

طرح کلی سمینار یک روزه مدیریت بحران « جوامع پایدار و تاب‌آور »^۱

مرکز پژوهشی پایداری و تاب‌آوری زیرساخت‌ها، دانشگاه صنعتی شریف



هوشمندسازی مدیریت بحران

هدف از این ابرپروژه، هوشمندسازی مدیریت بحران با تولید ابزارهای پیشرفته برای جمع‌آوری حداکثری اطلاعات کلیدی از وضعیت جامعه پس از وقوع بلایا و تصمیم‌سازی بر اساس این اطلاعات برای مدیران بحران است. سازوکار کنونی مدیریت بحران در کشور بر اساس مشاهدات عینی گروه‌های شناسایی و تصمیمات مبتنی بر تجربه است. برای مثال، پس از وقوع زلزله‌ی کرمانشاه، با قطع ارتباط گروه امداد برق منطقه با مسوولان برق منطقه‌ای، سازمان مدیریت بحران و استانداری کرمانشاه، این گروه وادار به اقدام بدون هماهنگی با مراکز اصلی تصمیم‌گیری شد. با توجه به قطعی سیستم‌های مخابراتی، ارتباط میان اعضای گروه‌های تعمیر مختل بود و ارتباط میان اعضای گروه توسط سرگروه کل انجام می‌شد و تنها زمانی برقرار می‌شد که گروه‌ها به مرکز اصلی باز می‌گشتند. بنابراین، تصمیم‌گیری در مورد چگونگی پاسخ به بحران، تنها با اتکا به اطلاعات جمع‌آوری شده توسط گروه‌های شناسایی و در طی فرآیندی طولانی میسر بوده است. این پدیده در فرآیند پاسخ به حوادث پیشین نیز مشاهده شده است و منجر به از دست رفتن زمان طلایی پس از رویداد برای جست‌وجو و نجات و بازیابی عمل کرد شریان‌های حیاتی جامعه می‌شود. در چنین شرایطی، کمبود اطلاعات و تأخیر در دریافت آن‌ها، مدیران بحران را به تصمیم‌گیری محافظه‌کارانه و بر اساس تجربه وادار می‌کند.

ابزارهای هوشمند تولید شده در این ابرپروژه، اطلاعات حیاتی در مورد وضعیت جامعه و زیرساخت‌های آن را با استفاده از منابع گوناگون و در زمانی کوتاه جمع‌آوری و پردازش می‌کنند. این منابع عبارت‌اند از:

* پردازش هوشمند تصاویر ارسالی از پهباد مجهز به دوربین عکس‌برداری، برای تشخیص سطح آسیب وارد شده به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، وقوع سیل و آتش‌سوزی، و حس‌گر فروسرخ، برای تشخیص گرفتارشدگان زیر آوار؛

* پردازش هوشمند محتوای شبکه‌های اجتماعی و خبری، برای استخراج اطلاعات در مورد آسیب‌های وارد شده به زیرساخت‌ها و تلفات انسانی؛

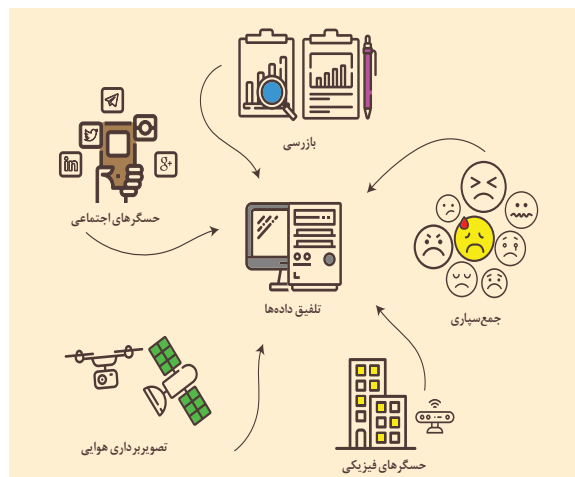
* پردازش هوشمند سیگنال‌های حاصل از حس‌گرهای پیشرفته مانند: شتاب‌سنج‌های نصب‌شده روی سازه‌ها و زیرساخت‌های حیاتی، در پاسخ به بحران، مانند بیمارستان‌ها و پل‌ها، برای شناسایی میزان آسیب وارد شده به آن‌ها؛

* پردازش مشاهدات گزارش شده‌ی شهروندان از شدت رویداد خطر، آسیب‌های وارد به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها و تلفات انسانی در سامانه‌ی جمع‌سپاری.

اطلاعات به محض دریافت از منابع بالا در سامانه‌ی تصمیم‌یار تلفیق و مصورسازی می‌شوند، تا در هر لحظه وضعیت جامعه با دقت بالاتری تعیین شود. مدیران با استفاده از تحلیل‌های انجام

۱. این سمینار در تاریخ ۲۰ دی ۱۳۹۸، در سالن جابرین حیان دانشگاه صنعتی شریف برگزار شد.

شده در سامانه‌ی تصمیم‌یار می‌توانند به صورت بهینه اقدامات پاسخ به بحران را برنامه‌ریزی کنند. شکل (۱) شمایی از سامانه‌ی تلفیق داده و تصمیم‌یار برای هوشمندسازی مدیریت بحران را نشان می‌دهد.



شکل (۱). شمای کلی بخش تلفیق داده در سامانه‌ی هوشمندسازی مدیریت بحران و منابع اطلاعاتی آن

۹۰ هزار نفر در سال در جهان قربانی می‌گیرد). ایران یکی از نقاط حادثه‌خیز این رویدادها است.

