



روشی برای برنامه ریزی مسیر تخلیه در شرایط بحران

Vania Campos, Renata Bandeira, Adriano Bandeira

ونیا کامپوس، رناتا بندیرا، آدریانو بندیرا

مترجمین: (علی ملاحسینی^۱، محمدعلی محمدی پور^۲، معصومه دهقانی^۳)

چکیده

در این مقاله، طراحی و تجزیه و تحلیل مسیرهای تخلیه در شبکه‌های حمل و نقل در مواردی از بلایای طبیعی بررسی شده و روشی برای برنامه ریزی مسیر تخلیه در مواقع بحران پیشنهاد شده است. این روش یک الگوریتم اکتشافی را بصورت مکرر برای تعریف دو راه مستقل از منطقه فاجعه به هر پناهگاه برای اختصاص جریان وسیله نقلیه در برنامه ریزی تخلیه، با در نظر گرفتن زمان سفر و ظرفیت شبکه حمل و نقل به عنوان پارامتر برای تجزیه و تحلیل بکار می‌برد. مسیرهای منتهی به پناه گاه‌های مختلف نمی‌توانند به عنوان نقاط تقاطع ارائه شوند. به منظور اجازه دادن به جریان مداوم ترافیک و کاهش حوادث احتمالی، اجرای برنامه ریزی تخلیه نیز ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: حوادث، برنامه ریزی اضطراری، برنامه ریزی تخلیه، مسیریابی.

-Vania Campos, Renata Bandeira, Adriano Bandeira, A method for evacuation route planning in disaster situations, Procedia - Social and Behavioral Sciences ۵۴ (۲۰۱۲) ۵۰۳-۵۱۲.

www.sciencedirect.com

۱-استاد گروه آموزشی مدیریت، دانشگاه شهید باهنر کرمان (A_mollahosseini@yahoo.com)؛ ۰۹۱۳۳۹۹۳۹۱۱

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بحران، دانشگاه شهید باهنر کرمان،

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بحران، دانشگاه شهید باهنر کرمان (مترجم مسئول)؛ ۰۹۳۹۰۳۶۷۳۳۷

masomeh.dehghani@aem.uk.ac.ir





مقدمه

عواملی همچون گرم شدن کره زمین، تخریب محیط زیست و افزایش شهرنشینی تعداد بیشتری از مردم را در معرض خطر تهدید بلایای طبیعی قرار می‌دهد. در سه دهه گذشته میزان بحران‌ها از ۵۰ به ۴۰۰ بار در هر سال افزایش یافته است (Kovacs and Spens, 2009) و هنوز هم انتظار می‌رود در ۵۰ سال آینده به بیش از پنج برابر افزایش یابد (Thomas and Kopcza, 2007). در سال ۲۰۱۰، ۲۰۷ میلیون نفر دچار بلایای طبیعی شدند، که باعث مرگ و میر ۲۹۶,۸۰۰ نفر و زیان ۱۰۹ میلیارد دلار شد (Sapir, 2011).

بلایای طبیعی به بسیج فوری و اقدام ذی‌نفعان متعدد به علت ماهیت غیر منتظره و دامنه این رویداد، تنوع و کمیت لوازم و خدمات مورد نیاز قربانیان نیاز دارند (Chandes and Paché, 2009). تمرکز عملیات امداد رسانی فاجعه بر روی "طرح حمل و نقل (انتقال) کمک‌های اولیه، مواد غذایی، تجهیزات و پرسنل امداد و نجات از نقاط مختلف و رساندن تدارکات به تعداد زیادی از مقصد گره‌های جغرافیایی پراکنده شده روی منطقه فاجعه، تخلیه و انتقال مردم آسیب دیده توسط حوادث به مراکز بهداشت و درمان و پناهگاه‌ها با خیال راحت و به سرعت" است (Barbarosoglu et al, 2004). در این زمینه، تدارکات برای عملیات امداد رسانی اورژانس به عنوان تدارکات بشر دوستانه شناخته شده است. حمل و نقل تدارکات حیاتی و پرسنل از منبع به مناطق آسیب دیده، انتقال همه افراد به پناهگاه و امکانات پزشکی هر کجا که لازم باشد، نقش مهمی در تدارکات بشر دوستانه بازی می‌کند (Apte, 2009).

