

امکان‌سنجی و بهینه‌سازی ترکیب و زمان‌بندی طرح‌های مدیریت بحران

هادی مختاری*: گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، mokhtari_ie@kashanu.ac.ir
زهرا قربانی: گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۶

چکیده

موفقیت در مدیریت بحران زمانی محقق می‌شود که سازمان‌ها، آمادگی هرچه بیشتر به همراه پیشگیری لازم را مورد نظر قرار دهند. این امر نیاز به آشنایی و استفاده‌ی هرچه بیشتر سازمان‌ها از اصول مدیریت و به طور خاص مدیریت پروژه‌ها را افزون‌تر می‌کند. همه می‌دانیم که اجرای برنامه‌ها و پروژه‌های پیشگیرانه‌ی مدیریت بحران از جمله حیاتی‌ترین راهکارها در راستای کاهش وقوع بحران و تبعات آن است. اما از طرف دیگر منابع سازمان‌ها و نهادهای مسئول در امر مدیریت بحران محدود بوده و مدیریت عقلایی به دنبال بیشترین استفاده از منابع محدود در راستای مواجهه با بحران‌ها است. در این مقاله، هدف امکان‌سنجی و بهینه‌سازی پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت بحران است، به نحوی که در عین حال که منابع تخصیص داده شده کفایت لازم را خواهد داشت، اهداف مدیریت بحران نیز تا حد رضایت‌بخشی محقق می‌شود. بدین منظور از رویکرد بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است. دو مدل بهینه‌سازی پروژه‌های مدیریت بحران شامل ۱. بهینه‌سازی ترکیب پروژه‌های مدیریت بحران و ۲. بهینه‌سازی زمان‌بندی پروژه‌های مدیریت بحران، پیشنهاد شده است. مدل اول به دنبال انتخاب بهترین ترکیب از پروژه‌های مدیریت بحران از میان یک لیست بالقوه از پروژه‌ها است. در حالی که مدل دوم بهترین زمان‌بندی اجرای پروژه‌های مدیریت بحران را پیشنهاد می‌کند. هر دو مدل به نحوی عمل می‌کنند که ملاحظات محدودیت منابع مورد نیاز و روابط منطقی بین پروژه‌ها در نظر گرفته می‌شود و در عین حال که هزینه‌های اجرای پروژه‌ها حداقل می‌شود، دستیابی به اهداف مدیریت بحران محقق شود. این مدل‌ها به منزله‌ی سیستم مشورتی، به مدیران سازمان‌های متصدی مدیریت بحران کمک می‌کنند تا بهترین تصمیم را در مدیریت پروژه‌های بحران اتخاذ نمایند. همچنین مدل‌های پیشنهاد شده روی یک مطالعه‌ی موردی اجرا شدند و نتایج مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت بحران، امکان‌سنجی پروژه‌ها، بهینه‌سازی، زمان‌بندی

Feasibility Study and Optimization of Combination and Scheduling of Crisis Management Projects

Hadi Mokhtari^{1*}, Zahra Ghibrani²

Abstract

The success in crisis management is reached when organizations consider preparedness as well as prevention. This necessitates the organizations to adopt enhanced management principles, specifically project management principles. It is well known that the implementation of preventive programs and projects of crisis management are among the most vital measures to reduce crisis occurrence and its consequences. However, on the other hand, resources of organizations and responsible authorities are limited and rational management seeks maximum exploitation of these limited resources to counteract crisis. In this paper, the aim is feasibility study and optimization of programs and projects of crisis management is such a way that not only allocated resources are sufficient, but also the goals of crisis management are met satisfactorily. To this end, the optimization approach based on mathematical programming is used. Two optimization models of crisis management including (1) optimization of a combination of crisis management projects and (2) optimization of scheduling of crisis management projects are proposed. The first model seeks selection of the best combination of crisis management projects from a list of potential projects. While the second model suggests the best schedule of projects implementation. Both models act in such a way that constraints on required resources and the logical relationship among projects are met, and moreover, the cost of projects are minimized and goals of crisis management are reached. These models, as a consulting system, help managers to adopt the best decision concerning crisis projects. Furthermore, the suggested models are executed on a case study and the results are analyzed.

Keywords: Crisis Management, Projects Feasibility Study, Optimization, Scheduling

1 Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran; Email: mokhtari_ie@kashanu.ac.ir
2 Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran

۷۳

شماره سیزدهم

بهار و تابستان
۱۳۹۷

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



امکان‌سنجی و بهینه‌سازی ترکیب و زمان‌بندی طرح‌های مدیریت بحران

علل کلیدی عدم دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده در خصوص مدیریت بحران است [۳]. از اقدامات مؤثر در مدیریت بحران برنامه‌ریزی مناسب است. در این برنامه‌ریزی می‌توان اولویت‌های اهداف تعیین شده را مشخص کرد و عواملی که نقش اساسی در مدیریت بحران دارند را در اولویت‌های بالاتر قرار داد. بدون داشتن برنامه، رویارویی با بحران بسیار مشکل خواهد شد. ایجاد ستادهای بحران و تیم مدیریت بحران راهکاری است که سازمان‌های متصدی بحران می‌توانند با تخصیص بودجه به این ستادها و حمایت از آن‌ها در راستای مدیریت بحران گام مؤثری بردارند و نمی‌توان تنها به سرمایه‌گذاری در این بخش اکتفا کرد، بلکه باید به فرهنگ‌سازی، آموزش، پژوهش، تخصیص وسایل و تجهیزات پیشرفته در مقابله با بحران نیز پرداخته شود، چرا که در چند سال اخیر کشور ما با بحران‌های متعددی نظیر سیل و زلزله روبه‌رو شده و هزینه‌ها و خسارات جبران‌ناپذیری را متحمل شده است. بنابراین باید مدیریت بحران جدی گرفته شود و این مسئله توجه بیشتر سازمان‌ها، مسئولان و افراد جامعه را می‌طلبد. در یک مدیریت بحران موفق، باید توجه دائمی به برنامه‌های اثرگذار و پروژه‌های کمک‌کننده به مدیریت بحران‌ها داشت و این امر خود توجه به اصول مدیریتی و همچنین مدیریت پروژه را بیش از پیش می‌طلبد.

پیشینه‌ی مدیریت بحران

بیشتر پژوهش‌های مرتبط با مدیریت بحران پیرامون بحران، گونه‌شناسی آن، ماهیت و علل پیدایش آن و چگونگی پیاده‌سازی آن بوده است. مدیریت بحران به منزله‌ی یک حوزه‌ی مطالعه و تحقیق در عرصه‌ی مدیریت، به بیان الگوها، نظریه‌ها و روش‌های مختلفی می‌پردازد و به مدیران می‌آموزد چگونه بحران‌ها را شناسایی و پیش‌بینی کنند، برای مقابله با آن آمادگی داشته باشند و در صورت بروز بحران اقدامات مؤثر انجام دهند [۴]. بیشتر مطالعات انجام شده در حوزه‌ی مدیریت بحران بر چهار جنبه‌ی اساسی تأکید دارند که عبارت‌اند از: ۱. دلایل پیدایش بحران؛ ۲. اقدامات پیشگیرانه؛ ۳. آثار و پیامدهای بحران؛ ۴. اقدامات پس از وقوع بحران [۵]. دیدگاه ریتچ [۶] نسبت به بحران این است که همواره باید در پی پاسخ به این پرسش بود که چه موقع چه نوع بحرانی رخ می‌دهد و چگونه می‌توان در مقابل آن آماده بود و واکنش مناسب نشان داد. پژوهش‌های اسپیلان و هوگ [۷] نشان می‌دهد که مدیریت بحران دربرگیرنده‌ی چهار خرده‌مقیاس شناسایی علایم بحران، آمادگی و پیشگیری، کنترل و مهار بحران و بهبود و یادگیری است. هیچ الگوی واحدی که بتواند تحقیق در خصوص موضوع مدیریت بحران را راهنمایی کند وجود ندارد. محققان بیشتر تمایل دارند هر کدام بر یک عنصر خاص از اجزای فرایند مدیریت بحران تمرکز کنند [۸]. مدیریت جامع بحران، فرایند برنامه‌ریزی و اقدامات اجرایی مناسب است که توسط سازمان‌های دولتی، غیردولتی و عمومی در مورد شناخت بحران و کاهش اثرات ناشی از آن، مدیریت عملیات مقابله و بازسازی منطقه‌ی آسیب‌دیده به شرایط عادی صورت می‌گیرد. ابتدا با

در دنیای امروز، برای مقابله با شرایط بحرانی و جبران خسارات ناشی از آن همانند عوارض طبیعی شامل سیل، توفان، زلزله و غیره راهکارهای ویژه‌ای تدبیر می‌شود. سازماندهی و اجرای برنامه‌ها، طرح‌ها و پروژه‌های مدیریت بحران، عمده‌ترین راهکار موجود در این زمینه است. هدف از این پروژه‌ها کاهش اثرات و پیامدهای نامطلوب ناشی از بحران و تغییر شرایط به وضعیت قبل از بحران است. با توجه به ویژگی وقوع ناگهانی اکثر بلایای طبیعی و لزوم اتخاذ تصمیم‌های صحیح و اجرای اقدامات مناسب، دانشی تحت عنوان مدیریت بحران شکل گرفته است. این دانش به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که قبل، بعد و حین وقوع بحران به منظور کاهش آسیب‌ها و اثرات ناشی از حوادث انجام می‌شود. مدیریت بحران علمی است کاربردی که برای مشاهده‌ی سیستماتیک بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها، در جستجوی ابزارهای مناسب است که با استفاده از آن بتوان از بحران‌ها جلوگیری کرد و یا در صورت بروز در خصوص کاهش اثرات آن، آمادگی و امدادسانی سریع و بهبود اوضاع اقدام نمود [۱]. بحران عبارت است از شرایطی که بی‌نظمی و ناهماهنگی در زندگی به وجود می‌آید، تناسب بین نیازها و منابع بر هم می‌خورد، افراد غافلگیر می‌شوند و باید اقدامات خود را با در نظر گرفتن محدودیت زمانی انجام بدهند، فشارهای روحی و روانی افراد و کارکنان افزایش می‌یابد، دسترسی به اطلاعات بسیار کم خواهد شد و غیره. بدیهی است که حذف تمام بحران‌ها غیرممکن است، اما با مدیریت بحران مناسب می‌توان تعدادی از آن‌ها را از میان برداشت و برخی دیگر را به گونه‌ای مؤثر اداره کرد. زمانی که بحران رخ می‌دهد کار زیادی جز کنترل و هدایت نمی‌توان انجام داد و مهم‌ترین اقدامات در این زمان اتخاذ تصمیم‌های صحیح است. از دیدگاه مدیریت برای اتخاذ تصمیم صحیح به داده‌ها، اطلاعات، امکان پردازش و تحلیل نیاز است، اما متأسفانه منبع اصلی همه‌ی این موارد تنها قبل از بروز بحران در اختیار است و اگر مرحله‌ی قبل از وقوع را انجام ندهد باشیم، شاهد بحران جدیدی در دل بحران رخ داده خواهیم بود [۲]. مدیریت بحران باید بر تمامی مراحل بحران اعم از قبل، حین و بعد از وقوع بحران نظارت همه‌جانبه داشته باشد. به طور کلی مدیریت بحران شامل چهار مرحله است که عبارت‌اند از: ۱. مرحله‌ی پیش‌گیری؛ ۲. مرحله‌ی آمادگی؛ ۳. مقابله؛ ۴. بازسازی.