سیستم‌های حمل‌ونقل، یکی از زیرساخت‌های مهم کمک‌رسانی به حادثه‌دیدگان است، که خود در برابر این حوادث آسیب‌پذیرند. با وجود همه‌ی تلاش‌های پیش از حادثه، سیستم حمل‌ونقل در زمان بحران پس از حادثه نیازمند بازگشایی است، تا کمک‌رسانی به افراد حبس شده در زیر آوار ساختمان‌ها میسر شود.

برای کمک‌رسانی، نخست باید از محل خرابی‌ها اطلاع یافت. اطلاعات پیشین^۲ از (احتمال) خرابی‌ها در دست است که باید با اطلاعات پسین^۳ قطعیت یابد. این گردآوری اطلاعات باید هم‌زمان با کمک‌رسانی به مردم زیر‌آوار ادامه یابد. بازگشایی راه‌های مهم در دسترسی به مقصدهای مهم و کوتاه کردن زمان دست‌یابی به آن‌ها برای آواربرداری یا انتقال مجروحان به درمانگاه‌ها اهمیت دارد. هر دو فعالیت بازگشایی راه‌ها و آواربرداری، با یک نوع نیرو و تجهیزات صورت می‌گیرد و از این رو، تخصیص هم‌زمان گروه‌های کمک‌رسانی به بازگشایی راه‌ها و آواربرداری در ناحیه‌های مختلف، یکی از مسائل مهم پس از رویداد زلزله‌های بزرگ است.

مسئله‌ی توأمان بازگشایی راه‌ها و آواربرداری، در این مطالعه فرمول‌بندی شده که هدف آن، افزایش تعداد افراد نجات یافته از زیر‌آوار با استفاده از گروه‌های کمک‌رسان مستقر در برخی از نقاط محدوده‌ی مورد مطالعه است. یک دستور حل سیستم مورچگان^۴ برای حل این مسئله طراحی شده است که کارایی آن در یک مثال آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس، این دستور برای حل مسئله برای شبکه‌ی شهر بم (با مقیاس ۱۰۰ برابر) به کار گرفته شده است. تحلیل حساسیت جواب مسئله روی تعداد گروه‌های کمک‌رسان، بزرگای زلزله و اجرای سیاست‌های مختلف کمک‌رسانی و تخصیص نیروهای کمک‌رسانی به ناحیه‌های محدوده‌ی مورد مطالعه، ابعاد مختلفی از مسئله را روشن می‌کند.

نوسازی بافت فرسوده

زیان‌های ناشی از بافت فرسوده: مورد پژوهشی بم

زمین‌لرزه یکی از مرگبارترین رخدادهای طبیعی است که تنها در دهه‌ی اخیر جان بیش از ۴۰۰ هزار نفر را در جهان گرفته است. ایران یکی از کشورهایی است که در آن خطر تلفات و خسارت‌های بالا از دو سو زیاد است: یکی قرارگیری آن در کمربندی لرزه-خیز و دیگری، ضعف در مدیریت مسئله (به‌ویژه پیش از بحران). زمین‌لرزه‌ی رودبار و منجیل در گیلان در سال ۱۳۶۹ با ۵۰۰۰۰ نفر تلفات و زمین‌لرزه‌ی بم در کرمان در سال ۱۳۸۲ با بیش از ۲۵۰۰۰ نفر تلفات تنها دو مورد از این رخدادهای مرگبار در ایران هستند.

طراحی و ساخت سامانه‌ی زنده‌یاب، مبتنی بر تابش فروسرخ

بخش قابل توجهی از خسارت‌های ناشی از حوادث طبیعی و انسان‌ساخت ناشی از تلفات انسانی، به دلیل زیر آوار ماندن قربانیان است. در چنین مواردی، سرعت عمل در عملیات امداد و نجات می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش تلفات داشته باشد. در این پروژه پس از انجام مطالعات نظری و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، استفاده از یک سامانه‌ی زنده‌یاب حساس به تابش فروسرخ پیشنهاد شد. سپس بر مبنای محاسبات صورت گرفته و تحقیقات اولیه، یک سامانه‌ی پایه طراحی و ساخته شد. در ادامه، یک محیط شبیه‌ساز افراد زنده زیر آوار خاک، سنگ‌ریزه و گچ آماده شد و عمل کرد سامانه‌ی پایه‌ی ساخته شده مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی‌ها نشان‌دهنده‌ی موفقیت سامانه در کشف علائم حیاتی افراد زیر آوار است، که با محاسبات و مطالعات اولیه سازگاری دارد. نمونه‌ی عملیاتی این سامانه در دست توسعه و ساخت است.

روشی برای مدیریت نیروهای کمک‌رسانی پس از وقوع حادثه

رویدادهای بدسگال طبیعی، مجموعه‌ای از رویدادها (مانند زلزله، سیل و توفان) هستند که پیش‌بینی آن‌ها بسیار دشوار (اگر نه ناممکن) است و پیامدهای زیان‌بار غیرقابل جبران بسیار دارد (حدود

