرین مقایسه ماتریس نهایی (١) تشکیل می‌شود.

1 Analytical Hierarchy process

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

A: ماتریس مقایسات زوجی، a_i= عدد ارجحیت نظر خبره i ، $i = 1,2,\dots n$: n= تعداد مقایسات زوجی

زمانی که مقایسات زوجی بین چند خبره انجام می‌شود طبق دستورالعمل ساعتی (۱۹۸۰) باید از میانگین هندسی رابطه (۲) استفاده شود.

$$a'_{ij}=\left(\prod_{\substack{i=1\\ j=1}}^{n} a_{ij}\right)^{1/n} \qquad (2)$$

a_i= وزن شاخص i ، $i = 1,2,\dots n$: n= تعداد شاخص‌ها، a_j = وزن معیار j ، $j = 1,2,\dots m$: m= تعداد معیارها و میانگین هندسی وزن نهایی براساس شاخص‌ها و معیارها a'_{ij} :

وزن‌های هر سطر ماتریس شاخص‌ها و معیارها به ترتیب از روابط (۳) و (٤) حاصل می‌شوند:

$$w_i=\frac{\left(\prod_{i=1}^{n} a_i\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{i=1}^{n} a_i\right)^{1/n}},\ i=1,2,\dots,n \qquad (3)$$

w_i = وزن خالص شاخص i ، $i = 1,2,\dots n$ و n= تعداد شاخص‌ها

$$w_j=\frac{\left(\prod_{j=1}^{m} a_j\right)^{1/m}}{\sum_{j=1}^{m}\left(\prod_{j=1}^{m} a_j\right)^{1/m}},\ j=1,2,\dots,m \qquad (4)$$

w_j = وزن معیار j ، $j = 1,2,\dots m$: m= تعداد معیارها

وزن نهایی هر شاخص بر مبنای وزن معیارها نیز از رابطه(۵) حاصل می‌شود [16]:

$$w_{end\ i}=w_i * w_j + \dots + w_i * w_m \qquad (5)$$

w_i= وزن خالص شاخص i ، $i = 1,2,\dots n$: n= تعداد شاخص‌ها، w_j = وزن معیار j ، $j = 1,2,\dots m$: m= تعداد معیارها

$w_{end\ i}$ = وزن نهایی شاخص i

مقادیر وزن نهایی هر معیار حاصل نظرسنجی جمعی به‌صورت رابطه (٦) محاسبه می‌شود:

$$w'_j=\sqrt[k]{w_{j1} * w_{j2} * \dots * w_{jk}} \qquad (6)$$

w'_j= وزن نهایی معیار j بر مبنای نظر تجمعی خبرگان، k = تعداد خبرگان و w_{jk}= وزن نهایی معیار j بر مبنای نظر خبره k ام

وزن نهایی هر شاخص حاصل نظر تجمعی به صورت رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$w'_{end\ i}=\sqrt[k]{w_{end\ 1} * w_{end\ 2} * \dots * w_{end\ k}} \qquad (7)$$

$w'_{end\ i}$= وزن نهایی شاخص i بر مبنای نظر خبرگان

برای به دست آوردن عدد اولویت‌بندی ارزش دارایی به صورت کمی، از روش AHP با مدل‌سازی در نرم‌افزار Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) استفاده شد. در ابتدا ماتریس زوجی AHP مبتنی بر روش RAMCAP بر اساس سه معیار گفته‌شده در جدول (۲ تا ٤) طراحی شد و در بین خبرگان ذی ربط توزیع و نظرات جمع‌آوری شد. در ادامه برای به دست آوردن عدد اولویت‌بندی دارایی‌ها، داده‌های پرشده ماتریس‌های زوجی برای مدل‌سازی به روش AHP، وارد نرم‌افزار Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) شد.

با مقایسات زوجی دارایی‌ها توسط نرم‌افزار Super Decisions، نسخه ۲٫۸ (۲۰۱۵) عدد آسیب‌پذیری هر دارایی به دست می‌آید. اعداد نهایی از ترکیب عدد ارزش هر دارایی برمبنای هر یک از سه معیار تعریف شده در جدول‌های (۲ تا ٤)

به دست آمده است. در نهایت بردار ویژه وزن نهایی ارزش دارایی‌ها به صورت رابطه (۸) زیر حاصل می‌شود:

$$\begin{bmatrix} w'_{end\,1} \\ w'_{end\,2} \\ w'_{end\,3} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ w'_{end\,n} \\ \\ \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