انتقال می‌تواند اجباری، توصیه شده یا داوطلبانه باشد، علاوه بر آن ممکن است با مقیاس جابجایی، موارد جابجایی (مردم یا اموال) و سطح کنترل توسط مقامات متفاوت باشد (Stepanov and Smith, 2009). بسته به نوع بحران، پیش‌هشدار بلایای ناگهانی می‌تواند زمان کافی برای تخلیه قبل از رویداد را بدهد (Kovacs and Spens, 2007). یکی دیگر از عوامل مؤثر در مورد بلایای طبیعی احتمال وقوع و تأثیرات آن‌ها است. بلایای فصلی، حتی اگر ناگهانی باشند، مشکلات کمتری نسبت به بلایای غیر فصلی در برخواهند داشت، اگرچه برنامه‌های انتقال می‌تواند در محل برای هر دو وضعیت باشد (Apte, 2009). برنامه‌های تخلیه اضطراری انتقال داده شدگان را به مقاصد یا مسیرهای ثابت حتی قبل از حوادث اختصاص می‌دهد. طرح تخلیه، سیاست‌های تخلیه مطلوب را برای جمعیت اهل مناطق تحت خطر و عدم قطعیت تعریف می‌کند (Alexander, 2002). درس آموخته شده به علت شکست مفتضحانه تخلیه پس از توفان کاترینا در ایالات متحده آمریکا، نیاز به برنامه ریزی تخلیه است (Apte, 2009)، حتی اگر زمان واقعی طراحی و یا ارزیابی مجدد این برنامه‌ها نیاز مند به اتفاقات پس از فاجعه باشد (Alexander, 2002).

تکنیک‌ها و مدل‌هایی برای شبیه‌سازی تخلیه مردمی که در نزدیکی منطقه آسیب دیده زندگی می‌کنند، با هدف اصلی شناسایی مشکلاتی که می‌تواند در لحظه تخلیه رخ دهد،





توسعه داده شده‌اند. این مشکلات می‌تواند مربوط به تراکم وسایل نقلیه و تصادفات منجر به افزایش زمان تخلیه و تعداد صدمات باشد. با این حال، روش‌های مرسوم و اکتشافی برای تعریف مسیر تخلیه به طور کلی مبتنی بر عمدتاً نزدیکی جغرافیایی و دنبال کوتاه‌ترین زمان سفر هستند (Han et al, 2006). چنین روش‌هایی تضمین نمی‌کنند که ظرفیت مسیرها، تقاضای شدید برای حمل و نقل را در طول تخلیه برآورده خواهند کرد، و نه تنها نتایج مسیرهایی را که به نقاط تقاطع منطبق‌اند ارائه نخواهد کرد، بلکه می‌تواند تنگناهای احتمالی مستعد ابتلا به حوادث بالقوه باشد. بنابراین، این مقاله روشی برای تعریف دو راه مستقل از منطقه فاجعه (مبدأ) به هر نقطه مقصد (پناهگاه) برای تخصیص جریان وسایل نقلیه در برنامه ریزی تخلیه، با توجه به زمان سفر و ظرفیت شبکه حمل و نقل به عنوان پارامترهایی برای تجزیه و تحلیل، ارائه می‌کند. این نوع از مسیرها هیچ نقطه تقاطعی ندارند (آن‌ها مسیرهای قطعه-قطعه نامیده می‌شوند). علاوه بر این، مسیرها به نقاط مقصد مختلف (پناهگاه) نقاط تقاطع نیز ندارد، بنابراین استفاده از آن‌ها مشکل تصادفات را به حداقل می‌رساند و جریان ترافیک روانی را اجازه می‌دهد. کاربرد این روش شناسایی بهترین مسیرهای امکان پذیر مستقل تخلیه از منطقه بالقوه بحران به پناهگاه مختلف قبلاً تعریف شده را اجازه می‌دهد. این روش بطور مکرر، برای امکان حذف نقاط تقاطع بین مسیرهای مختلف بکار رفته است. با این حال، در مواردی که مجموعه‌ای از مسیرهای بدون نقاط تقاطع غیرعملی است، این روش، دانش قبلی از این نقطه تقاطع، نشان می‌دهد نیاز به مداخلات در این نقطه به منظور جلوگیری از حوادث احتمالی ناشی از جایجایی‌های ناسازگار را فراهم می‌کند.

برنامه ریزی تخلیه

تخلیه یک فرآیند پیچیده متشکل از چندین مرحله متوالی است. پس از شناسایی حادثه، تصمیم‌گیرندگان، تهدید بالقوه برای مناطق خاص را ارزیابی می‌کنند و سپس اگر خطر قابل توجهی است و هیچ پناهگاهی برای ارائه محافظت کافی در محل وجود ندارد، دستور تخلیه این مناطق صادر می‌شود (Stepanov and Smith, 2009). نوع فاجعه اگر فرایند طولانی مدت یا موقت باشد، تخلیه کلی یا جزئی به محل امداد رسانی دور یا نزدیک را دیکته می‌کند (Apte, 2009). هشدار تخلیه ابلاغ شده به جمعیت و یا نه بستگی به ادراک خودشان از خطر است که باعث می‌شود تصمیم به تخلیه گرفته شود و سپس جمعیت از طریق شبکه حمل و نقل به مناطق امن تعیین شده منتقل شده است (Stepanov and Smith, 2009). وضعیت زیر ساخت است که مجبور می‌کند کدام حالت حمل و نقل استفاده شود، اما تخلیه همچنین به ناوگان وسایل نقلیه موجود، ظرفیت آن‌ها و شرایط اطراف انتقال داده شده بستگی دارد (Apte, 2009). در نهایت، عملیات تخلیه وارد مناطق خارج از خطر می‌شود و تایید اینکه آن‌ها بصورت امن ساخته شده‌اند باید انجام گیرد.