2 - Prior information

3 - Posterior information

۴. سیستم مورچگان (Ant System) یک دستور حل (Algorithm) مسئله‌ی بهینه‌سازی است. این دستور بر مبنای رفتار مورچگان در یافتن غذا طراحی شده است. در این دستور، هر مورچه از یک مسیر به گونه‌ی تصادفی حرکت می‌کند و هم‌زمان روی زمین ماده‌ای به نام «فرمون» می‌ریزد که مورچه‌ها به بوی آن حساس هستند. این ماده با زمان تخیخ می‌شود و مورچه‌ها در حرکت تصادفی خود روی زمین، با احتمالی بیش‌تر، مسیرهای با بوی فرمون بیش‌تر را برمیگزینند. مسیرهایی که (به سبب یافتن غذا در پایان آن) بیش‌تر مورد استفاده مورچه‌ها قرار می‌گیرند، دارای بوی فرمون بیش‌تری می‌شوند و مسیرهایی که کم‌تر استفاده می‌شوند، با تخیخ فرمون، بوی آن را از دست می‌دهند. مسیرهایی که هم به غذا منتهی می‌شوند و هم کوتاه‌ترند، با استفاده‌ی بیش‌تر مورچگان در واحد زمان بوی بیش‌تر فرمون می‌یابند و مسیرهایی بلندتر به مقصد، به سبب دیرتر طی شدن، کم‌کم بوی فرمون را از دست می‌دهند. پس از مدتی، همه‌ی مورچه‌ها در یک صف از کوتاه‌ترین مسیر (مسیر بهینه) برای بردن غذا به لانه در رفت‌وآمد می‌شوند. مسئله‌های بهینه‌سازی را می‌توان به چنین مسئله‌ای تبدیل کرد و آن را بر اساس این مفهوم حل کرد.

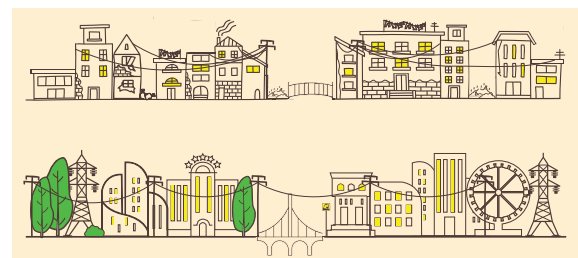


در این پژوهش با به کارگیری یک مدل بهینه‌سازی موجود برای شهرستان بم، تلاش شده است که معلوم شود اگر پیش از رویداد زمین‌لرزه در این منطقه، برنامه‌ریزی‌هایی در جهت نوسازی بافت فرسوده، مقاوم‌سازی راه‌های آسیب‌پذیر و تدارک مکان‌هایی برای کمک‌رسانی به آسیب‌دیدگان پس از زلزله صورت می‌گرفت، چه تفاوتی با شرایط روی داده داشت؟ همچنین، برای به تصویر کشیدن دقیق‌تر زیان‌های زمین‌لرزه (علاوه بر تلفات)، معیاری جامع‌تر به عنوان «زیان کل هم‌سنگ مالی» تعریف شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در این شبیه‌سازی پیش از رویداد، سال ۱۳۷۵ به عنوان مبنای برنامه‌ریزی در نظر گرفته شده است. محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی شهر بم و بروات در این سال انتخاب شد و ناحیه‌بندی ویژه‌ای برای آن صورت گرفت. ویژگی‌های این ناحیه‌بندی (جمعیت، اشتغال و مانند آن‌ها)، شبکه‌ی مرتبط کننده‌ی آن‌ها به هم معین شده و مدل‌هایی برای تولید و جذب سفر، توزیع سفر، انتخاب وسیله و تخصیص ترافیک تهیه شده‌اند.

گزینه‌ی عدم انجام کار با بودجه‌ی صفر برای بخش‌های مدیریتی (بخش کمک‌رسانی، بهسازی بافت فرسوده و شبکه‌ی حمل و نقل) و نیز بروز زمین‌لرزه در شب و سیاست عدم اطلاع‌رسانی به مردم در نظر گرفته شده و نتایج اجرای برنامه‌ریزی در حالت‌های مختلف از رویداد زمین‌لرزه و رفتار مردم مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی‌ها در تحلیل‌های حساسیت مختلف، مانند تحلیل حساسیت روی بودجه نیز صورت گرفته است.

نتایج نشان می‌دهند که افزایش سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل به تنهایی اثری بر کاهش زیان کل ندارد. کم‌هزینه‌ترین راه نجات افراد سرمایه‌گذاری در بخش کمک‌رسانی است، ولی نجات افراد از این راه مرز بالایی دارد. مؤثرترین شیوه‌ی کاهش تلفات و زیان کل سرمایه‌گذاری در بخش بهسازی بافت فرسوده است، به گونه‌ای که با افزایش ۱ میلیارد تومان بودجه در این بخش، ۵/۸ میلیارد تومان زیان کل (به ریال سال ۱۳۷۵) قابل پیش‌گیری است.



شکل (۲). چشم‌انداز تبدیل بافت فرسوده به بافت نو

نوسازی بافت‌های فرسوده شهری بر پایه حمل‌ونقل همگانی تندرو

اغلب مسائل شهری در بسیاری از کلان‌شهرها در سطحی بحرانی است: بافت فرسوده، زندگی بخش بزرگی از جمعیت شهر را تهدید می‌کند. آلودگی هوا و آب و خاک به سبب کاربرد سوخت‌های فسیلی، تهدید کننده‌ی سلامتی جسمی جمعیت آن است و شلوغی ترافیک، تهدید کننده‌ی سلامتی روحی آن‌ها. مدیریت شهری از یک‌سو در یافتن راه‌حل‌های مناسب برای این مسائل با دشواری روبروست و از

سوی دیگر، تنگدستی موجود در خزانه‌ی شهر و بدهی‌های نجومی موجود، توان چندانی برای حل مسأله باقی نمی‌گذارد.