از اهداف مدیریت بحران می‌توان به کنترل کردن شرایط بحرانی و بازگرداندن سریع این اوضاع به حالت عادی، حداقل کردن خسارات و هزینه‌های ناشی از آن، ایجاد آمادگی به منظور مقابله با بحران، کنترل شرایط غیرعادی و پیشگیری از پیدایش وضعیت بحران‌های بعدی و کاهش زمان واکنش اشاره نمود. چنانچه مدیریت علمی و عملیاتی مناسب، در برخورد با حوادث غیرمترقبه موجود نباشد، خسارت‌های انسانی ناشی از بلایا چندین برابر خواهد بود. نقص در دانش فنی و تکنیکی همواره از ضعف مدیریت‌ها در بحران بوده است. در این میان ضعف برنامه‌ریزی، سازماندهی، هماهنگی، رهبری، کنترل و توانمندسازی از

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات در دسترس تلاش می‌شود به صورت یکپارچه و هماهنگ از بروز بحران پیش‌گیری کرد و یا در صورت وقوع بحران با آمادگی کامل به مقابله‌ی سریع با آن پرداخت و وضعیت بحرانی موجود را به شرایط طبیعی و عادی اولیه بازگرداند [۹]. یکی از فرایندهای اصلی مدیریت بحران برنامه‌ریزی است که با داشتن برنامه‌ی مناسب می‌توان به اهداف و زمینه‌های اجرایی مورد نظر در حوزه‌ی مدیریت بحران رسید و در این راستا بهره‌گیری از حداکثر ظرفیت‌ها و ائتلاف حداقل منابع را در پیش گرفت [۱۰]. وظیفه‌ی واحد مدیریت بحران به کار گرفتن حداکثر امکانات و نیروها به بهترین شکل ممکن است. از آنجا که مقوله‌ی مدیریت بحران جایگاه ویژه‌ای در علم مدیریت پیدا کرده است، اما در همه‌ی تحقیقاتی که در حوزه‌ی مدیریت بحران انجام شده است، استفاده از مدل‌های ریاضی کمتر به چشم می‌خورد. این خلأ تا حدی با تحقیقات کاربردی که در زمینه‌ی بهینه‌سازی به کمک مدل‌های ریاضی صورت گرفته است تکمیل شده است [۱۱]. کورشس و همکاران [۱۲] به ارزیابی و تحلیل شاخص‌های بحران در شرکت‌های با اندازه‌ی متوسط و کوچک پرداخته‌اند. بنتال و همکاران [۱۳] به طراحی و حل یک مدل بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی لجستیک بحران پرداختند. چاندز و پاشه [۱۴] یک بررسی جامع روی استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی در راستای مدیریت بحران ارائه دادند. همچنین کرزنر [۱۵] به تکنیک‌های کمی مدیریت پروژه و روش‌های ریاضی بهینه‌سازی در زمان بندی پروژه‌ها می‌پردازد.

طرح مسئله

پروژه‌های مدیریت و پیش‌گیری از بحران از جمله حیاتی‌ترین راهکارها در راستای کاهش وقوع بحران‌ها در درجه‌ی اول و همچنین کاهش تبعات نامطلوب بحران‌ها پس از وقوع آن‌ها است. اما از طرف دیگر منابع سازمان‌ها و نهادهای مسئول در امر مدیریت بحران محدود است و مدیریت عقلایی به دنبال بیشترین استفاده از منابع محدود در راستای مواجهه با بحران‌ها است. بنابراین هدف بهینه‌سازی پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت بحران از میان تعداد وسیع‌تری از این دست پروژه‌ها به منظور اجراست، به نحوی که در عین حال که منابع تخصیص داده شده کفایت لازم را دارد، اهداف مدیریت بحران نیز تا مرز رضایت بخشی محقق شود. به‌طور کلی در ادبیات مدیریت پروژه، از بهینه‌سازی پروژه‌ها در شرایطی که مجموعه‌ای از پروژه‌ها قابلیت انتخاب خواهند داشت، با عنوان پورتفولیوی پروژه‌ها یاد می‌شود. در یک تعریف جامع‌تر پورتفولیو شامل یک دسته از پروژه‌ها یا برنامه‌ها و یا عملیات است که به منظور تسهیل مدیریت اثربخش‌تر با هم در یک گروه دسته‌بندی شده‌اند. بدون تردید مزیت رقابتی برای سازمان‌های پروژه‌محور، توانمندی در اجرای مؤثر و کارآمد پروژه‌ها است. این مهم میسر نمی‌شود مگر اینکه مؤثرترین پورتفولیوی پروژه‌ها انتخاب شود [۱۶]. سازمان‌های متصدی امر مدیریت بحران برای دستیابی به این مهم ناگزیر به کارگیری روش‌ها و ابزارهای کارآمد در زمینه‌ی مدیریت پروژه‌ها هستند. تمامی سازمان‌ها بر اساس

طرح‌ها و برنامه‌هایی که برنامه‌ی کاری آن‌ها را در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشخص می‌نماید، عمل می‌کنند. این برنامه‌های کاری به نام‌های متفاوتی در سازمان‌ها شناخته می‌شوند، مانند پروژه، برنامه، طرح و غیره. در حال حاضر اختصاص منابع مالی به پروژه‌ها بر اساس پیشرفت کار و یا زمان بندی پرداخت می‌گردد، ولی آیا این پرداخت با تحقق اهداف سازمان در آماده‌سازی برای مدیریت بحران منطبق است و آیا بیشترین اثرگذاری را برای مدیریت دارد؟ مدیریت پورتفولیو، منابع و تشخیص کار بهینه با ارزش حاصله‌ی بالاتر را پیدا می‌نماید و راه حل بسیار مهمی در افزایش بهره‌وری برنامه‌های مدیریت بحران است. در واقع مدیریت پورتفولیوی پروژه‌ای در میان پروژه‌های بالقوه باید بپذیریم مانند اینکه چه پروژه‌ای را در میان پروژه‌های بالقوه باید بپذیریم و چه پروژه‌ای را باید رد کنیم، است. انتخاب و ایجاد یک رویکرد مناسب برای ارزیابی پروژه‌های پیشنهادی و انتخاب یک پورتفولیو همسو با استراتژی‌های سازمان‌های متصدی مدیریت بحران از نکات مهم انتخاب پروژه‌ها در پورتفولیو است. تاکنون رویکردهایی برای انتخاب مناسب‌ترین پورتفولیو در ادبیات ارائه شده است. یکی از پرکاربردترین و متداول‌ترین معیارهای مورد استفاده در رویکردهای ارزیابی مطلوبیت پروژه‌ها در پورتفولیو، ارزش فعلی خالص است. این معیار به منزله‌ی یک ابزار اصلی در تحلیل و ارزیابی جریان‌های نقدی پروژه‌ها محسوب می‌شود. ارزش فعلی خالص به صورت مجموع ارزش فعلی درآمدها، منهای مجموع ارزش فعلی هزینه‌ها روی افق زمانی پروژه‌ها به صورت رابطه‌ی ۱ تعریف می‌شود.

رابطه‌ی ۱:

$$NPW = PWB - PWC = \sum_{t=1}^d \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^d \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

که در این رابطه، R_t و C_t به ترتیب مقادیر درآمد و هزینه در دوره‌ی t ، همچنین i مقدار حداقل نرخ سود و d دوره‌ی عمر پروژه است. اگر مقدار NPW مساوی یا بزرگ‌تر از صفر باشد، پروژه قابل پذیرش است و اگر NPW منفی باشد، پروژه غیراقتصادی و غیرقابل پذیرش خواهد بود. اما از آنجایی که ماهیت پروژه‌های مدیریت بحران از نوع درآمدزایی و سودآوری نیست و نوعاً پروژه‌های هزینه‌دار هستند، لذا در این پروژه‌ها $PWB = 0$ و $NPW = -PWC$ خواهد بود. بنابراین هدف در ارزیابی پروژه‌های مدیریت بحران حداکثرسازی ارزش فعلی خالص است که معادل با حداقل‌سازی ارزش فعلی هزینه‌های پروژه در افق زمانی عمر پروژه خواهد بود.

علاوه بر معیار ارزش فعلی خالص به منزله‌ی معیار مطلوبیت پروژه‌های مدیریت بحران، یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر انتخاب پورتفولیو، محدودیت‌های اقتصادی سازمان است. برای این منظور اتخاذ تصمیم بهینه در مورد اقتصادی‌ترین پورتفولیوی پروژه‌ها بر مبنای محدودیت‌ها و تحقق اهداف سازمانی ضروری است. بدین منظور روش‌های مختلفی قابل پیاده‌سازی است. مدل‌سازی ریاضی و تعیین تصمیم بهینه بر مبنای مدل‌های

بهینه‌سازی از جمله این روش‌ها است. در ادامه‌ی این تحقیق به بررسی و ارائه‌ی مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی در شرایط مختلفی از پروژه‌های مدیریت بحران و با مفروضات متفاوت پرداخته می‌شود.