زمان تخلیه ممکن است طیف وسیعی از ساعت‌ها تا هفته‌ها و یا حتی ماه‌ها باشد. مطالعات هان و همکاران (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که مشکل اصلی در عملیات تخلیه این است که مسیرهای خروج منطقه تخلیه اغلب در تعداد محدود و ناکافی در ظرفیت برای رسیدگی به افزایش ترافیک در طول تخلیه اضطراری در مقیاس بزرگ است. اسپاتو و اسمیت (۲۰۰۹) بیان می‌کنند که تقویت ظرفیت شبکه‌های حمل و نقل به طور کلی نمی‌توانند تقاضای شدید برای حمل و نقل طول تخلیه را برآورد کنند، حتی در تخلیه محله با مقیاس کوچک، شبکه‌های حمل و نقل می‌تواند مانع پاکسازی سریع جمعیت از منطقه آسیب دیده شوند.

برای مدیریت چنین شرایط اضطراری به طور موثرتر، تصمیم گیرندگان ممکن است از داشتن برنامه‌های تخلیه در محل برای حالاتی که به احتمال زیاد رخ می‌دهد، بهره‌مند شوند، حتی اگر زمان واقعی طراحی و یا ارزیابی مجدد برنامه‌های تخلیه ممکن است پس از حمله ناگهانی فاجعه مورد نیاز باشد (Alexander, ۲۰۰۲). بنابراین، مطالعات بر روی روش‌هایی برای بهبود برنامه ریزی و جنبه‌های عملیاتی فرایند تخلیه برای به حداکثر رساندن سودمندی خدمات شبکه حمل و نقل موجود متمرکز شده است (Han et al, ۲۰۰۶). آپتی (۲۰۰۹) خلاصه‌ای از برخی از تحقیقات در مورد تخلیه ارائه می‌دهد. اسپاتو و اسمیت (۲۰۰۹) همچنین یک سری از مدل‌های تخلیه را بررسی کردند و پیشنهاد دادند که تکنیک‌های مدل سازی می‌توانند توسط روش‌های محاسباتی به تکنیک‌های تحلیلی و تکنیک‌های شبیه سازی گروه بندی شوند. از بررسی مدل‌های تخلیه اسپاتو و اسمیت (۲۰۰۹) نتیجه گرفتند که دو رویکرد آشکار است: (i) رویکرد اول مجموعه‌ای از مسیرهای بهینه را تعریف می‌کند و عملکرد اقدامات را به طور همزمان ارزیابی می‌کند؛ و (ii) رویکرد دوم از روش بهینه سازی تحلیلی برای پیشنهاد سیاست مسیریابی استفاده می‌کند، وقتی که این خط مشی با استفاده از مدل شبیه سازی ترافیک ارزیابی شده است. با توجه به اسپاتو و اسمیت (۲۰۰۹) اولین رویکرد در عمل رایج است.

در این راستا، این مقاله یک الگوریتم اکتشافی را ارائه می‌کند که می‌تواند برای تعریف مسیر مستقل برای توسعه برنامه‌های تخلیه در محل بکار برده شود. با توجه به طبقه بندی اسپاتو و اسمیت (۲۰۰۹)، الگوریتم پیشنهادی تکنیک‌های تحلیلی را برای تعریف مجموعه‌ای از مسیرهای بهینه و ارزیابی عملکرد اقدامات به طور همزمان بکار می‌گیرد. ویژگی‌های روش در بخش زیر ارائه شده است.