سه بازیگر مسأله: ساکنان بافت فرسوده، سرمایه‌گذاران در بخش مسکن و شهرداری را در نظر بگیرید. دارایی ساکنان در بافت فرسوده، زمین آن‌هاست و نیاز آن‌ها خانه‌های ایمن در برابر زلزله است. بدیهی است که آن‌ها در تهاطر زمین خود با بنای نو، خواهان نسبت‌های متفاوتی از این بده-بستان باشند. بخش خصوصی سازنده‌ی بنای مسکونی دارای سرمایه است و هریک از آن‌ها نیز به دنبال بیشینه‌سازی سود خود در سرمایه‌گذاری در این بخش از اقتصادند. شهرداری نیز نگران برخی از هدف‌های خود، مانند ایمن‌سازی خانه‌ها در بافت فرسوده، شلوغی ترافیک و آلودگی هوا در شهر است.

فرض کنید که وقتی بده-بستان زمین بافت فرسوده-بنای نوساز به نسبتی که ۹۵٪ ساکنان مایل به جابه‌جایی بودند، کل این ناحیه در معرض ساخت بنای نو قرار می‌گیرد. در این صورت، دست‌کم ۶۰٪ زمین از جابه‌جایی مالکان زمین‌های بافت فرسوده به خانه‌های ۴ طبقه‌ی ساخته شده در همان ناحیه آزاد می‌شود.

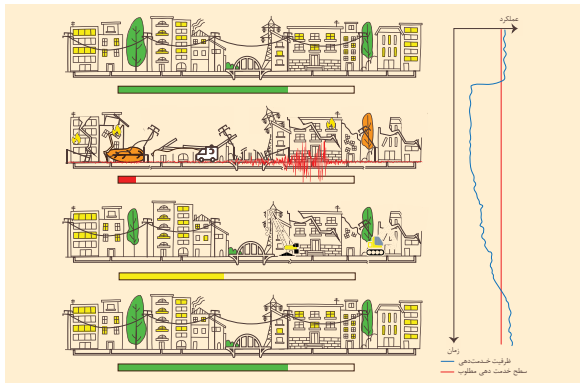
اکنون، تهاطر زیر را بر اساس قیمت بازار در زمان تهاطر در نظر بگیرید. (الف) ساکنان بافت فرسوده زمین خود را به سازندگان بنا می‌دهند و هم‌ارز آن، بنای مسکونی در ساختمان‌های چهار طبقه‌ی ساخته شده‌ی بخش خصوصی، در جوار خط BRT ساخته شده توسط شهرداری می‌گیرند. مالکان خرده‌فروشی‌های ناحیه نیز هم‌ارز واحد کسبی خود از مجتمع خدماتی ساخته شده در ایستگاه‌های BRT توسط شهرداری فضا می‌گیرند. (ب) بخش خصوصی سازنده‌ی بنای مسکونی، زمین گرفته شده از مردم را به شهرداری می‌دهد و در مقابل، مجوز ساخت بنای تجاری (یا اداری، آموزشی، خدماتی، فرهنگی، سلامت و ...) فرامانطقه‌ای را در بهترین نقطه‌ی مجاز برای این فعالیت‌ها، هم‌ارز کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ناحیه (شامل هزینه‌های ساختمان‌های تجاری)، به اضافه‌ی حداقل سود سرمایه‌گذاری برای مدت مورد توافق، دریافت می‌کند. (پ) شهرداری باقیمانده‌ی زمین به دست آمده در ناحیه را صرف کاربری‌های کمبود ناحیه‌ی مورد نظر (فضای سبز، فضاهای خدماتی، اضطراری و مانند آن‌ها) می‌کند. شهرداری منابع این کارها را از عوارض و مالیات‌های عمومی شهر، به سبب ارائه‌ی شرایط بهتر از نظر کاهش آلودگی هوا، کاهش شلوغی ترافیک، افزایش ایمنی، افزایش امنیت و مانند آن‌ها تأمین می‌کند.

بر این اساس، به گونه‌ای کوتاه، طرح پیشنهادی به صورت زیر است: در ناحیه‌ای که بیش از ۹۵٪ ساکنان آمادگی دارند: بخش خصوصی با توافق ساکنان بافت فرسوده، زمین آن‌ها را گرفته و هم‌ارز آن، بنای مسکونی در کنار خط اتوبوس‌رانی تندرو واگذار می‌کند.

بخش خصوصی زمین را به شهرداری می‌دهد و هم‌ارز سرمایه‌گذاری‌های خود و سود آن با حداقل نرخ بازگشت جذاب (ضمانت شده‌ی) زمین و مجوز ساخت بنای تجاری-خدماتی فرامانطقه‌ای می‌گیرد که پس از بهره‌برداری در مدت عمر یک نسل (۳۰ تا ۵۰ سال)، آن را به شهرداری واگذار می‌کند. شهرداری از محل بودجه‌ی عمومی شهر، سیستم اتوبوس‌رانی



پژوهشی پایداری و تاب‌آوری زیرساخت‌ها است. این سامانه ابزار اصلی سیاست‌گذاری دانش‌محور در حوزه‌ی زیرساخت‌ها، به‌منظور نیل به جامعه‌ای تاب‌آور خواهد بود.