بهینه‌سازی ترکیب طرح‌های مدیریت بحران

در این حالت از مسئله‌ی ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها و طرح‌های مدیریت بحران، فرض بر این است که سازمان مجری برنامه‌های مدیریت بحران در یک منبع دچار محدودیت مؤثر است و بنابراین انتخاب اقتصادی‌ترین ترکیب از برنامه‌ها با لحاظ کردن یک محدودیت واحد حائز اهمیت است. در این حالت به تعداد I پروژه موجود است که هر کدام به نحوی در پیش‌گیری و مدیریت بحران‌ها اثربخش هستند. هر پروژه‌ی i مرتبط با یک متغیر تصمیم است که به صورت رابطه‌ی ۲ تعریف می‌شود:

$$\text{رابطه‌ی ۲: } x_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر پروژه } i \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{اگر پروژه } i \text{ انتخاب نشود} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

در این حالت هدف این است که ارزش فعلی هزینه‌های ناشی از پروژه‌های مدیریت بحران انتخاب شده، به صورت رابطه‌ی ۳ حداقل شود.

$$\text{رابطه‌ی ۳: } \text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^I PWC_i x_i$$

که در این تابع، Z معیاری متناظر با میزان مطلوبیت پروژه‌های انتخاب شده است که بر اساس مجموع معیار PWC_i محاسبه می‌گردد. هدف این است که در عین حال که مطلوبیت اقتصادی مجموعه پروژه‌های انتخاب شده لحاظ شود، محدودیت‌های متناظر نقض نشود. عمدتاً این محدودیت‌ها شامل محدودیت مصرف منابع، حداقل تعداد پروژه‌های انتخاب شده برای اجرا و یک سری محدودیت‌ها از جنس روابط وابستگی مابین پروژه‌ها است که به صورت زیر مطرح می‌شوند.

۱. محدودیت مصرف منابع: این محدودیت معمولاً تابعی از در دسترس بودن منابعی همچون منابع مالی، افراد متخصص و یا تجهیزات است که در راستای اجرای پروژه‌ها مورد نیاز است و یا نیازمندی‌هایی همانند الزامات فنی و محیطی است که پروژه‌های انتخاب شده باید برآورده نمایند. در حالت کلی، محدودیت منابع پروژه‌های مدیریت بحران را می‌توان به صورت رابطه‌ی ۴ تعریف نمود.

$$\text{رابطه‌ی ۴: } \sum_{i=1}^I a_{i,r} x_i \leq b_r, \quad \forall r = 1, 2, \dots, R$$

که در این محدودیت، پارامتر $a_{i,r}$ میزان منبع r ام مورد نیاز توسط پروژه‌ی i -ام و همچنین پارامتر b_r میزان منابع موجود برای اجرای پروژه را نمایش می‌دهند. پروژه‌ی i در صورت انتخاب به میزان $a_{i,r}$ واحد از منبع r -ام مصرف می‌نماید. این محدودیت تضمین می‌کند که میزان مصرف تمام پروژه‌های انتخاب شده از منبع موجود r ، از میزان در دسترس از منبع b_r فراتر نرود و سازمان با کمبود مواجه نشود.

۲. محدودیت حداقل تعداد پروژه‌ها: بر اساس سیاست‌های سازمان متصدی مدیریت بحران، باید حداقل یک تعداد برنامه و پروژه‌ی مرتبط با مدیریت بحران در افرق برنامه‌ریزی سازمان (مثلاً سالیانه) اجرا شوند تا آمادگی و شرایط لازم برای مقابله با بحران‌های احتمالی در سازمان و جامعه حفظ شود. اما از آنجایی که پروژه‌های مدیریت بحران عمدتاً در سطوح مختلفی اجرا می‌شوند، لذا این حداقل تعداد در دو دسته از پروژه‌های زیرساختی (ifp) و عملیاتی (opp) تعیین می‌شود. برای نمایش این محدودیت از روابط ۵ و ۶ استفاده می‌شود.

$$\text{رابطه‌ی ۵: } \sum_{i \in opp} x_i \geq nopp$$

$$\text{رابطه‌ی ۶: } \sum_{i \in ifp} x_i \geq nifp$$

در این روابط $\sum_{i \in opp} x_i$ و $\sum_{i \in ifp} x_i$ به ترتیب تعداد پروژه‌های زیرساختی و عملیاتی انتخاب شده را نمایش می‌دهند و همچنین پارامترهای $nifp$ و $nopp$ به ترتیب حداقل تعداد پروژه‌های زیرساختی و عملیاتی که باید اجرا شوند را نشان می‌دهند.

۳. محدودیت پروژه‌های وابسته: اگر پروژه‌ی i انتخاب نشود، در این صورت پروژه‌ی j هم نمی‌تواند انتخاب شود و اگر پروژه‌ی j انتخاب شود، پروژه‌ی i حتماً باید انتخاب شود. این محدودیت به صورت رابطه‌ی ۷ خواهد بود.

$$\text{رابطه‌ی ۷: } x_j \leq x_i, \quad \forall (i, j) \in dp$$

محدودیت پروژه‌های وابسته زمانی موضوعیت پیدا می‌کند که پروژه‌ی j وابسته به پروژه‌ی i باشد و بدون آن شرایط لازم برای حصول اهداف i فراهم نباشد. به طور کلی dp مجموعه زوج پروژه‌های وابسته را نمایش می‌دهد.

۴. محدودیت پروژه‌های منحصربه‌فرد: اگر پروژه‌ی i انتخاب شود، در این صورت پروژه‌ی j نمی‌تواند انتخاب شود و برعکس. این محدودیت در حالت کلی و برای چندین پروژه‌ی منحصربه‌فرد به صورت رابطه‌ی ۸ خواهد بود.

$$\text{رابطه‌ی ۸: } \sum_{i \in Sp} x_i \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, P$$

که در محدودیت ۸، S_1, S_2, \dots, S_P مجموعه پروژه‌های منحصربه‌فرد را نمایش می‌دهند. کاربرد این محدودیت زمانی است که چندین پروژه به دلیل ماهیت مشابه نیاز به استفاده از منابع یکسان و محدود دارند و یا اهداف مشابهی را دنبال می‌کنند که با اجرای تنها یکی از آن‌ها هدف مد نظر محقق می‌شود.

۵. محدودیت پروژه‌های الزامی: اگر پروژه‌ی i الزامی باشد و اجرای پروژه‌های کاندید دیگر تحت تأثیر منابع مورد نیاز برای این پروژه باشد، این الزام به صورت محدودیت ۹ قابل نمایش است:

$$\text{رابطه‌ی ۹: } x_i = 1, \quad \forall i \in mp$$

که در این محدودیت mp مجموعه‌ی پروژه‌های الزامی است. این محدودیت نیز زمانی موضوعیت دارد که تعدادی از پروژه‌ها چارچوب اصلی مدیریت بحران را تشکیل داده و حضور آن‌ها در میان برنامه‌های مدیریت بحران ضروری است.

بهینه‌سازی زمان بندی پروژه‌های مدیریت بحران

زمان بندی فرایندی است که در آن تخصیص منابع به منظور انجام مجموعه‌ای از پروژه‌ها در یک افق زمانی انجام می‌گیرد. در سالیان اخیر توسعه‌ی مدل‌های ریاضی که منجر به ارائه‌ی تکنیک‌های حل و کاربردهای عملیاتی زمان بندی در صنایع مختلف می‌شود، به عنوان پل و ارتباطی بین تئوری و اجرا مطرح شده‌اند. رویکردهای تئوری مدل سازی و حل مسائل زمان بندی با ساختارهای پیچیده، حجم زیادی از مسائل کمی را شامل می‌شود. در این بخش فرض شده است به تعداد I پروژه‌ی بالقوه‌ی مدیریت بحران موجود است. هدف این است که علاوه بر انتخاب از بین پروژه‌های بالقوه، توالی زمانی انجام پروژه‌های انتخاب شده را به نحوی تعیین کرد که مطلوبیت اقتصادی مجموعه‌ی پروژه‌های انتخاب شده بیشینه شود. در این مدل زمان شروع و مدت زمان مد نظر اجرای پروژه‌های کاندیدا نیز با متغیرهای تصمیم در ارتباط است. هر پروژه‌ی i مرتبط با متغیر تصمیم $x_{i,t}$ است:

$$x_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{if project } i \text{ is selected} \\ & \text{to start on interval } t \\ 0 & \text{if project } i \text{ is not selected} \\ & \text{to start on interval } t \end{cases}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

هدف این است که مطلوبیت اقتصادی ناشی از پروژه‌های انتخاب شده به صورت رابطه‌ی ۱۴ لحاظ شود.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T PWC_i x_{i,t} \quad \text{رابطه‌ی ۱۴}$$

در تابع هدف فوق، عبارت $PWC_i x_{i,t}$ ارزش فعلی هزینه‌های پروژه‌ی i -ام را در صورتی که این پروژه در لحظه‌ی t -ام شروع شود، محاسبه می‌کند. علاوه بر این، محدودیت‌های مسئله را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود.

۱. محدودیت زمان شروع پروژه: به منزله‌ی اولین محدودیت، هر پروژه حداکثر در یک لحظه باید شروع شود، بنابراین:

$$\sum_{t=1}^T x_{i,t} \leq 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad \text{رابطه‌ی ۱۵}$$

اگر پروژه‌ی i -ام در ترکیب بهینه‌ی برنامه‌های مدیریت بحران انتخاب نشود، در این صورت $\sum_{t=1}^T x_{i,t} = 0$ خواهد بود و در

غیر این صورت پروژه‌ی i -ام حتماً باید در یکی از بازه‌های زمانی $t = 1, 2, \dots, T$ برنامه‌ریزی شود و این بدین معناست که $\sum_{t=1}^T x_{i,t} = 1$ خواهد بود.

۲. محدودیت افق زمانی برنامه‌ریزی: اگر بخواهیم تمام پروژه‌های انتخاب شده در افق زمانی مشخص و برنامه‌ریزی شده‌ی T به اتمام برسند، این محدودیت به صورت رابطه‌ی ۱۶ مدل سازی می‌شود:

۶. محدودیت پروژه‌های مکمل: در برخی موارد پروژه‌های i و j باید با هم انتخاب شوند. به عبارت دیگر اگر یکی از دو پروژه انتخاب شد، دیگری هم حتماً باید انتخاب گردد و در غیر این صورت هیچ‌کدام انتخاب نشوند. در چنین شرایطی از محدودیت ۱۰ استفاده می‌شود.

رابطه‌ی ۱۰: $x_i + x_j = 0 \text{ or } 2 \quad \forall (i, j) \in cp$
در این محدودیت، cp مجموعه‌ی زوج پروژه‌های مکمل را نمایش می‌دهد. زمانی چنین محدودیتی کاربرد خواهد داشت که دو پروژه به طور متقابل، مکمل همدیگر باشند. یعنی پروژه‌ی i بدون پروژه‌ی j و همچنین پروژه‌ی j بدون پروژه‌ی i امکان اجرا ندارند. در راستای ایجاد قابلیت پیاده‌سازی مدل در قالب برنامه‌ریزی خطی، محدودیت فوق را می‌توان به صورت رابطه‌ی ۱۱ بازنویسی کرد:

$$\text{رابطه‌ی ۱۱: } x_i + x_j = 2y_{i,j} \quad \forall (i, j) \in cp$$

$$y_{ij} = 0, 1 \quad \forall (i, j) \in cp$$

به طوری که $y_{i,j}$ متغیر باینری جدیدی است که مقدار ۰ را اتخاذ می‌کند، اگر $x_i + x_j = 0$ و مقدار ۱ را اتخاذ می‌کند اگر $x_i + x_j = 2$ باشد.