$w'_{end\,i}$= وزن نهایی شاخص i بر مبنای نظر خبرگان

برای تهیه پرسشنامه خبره از مقایسه زوجی دارایی‌های شناسایی شده استفاده شد. برای حصول نظرات دقیق‌تر، داده‌های جدل-های (١ تا ٤) در اختیار هرکدام از خبرگان قرار داده شد. برای امتیازدهی از مقیاس نه درجه ساعتی[1] (بنیان‌گذار AHP) به‌صورت جدول (٦) استفاده شد:

جدول ٦. عدد ارجحیت]18[

Explanation	Comparison i compared to j	Preference number
Index i is equal to or greater .than j	The same preference	1
The option or index i is slightly .more important than j	Slightly preferred	3
The option or indicator i is .more important than j	Very Preferred	5
The i option has a much higher .priority than j	Very much preferred	7
The option i of j is absolutely more important and not .comparable to j	Quite preferable	9
indicates the ٨For example, and ٧importance of over .٩below	Midway	۲-۴-۶

Table 6. Preference number

نمونه موردی انتخاب‌شده برای این پژوهش تأسیسات آب‌رسان شهری تهران با توجه به تراکم جمعیت و موقعیت استراتژیکی فرهنگی و اجتماعی و سیاسی و همچنین ارزش دارایی سامانه آب‌رسان این شهر است. در گـــردآوری اطـلاعـات و داده‌ها به ترتیب از مراجع ذی‌ربط زیر کمک گرفته شد: شرکت آب و فاضلاب استان تهران، شرکت‌های آب منطقه‌ای تهران، شرکت مدیریت منابع آب ایران، موسسه تحقیقات آب، شرکت ساختمان سد و تأسیسات آبیاری (سابیر)، شرکت مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران.

۲- نتایج و بحث به همراه چگونگی مدلسازی

با پژوهش میدانی و مصاحبه و نظر کارشناسی افراد ذی‌ربط و استفاده از راهنمایی‌های روش RAMCAP، مهم‌ترین دارایی تأسیسات آب‌رسانی مشخص شد. لیست کامل این دارایی‌ها در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷. دارایی‌های مهم تأسیسات آب‌رسانی شهر تهران بر طبق نظر خبرگان

Asset type	Noun
Amir Kabir Dam	S1
Taleghan Dam	S2
Latyan Dam	S3
Lar Dam	S4
Mamlo Dam	S5
Namroud Dam	S6
Ziarat Dam	S7
Shahid Ghafour Dam	S8
Wells, springs, rivers	A
refinery Number ١ (Jalaliyah)	T1
refinery Number 2 (kan)	T2
Refiners No. ٣ and ٤	T3
No. ٥ treatment plant	T4
Number ٦ of the refinery	T5
Number ٧ Sewage Treatment Plant (Sohanak)	T6
Sahebqaranie sewage treatment plant	T7
Mahalati wastewater treatment plant	T8
Zargande sewage treatment plant	T9
Qeytariyeh sewage treatment plant	T10
Sewage Treatment Plant of Quds Town	T11
Suosh wastewater treatment plant	T12
Ekbatan sewage treatment plant	T13
Pumping stations	D
Storage containers	M
Water distribution network	K

Table 7. Major assets of water supply facilities in Tehran, according to experts

در ادامه برای به دست آوردن عدد ارزش و نیز اولویت‌بندی هر یک از دارایی‌ها، داده‌های پرسشنامه برای مدل‌سازی به روش

1 Saaty

AHP وارد نرم‌افزار Super Decisions نسخه ۲/۸ (۲۰۱۵) شد. نتایج زیر حاصل تحلیل نرم‌افزاری داده‌ها است.

۳-۱ مدل‌سازی فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP

مدل کلی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین ارزش دارایی-ها در نرم‌افزار مربوطه به شکل (۱) ارائه شده است.