شکل (۳). شبیه‌سازی وضعیت جامعه در رویارویی با زلزله، به‌منظور ارزیابی تاب‌آوری

ارزیابی و بهینه‌سازی تاب‌آوری زیرساخت آبرسانی

شبکه‌ی آبرسانی، زیرساختی اساسی است که نقش مهمی را به عنوان یکی از شریان‌های حیاتی جامعه ایفا می‌کند. این زیرساخت در مواجهه با مخاطرات طبیعی مانند زلزله، ممکن است دچار آسیب شود و بخشی از قابلیت خدمت‌رسانی خود را از دست دهد. کاهش قابلیت خدمت‌دهی شبکه‌ی آبرسانی، به دلیل تأثیر مستقیم بر عمل‌کرد نهادهای امدادرسانی مانند بیمارستان‌ها و آتش‌نشانی، موجب افزایش خسارات و هم‌چنین وقوع پیامدهای سلسله‌وار خواهد شد. در این پروژه‌ی پژوهشی، آسیب‌های وارد شده به شبکه‌ی آبرسانی در اثر وقوع زلزله و پیامدهای ناشی از آن شناسایی شده‌اند تا در ارزیابی ریسک لرزه‌ای زیرساخت آبرسانی مورد استفاده قرار گیرند. برای رسیدن به این هدف، در این پژوهش یک چارچوب احتمالاتی برای تحلیل ریسک لرزه‌ای زیرساخت آبرسانی توسعه داده شده است. به عنوان اولین قدم، اجزای مهم آسیب‌پذیر در شبکه‌ی آبرسانی شناسایی شده و عمل‌کرد هر یک از تأسیسات اصلی تحت زلزله به صورت احتمالاتی مدل‌سازی می‌شود. سپس میزان تاب‌آوری شبکه‌ی آبرسانی این شهر با استفاده از شاخص تاب‌آوری مبتنی بر تولید ناخالص منطقه‌ای و کمی‌سازی هزینه‌های خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم وارد بر شبکه‌ی آبرسانی در برابر زلزله محاسبه می‌شود. این پژوهش، راهنمای نهادهای تصمیم‌گیرنده برای اولویت‌بندی تعمیرات اجزای آسیب‌دیده‌ی شبکه‌ی آبرسانی و نیز تصمیم‌گیری بهینه برای تأمین نیاز آب پس از زلزله است. نتایج اولیه‌ی این پژوهش نشان می‌دهد طراحی بهینه‌ی شبکه‌ی آبرسانی مبتنی بر کاهش هزینه‌ها، اغلب موجب طراحی شبکه‌هایی با آسیب‌پذیری بالا خواهد شد. در مقابل، طراحی بهینه‌ی شبکه‌ی آبرسانی بر اساس شاخص‌های تاب‌آوری و با در نظر گرفتن وابستگی‌های بین اجزای داخلی زیرساخت آب و نیز اجزای دیگر زیرساخت‌های شهری، موجب افزایش تاب‌آوری این زیرساخت در برابر مخاطرات طبیعی خواهد بود. چشم‌انداز آینده‌ی این پژوهش، ارائه‌ی سامانه‌ی نرم‌افزاری برای اولویت‌بندی بهینه

تندرو و مجتمع خدماتی ایستگاهی آن را ساخته، زمین‌های آزاد شده‌ی باقیمانده را صرف جبران کمبود خدمات ناحیه و پس از «عمر قرارداد BOT» با بخش خصوصی زمین (و ساختمان‌های تجاری) بخش خصوصی را تحویل می‌گیرد. در زمین‌های آزاد شده، همه‌ی سوابق تاریخی، زیربنایی، فرهنگی و مانند آن‌ها حفظ می‌شود.

هیچ‌کسی از بیرون، ناحیه‌ی بنای مسکونی مورد تهاجر با زمین بافت فرسوده ناحیه را نمی‌گیرد. هیچ‌کسی وادار به مهاجرت از ناحیه‌ی خود به جای دیگر نمی‌شود. همه‌ی بناها و درخت‌های ارزشمند ناحیه حفظ می‌شوند. ساکنان خانه‌های نو در ناحیه به سبب نزدیکی با سیستم اتوبوس‌رانی تندرو به آن می‌گروند و از حجم ترافیک و آلودگی‌های وسایل نقلیه‌ی شخصی می‌کاهند. مردم بافت فرسوده به جای امن منتقل می‌شوند. سرمایه‌های سرگردان بخش خصوصی صرف تولید می‌شوند. اشتغال قابل توجهی در شهر ایجاد می‌شود. مدیریت شهری در اداره‌ی بهتر این ناحیه موفق می‌شود. شبکه‌ی ویژه‌ی سیستم اتوبوس‌رانی تندرو در شرایط اضطرار در خدمت کمک‌رسانی قرار می‌گیرد و با ارتقای سطح زندگی، باید سطح بزهکاری‌ها کاهش یابد و ...

ارزیابی تاب‌آوری جامعه

سامانه‌ی سنجش و بهینه‌سازی تاب‌آوری شهری

هدف از این ابرپروژه، طراحی و ساخت یک سامانه‌ی نرم‌افزاری برای ارزیابی و بهینه‌سازی تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری است. این سامانه با شبیه‌سازی رویدادها از لحظه‌ی وقوع خطر تا بازیابی کامل زیرساخت‌ها، تاب‌آوری شهر را به صورت معیاری کمی محاسبه می‌کنند. در این شبیه‌سازی، شدت وقوع خطر، آسیب‌های وارده به زیرساخت‌ها و پیامدهای گسترده‌ی آن به صورت جامع مدل می‌شوند. نمونه‌هایی از پیامدهای که در این سامانه مدل می‌شوند، عبارت‌اند از: هزینه‌های تعمیر و جایگزینی، تلفات انسانی، افت کیفیت زندگی در اثر قطع عضو و یا از دست دادن سرپرست خانواده، کاهش ظرفیت درمان مجروحان در بیمارستان‌ها به دلیل قطع آب و برق، بسته شدن راه‌ها در اثر آسیب پل‌ها و سقوط آوار و به تبع آن، اختلال در عملیات جست‌وجو و نجات، زیان کسب‌وکارها بر اثر قطع شریان‌های حیاتی، شیوع بیماری‌های عفونی در اثر عدم دسترسی به آب آشامیدنی یا فساد اجساد و اثرات زیست‌محیطی تولید مصالح برای تعمیر و بازسازی. پس از شبیه‌سازی پیامدها، فرآیند بازگشت زیرساخت‌های شهری به وضعیت پیش از حادثه با در نظر گرفتن منابع قابل اختصاص شبیه‌سازی می‌شود. تمامی این مدل‌ها به صورت احتمالاتی ساخته می‌شوند که به تبع آن، تمامی سناریوهای محتمل از رویداد خطر، آسیب‌ها، پیامدها و روند بازگشت جامعه مورد شبیه‌سازی قرار می‌گیرند. خروجی چنین تحلیلی، هزینه‌ی کل احتمالی به جامعه در اثر وقوع خطر و زمان بازگشت جامعه به وضعیت پیشین است. شکل (۳)، وضعیت شبیه‌سازی جامعه در رویارویی با زلزله را به منظور ارزیابی تاب‌آوری نشان می‌دهد. در مرحله‌ی بعد، این سامانه با انجام بهینه‌سازی، الگوی بهینه تخصیص منابع محدود برای کمینه ساختن هزینه‌ی کل احتمالی به جامعه تعیین می‌کند. به ثمر نشستن پروژه‌ی طراحی و ساخت این سامانه، به معنای تحقق هدف اصلی از تأسیس مرکز