بنابراین به طور خلاصه می‌توان مدل ریاضی تصمیم‌گیری در مورد ترکیب بهینه‌ی پروژه‌های مدیریت بحران را به صورت زیر جمع بندی کرد:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^I PWC_i x_i \quad \text{رابطه‌ی ۱۲}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^I a_{i,r} x_i \leq b_r, \quad \forall r = 1, 2, \dots, R \quad \text{۱-۱۲}$$

$$\sum_{i \in ifp} x_i \geq nifp \quad \text{۲-۱۲}$$

$$\sum_{i \in opp} x_i \geq nopp$$

$$x_j \leq x_i, \quad \forall (i, j) \in dp \quad \text{۳-۱۲}$$

$$\sum_{i \in sp} x_i \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, P \quad \text{۴-۱۲}$$

$$x_i = 1, \quad \forall i \in m_i \quad \text{۵-۱۲}$$

$$x_i + x_j = 2y_{i,j} \quad \forall (i, j) \in cp \quad \text{۶-۱۲}$$

$$x_i = 0, 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad \text{۷-۱۲}$$

$$y_{ij} = 0, 1 \quad \forall (i, j) \in cp$$

$$\text{رابطه‌ی ۱۶: } \sum_{t=1}^T t x_{i,t} + d_i \leq T, \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

در این محدودیت عبارت $\sum_{t=1}^T t x_{i,t}$ نشان‌دهنده‌ی لحظه‌ی شروع پروژه‌ی i -ام بوده و d_i مدت زمان اجرای آن را نشان می‌دهد. نهایتاً سمت چپ محدودیت، لحظه‌ی تکمیل پروژه‌ی i -ام را محاسبه می‌کند. این زمان برای تمامی پروژه‌ها $i = 1, 2, \dots, I$ نباید از افق برنامه‌ریزی T که معمولاً توسط سازمان انتخاب می‌شود، بیشتر شود.

۳. محدودیت مصرف منابع: محدودیت منابع اعم از منابع مالی، نیروی انسانی و تجهیزات به صورت رابطه‌ی ۱۷ برقرار است:

$$\text{رابطه‌ی ۱۷: } \sum_{i=1}^I a_{i,r} x_{i,t} \leq b_{r,t}, \quad \forall t = 1, 2, \dots, T, \\ r = 1, 2, \dots, R$$

به نحوی که پارامتر $b_{r,t}$ نشان‌دهنده‌ی میزان منبع r -ام در دسترس در بازه‌ی t و همچنین پارامتر $a_{i,r}$ بیانگر مقدار منبع r -ام مورد نیاز برای پروژه‌ی i است.

۴. محدودیت حداقل تعداد پروژه‌ها: بر اساس سیاست‌های سازمان متصدی مدیریت بحران، حداقل تعداد برنامه و پروژه‌های مرتبط با مدیریت بحران در دو دسته‌ی زیرساختی و عملیاتی به صورت محدودیت‌های ۱۸ و ۱۹ نمایش داده می‌شود.

$$\text{رابطه‌ی ۱۸: } \sum_{i \in \text{ifp}} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \geq \text{nifp}$$

$$\text{رابطه‌ی ۱۹: } \sum_{i \in \text{opp}} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \geq \text{nopp}$$

۵. محدودیت پروژه‌های وابسته: در صورتی که زوج پروژه‌های وابسته‌ی dp داشته باشیم، محدودیت زیر این رابطه را نمایش می‌دهد:

$$\text{رابطه‌ی ۲۰: } \sum_{t=1}^T x_{j,t} \leq \sum_{t=1}^T x_{i,t}, \quad \forall (i, j) \in dp$$

در این محدودیت، اگر $\sum_{t=1}^T x_{j,t} = 1$ باشد، پروژه‌ی j انتخاب

شده است و اگر $\sum_{t=1}^T x_{i,t} = 1$ پروژه‌ی i انتخاب شده است. انتخاب پروژه‌ی j منوط به انتخاب همزمان پروژه‌ی i و عدم انتخاب پروژه‌ی i منوط به عدم انتخاب پروژه‌ی j است.

۶. محدودیت پروژه‌های منحصربه‌فرد: پروژه‌های منحصربه‌فرد S_p را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\text{رابطه‌ی ۲۱: } \sum_{i \in S_p} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, P$$

۷. محدودیت پروژه‌های الزامی: در مورد پروژه‌هایی که حتماً باید اجرا شوند mp محدودیت زیر برقرار خواهد بود:

$$\text{رابطه‌ی ۲۲: } \sum_{t=1}^T x_{i,t} = 1, \quad \forall i \in mp$$

۸. محدودیت پروژه‌های مکمل: برای نمایش رابطه‌ی بین زوج پروژه‌های مکمل cp که باید متقابلاً و به طور موازی اجرا شوند، از محدودیت زیر استفاده می‌شود.

$$\text{رابطه‌ی ۲۳: } \sum_{t=1}^T x_{i,t} + \sum_{t=1}^T x_{j,t} = 2y_{i,j} \quad \forall (i, j) \in cp$$

$$\text{رابطه‌ی ۲۴: } y_{i,j} = 0, 1 \quad \forall (i, j) \in cp$$

در این قسمت، با در نظر گرفتن تابع هدف و محدودیت‌های ۷ تا ۱، مدل برنامه‌ریزی ریاضی اتخاذ تصمیم بهینه به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\text{رابطه‌ی ۲۵: } \text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T PWC_i x_{i,t}$$

Subject to:

$$\sum_{t=1}^T x_{i,t} \leq 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad \text{۱-۲۵}$$

$$\sum_{t=1}^T t x_{i,t} + d_i \leq T, \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad \text{۲-۲۵}$$

$$\text{۳-۲۵}$$

$$\sum_{i=1}^I a_{i,r} x_{i,t} \leq b_{r,t}, \quad \forall t = 1, 2, \dots, T, \quad r = 1, 2, \dots, R$$

$$\sum_{i \in \text{ifp}} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \geq \text{nifp} \quad \text{۴-۲۵}$$

$$\sum_{i \in \text{opp}} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \geq \text{nopp}$$

$$\text{۵-۲۵}$$

$$\sum_{t=1}^T x_{j,t} \leq \sum_{t=1}^T x_{i,t}, \quad \forall (i, j) \in dp$$

$$\sum_{i \in S_p} \sum_{t=1}^T x_{i,t} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, P \quad \text{۶-۲۵}$$

$$\sum_{t=1}^T x_{i,t} = 1, \quad \forall i \in mp \quad \text{۷-۲۵}$$

$$\sum_{t=1}^T x_{i,t} + \sum_{t=1}^T x_{j,t} = 2y_{ij} \quad \forall (i, j) \in cp \quad \text{۸-۲۵}$$

$$\text{۹-۲۵}$$

$$x_{i,t} = 0, 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I, \quad \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$y_{i,j} = 0, 1 \quad \forall (i, j) \in cp$$

جدول ۱: دسته‌بندی پروژه‌های بالقوه‌ی مدیریت بحران

ردیف	دسته‌بندی	عنوان پروژه
۱	زیرساختی	احداث سالن‌های چندمنظوره‌ی مدیریت بحران
۲	زیرساختی	شناسایی نقاط سیل خیز کلان شهرها
۳	زیرساختی	اجرای طرح بیمه‌ی منازل مسکونی
۴	زیرساختی	ارزیابی مقاومت ساختمان‌های آتش‌نشانی
۵	زیرساختی	ارتقای شبکه‌ی راه‌های اضطراری و راهبردهای آن
۶	زیرساختی	ارتقای سیستم هشدار سریع (از جمله سیستم سریع تخمین تلفات)
۷	زیرساختی	تدوین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب
۸	زیرساختی	تشکیل دبیرخانه‌ی دائمی همایش‌های مدیریت بحران
۹	زیرساختی	خرید، تدارک و تجهیز محل دائمی مانورهای مدیریت بحران
۱۰	زیرساختی	انعقاد تفاهم‌نامه‌های همکاری با صدا و سیما و رسانه‌ها
۱۱	زیرساختی	تعیین حدود حرایم و بستر مسیر مسیل‌ها
۱۲	زیرساختی	مکان‌یابی و احداث مرکز فرماندهی مدیریت بحران
۱۳	زیرساختی	ایجاد گروه‌های مدیریت بحران در اماکن مهم شهر
۱۴	زیرساختی	تهیه‌ی نقشه‌ی لرزه‌خیزی
۱۵	زیرساختی	مقاوم‌سازی بناهای تاریخی
۱۶	زیرساختی	مقاوم‌سازی بافت‌های روستایی
۱۷	عملیاتی	تهیه‌ی کتابچه و پوستر برای آموزش
۱۸	عملیاتی	اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی
۱۹	عملیاتی	برگزاری تئاتر آموزشی - هنری در فرهنگسراها و مدارس
۲۰	عملیاتی	تدارک و آماده‌سازی کانکس‌های اسکان موقت
۲۱	عملیاتی	ساخت و پخش انیمیشن و تیزرهای آموزشی
۲۲	عملیاتی	همایش و نمایشگاه بین‌المللی ایمنی، امنیت و مدیریت بحران در سوانح طبیعی
۲۳	عملیاتی	برگزاری نمایشگاه‌های ایمنی، امنیتی و آتش‌نشانی
۲۴	عملیاتی	انتشارات و ابزارهای کمک آموزشی
۲۵	عملیاتی	برگزاری کنفرانس‌های مدیریت بحران و پدافند غیرعامل
۲۶	عملیاتی	برگزاری کارگاه‌های تخصصی
۲۷	عملیاتی	تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات
۲۸	عملیاتی	برگزاری مانور ایمنی در برابر زلزله

مطالعه‌ی موردی

در این بخش به بررسی یک مطالعه‌ی موردی در مورد بررسی و امکان‌سنجی پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت بحران پرداخته می‌شود. در این مطالعه‌ی موردی ۲۸ پروژه‌ی بالقوه‌ی مدیریت بحران که از مراجع و سازمان‌های مدیریت بحران کشور جمع‌آوری و دسته‌بندی شده است مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نظر گرفته شده است که منابع مورد نیاز سازمان متصدی مدیریت بحران برای انجام این پروژه‌ها شامل کارشناس ارشد، کارشناس و بودجه‌ی اولیه‌ی پروژه‌ها است. قاعدتاً هر کدام از این پروژه‌ها هزینه‌هایی را برای سازمان ایجاد می‌کنند و از طرفی هرکدام به اندازه‌ی مشخصی در پیشبرد اهداف مدیریت بحران مؤثر خواهند بود. لذا هدف این است که ترکیب و زمان‌بندی بهینه از این پروژه‌های بالقوه تعیین شود، به نحوی که علاوه بر تأمین اهداف سازمان، ملاحظات بودجه‌ای، منابع و روابط منطقی بین پروژه‌های انتخاب شده رعایت گردد. در جدول ۱ فهرست این ۲۸ پروژه به

همراه دسته‌بندی آن‌ها (زیرساختی و عملیاتی) ارائه شده است. قاعدتاً اجرای همه‌ی این ۲۸ پروژه با توجه به محدودیت‌های سازمانی امکان‌پذیر نیست و مدل‌های ارائه شده در بخش قبل به دنبال انتخاب بهترین‌ها هستند تا در بهترین زمان اجرا شوند. همچنین جدول ۲ میزان منابع مورد نیاز هر پروژه به همراه مدت زمان برآورد شده برای اجرایی شدن را نمایش می‌دهد.