شکل ۱. مدل کلی ارزیابی دارایی در نرم‌افزار

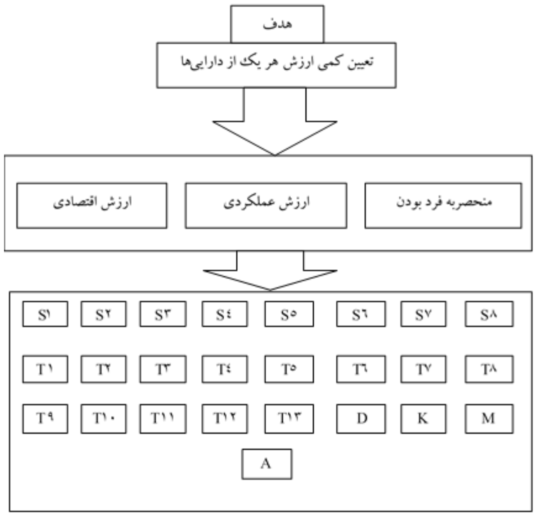

Fig. 1. The overall model of asset valuation in the software

۳-۲ نتایج مقایسه زوجی دارایی‌ها بر اساس معیارها

نتایج مقایسات زوجی معیارها و گزینه‌ها بر اساس هرکدام از معیارها به صورت نرمال شده به ترتیب در جدول‌های (۸ و ۹) مشاهده می‌شود. نتایجی که در جدول (۸) برای وزن معیارها حاصل شده بیانگر اهمیت بیشتر ارزش عملکردی بر طبق نظر کارشناسی برای تعیین ارزش دارایی نسبت به دو معیار دیگر است. این نتایج حاصل محاسبات انجام گرفته با روابط (۱ تا ۸) است. جدول (۹) بیانگر نتایج نهایی اولویت بندی دارایی‌ها می-باشد.

جدول ۸. بردار ویژه نتایج مقایسات زوجی معیارهای ارزش دارایی

Economic value	۰/۱۰۴۷۲۹۳۹۴
Functional value	۰/۶۳۶۹۸۵۵۳۹
to be unique	۰/۲۵۸۲۸۵۰۶۷

Table 8. Special vector of the results of pairwise comparisons of asset value measures

جدول ۹ اولویت‌بندی دارایی‌ها

Assets۱	Normal weight۵	Priority
Wells, springs, rivers	0.0613	6
Pumping stations	0.0138	16
Water distribution network	0.0046	24
Storage containers	0.004۵۸	25
Amir Kabir Dam	0.1359	2
Taleghan Dam	0.1109	3
Latyan Dam	0.1477	1
Lar Dam	0.0892	4
Mamlo Dam	0.0727	5
Namroud Dam	0.0591	7
Ziarat Dam	0.0435	9
Shahid Ghafour Dam	0.0502	8
Treatment Plant Number ۱ (Jalaliyah)	0.0067	21
Treatment Plant Number 2 (kan)	0.0095	19
Treatment Plant No. ۳ and ٤	0.0051	23
No. ٥ treatment plant	0.0058	22
Number ٦ of the Treatment Plant	0.0105	18
Number ۷ Sewage Treatment Plant (Sohanak)	0.0079	20
Sahebqaranie sewage treatment plant	0.0151	15
Mahalati wastewater treatment plant	0.0220	13
Zargande sewage treatment plant	0.0182	14
Qeytariyeh sewage treatment plant	0.0128	17
Sewage Treatment Plant of Quds Town	0.0373	10
Suosh wastewater treatment plant	0.0249	12
Ekbatan sewage treatment plant	0.0305	11

Table 9 Prioritization of assets

این اعداد وزن‌های جمع‌بندی شده از نظرات خبرگان در حوزه آب و تأسیسات آبرسانی هستند. معیارهای تعریف شده برای این رتبه‌بندی به صورت کارشناسی جدول‌بندی شده است پس به نتایج می‌توان اعتماد کرد. در شرایط بحرانی با کمک گرفتن از نتایج اولویت‌بندی تا حدود زیادی می‌توان از گسترش بحران در سطح شهر جلوگیری کرد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش برای تأسیسات و منابع تأمین آب شناسایی شده برای

شهر تهران بر مبنای معیارهای تعریف شده ارزش اقتصادی، ارزش عملکردی و منحصربه فرد بودن سد لتیان و سد امیرکبیر و سد طالقان به ترتیب در رتبه‌های یک تا سوم با عدد ارزش به ترتیب 0.1477 و 0.1359 و 0.1109 و شبکه توزیع و مخازن ذخیره در رتبه ٢٤ و ٢٥ با عدد ارزش دارایی به ترتیب 0.0046 و 0.0045 قرار گرفتند. در این رتبه‌بندی، رتبه سد لتیان نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه در آبرسانی به شهر تهران است. بر مبنای این اعداد که وزن‌های بدست آمده از روش AHP بر طبق نظر کارشناسی است، در شرایط استراتژی و بحرانی می‌توان توجه خاصی به دارایی‌هایی که در رتبه‌های بالایی در این رتبه‌بندی هستند، داشت. چرا که اعداد مربوط به وزن‌های بیشتر نشان‌دهنده تاثیر قابل توجه دارایی مورد نظر در سیستم آبرسانی شهر تهران است. در صورت آسیب‌دیدن دارایی‌هایی که در رتبه‌های بالایی این جدول هستند مدیریت بحران در شرایط اضطراری بسیار سخت است. بنابراین می‌توان برای کمک به سیستم مدیریت بحران شهر تهران از نتایج از روش این پژوهش با توجه به کارشناسی بودن آن که می‌توان تا حدود زیادی به ارزیابی نتایج حاصل اعتماد کرد، استفاده شود.