ویژگی های روش

با توجه به نظریه گراف (Bollobás, ۱۹۷۸, Boaventura, ۱۹۹۶)، تعداد محدودی (k) از مسیرهای مستقل (به نام مسیرهای قطعه-قطعه) بین یک جفت از گره‌ها در این شبکه وجود دارد؛ بنابراین احتمال مجموعه‌های مختلفی (از عناصر k) از این مسیرها در همان شبکه وجود دارد. الگوریتم توسعه یافته به شناسایی مجموعه‌ای از بهترین مسیرهای مستقل (مسیر قطعه‌قطعه بدون نقاط تقاطع) از منطقه آسیب دیده (منشاء) به هر نقطه مقصد (پناه‌گاه‌های از پیش تعریف شده)، با توجه به زمان سفر و ظرفیت شبکه حمل و نقل به عنوان پارامترهایی برای تجزیه و تحلیل اجازه می‌دهد. برای هر نقطه مقصد (پناهگاه)، دو راه مستقل مشخص خواهد شد. ما دو گزینه راه مستقل را از مبدا به هر نقطه مقصد برای دلایل مختلف انتخاب می‌کنیم. در وهله اول، مهم است که یک مسیر جایگزین در مواردی از خرابی زیر ساخت‌ها یا جاده مسدود داشته باشیم. طرح تخلیه همچنین می‌تواند جریان‌های مختلفی برای هر مسیر را تعیین کند، بنابراین مسیری با جریان از نقطه مقصد به سرپناه که می‌تواند به تخلیه اختصاص داده شود وجود خواهد داشت و دیگری با جریان از پناهگاه به منطقه فاجعه که به حمل و نقل تجهیزات، تدارکات حساس و پرسنل از منبع به مناطق آسیب دیده می‌تواند اختصاص داده شود. یک جریان حلقوی نیز می‌تواند ایجاد شده باشد، به خصوص در مواردی از تخلیه اضطراری در مقیاس بزرگ، بنابراین وسایل نقلیه خالی می‌توانند در یک مسیر از پناهگاه به منطقه فاجعه سفر کنند و مسیر دیگر برای حمل و نقل قربانیان از مناطق فاجعه مورد استفاده قرار گیرد. این اقدام می‌تواند به افزایش سرعت تخلیه کمک کند. در فرآیند انتخاب این دو مسیر مستقل، شاخص تعریف شده توسط نسبت C/T (ظرفیت / زمان سفر در مسیر) برای هر مسیر تعیین کننده است، و بهترین مسیر مجموعه‌ای است که بزرگترین مجموع این شاخص‌ها را ارائه می‌کند. دلیل انتخاب این شاخص این است که مسیری در مقایسه با دیگران بهتر است که ظرفیت بیشتری یا زمان سفر کمتری داشته باشد. اگر دو مسیر ظرفیت یکسانی داشته باشند، مسیری که کمترین زمان سفر را داشته باشد بایستی انتخاب شود (این شاخص بزرگتر است) و اگر آن‌ها زمان یکسانی دارند مسیر با بیشترین ظرفیت بهتر به نظر می‌رسد. به طور خلاصه، با توجه به امکان وجود k مسیر مستقل بین یک جفت از گره‌های منبع و مقصد در یک شبکه، روش مجموعه‌ای از مسیرها را با هدف به حداکثر رساندن جمع نسبت هر مسیر تعیین می‌کند، که برابر است با:

(1)

$$\text{Max} \sum_{p=1}^k C_p / T_p \quad p = 1 \dots k$$





علاوه بر این، مسیرها به نقاط مقصد مختلف (پناهگاه) همچنین نمی‌توانند دارای نقاط تقاطع باشند، بنابراین استفاده از آن‌ها مشکل تصادفات را به حداقل می‌رساند و جریان مداوم ترافیک را اجازه می‌دهد. بنابراین، با کاربرد روش بطور مکرر، امکان حذف نقاط تقاطع بین مسیرهای مختلف وجود دارد. برای حل این مشکل الگوریتم به شرح زیر توسعه داده شد.

الگوریتم برنامه ریزی مسیر تخلیه

الگوریتم پیشنهاد شده، یک الگوریتم اکتشافی است. ایده اساسی مورد بحث این است که یک الگوریتم بطور مکرر برای کشف دو راه مستقل در شبکه‌ای از منطقه فاجعه (مبدأ) تا پناهگاه (مقصد)، با کمترین زمان سفر، استفاده شود که به هر مسیر یک شاخص C/T (ظرفیت/زمان) را مربوط می‌سازد، که ارزیابی هر مسیر را در مقایسه با دیگری تسهیل می‌کند. این روش برای هر نقطه مقصد بکار گرفته خواهد شد.

برای هر کدام از نقاط مقصد، مسیرهایی که در هر تکرار از k مسیر مستقل الگوریتم کشف شده‌اند، می‌توانند معرف تقاطع‌های تصادفی باشند که از شبکه حذف شده‌اند تا وجود سایر راه‌های غیرتصادفی در تکرار دیگر، شناسایی شوند. هدف این است که حداقل دو مسیری را که جریان ترافیک را از مبدأ (نقطه فاجعه) به تقاطع مقصد (پناهگاه) در کمترین زمان، کاهش می‌دهد را شناسایی کنیم. در هر تکرار، راه‌های ارتباطی (کمان‌ها) که "تنگه‌ها (تنگ راه‌ها)" (یعنی راه‌هایی که کمترین ظرفیت را در مسیر دارند) در نظر گرفته می‌شوند و یا تقاطع‌های تصادفی می‌توانند حذف شوند. علت حذف راه‌های تنگ راه این است که منجر به بهبود ظرفیت آن‌ها می‌شود و علت حذف تقاطع‌های تصادفی کشف مسیرهای غیرتصادفی، از میان مسیرهای حاصل از سایر تکرار هاست. از طریق چند تکرار، مسیرهای متفاوتی با شاخص‌های C/T مربوط به خودشان پیدا می‌شوند. در آخر پردازش، بهترین گروه مسیرهای مستقل دوتایی انتخاب می‌شود.

الگوریتم k مسیر مستقل مورد استفاده یک الگوریتم موجود است که توسط کمپوس و همکاران پیشنهاد شده است (۱۹۹۹). این الگوریتم شامل یک پروسه تکرار می‌شود که در هر تکرار راه‌ها یا نقاط‌های شبکه را حذف می‌کند. تقاطع‌ها و کمانهایی که از دو شبکه نمونه مختلف حذف می‌شوند، از شبکه اصلی گرفته می‌شوند. در یک شبکه نمونه، که RG خوانده می‌شود، راه‌های تنگ راه حذف می‌شوند و در دیگری که RN خوانده می‌شود، تقاطع‌های تصادفی حذف می‌شوند. در هر تکرار برای کشف دو تا از کوتاه‌ترین مسیرها در شبکه، k مسیر کوتاه موجود الگوریتم استفاده می‌شود.