مدل اول: بهینه‌سازی ترکیب پروژه‌ها

الف. تابع هدف:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{28} PWC_i x_i =$$

$$120x_1 + 70x_2 + 100x_3 + 250x_4 + 300x_5 + 450x_6 + 250x_7 + 50x_8 + 100x_9 + 50x_{10} + 20x_{11} + 350x_{12} + 450x_{13} + 250x_{14} + 150x_{15} + 220x_{16} + 120x_{17} + 20x_{18} + 250x_{19} + 550x_{20} + 250x_{21} + 650x_{22} + 240x_{23} + 420x_{24} + 40x_{25} + 20x_{26} + 20x_{27} + 120x_{28}$$

جدول ۲: برآورد مدت زمان و منابع مورد نیاز برای پروژه‌های بالقوه‌ی مدیریت بحران

پروژه	مدت زمان*	برآورد منابع		
		کارشناس ارشد	کارشناس	بودجه‌ی اولیه**
۱	۲	۱	۳	۳۵
۲	۴	۲	۵	۲۵
۳	۲	۶	۱۰	۵۰
۴	۲	۲	۱۲	۷۵
۵	۸	۱	۵	۱۲۵
۶	۲	۲	۶	۱۵
۷	۲	۲	۱۰	۵
۸	۱	۲	۵	۳
۹	۱	۳	۱۵	۱۰
۱۰	۲	۳	۸	۳۵
۱۱	۶	۴	۱۲	۱۰
۱۲	۸	۵	۹	۲۰
۱۳	۲	۴	۶	۲۵
۱۴	۴	۲	۶	۱۵
۱۵	۲	۴	۶	۱۲۵
۱۶	۸	۷	۱۲	۲۵۰
۱۷	۲	۳	۴	۵
۱۸	۶	۲	۳	۱۵
۱۹	۶	۳	۳	۱۰
۲۰	۲	۵	۱۰	۳۵
۲۱	۲	۶	۱۴	۱۵
۲۲	۴	۱	۵	۴۰
۲۳	۲	۲	۶	۱۲
۲۴	۲	۵	۸	۲۰
۲۵	۴	۴	۷	۳۵
۲۶	۱	۲	۵	۱۲
۲۷	۴	۳	۵	۸
۲۸	۲	۱	۳	۴

* ماه ** میلیون تومان

ب. محدودیت‌ها:

۱. محدودیت مصرف منابع: به تعداد $R = 3$ نوع منبع مورد نیاز است (کارشناس ارشد، کارشناس و بودجه اولیه) که از هر کدام به مقادیر $b_1 = 30$ ، $b_2 = 50$ و $b_3 = 300$ در اختیار است. لذا پروژه‌هایی می‌توانند در ترکیب نهایی پروژه‌های مدیریت بحران عملیاتی شوند که این سه محدودیت را نقض نکنند:

منبع اول (کارشناس ارشد):

$$x_1 + 2x_2 + 6x_3 + 2x_4 + x_5 + 2x_6 + 2x_7 + 2x_8 + 3x_9 + 2x_{10} + 4x_{11} + 5x_{12} + 4x_{13} + 2x_{14} + 4x_{15} + 7x_{16} + 3x_{17} + 2x_{18} + 3x_{19} + 5x_{20} + 6x_{21} + x_{22} + 2x_{23} + 5x_{24} + 4x_{25} + 2x_{26} + 3x_{27} + x_{28} \leq 30$$

منبع دوم (کارشناس):

$$3x_1 + 5x_2 + 10x_3 + 12x_4 + 5x_5 + 6x_6 + 10x_7 + 5x_8 + 15x_9 + 8x_{10} + 12x_{11} + 9x_{12} + 6x_{13} + 6x_{14} + 6x_{15} + 12x_{16} + 4x_{17} + 3x_{18} + 3x_{19} + 10x_{20} + 14x_{21} + 5x_{22} + 6x_{23} + 8x_{24} + 7x_{25} + 5x_{26} + 5x_{27} + 2x_{28} \leq 50$$

منبع سوم (بودجه اولیه):

$$35x_1 + 25x_2 + 50x_3 + 75x_4 + 125x_5 + 15x_6 + 5x_7 + 3x_8 + 10x_9 + 30x_{10} + 10x_{11} + 20x_{12} + 25x_{13} + 15x_{14} + 125x_{15} + 250x_{16} + 250x_{17} + 5x_{18} + 10x_{19} + 35x_{20} + 15x_{21} + 40x_{22} + 12x_{23} + 20x_{24} + 35x_{25} + 12x_{26} + 8x_{27} + 4x_{28} \leq 300$$

۲. محدودیت حداقل تعداد پروژه‌ها: در راستای ایجاد و حفظ آمادگی لازم برای مقابله با بحران‌های احتمالی، باید حداقل به تعداد $nifp = 3$ پروژه از میان پروژه‌های زیرساختی و همچنین به تعداد $nopp = 5$ پروژه از میان پروژه‌های عملیاتی مدیریت بحران اجرا شوند. بر اساس دسته‌بندی پروژه‌ها در جدول ۱، مجموعه پروژه‌های زیرساختی ifp و مجموعه پروژه‌های عملیاتی opp به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$ifp = \{1, 2, \dots, 16\}, opp = \{17, 18, \dots, 28\}$$

بنابراین این ملاحظات حداقل تعداد برای پروژه‌های مدیریت بحران، به صورت محدودیت‌های زیر مدل سازی می‌شوند:

پروژه‌های زیرساختی:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} \geq 3$$

پروژه‌های عملیاتی:

$$x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 5$$

۳. محدودیت پروژه‌های وابسته: اگر یک پروژه وابسته به پروژه‌ی دیگری باشد و بدون آن شرایط لازم برای حصول اهدافش فراهم نباشد، از این محدودیت استفاده می‌شود. مثلاً در این مطالعه‌ی موردی، اگر «تشکیل دبیرخانه‌ی دائمی همایش‌های مدیریت بحران» (پروژه‌ی ۸) اجرا نشود، کلیه‌ی پروژه‌های «همایش و نمایشگاه بین‌المللی ایمنی، امنیت و مدیریت بحران در سوانح طبیعی» (پروژه‌ی ۲۲)، «برگزاری نمایشگاه‌های ایمنی، امنیتی و آتش‌نشانی» (پروژه‌ی ۲۳)، «برگزاری کنفرانس‌های مدیریت بحران و پدافند غیر عامل» (پروژه‌ی ۲۵) و «برگزاری کارگاه‌های تخصصی» (پروژه‌ی ۲۶) قابلیت اجرا نخواهند داشت. و یا اینکه «ساخت و پخش انیمیشن و تیزرهای آموزشی» (پروژه‌ی ۲۱) نیازمند «انعقاد تفاهم‌نامه‌های همکاری با صدا و سیما و رسانه‌ها» (پروژه‌ی ۱۰) است. به‌طور کلی مجموعه زوج پروژه‌های وابسته dp و محدودیت‌های متناظر به صورت زیر خواهد بود.

$$dp = \{(8, 22), (8, 23), (8, 25), (8, 26), (10, 21)\}$$

$$x_{22} \leq x_8, x_{23} \leq x_8, x_{25} \leq x_8, x_{26} \leq x_8, x_{21} \leq x_{10}$$

۴. محدودیت پروژه‌های منحصربه‌فرد: بین پروژه‌های منحصربه‌فرد به دلیل ماهیت مشابه و یا اهداف مشابهی که دنبال می‌کنند، نیاز به اجرای بیش از یکی نیست و با اجرای تنها یکی از آن‌ها هدف مد نظر محقق می‌شود. مثلاً پروژه‌های ۱۳ و ۲۷ یعنی «ایجاد گروه‌های مدیریت بحران در اماکن مهم شهر» و «تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات» را می‌توان در زمره‌ی پروژه‌های قابل جایگزین دسته‌بندی کرد. همچنین پروژه‌های ۱۸ و ۱۹ یعنی «اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی» و «برگزاری تئاتر آموزشی-هنری در فرهنگسراها و مدارس» با کارکرد مشابه هستند. برای نمایش این دو دسته از پروژه‌های منحصربه‌فرد، از محدودیت‌های زیر استفاده می‌شود:

$$S_1 = \{13, 27\}: x_{13} + x_{27} \leq 1$$

$$S_2 = \{18, 19\}: x_{18} + x_{19} \leq 1$$

۵. محدودیت پروژه‌های الزامی: پروژه‌های الزامی زمانی موضوعیت دارد که تعدادی از پروژه‌ها چارچوب اصلی مدیریت بحران را تشکیل داده و حضور آن‌ها در میان برنامه‌های مدیریت بحران ضروری است. بر اساس سیاست‌های اولیه، فرض شده است تدوین نقشه‌ها و جمع‌آوری اطلاعات مناطق حادثه‌خیز جزو برنامه‌های اولویت‌دار بوده و لذا پروژه‌های ۷ و ۱۴ ضرورت دارند.

$$mp = \{7, 14\}: x_7 = 1, x_{14} = 1$$

۶. محدودیت پروژه‌های مکمل: در این مطالعه‌ی موردی پروژه‌های مکمل که باید با هم انتخاب شوند تا هدف نهایی با تکمیل فرایند مدیریت بحران محقق شود و همچنین محدودیت‌های متناظر به صورت زیر است:

$$cp = \{(9, 28)\}$$

$$x_9 + x_{28} = 2, y_{9,28} = 1$$

در این محدودیت، دو پروژه‌ی «خرید، تدارک و تجهیز محل دائمی مانورهای مدیریت بحران» و «برگزاری مانور ایمنی در برابر زلزله» به‌طور متقابل، مکمل همدیگر هستند.