٤- جمع‌بندی

با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که سامانه آبرسانی از تأسیسات مهم و حیاتی برای آبرسانی به یک شهر یا منطقه تشکیل شده است که این تأسیسات بسیار آسیب‌پذیر هستند و در شرایط اضطراری می‌تواند باعث ایجاد بحران گسترده در سطح شهر و یا در سطح کشور شود. بنابراین برای کمک به مدیریت بحران در شرایط اضطراری می‌توان با اولویت بندی تأسیسات مهم آبرسانی از وخیم شدن شرایط تا حدود زیادی پیشگیری کرد. نتایج این پژوهش که بر مبنای معیارهای تعریف شده و نظر کارشناسی حاصل شده است، مربوط به تأسیسات آبرسانی شهر تهران می‌باشد. نتایج به صورت زیر حاصل شد:

١- سد لتیان با وزن عدد ارزشی ٠,١٤٧٧ در رتبه نخست این رتبه‌بندی قرار گرفت. که این نشان دهنده تأثیر قابل توجه این سد در آبرسانی به شهر تهران است.

٢- سد امیرکبیر و سد طالقان به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم با وزن عدد ارزش به ترتیب ٠/١٣٥٩ و ٠/١١٠٩ قرار گرفتند.

٣- شبکه توزیع و مخازن ذخیره در رتبه ٢٤ و ٢٥ با عدد ارزش دارایی به ترتیب ٠/٠٠٤٦ و ٥٠/٠٠٤ قرار گرفتند.

٥- مراجع

References

[1] O'Rourke, T. and Briggs, T., 2007. Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience. *The Bridge*, 37(1), pp. 22-29.

[2] Gleick, P.H., 2006. Water and Terrorism. *Water Policy*, 8(6), pp. 481-503.

[3] Bennett, B., 2018. Understanding, Assessing, and Responding to Terrorism: Protecting critical infrastructure and personnel. *John Wiley & Sons*.

[4] Haimes, Y.Y. and T.J.R.A. Longstaff, 2002. The role of risk analysis in the protection of critical infrastructures against terrorism. *Risk Analysis* **22**(3): pp. 439-444.

[5] Singg, R.N. and Webb, B.R., 1979. Use of Delphi methodology to access goals and social impact of a watershed project. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association,***15**(1), pp. 136-143.

[6] Gallego-Ayala, J., D.J.P. Juízo, and P.A.B.C. 2011. Strategic implementation of integrated water resources management in Mozambique: An A'WOT analysis. *Physics and Chemistry of the Earth Parts A/B/C*, **36**(14): pp. 1103-1111.

[7] Okeola, O.G. and Sule, B.F., 2012. Evaluation of management alternatives for urban water supply system using Multicriteria Decision Analysis. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, **24**(1): pp. 19-24.

[8] Yoo, D.G., et al., 2014. Rehabilitation priority determination of water pipes based on hydraulic importance. *water*, **6**(12): pp. 3864-3887.

[9] Chung, E.-S.Won,K. Kim,Y. Lee, H. 2014. Water resource vulnerability characteristics by district's population size in a changing climate using subjective and objective weights. *Sustainability*, **6**(9): p. 6141-6157.

[10] Maiolo, M. and D.J.C.E. Pantusa, 2018. Infrastructure Vulnerability Index of drinking water systems to terrorist attacks. **5**(1): p. 1456710.

[11] Roozbehani A., Zahraee B, Tabesh M., 2013. Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. *Stochastic environmental Reseach and risk assessment*, **24**(4), pp. 923-944.