بعد از تعریف مجموعه‌ای از دو مسیر مستقل، با بهترین شاخص‌های C/T ، از منطقه فاجعه تا هر تقاطع مقصد (پناهگاه)، نقاط مشترکی که به تدریج در میان این گروه‌های مختلف





مسیرها به وجود می‌آیند، باید شناسایی شوند. سپس، این روش بطور مکرر بکار می‌رود، که حذف این نقاط مشترک در میان مسیرهای متفاوت را ممکن می‌سازد. مسیرهای منتهی به نقاط مقصد مختلف (پناه‌گاه‌ها) نیز نمی‌توانند نقاط مشترک داشته باشند، بنابراین بکارگیری آن‌ها مشکل تصادفات را به حداقل می‌رساند و یک جریان ترافیک مستمر (ترافیک روان) را ممکن می‌سازد. با این وجود، در مواردی که یک گروه مسیر بدون نقاط مشترک نامحتمل می‌نماید، این روش یک آگاهی قبلی را از این نقطه مشترک فراهم می‌کند، که نشان دهنده نیاز به مداخله در این نقطه دارد به منظور جلوگیری از تصادفات احتمالی ناشی از حرکات متناقض (تعارض آمیز) است.

ساختار الگوریتم

با در نظر گرفتن شبکه (R) با گره‌های مبدأ (S) و n تقاطع مقصد (Dn)، الگوریتم گام‌های زیر را در بر دارد:

• گام ۱: شناسایی منطقه آسیب پذیر (حساس به) از بلایای طبیعی که قرار است در آن برنامه تخلیه بکار گرفته شود.

• گام ۲: شناسایی گره منبع (S) در شبکه (R)

تعیین گره منبع (S) توسط بکارگیری مرکز گرانش (جاذبه زمین) در منطقه فاجعه ممکن می‌شود.

• گام ۳: تعریف تعداد پناه‌گاه‌ها (n) و شناسایی تقاطع‌های مقصد (Dn) در شبکه (R)

• گام ۴: اجرای الگوریتم n بار، به منظور کشف K مسیر مستقل از تقاطع مبدأ (S) به هر تقاطع مقصد (Dn) با احتساب $k=2$

0 گام ۱، ۴: تعیین (تشخیص) k تا از کوتاه‌ترین مسیرها

برای تعیین k تا از کوتاه‌ترین مسیرها میان مبدأ (O) و مقصد (Dn) در شبکه، الگوریتم موجود (Shier, 1979) استفاده شده است. برای هر یک از مسیرهای پیدا شده، زمان کل احتساب شده است:

$$T_p = \sum_{a \in p} t(a)_p \quad \text{for } p = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$



جایی که $t(a)_p$ زمان سفر برای راه‌هایی است که متعلق به مسیر p می‌باشند. اگر این اولین تکرار باشد، به گام ۴-۲ بروید؛ در غیر این صورت، دو موقعیت پیش می‌آید:

(۱) مسیرهایی میان تقاطع مبدأ (S) و تقاطع مقصد (Dn) وجود ندارند؛ در این مورد اگر در تکرار قبلی، راه‌ها حذف شده بودند (گام ۴-۵) به گام ۴-۳ بروید. اگر برای هر دو تکرار



متوالی، هیچ احتمالی برای کشف مسیرها نبود به گام ۴-۶ بروید.
 (۲) مسیرهایی میان تقاطع مبدأ (S) و تقاطع مقصد (Dn) وجود دارند؛ به گام ۴-۲ بروید.

گام ۴,۲: راه‌های تنگنا را شناسایی کنید و شاخص‌های Cp/Tp را تعریف کنید. این امر ثابت شده است که ماکزیمم جریانی که به هریک از مسیرهای کشف شده می‌تواند اختصاص یابد، توسط راهی تعریف می‌شود کمترین ظرفیت را در مسیر دارد. (راه تنگنا هر مسیر، gp) شاخص (ظرفیت/ زمان سفر) برای هر مسیر تعریف می‌شود.

$$I_p + C_p/T_p \quad C_p + \min C(I, j)_p \quad P, P+1, \dots, K.$$

هر قطعه‌ای در گام ۴-۱ تکراری را تعریف می‌کند که در نتیجه گام ۴-۲ به دست آمده است. مسیرهای کشف شده و شاخص‌های مربوط به آن‌ها در یک لیست از مسیرهای (rk) ذخیره می‌شود، جایی که (I) نشان دهنده تعداد تکرارهاست. در تکرار اول (I=1)، شبکه نمونه اصلی استفاده شده است. اگر تکرار بعدی، یک تکرار زوج باشد، به گام ۴-۳ بروید تا راه‌های تنگنا را حذف کنید؛ اگر این تکرار یک تکرار فرد باشد به گام ۴-۴ بروید تا تقاطع‌های تصادفی را شناسایی کنید.