علاوه بر تابع هدف و محدودیت‌های فوق، ماهیت متغیر تصمیم مسئله x_i به صورت باینری است که تعیین می‌نماید آیا پروژه‌ی خاص i -ام از مجموعه پروژه‌های بالقوه‌ی مدیریت بحران اجرا شود (مقدار ۱) یا خیر (مقدار ۰). این تعریف از متغیر تصمیم به صورت زیر لحاظ می‌شود:

$$x_i = 0, 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 28$$

مدل فوق در محیط نرم‌افزار بهینه‌سازی Lingo 11.0 برنامه‌نویسی شد و نتایج حل آن به صورت زیر حاصل شده است. همچنین کد برنامه در پیوست ارائه شده است.

X(۱)	۰,۰۰۰
X(۲)	۰,۰۰۰
X(۳)	۰,۰۰۰
X(۴)	۰,۰۰۰
X(۵)	۰,۰۰۰
X(۶)	۰,۰۰۰
X(۷)	۱,۰۰۰
X(۸)	۱,۰۰۰
X(۹)	۰,۰۰۰
X(۱۰)	۰,۰۰۰
X(۱۱)	۰,۰۰۰
X(۱۲)	۰,۰۰۰
X(۱۳)	۰,۰۰۰
X(۱۴)	۱,۰۰۰
X(۱۵)	۰,۰۰۰

X(۱۶)	۰,۰۰۰
X(۱۷)	۱,۰۰۰
X(۱۸)	۱,۰۰۰
X(۱۹)	۰,۰۰۰
X(۲۰)	۰,۰۰۰
X(۲۱)	۰,۰۰۰
X(۲۲)	۰,۰۰۰
X(۲۳)	۱,۰۰۰
X(۲۴)	۰,۰۰۰
X(۲۵)	۰,۰۰۰
X(۲۶)	۱,۰۰۰
X(۲۷)	۱,۰۰۰
X(۲۸)	۰,۰۰۰

ب: محدودیت‌ها

۱. محدودیت زمان شروع پروژه: هر پروژه از مجموعه پروژه‌های بالقوه‌ی مدیریت بحران در صورت انتخاب شدن، حداکثر در یک لحظه باید شروع شود، بنابراین:

$$\sum_{t=1}^{12} x_{i,t} \leq 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, 28$$

۲. محدودیت افق زمانی برنامه‌ریزی: بر اساس سیاست‌های اجرایی، اگر بخواهیم تمام پروژه‌های انتخاب شده در افق زمانی برنامه‌ریزی شده $T=12$ (ماه) به اتمام برسند، این محدودیت به صورت زیر مدل‌سازی می‌شود:

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{1,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{2,t} + 4 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{3,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{4,t} + 2 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{5,t} + 8 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{6,t} + 2 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{7,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{8,t} + 1 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{9,t} + 1 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{10,t} + 2 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{11,t} + 6 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{12,t} + 8 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{13,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{14,t} + 4 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{15,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{16,t} + 8 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{17,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{18,t} + 6 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{19,t} + 6 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{20,t} + 2 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{21,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{22,t} + 4 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{23,t} + 2 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{24,t} + 2 \leq 12$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{25,t} + 4 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{26,t} + 1 \leq 12$$

همان‌طوری که مشاهده می‌شود از میان پروژه‌های زیرساختی پروژه‌های ۷، ۸ و ۱۴ یعنی «تدوین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب»، «تشکیل دبیرخانه دائمی همایش‌های مدیریت بحران» و «تهیه‌ی نقشه‌ی لرزه‌خیزی» و از بین پروژه‌های عملیاتی پروژه‌های ۱۷، ۱۸، ۲۳، ۲۶ و ۲۷ یعنی «تهیه‌ی کتابچه و پوستر برای آموزش»، «اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی»، «برگزاری نمایشگاه‌های ایمنی و آتش‌نشانی»، «برگزاری کارگاه‌های تخصصی» و «تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات» به‌منزله‌ی ترکیب بهینه‌ی پروژه‌ها برای اجرایی شدن انتخاب شدند. انتخاب این ترکیب با ملاحظه‌ی تمامی محدودیت‌ها اعم از محدودیت مصرف منابع و همچنین روابط مختلف بین پروژه‌ها بوده است. از میان ترکیب‌های ممکن که محدودیت‌ها را رعایت می‌کنند، برنامه‌ی بهترین مقدار تابع هدف که شامل کمترین مجموع ارزش فعلی هزینه‌ها است را معرفی کرده است. این مقدار برابر ۱۵۱ محاسبه شده است.

مدل دوم: بهینه‌سازی زمان‌بندی پروژه‌ها

الف. تابع هدف:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z &= \sum_{i=1}^{28} \sum_{t=1}^{12} PWC_i x_{i,t} \\ &= 120 \sum_{t=1}^{12} x_{1,t} + 70 \sum_{t=1}^{12} x_{2,t} + 100 \sum_{t=1}^{12} x_{3,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{4,t} \\ &+ 300 \sum_{t=1}^{12} x_{5,t} + 400 \sum_{t=1}^{12} x_{6,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{7,t} + 50 \sum_{t=1}^{12} x_{8,t} \\ &+ 100 \sum_{t=1}^{12} x_{9,t} + 500 \sum_{t=1}^{12} x_{10,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{11,t} + 300 \sum_{t=1}^{12} x_{12,t} \\ &+ 400 \sum_{t=1}^{12} x_{13,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{14,t} + 100 \sum_{t=1}^{12} x_{15,t} + 220 \sum_{t=1}^{12} x_{16,t} \\ &+ 120 \sum_{t=1}^{12} x_{17,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{18,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{19,t} + 500 \sum_{t=1}^{12} x_{20,t} \\ &+ 200 \sum_{t=1}^{12} x_{21,t} + 700 \sum_{t=1}^{12} x_{22,t} + 240 \sum_{t=1}^{12} x_{23,t} + 420 \sum_{t=1}^{12} x_{24,t} \\ &+ 400 \sum_{t=1}^{12} x_{25,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{26,t} + 200 \sum_{t=1}^{12} x_{27,t} + 120 \sum_{t=1}^{12} x_{28,t} \end{aligned}$$

منبع سوم (بودجه‌ی اولیه):

$$3\alpha x_{1,t} + 2\alpha x_{2,t} + 5\alpha x_{3,t} + 7\alpha x_{4,t} + 12\alpha x_{5,t} + 1\alpha x_{6,t} + \alpha x_{7,t} + 2\alpha x_{8,t} + 1\alpha x_{9,t} + 3\alpha x_{10,t} + 1\alpha x_{11,t} + 2\alpha x_{12,t} + 2\alpha x_{13,t} + 1\alpha x_{14,t} + 12\alpha x_{15,t} + 2\alpha x_{16,t} + \alpha x_{17,t} + 1\alpha x_{18,t} + 1\alpha x_{19,t} + 3\alpha x_{20,t} + 1\alpha x_{21,t} + 4\alpha x_{22,t} + 12\alpha x_{23,t} + 2\alpha x_{24,t} + 3\alpha x_{25,t} + 12\alpha x_{26,t} + 8\alpha x_{27,t} + 4\alpha x_{28,t} \leq b_{3,t} \quad \forall t=1,2,\dots,12$$

۴. محدودیت حداقل تعداد پروژه‌ها: حداقل تعداد تعداد برنامه و

پروژه‌های مدیریت بحران در دو دسته‌ی زیرساختی و عملیاتی با فرض $ifp = \{1,2,\dots,16\}$, $opp = \{17,18,\dots,28\}$ به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

$$\sum_{i=1}^{16} \sum_{t=1}^{12} x_{i,t} \geq 3, \quad \sum_{i=17}^{28} \sum_{t=1}^{12} x_{i,t} \geq 5$$

۵. محدودیت پروژه‌های وابسته: در صورتی که زوج پروژه‌های

وابسته را به صورت $dp = \{(8,22), (8,23), (8,25), (8,26), (10,21)\}$ داشته

باشیم، محدودیت‌های زیر این رابطه‌ی وابستگی را نمایش می‌دهد:

$$\sum_{t=1}^{12} x_{22,t} \leq \sum_{t=1}^{12} x_{8,t}$$

$$\sum_{t=1}^{12} x_{23,t} \leq \sum_{t=1}^{12} x_{8,t}$$

$$\sum_{t=1}^{12} x_{25,t} \leq \sum_{t=1}^{12} x_{8,t}$$

$$\sum_{t=1}^{12} x_{26,t} \leq \sum_{t=1}^{12} x_{8,t}$$

$$\sum_{t=1}^{12} x_{21,t} \leq \sum_{t=1}^{12} x_{10,t}$$

۶. محدودیت پروژه‌های منحصربه‌فرد: محدودیت پروژه‌های

منحصربه‌فرد S^P را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$S_1 = \{13,27\}: \sum_{t=1}^{12} x_{13,t} + \sum_{t=1}^{12} x_{27,t} \leq 1$$

$$S_2 = \{18,19\}: \sum_{t=1}^{12} x_{18,t} + \sum_{t=1}^{12} x_{19,t} \leq 1$$

۷. محدودیت پروژه‌های الزامی: در مورد پروژه‌هایی که حتماً باید

اجرا شوند mp محدودیت زیر برقرار خواهد بود:

$$mp = \{7,14\}: \sum_{t=1}^{12} x_{7,t} = 1, \quad \sum_{t=1}^{12} x_{14,t} = 1$$

۸. محدودیت پروژه‌های مکمل: برای نمایش رابطه‌ی بین زوج

پروژه‌های مکمل cp که باید متقابلاً و به طور موازی اجرا شوند،

از محدودیت زیر استفاده می‌شود. $cp = \{(9,28)\}$:

$$\sum_{t=1}^{12} x_{9,t} + \sum_{t=1}^{12} x_{28,t} = 2y_{9,28}, \quad y_{9,28} = 0, 1$$

$$\sum_{t=1}^{12} t x_{27,t} + 4 \leq 12 \quad \sum_{t=1}^{12} t x_{28,t} + 2 \leq 12$$

۳. محدودیت مصرف منابع: سطح منابع در دسترس اعم از کارشناس ارشد، کارشناس و بودجه‌ی اولیه در هر لحظه از بازه‌ی زمانی ۱۲ ماهه از افق برنامه‌ریزی به صورت زیر محدود است:

کارشناس ارشد:

$$b_{1,1} = 9, b_{1,2} = 6, b_{1,3} = 8, b_{1,4} = 2, b_{1,5} = 4,$$

$$b_{1,6} = 2$$

$$b_{1,7} = 4, b_{1,8} = 6, b_{r,9} = 4, b_{r,10} = 10,$$

$$b_{r,11} = 2, b_{r,12} = 4$$

کارشناس:

$$b_{2,1} = 8, b_{2,2} = 6, b_{2,3} = 10, b_{2,4} = 8, b_{2,5} = 6,$$

$$b_{2,6} = 2$$

$$b_{2,7} = 6, b_{2,8} = 8, b_{2,9} = 8, b_{2,10} = 2,$$

$$b_{2,11} = 8, b_{2,12} = 4$$

بودجه‌ی اولیه:

$$b_{3,1} = 80, b_{3,2} = 50, b_{3,3} = 80, b_{3,4} = 80,$$

$$b_{3,5} = 65, b_{3,6} = 40$$

$$b_{3,7} = 100, b_{3,8} = 75, b_{3,9} = 35, b_{3,10} = 95,$$

$$b_{3,11} = 25, b_{3,12} = 40$$

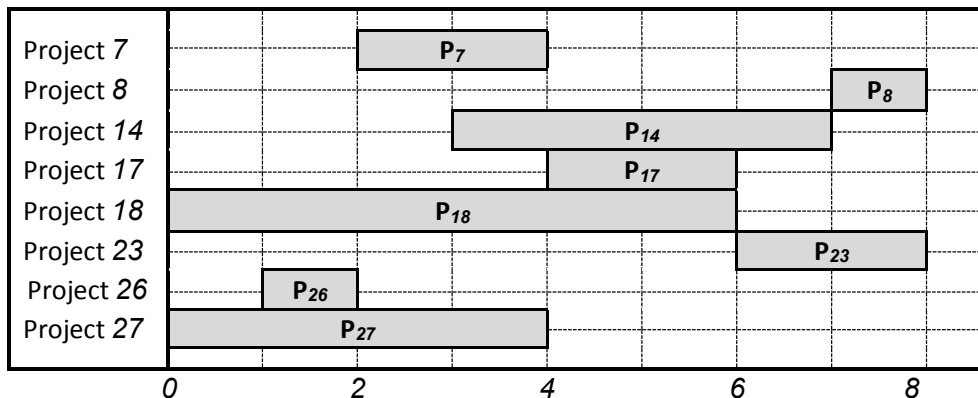
به نحوی که $b_{r,t}$ نشان دهنده‌ی میزان منبع r -ام در دسترس در بازه‌ی t است. بنابراین پروژه‌هایی در هر بازه‌ی زمانی امکان انتخاب شدن خواهند داشت که محدودیت در منابع را به صورت بالا رعایت کنند. بدین منظور محدودیت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود.

منبع اول (کارشناس ارشد):

$$2x_{8,t} + 3x_{9,t} + 3x_{10,t} + 4x_{11,t} + 5x_{12,t} + 4x_{13,t} + 2x_{14,t} + 4x_{15,t} + 7x_{16,t} + 3x_{17,t} + 2x_{18,t} + 3x_{19,t} + 2x_{20,t} + 6x_{21,t} + x_{22,t} + 2x_{23,t} + 5x_{24,t} + 4x_{25,t} + 3x_{27,t} + x_{28,t} \leq b_{1,t} \quad \forall t=1,2,\dots,12$$

منبع دوم (کارشناس):

$$2x_{1,t} + 5x_{2,t} + 1\alpha x_{3,t} + 12x_{4,t} + 5x_{5,t} + 6x_{6,t} + 1\alpha x_{7,t} + 5x_{8,t} + 1\alpha x_{9,t} + 8x_{10,t} + 12x_{11,t} + 9x_{12,t} + 6x_{13,t} + 6x_{14,t} + 6x_{15,t} + 12x_{16,t} + 4x_{17,t} + 3x_{18,t} + 3x_{19,t} + 1\alpha x_{20,t} + 14x_{21,t} + 5x_{22,t} + 6x_{23,t} + 8x_{24,t} + 7x_{25,t} + 5x_{26,t} + 5x_{27,t} + 3x_{28,t} \leq b_{2,t} \quad \forall t=1,2,\dots,12$$



تصویر ۱: زمان بندی بهینه‌ی پروژه‌های مدیریت بحران

نتیجه‌گیری

امروزه مسئله‌ی مدیریت بحران به یکی از مسائل اصلی و پیچیده‌ی سازمان‌ها و کشورها تبدیل شده است، چرا که عدم آشنایی با روش‌های مدیریت بحران در هنگام وقوع بحران، خسارات مالی و جانی فراوانی را به همراه خواهد داشت که گاه این خسارات جبران‌ناپذیر خواهد بود. لذا در این مقاله هدف بهینه‌سازی پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت بحران است، به نحوی که در عین حال که منابع تخصیص داده شده کفایت لازم را دارد، اهداف مدیریت بحران نیز تا مرز رضایت بخشی محقق شود. به این منظور دو مدل بهینه‌سازی ریاضی پیشنهاد شد. مدل اول در راستای بهینه‌سازی ارزش فعلی هزینه‌های پروژه‌های مدیریت بحران به دنبال انتخاب بهترین ترکیب از پروژه‌ها است، به نحوی که محدودیت‌های (۱) مصرف منابع، (۲) حداقل تعداد پروژه‌ها، (۳) پروژه‌های وابسته، (۴) پروژه‌های منحصربفرد، (۵) پروژه‌های الزامی و (۶) پروژه‌های مکمل رعایت شوند. مدل دوم با هدف بهینه‌سازی ارزش فعلی هزینه‌های اجرای پروژه‌ها به دنبال تعیین بهترین زمان بندی پروژه‌های مدیریت بحران است؛ به طوری که علاوه بر محدودیت‌های مدل اول، محدودیت‌های (۱) زمان شروع پروژه‌ها و (۲) افق زمانی برنامه‌ریزی را نیز ارضا نماید. در ادامه با یک مطالعه‌ی موردی به بررسی و امکان‌سنجی پروژه‌ها و برنامه‌های مدیریت بحران پرداخته شد. در این مطالعه‌ی موردی ۲۸ پروژه‌ی بالقوه‌ی مدیریت بحران از سازمان‌های مدیریت بحران کشور جمع‌آوری گردید و به دو دسته‌ی زیرساختی و عملیاتی دسته‌بندی شد. به منظور اجرای پروژه‌ها سه منبع در دسترس شامل کارشناس ارشد، کارشناس و بودجه‌ی اولیه تعریف گردید. تابع هدف در راستای بهینه‌سازی ارزش فعلی هزینه‌های این ۲۸ پروژه مدل‌سازی شد. در محدودیت مصرف منابع، تعداد منابع موجود برای کارشناس ارشد، کارشناس و بودجه‌ی اولیه برابر با ۳۰، ۵۰ و ۳۵۰ در نظر گرفته شد و مدل‌سازی به گونه‌ای انجام گرفت که تعداد منابع استفاده شده در پروژه‌ها از منابع دراختیار بیشتر نگردد. در محدودیت حداقل تعداد پروژه‌ها به منظور اینکه بتوان آمادگی لازم را برای مقابله با بحران‌های احتمالی کسب کرد و به نتایج مطلوب در زمینه‌ی مدیریت بحران رسید، باید حداقل از میان پروژه‌های زیرساختی ۳ پروژه و از پروژه‌های عملیاتی ۵

علاوه بر تابع هدف و محدودیت‌های فوق، مشابه مدل اول، ماهیت متغیر تصمیم مسئله $x_{i,t}$ به صورت باینری است که تعیین می‌نماید آیا پروژه‌ی خاص i -ام از مجموعه پروژه‌های بالقوه‌ی مدیریت بحران در لحظه‌ی t اجرا شود یا خیر. این تعریف از متغیر تصمیم به صورت زیر لحاظ می‌شود:

$$x_{i,t} = 0, 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 28, \quad \forall t = 1, 2, \dots, 12$$

این مدل در محیط Lingo 11.0 برنامه‌نویسی شد و نتایج حل آن به صورت زیر حاصل شده است. به دلیل تعداد زیاد متغیرهای $x_{i,t}$ ، تنها متغیرهای با مقادیر بهینه‌ی ۱ در زیر ارائه شده و سایر متغیرها که مقادیر صفر دارند، ارائه نشده‌اند. کد این برنامه در پیوست ۲ ارائه شده است.

X(7,3)	1.000
X(8,8)	1.000
X(14,4)	1.000
X(17,5)	1.000
X(18,1)	1.000
X(23,7)	1.000
X(26,2)	1.000
X(27,1)	1.000

همان طوری که مشاهده می‌شود، پروژه‌ی زیرساختی ۷ یعنی «تدوین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب» در بازه‌ی ۳، پروژه‌ی زیرساختی ۸، «تشکیل دبیرخانه‌ی دائمی همایش‌های مدیریت بحران» در بازه‌ی ۸ و پروژه‌ی زیرساختی ۱۴ «تهیه‌ی نقشه‌ی لرزه‌خیزی» در بازه‌ی ۴ زمان بندی شدند و همچنین از بین پروژه‌های عملیاتی پروژه‌ی ۱۷ یعنی «تهیه‌ی کتابچه و پوستر برای آموزش» در بازه‌ی ۵، پروژه‌ی ۱۸ «اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی» در بازه‌ی ۱، پروژه‌ی ۲۳ «برگزاری نمایشگاه‌های ایمنی، امنیتی و آتش‌نشانی» در بازه‌ی ۷، پروژه‌ی ۲۶ «برگزاری کارگاه‌های تخصصی» در بازه‌ی ۲ و نهایتاً پروژه‌ی ۲۷ «تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات» در بازه‌ی ۱ زمان بندی شدند. با توجه به مدت زمان پروژه‌ها، تصویر ۱ نمایی از زمان بندی بهینه‌ی پروژه‌های مدیریت بحران را نمایش می‌دهد.