برای تخصیص منابع به منظور مقاوم سازی اجزا ، ارتقای شبکه و برنامه ریزی مناسب برای پاسخ مطلوب در زمان وقوع زلزله است.

ارزیابی و ارتقای تاب آوری سیستم های قدرت در مواجهه با رویداد زلزله

با وجود تلاش های اخیر برای مقاوم سازی سیستم های قدرت و بهبود عمل کرد آن ها ، بروز خاموشی و خسارت ناشی از وقوع حوادث غیرقابل پیش بینی مانند رویداد زلزله اجتناب ناپذیر است. بنابراین ، برای کاهش خسارت های وارد و تداوم تأمین بار الکتریکی مشترکان به ویژه مشترکان حساس ، بهبود تاب آوری سیستم های قدرت بیش از پیش ضرورت پیدا کرده است. به این منظور ، این پژوهش به ارزیابی میزان تاب آوری سیستم های قدرت پرداخته و راه کارهایی برای بهبود آن ارائه و معرفی می کند. مقاوم سازی برای کاهش خسارت های سیستم در صورت مواجهه با آن رویداد زلزله و افزایش انعطاف در بهره برداری ، به منظور تسریع بازیابی شبکه و کاهش آسیب های اجتماعی و اقتصادی ، دو جنبه ی مطالعات تاب آوری است. جنبه ی اول به فاز مقاومت و جنبه ی دوم به فاز بازیابی می پردازد. برای بهبود تاب آوری سیستم ، بایستی اجزای مختلف سیستم به خوبی شناسایی شده و میزان آسیب پذیری آن ها در برابر رویداد زلزله ارزیابی شود. سپس، فرآیند مدل سازی عمل کرد سیستم در قبال یک رویداد زلزله ی فرضی تدوین شده و به وسیله ی آن ، میزان اثرپذیری روش های مختلف برای بهبود عمل کرد سیستم ارزیابی شود. روش های بهبود مختلف شامل روش های مبتنی بر فاز مقاومت و فاز بازیابی شناسایی شده و فرآیندی برای دستیابی به ترکیب مناسبی از این روش ها استخراج شود. بنابراین ، این پژوهش در ابتدا به مطالعه ، بررسی و ارائه ی مدلی برای ارزیابی و بهینه سازی تاب آوری سیستم های قدرت در مواجهه با رویداد زلزله می پردازد. در این راستا ، دست آوردهای طرح در قالب فعالیت های ذیل قابل دستیابی است:

- * شناسایی اجزای سیستم های قدرت و تعیین میزان شکنندگی این اجزا در مواجهه با رویداد زلزله ؛
- * مدل کردن فرآیند مدیریت خطا و ارزیابی تاب آوری سیستم قدرت؛
- * شناسایی روش های بهبود تاب آوری سیستم در فاز مقاومت ؛
- * شناسایی روش های بهبود تاب آوری سیستم در فاز بازیابی ؛
- * تدوین فرآیند انتخاب ترکیب مناسب از بین روش های شناسایی شده ی فازهای مقاومت و بازیابی.

خروجی این پژوهش ، برنامه ریزان و بهره برداران سیستم های قدرت را در شناسایی نقاط ضعف سیستم های قدرت موجود و تصمیم گیری درباره ی چگونگی مقابله با رویداد زلزله ، برای کمینه کردن خسارت وارد به سیستم و قطعی بار مشترکان یاری می کند.

چارچوب احتمالاتی برای ارزیابی تاب آوری لوزه ای بیمارستان ها

پس از وقوع زمین لرزه ، عمل کرد مناسب بیمارستان ها می تواند سبب کاهش تلفات جانی و جلوگیری از تشدید مصدومیت ها و در نتیجه ، کاهش هزینه های انسانی حادثه شود. نقش بیمارستان ها به عنوان رکن اصلی سیستم درمانی ، ضرورت آماده سازی آن ها در برابر زمین لرزه را دو چندان می کند. به همین دلیل ، افزایش تاب آوری