گام ۴,۳: اصلاح شبکه با حذف تنگ راه‌ها

راه‌های تنگنایی را که در دو تکرار قبلی (یا یک تکرار قبلی) شناسایی شده‌اند، حذف کنید و به گام ۴-۱ بازگردید. اصلاح انجام شده در شبکه RG برای ارزیابی مجدد مسیرها با توجه به ظرفیت و شاخص‌های Ip مربوط به آنهاست.
 اگر (I) تکرار فعلی باشد، بنابراین شبکه‌ای است که در این گام در تکرار I-۲ استفاده می‌شود، که از آن راه‌های تنگنا حذف شده‌اند. ما خواهیم داشت :

$$(3) \quad RGr = RGr-2 - \{ G r-1 P, Gr-2 P \} P + 1, 2 \dots K$$

جایی که به ترتیب، گروه راه‌های تنگنای دو تکرار قبلی خواهند بود. با شبکه گفته شده به گام ۴-۱ بازگردید.

گام ۴,۴: شناسایی تقاطع‌های تصادفی (همزمان)

در این گام، این امر ثابت شده است که اگر تقاطع‌های تصادفی در مسیرها وجود داشته باشد، تا به حال پیدا شده‌اند، اگر آن‌ها وجود داشتند، آن‌هایی را که با بیشترین تکرار به نظر می‌آیند، مشخص کنید.





اگر L تعداد مسیرهایی باشد که تا به حال (تا تکرار فعلی) کشف شده‌اند، و XL یک تقاطع از مسیر L باشد، $[XL]$ به عنوان تعداد مسیرهایی است که تقاطع XI در آن ظاهر شده است. اگر $[X] \geq (1-L-K)$ باشد، k مسیر مستقل می‌توانند در مسیرهای حاصل از فرمول بالا، پیدا شوند. در این صورت به گام $4-6$ بروید وگرنه به گام $4-5$ بروید.

گام $4,5$: اصلاح شبکه با حذف تقاطع‌های تصادفی

تقاطع‌های تصادفی را از شبکه RN حذف کنید و یا اگر این اولین مسیر این گام است از شبکه اولیه R حذف کنید، و به گام $4-1$ برگردید. تقاطع‌هایی که قرار است حذف شوند، آن‌هایی هستند که در گام قبل شناسایی شده‌اند. اگر XL گروه آن‌ها باشد و شبکه اصلاح شده با حذف تقاطع‌های مسیر قبلی در این گام باشد، سپس فرمول زیر را انجام دهید:

$$(4) \quad RN_r = RN_{r-2} - \{XL\}$$

و به گام $4-1$ بروید.

گام $4,6$: شناسایی و انتخاب گروه‌های k مسیر مستقل

در این گام، با شروع از گروه (L) که از مسیرهای اکتشافی در تکرار (I) می‌باشد، وجود مسیرهای مستقل اثبات شده است. اگر آن‌ها وجود داشته باشند، آن‌ها در گروه‌های k مسیر مستقل قرار داده می‌شوند؛ دو موقعیت می‌تواند اتفاق بیفتد:

(1) گروه‌های از k مسیر مستقل وجود دارند؛ در این صورت مجموع شاخص‌های مرتبط با آن‌ها محاسبه می‌شود، و گروه‌های دارای بیشترین مجموع انتخاب می‌شود. برای اینکه تصمیم بگیریم آیا این بهترین راه حل است، تجزیه و تحلیل زیر را می‌توان انجام داد: (i) اگر هیچ امکان دیگری برای کشف مسیرها در هر دو شبکه (RN) و (RG) وجود ندارد، بنابراین راه حل موجود بهترین است. (ii) اگر امکان کشف مسیرها وجود دارد، تکرارها ادامه می‌یابند و ما به گام $4-5$ بر می‌گردیم. این تجزیه و تحلیل برای شناسایی امکان کشف بهترین مسیرها بر اساس مفهوم ظرفیت بالقوه تقاطع‌ها است که توسط ظرفیت راه‌های مجاور تقاطع‌های داخلی در شبکه و در مقایسه با ظرفیت راه‌های مجاور تقاطع‌های مقصد یا مبدأ متمایز می‌شود. این ضابطه با جزئیات توسط کمپوس (۱۹۹۷) تشریح شده است.

(2) هیچ گروهی از k مسیر مستقل وجود ندارد؛ در این صورت دو احتمال وجود دارد: (i) اگر احتمال کشف مسیرها وجود نداشته باشد و گروهی از مسیرها با کمترین عامل اصلی k وجود داشته باشد، راه حل کشف شده همانی است که بیشترین مجموع شاخص‌ها را از میان گروه‌های کشف شده به دست می‌دهد، در غیر این صورت هیچ راه حلی وجود ندارد. (ii) اگر هنوز احتمال کشف مسیرها وجود دارد به گام $4-5$ بروید.