- 6. Mutually Exclusive Projects
- 7. Mandatory Projects
- 8. Complementry Projects
- 9. Project Start Time
- 10. Planning Horizon

پیوست ۱: کد برنامه Lingo 11.0 برای مدل بهینه‌سازی ترکیب پروژه‌ها

```

model:
sets:
project/1..28/:PWC, x;
resource/1..3/:b;
irlink(project,resource):a;
endsets

[obj] min=@
sum(project(i):PWC(i)*x(i));

@for(resource(r): @
sum(project(i): a(i,r)*x(i)
< b(r) );
@sum(project(i) | i #lt# 17
:(x(i))) >=3;
@sum(project(i) | i #gt# 16
:(x(i))) >=5;

x(22)<=x(8);
x(23)<=x(8);
x(25)<=x(8);
x(26)<=x(8);
x(21)<=x(10);

x(13)+x(27)<=1;
x(18)+x(19)<=1;

x(7)=1;
x(14)=1;

x(9)+x(28)=2*y;

@for(project(i): @bin(x(i)) );
@bin(y);

data:
PWC= 125 75 150 250 300 45 25 5 15
50 20 35 45 25 150 320 12 20 25 55
25 65 24 42 40 20 20 12;

b=30 45 350;

a=1 3 35
2 5 25
6 10 50
2 12 75
1 5 125
2 6 15
2 10 5
2 5 3

```

پروژه انتخاب می‌گردید. در محدودیت پروژه‌های وابسته به روابط بین پروژه‌ها و وابستگی بین آن‌ها توجه شد. تمام مدل‌ها برای مطالعه‌ی موردی با استفاده از نرم‌افزار Lingo اجرا شد و بهترین ترکیب از میان ۲۸ پروژه‌ی نام برده شده با کمترین مجموع ارزش فعلی هزینه‌ها (۱۵۱) به دست آمد که از میان پروژه‌های زیرساختی پروژه‌های «تدوین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب»، «تشکیل دبیرخانه‌ی دائمی همایش‌های مدیریت بحران» و «تهیه‌ی نقشه‌ی لرزه‌خیزی» و از میان پروژه‌های عملیاتی پروژه‌های «تهیه‌ی کتابچه و پوستر برای آموزش»، «اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی»، «برگزاری نمایش‌های ایمنی، امنیتی و آتش‌نشانی»، «برگزاری کارگاه‌های تخصصی» و «تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات» انتخاب شدند که این پروژه‌ها تمامی محدودیت‌های ذکر شده را ارضا می‌کردند و ترکیب بهینه‌ای از انتخاب پروژه‌های مدیریت بحران بودند. مدل دوم نیز زمان بهینه‌ی اجرای پروژه‌ها را مشخص می‌کرد تا ترکیب بهینه‌ای از پروژه‌ها انتخاب و در بهترین زمان اجرا شود و کمترین مجموع ارزش فعلی هزینه‌ها را داشته باشد. بدین منظور تمامی محدودیت‌هایی که در بهینه‌سازی انتخاب پروژه‌ها در نظر گرفته شد مورد استفاده قرار گرفت، اما دو محدودیت زمان شروع پروژه و افق زمانی برنامه‌ریزی نیز اضافه گردید. در محدودیت مصرف منابع باید به تعداد منابع موجود در هر لحظه از بازه‌ی زمانی ۱۲ ماهه در افق برنامه‌ریزی توجه می‌شد. محدودیت زمان شروع پروژه بیانگر این بود که پروژه‌ی انتخاب شده حداکثر در یک زمان می‌توانست شروع شود. محدودیت افق زمانی برنامه‌ریزی، محدودیت زمانی که برای اتمام پروژه‌ها برنامه‌ریزی شده بود را در نظر می‌گرفت. برای مثال تمامی پروژه‌ها باید به گونه‌ای آغاز می‌شدند که تمام آن‌ها در بازه‌ی زمانی یک سال (۱۲ ماه) به اتمام می‌رسیدند. پس از اجرا کردن مدل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Lingo، ترکیب بهینه‌ی انتخاب پروژه‌ها همان پروژه‌هایی بود که در مدل اول به دست آمد، اما در این مدل زمان بهینه‌ی اجرای پروژه‌ها نیز به دست آمد به طوری که بهترین زمان برای اجرای پروژه‌های زیرساختی «تدوین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب» بازه‌ی ۳، «تشکیل دبیرخانه‌ی دائمی همایش‌های مدیریت بحران» بازه‌ی ۸ و «تهیه‌ی نقشه‌ی لرزه‌خیزی» بازه‌ی ۴ نمایش داده شد و همچنین زمان بهینه‌ی اجرای پروژه‌های عملیاتی «تهیه‌ی کتابچه و پوستر برای آموزش» بازه‌ی ۵، «اجرای نمایش‌های آموزشی خیابانی» بازه‌ی ۱، «برگزاری نمایش‌های ایمنی، امنیتی و آتش‌نشانی» بازه‌ی ۷، «برگزاری کارگاه‌های تخصصی» بازه‌ی ۲ و «تشکیل گروه‌های داوطلب واکنش اضطراری محلات» بازه‌ی ۱ به دست آمد.

پی‌نوشت

1. Net Present Worth (NPW)
2. Resource Consumption
3. Infrastructural Projects
4. Operational Projects
5. Dependent Projects

```

@sum(period(t):x(21,t)) <= @
sum(period(t):x(10,t));
@sum(period(t):x(13,t)) + @
sum(period(t):x(27,t)) < =1;
@sum(period(t):x(18,t)) + @
sum(period(t):x(19,t)) < =1;
@sum(period(t):x(7,t))=1;
@sum(period(t):x(14,t))=1;
@sum(period(t):x(9,t)) + @
sum(period(t):x(28,t)) = 2*y;
@for(period(t):@for(project(i): @
bin(x(i,t)) ) );
@bin(y);

data:
TT=12; ! T in model;
PWC= 125 75 150 250 300 45 25 5 15
50 20 35 45 25 150 320 12 20 25 55
25 65 24 42 40 20 20 12;

d=2 4 2 2 8 2 2 1 1 2 6 8 2 4 2 8
2 6 6 2 2 4 2 2 4 1 4 2;

b=9 6 8 2 4 2 4 6 4 10 2 4
8 6 10 8 6 2 6 8 8 2 8 4
80 50 80 80 65 40 100 75 35 95
25 40;

a=1 3 35
2 5 25
6 10 50
2 12 75
1 5 125
2 6 15
2 10 5
2 5 3
3 15 10
3 8 35
4 12 10
5 9 20
4 6 25
2 6 15
4 6 125
7 12 250
3 4 5
2 3 15
3 3 10
5 10 35
6 14 15
1 5 40
2 6 12
5 8 20
4 7 35
2 5 12
3 5 8
1 3 4;
enddata

```

```

3 15 10
3 8 35
4 12 10
5 9 20
4 6 25
2 6 15
4 6 125
7 12 250
3 4 5
2 3 15
3 3 10
5 10 35
6 14 15
1 5 40
2 6 12
5 8 20
4 7 35
2 5 12
3 5 8
1 3 4;
enddata

```

پیوست ۲: کد برنامه Lingo 11.0 برای مدل بهینه‌سازی
زمان بندی پروژه‌ها

model:

```

sets:
project/1..28/:PWC, d;
period/1..12/;
resource/1..3/;
itlink(project,period):x;
irlink(project,resource):a;
rtlink(resource,period):b;
endsets

```

```

[obj] min=@sum(project(i):@
sum(period(t):PWC(i)*x(i,t)));

```

```

@for(project(i): @sum(period(t):
x(i,t) )<=1 );
@for(project(i): @sum(period(t):
t*x(i,t) ) +d(i) <= TT);
@for(period(t):@for(resource(r):@
sum(project(i): a(i,r)*x(i,t))<
b(r,t)));
@sum(period(t):@sum(project(i) | i
#lt# 17 : (x(i,t)))) >=3;
@sum(period(t):@sum(project(i) | i
#gt# 16 : (x(i,t)))) >=5;
@sum(period(t):x(22,t)) <= @
sum(period(t):x(8,t));
@sum(period(t):x(23,t)) <= @
sum(period(t):x(8,t));
@sum(period(t):x(25,t)) <= @
sum(period(t):x(8,t));
@sum(period(t):x(26,t)) <= @
sum(period(t):x(8,t));

```



۱. ازدر، سوسن (۱۳۸۵). لزوم مدیریت بحران زلزله در بافت‌های قدیمی و تاریخی، اولین همایش مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، انتشارات دانشگاه یزد، ۲۱۴-۲۰۳.
۲. منصوری، نبی‌الله؛ نظری، رحیم؛ نصیری، پروین (۱۳۹۰). تدوین برنامه‌ی مدیریت بحران آتش‌سوزی جنگل با تکنولوژی GIS & RS. فصلنامه‌ی کاربرد سنجش از دور سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی، دوره‌ی ۲، شماره‌ی ۳، ۷۳-۶۳.
۳. براتی، داوود (۱۳۸۳). ایمنی کلان شهر تهران در مدیریت بحران، مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۳۴۴-۳۳۱.
۴. قلی‌پور، آرین، (۱۳۸۳). بحران مدیریت در مدیریت بحران. نشریه‌ی کمال مدیریت، شماره‌ی ۴ و ۵.
۵. مظلومی، نادر (۱۳۷۹). مدیریت بحران: رهیافتی استراتژیک. فصلنامه‌ی مطالعات مدیریت، شماره‌ی ۲۵ و ۲۶.
6. Ritghie, B.W. (2004). ghaos, crisis and disasters:a strategic approach to crisis management in the tourism industry. *Tourism management*, 25, 699-683.
7. Spillan, J, & Hough, M. (2003). Crisis planning in small business: Importance, Impetus, Indifference. *European management Journal*, 21(3), 398-407.
۸. رضوانی، حمیدرضا، (۱۳۸۶). تلفیق مدیریت بحران در راهبردهای سازمان. نشریه‌ی تدبیر، شماره‌ی ۱۷۷.
۹. صمدی مبارک‌لایی، حسین؛ صمدی مبارک‌لایی، حمزه؛ بابایی، عباس (۱۳۹۱). ضرورت و اهمیت نقش هلال احمر در حوادث و بلایای طبیعی در مدیریت بحران. نشریه‌ی امداد و نجات، دوره‌ی ۴، شماره‌ی ۳، ۱۰۶-۹۳.
۱۰. کردوانی، پرویز؛ قنبری، عبدالرسول؛ اطلسی، لیلا (۱۳۹۰). برنامه‌ریزی مدیریت بحران حوزه‌ی شهری فسا جهت کاهش خسارات ناشی از زلزله. نشریه‌ی جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴، شماره‌ی ۱۳، ۱۴-۱.
۱۱. ربانی، مسعود؛ ضیایی، محسن (۱۳۸۰). برنامه‌ریزی منابع در شرایط بحران با استفاده از الگوهای ریاضی. نشریه‌ی دانش مدیریت، شماره‌ی ۵۳، ۱۳۲-۱۰۱.
12. Kurschus, R.-J., Sarapovas, T., Cvilikas, A. (2015). The criteria to identify company's crisis in SME sector. *Engineering Economics*, 26(2), 152-158.
13. Ben-Tal, A., Chung, B. Do, Mandala, S. R., & Yao, T. (2011). Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1177-1189.
14. Chandes, J., & Paché, G. (2010). Investigating humanitarian logistics issues: from operations management to strategic action. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(3), 320-340.
15. Kerzner, H.R. (2013). Project management: A systems approach to planning, scheduling and controlling. John Wiley & Sons.
16. Mantel S.J., Meredith J.R., Shafer S.M., Sutton M.M.