[12] Nakhaie et al., Risk Assessment of Urban Water Supply Systems of the Country Against Threats Using RAMCAP. 2017. 28 (4): pp. ٢٠-١٠.9In persian)

[13] White, R., et al., 2016. Towards comparable cross-sector risk analyses: A re-examination of the Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection (RAMCAP) methodology. **14**: p. 28-40.

[14] Washington, A. 2009. All-Hazards risk and resilience: prioritizing critical infrastructures using the RAMCAP Plus approach. *ASME*.

[15] Maschio, G. and M.F. Milazzo, 2008 Risk evaluation of terrorist attacks against chemical facilities and transport systems in urban areas, in Resilience of Cities to Terrorist and other Threats., *Springer*. pp. 37-53.
[16] Saaty, T.L.J.I.j.o.s.s., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences,* **1**(1): p. 83-98.
[17] Saaty, T.L.J.M.s., 1990. An exposition of the AHP in reply to the paper “remarks on the analytic hierarchy process”. *Management Science,* **36**(3), pp. 259-268.
[18] Saaty, T.L.J.E.j.o.o.r., 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*,**48**(1), pp. 9-26.

Identification and Prioritization of the Criteria and Indicators of the Urban Water System by AHP and RAMCAP

Majid Sheykhali [1], Gholamreza Asadollahfardi [2 *], Seyyed Shahab Emamzadeh [3]

1- Master's degree, Hydraulic Structural Engineering, Kharazmi University, Tehran
2- Professor, Civil Engineering, Kharazmi University, Tehran
3- Assistant Professor, Civil Engineering, Kharazmi University, Tehran

*** Tehran, fardi@khu.ac.ir**

Abstract

Urban water supply and distribution systems consist of supply sources, main transmission lines, refineries, storage tanks and water distribution systems to a wide range of consumers, and therefore constitute the basic infrastructure in each city. In times of war and bombardment in cities, the system of functional infrastructure of infrastructure is damaged very shortly for a very short time; these facilities are created and exploited at a very high cost, which causes them to stop production and service to citizens and economic and social losses. According to the definition of the Social Security and Emergency Preparedness Canada, critical infrastructure, networks, facilities and information and physical services are interrelated, which, if disrupted or destroyed, will have a serious impact on the health, safety, security and economy of the community. The main purpose of this study is to identify and determine the value of vital, sensitive and important assets of water supply facilities in Tehran, including reservoirs, transmission and distribution network, treatment plants, dams, pump houses, wells, rivers, using the integrated method of AHP and RAMCAP. The steps of the RAMCAP approach to assessing the assets of a water supply facility from the passive defense perspective are the first step of identifying the asset and the second step of analyzing asset value. In the asset value analysis section based on the definition criteria, for each asset, a value number is quantitatively derived from the AHP method. To achieve the goals of each research, the use of a scientific and systematic research method is essential. The research method used in this research is "descriptive-analytic" which has been used to integrate the two methods of RAMCAP and the AHP hierarchical analysis process, which is one of the decision-making methods. The main objective of this research is to identify and prioritize critical and critical assets of water supply facilities including reservoirs, transmission and distribution networks, refineries, dams, tanks, wells, rivers, based on economic value criteria , Functional and unique value through the AHP hierarchical compilation method and Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection(RAMCAP).Based on the combined method of Amir Kabir Dam, Taleghan Dam, Lotyan dam, Lar dam, Mamlo dam, Nimrod Dam, Ziarat dam, Shahid Ghafour Dam, wells, springs, rivers, No. 1 treatment plant (Jalaliyeh), No. 2 treatment plant (No. 3 and No. 4), No. 5, No. 5, No. 6, No. 7 (Sohanak), Seahqeraniyeh Sewage Treatment Plant, Municipality Sewage Treatment Plant, Zargand Sewage Treatment Plant, Gheitariyya Sewage Treatment Plant, Ghods Town Sewage Treatment Plant, Shosh Sewage Treatment Plant , Ekbatan sewage treatment plant, pumping stations, storage tanks, water distribution network B¬Rsany system were critical of Tehran. Super Decisions Software Version 2.8 (2015) was used to obtain value numbers and prioritize each asset in the AHP method. Based on the defined economic value criteria, the value of the Letian dam and the Amir Kabir dam and Taleghan Dam respectively were 0.1477, 0.1359 and 0.1109, respectively, in the first to third rank, respectively, and the distribution network and reservoirs were ranked respectively 24 and 25 were assigned 0.0046 and 0.0045, respectively.

Keywords: Supply, Treatment plan ,Distribution, AHP, RAMCAP