الگوریتم را تمام کنید.

• گام 5 : گروه n از مسیرها را از مبدأ (S) به تقاطع مقصد (Dn) برای شناسایی تقاطع‌های





تصادفی مقایسه کنید. اگر تقاطع‌های تصادفی پیدا نشدند، این بهترین راه حل ممکن است، در غیر این صورت به گام ۶ بروید.

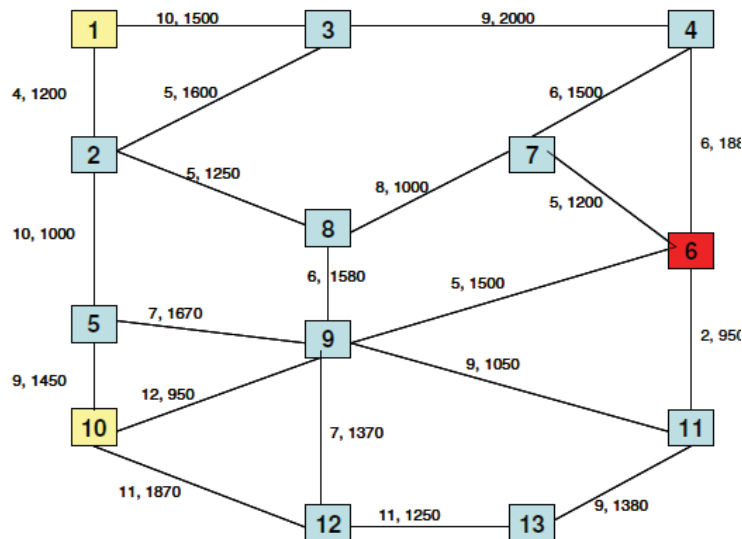
گام ۶: اصلاح شبکه با حذف تقاطع‌ها

تقاطع تصادفی که بالاترین رتبه را دارد، حذف کنید، اگر دو یا چند تقاطع تصادفی دیگر با همین رتبه وجود دارند، تقاطعی که کمترین ظرفیت را دارد، حذف کنید و به گام ۴ بروید. اگر راه حل عملی نیست، این یعنی مسیرهای مستقل بدون تقاطع‌های تصادفی شناسایی نشده‌اند، این تقاطع را نگه دارید و گام ۶ را برای همین تقاطع تصادفی تکرار کنید. اگر تمامی تقاطع‌های تصادفی تا به حال تجربه و تحلیل شده‌اند، به گام ۷ بروید.

گام ۷: شناسایی و انتخاب مسیرهای تخلیه:

آخرین گروه از مسیرها را به عنوان بهترین مسیرهای تخلیه نگاه دارید. برای وجود تقاطع‌های تصادفی آن را بررسی کنید. اگر تقاطع‌های تصادفی وجود دارند، برای حل مشکل آن‌ها اقدام کنید. الگوریتم را تمام کنید.

شکل ۱۰. تمرین برنامه ریزی (طراحی) تخلیه



تمرین طراحی و برنامه ریزی تخلیه

برای درک بهتر روش ارائه شده و نشان دادن امکان پذیری آن، در این بخش، یک برنامه کاربردی از این مسیر به عنوان تمرین طراحی و برنامه ریزی تخلیه معرفی شده است. در این





تمرین، یک منطقه بالقوه فاجعه تعریف شده است، همچنین پناه گاه‌های بالقوه‌ای که جمعیت آسیب دیده به آنجا پناه می‌برند. سپس شبکه حمل و نقل، ظرفیت و زمان سفر آن تعریف شده‌اند. شکل ۱ شبکه حمل و نقلی را که در این تمرین طراحی و برنامه ریزی تخلیه بکار رفته، معرفی می‌کند، با این هدف که ارزیابی مدل پیشنهادی در بخش ۳ امکان پذیر شود. مدلی که از لحاظ محاسباتی در برنامه ++C اجرا و تکمیل شده است. یک شبکه با ۱۳ تقاطع و ۲۱ راه (خط ارتباطی) بدون جهت و مشخصه‌های آن‌ها (ظرفیت مسیر، جریان و زمان سفر) ساخته شده، که در شکل ۱ نشان داده شده است. جریان وسایل نقلیه‌ای که قرار است تخلیه را انجام دهند، از نقطه مبدأ ۶ (منطقه فاجعه) می‌باشد، نقطه مرکزی منطقه بالقوه فاجعه که بهتر است در جریان رویداد موثر فاجعه، به سرعت تخلیه شود. تقاطع‌های مقصد، تقاطع‌های ۱ و ۱۰ می‌باشند که به عنوان پناه گاه‌های بالقوه از قبل تعریف شده‌اند. در میان احتمالات مختلف مسیرهای تخلیه در این سناریوی پیشنهادی، روشی که قادر بود دو مسیر مستقل تخلیه را از هر پناهگاه (تقاطع‌های ۱ و ۱۰) تا منطقه فاجعه، با احتساب زمان سفر و ظرفیت شبکه حمل و نقل به عنوان پارامترهای تجزیه و تحلیل، شناسایی کند. برنامه کاربردی روش پیشنهادی که بر طبق گام‌های این مدل توصیف شده است، در قسمت ۳ معرفی شد.