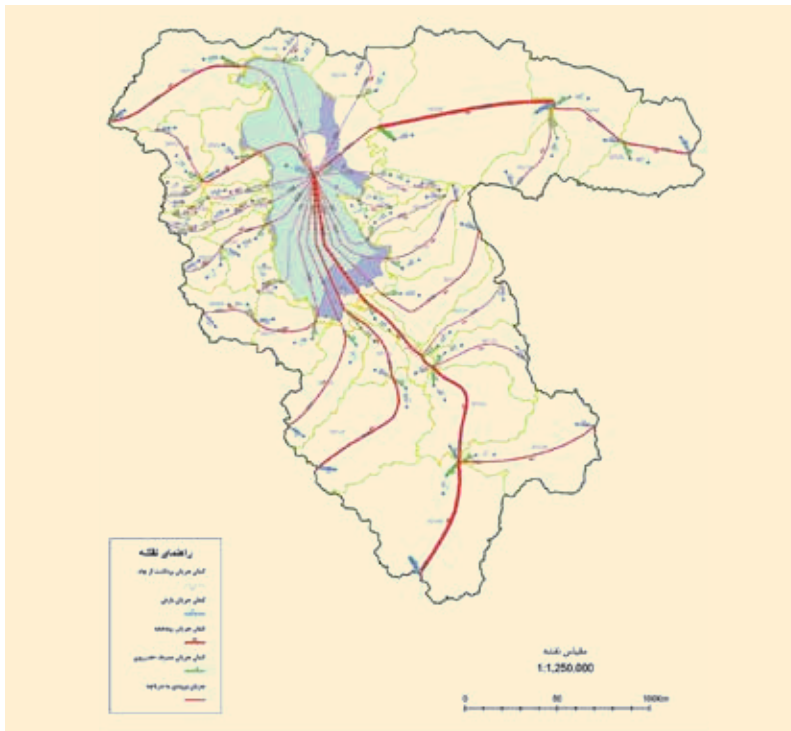
بیمارستان ها در برابر حوادثی چون زمین لرزه مورد توجه محققان ، سیاست گذاران ، طراحان ، سازندگان و گردانندگان بیمارستان ها قرار گرفته است. بیمارستان تاب آور ، بیمارستانی است که بتواند سطح خدمت دهی مطلوب را بعد از زمین لرزه حفظ کند و یا در صورت کاهش سطح خدمت دهی ، به سرعت به سطح مطلوب بازگردد. افزایش تاب آوری بیمارستان در برابر زمین لرزه ، موجب بهبود کمی و کیفی خدمت دهی بیمارستان ها و کاهش خسارات جانی خواهد شد. یکی از مشخصات بیمارستان های تاب آور ، قابلیت برقراری توازن بین ظرفیت خدمت دهی و تقاضا بعد از زمین لرزه است. اهمیت این موضوع به این دلیل است که در اثر زمین لرزه ، ظرفیت خدمت دهی و نیز تقاضا برای خدمات بیمارستان تغییر می کند. پس از وقوع زمین لرزه ، تقاضا برای خدمات بیمارستان به علت خرابی ساختمان های اطراف بیمارستان و مصدوم شدن افراد افزایش می یابد. میزان مقاومت ساختمان ها در برابر زمین لرزه ، تعداد و عمل کرد تیم های امداد و نجات ، وضعیت زیرساخت های حمل و نقل و فاصله ی ساختمان ها از بیمارستان ، مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر روی تقاضا برای خدمات بیمارستان است که نرخ ورود بیماران به بیمارستان را افزایش می دهد. ظرفیت بیمارستان نیز با توجه به عوامل متنوع و متعددی از قبیل آسیب به اجزای سازه ای و غیرسازه ای بیمارستان ، در دسترس نبودن پرسنل درمانی ، اختلال در تأمین منابع دارویی و از کارافتادگی زیرساخت های پشتیبان کاهش می یابد. برای ارزیابی تاب آوری بیمارستان ها در برابر زمین لرزه ، نیاز به ابزاری نرم افزاری است که به صورت احتمالاتی ظرفیت و تقاضا برای خدمات بیمارستان را تحلیل کنند. با استفاده از چنین ابزاری کاستی های موجود شناسایی می شوند تا اقدام مناسب در مورد آن ها صورت گیرد. در این پژوهش ، چارچوبی احتمالاتی برای ارزیابی تاب آوری بیمارستان ها ارائه شده است. در این چارچوب ، از تحلیل دینامیکی سیستم ها و شبیه سازی زمان گسسته استفاده شده است تا عدم قطعیت های متنوعی مانند شدت و زمان زمین لرزه ، پاسخ ساختمان های منطقه در برابر زمین لرزه ، تعداد و نوع مجروحان ، وضعیت ساختمان و محتوای بیمارستان پس از زمین لرزه و نیز وضعیت شریان های حیاتی بعد از وقوع زمین لرزه در نظر گرفته شوند. چارچوب ارائه شده ، عمل کرد بیمارستان پس از وقوع زمین لرزه های احتمالی آینده را ارزیابی می کند. این چارچوب امکان ارزیابی سیاست های مختلف برای افزایش سطح عمل کرد بیمارستان را به وسیله ی مقایسه ی تأثیرات به کارگیری هر یک از این سیاست ها فراهم می آورد. به این ترتیب ، به وسیله ی چارچوب ارائه شده می توان اقدام های مؤثر برای ارتقای تاب آوری بیمارستان ها را شناسایی کرد.

احیای دریاچه ی ارومیه

مدل تصمیم گیری درباره ی سرمایه گذاری در پروژه های افزایش آب دریاچه ی ارومیه

در دهه ی گذشته سطح آب دریاچه ی ارومیه به شکل بی سابقه ای کاهش یافت. این امر مشکلات بسیاری را در حوضه ی آبریز این دریاچه ، چه از نظر اجتماعی ، چه اقتصادی و به ویژه زیست محیطی پدید آورد. نگرانی های موجود در این زمینه موجب تخصیص





شکل (۴). جریان آب‌های سطحی در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه

ارومیه هدف این مطالعه است، تا معلوم شود چقدر این گزاره درست یا نادرست است. این مطالعه تصویری از فرآیندهای علت و معلولی خشک شدن دریاچه ارومیه را در قالب پیامدهای مختلف ناشی از خشک شدن آن به تصویر می‌کشد.

تغییرات فیزیکی بدنه آبی دریاچه‌ی ارومیه به تغییرات ویژگی‌های دریاچه و محیط آن می‌انجامد، که خود موجب انتشار آلودگی‌های نمکی در هوا و خاک می‌شود. این آلاینده‌های نمکی در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات از اقتصاد موجب کاهش درآمد، و نیز افزایش هزینه‌ها در آن‌ها و در بخش سلامت می‌شود. کاهش درآمد و افزایش هزینه‌های یاد شده کاهش اشتغال در بخش‌های سه‌گانه اقتصاد را موجب می‌شود، که به نوبه‌ی خود منجر به کاهش درآمد و هزینه‌های خانوارهای روستایی و شهری می‌شود. چنین پدیده‌ای زنجیره‌ای از پیامدهای ناخواسته اجتماعی را به دنبال خواهد داشت، که ناهنجاری‌های روابط اجتماعی و مسائل حاکمیتی بخشی از آن‌هاست. از سویی دیگر، تغییرات سطح آب دریاچه و ویژگی‌های فیزیکی آن اثرات زیست محیطی بسیاری را پدید می‌آورد، که گریبان دولت را، با کاهش درآمد و افزایش هزینه‌های بسیار، خواهد گرفت. این مدل قصد آن را دارد که تصویری از این پیامدها را در معرض دید تصمیم‌گیرندگان قرار دهد، تا بدانند که چه «هزینه‌هایی» انتظار آن‌ها را می‌کشند. بدیهی است این هزینه‌ها تعیین‌کننده‌ی سقف بودجه‌ی مناسبی است که می‌ارزد هزینه شود، تا جلوی چنین پیامدهای ناخواسته را بگیرد.

مسائلی از این دست را مسائل «پی‌ریخت»^۵ می‌نامند که حل آن نه به سادگی میسر است و نه اصولاً حل شدنی است. درون هر یک از پیامدهای یاد شده، دنیایی از رویدادها و ارتباطات است که این پیامدها را به هم مربوط می‌کنند. ولی، خوب است و ضروری است، که شِمایی از این تصویر را ببینیم! ●

بودجه‌ی قابل توجهی برای زنده کردن این دریاچه را فراهم آورد. نخستین پرسش این است که این منابع را باید چگونه صرف کرد که به هدف نهایی خود در یک دوره‌ی معین برنامه‌ریزی رسید؟ این مطالعه تلاشی است برای مدل‌سازی تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری برای دستیابی به این هدف. در هر سال از n سال دوره‌ی برنامه‌ریزی، بودجه‌ی سالانه در کدام زیرحوضه از m زیرحوضه‌ی حوضه‌ی مورد مطالعه، چقدر، در کدام یک از انواع پروژه‌های مؤثر در افزایش آب دریاچه‌ی ارومیه، هزینه شود که بیش‌ترین مقدار آب در پایان دوره وارد دریاچه ارومیه شود؟

این مطالعه سیاست‌هایی را که بهتر است گرداننده‌ی سیستم در مسأله در نظر بگیرد، مطرح می‌کند. سپس، ویژگی‌های انواع پروژه‌های قابل طرح برای انتخاب را مورد بررسی قرار می‌دهد. آن‌گاه، روشی را برای بهبود تدریجی و پرداخت مدل طراحی می‌کند که هر سال خود را به محیط مسأله نزدیک‌تر می‌کند، تا بهتر آن را نمایندگی کند.

مدل m زیرحوضه‌ی n دوره‌ی زمانی رفتاری-تصادفی ساخته شده در این مطالعه، دارای ویژگی‌های زیر است:

- در نظر گرفتن پروژه‌های مؤثر در افزایش آب ورودی به دریاچه، با کاهش مصرف آب؛
- در نظر گرفتن توزیع مکانی پروژه‌ها در سطح زیرحوضه‌های حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه؛
- تصمیم‌گیری به تفکیک سال‌های برنامه‌ریزی در یک پهنه‌ی زمانی تعیین شده؛
- در نظر گرفتن رفتار کشاورزان در درون و بیرون از شبکه‌ی آبیاری و زهکشی در قبول پروژه‌ها؛
- در نظر گرفتن نامعینی‌های بارش در حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه به صورت یک پدیده‌ی تصادفی؛
- در نظر گرفتن رفتار کشاورزان در زمان کم‌آبی و پرآبی؛
- تحلیل حساسیت تصمیم‌ها در زمینه‌ی پارامترهای نامعین؛
- قابلیت اصلاح پارامترهای مدل با مشاهدات سالانه از نتایج سرمایه‌گذاری در افزایش حجم آب دریاچه، با استفاده از حل یک مسأله‌ی همزمان.

از دست‌آوردهای این مطالعه، دو بسته‌ی نرم‌افزاری مدل تصمیم‌گیری و مدل تصویر فضایی از دریاچه‌ی ارومیه‌اند. نرم‌افزار نخست، استفاده از خود را آموزش می‌دهد و نرم‌افزار دوم، حجم، سطح و تراز آبی دریاچه را در فضای سه بعدی نشان می‌دهد.

اثرات آشکار و پنهان خشک شدن دریاچه‌ی ارومیه

آیا خشک شدن یک دریاچه به سادگی بیرون زدن بستر آن از زیر آب است؟ ساخت مدلی برای گزینه عدم انجام کار نجات دریاچه‌ی