• گام‌های ۱، ۲ و ۳: شناسایی منطقه فاجعه خیز که طراحی و برنامه ریزی تخلیه در مورد آن اعمال می‌شود، تقاطع مبدأ S و تقاطع مقصد Dn (پناهگاه‌ها) در شبکه R شکل ۱ شبکه جاده‌ای که برای تخلیه از منطقه فاجعه خیز بالقوه استفاده شده را نشان می‌دهد. تشخیص تقاطع مبدأ با بکارگیری روش گرانش زمین در منطقه فاجعه خیز حاصل شده است. دو پناهگاه بالقوه از قبل تعریف شده‌اند. مکان تقاطع مبدأ (تقاطع ۶) همانند تقاطع‌های مقصد (۱ و ۱۰) در شبکه مشخص شده است، همان‌طور که در شکل ۱ آمده است.

• گام ۴: الگوریتم را برای کشف K مسیر مستقل از تقاطع مبدأ S به هریک از تقاطع‌های مقصد Dn با احتساب $\tau=K$ اجرا کنید.
الگوریتم K مسیر مستقل (بخش ۳) با این هدف بکار رفت تا دو مسیر از تقاطع ۶ به تقاطع ۱ و از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰ شناسایی شوند.

کشف ۲ مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱

- گام ۱، ۴: تشخیص ۲ تا از کوتاه‌ترین مسیرها



جدول ۲.۱ تا از کوتاه‌ترین مسیرها در R

Path order	Path nodes	Total time
۱	۶-۹-۸-۲-۱	۲۰
۲	۶-۷-۸-۲-۱	۲۲

- گام ۴,۲: شناسایی تنگ راهها و تعریف شاخص‌های Cp/Tp
 ظرفیت مسیر ۱ با توجه به تنگ راه (۱ و ۲) و وسیله نقلیه بر ساعت و ظرفیت مسیر ۲ با توجه به تنگ راه (۷ و ۸) و وسیله نقلیه بر ساعت می‌گیرد. شاخص‌های آنان، به ترتیب، ۶۰ و ۴۵/۴۵ است. در این اولین تکرار به گام ۴,۳ بروید تا تنگ راهها را حذف کنید.
 - گام ۴,۳: اصلاح شبکه با حذف تنگ راهها
 تنگ راههایی را که در گام قبلی شناسایی شده‌اند را از شبکه اصلی حذف کنید و تعریف کنید:

با احتساب شبکه RG۱، به گام ۴,۱ بروید.
 - گام ۴,۱: تشخیص ۲ تا از کوتاه‌ترین مسیرها

$$RG^1 = R' - \{(2, 1): (7, 8)\}$$

جدول ۲.۲ تا از کوتاه‌ترین مسیرها در RN

Path order	Path nodes	Total Time
۳	۲۱	۱۴۵۰
۴	۳۴	۱۱۰۰





-گام ۲,۴: شناسایی تنگ راهها و تعریف شاخص های Cp/Tp

ظرفیت مسیر ۳ با توجه به تنگ راه (۱ و ۳) و وسیله نقلیه بر ساعت و ظرفیت مسیر ۴ با توجه به تنگ راه (۶ و ۷) و وسیله نقلیه بر ساعت می گیرد. شاخص های آنان، به ترتیب، ۶۰ و ۴۰ است.

از آنجا که در تکرار قبلی تنگ راهها حذف شده بودند به گام ۴,۴ بروید.

-گام ۴,۴: شناسایی تقاطع های تصادفی

با بررسی هر ۴ مسیر، ما می توانیم تشخیص بدهیم که تقاطع های ۲ و ۳ و ۴ و ۷ و ۸ حداقل در دو مسیر متفاوت ظاهر شده اند. هر کدام از آنها دارای $X_1 = 2$ و $L = 4$ (۴ مسیر، تا این گام کشف شده اند) هستند، در نتیجه $[X_1] \geq (1-L-K)$ می باشد و ۲ مسیر مستقل می توانند بین مسیرهای بدست آمده، یافت شوند. در این مورد به گام ۴,۶ بروید.

-گام ۴,۶: شناسایی و انتخاب گروه های K مسیر مستقل
در این گام، وجود ۳ گروه از مسیرهای مستقل دوتایی، تأیید شده است.

$$K_1 = \{2, 3\} \quad \sum_{p=2,3} I_p = 10545$$

$$K_2 = \{1, 4\} \quad \sum_{p=1,4} I_p = 100$$

$$K_3 = \{1, 3\} \quad \sum_{p=1,3} I_p = 120$$

از آنجا که مجموع شاخص ها برای گروه K۳ بالاترین ارزش را دارد، این گروه انتخاب شده است. جدول ۳، گروه مسیرهای مستقل دوتایی شناسایی شده را نشان می دهد.

جدول ۳. کوتاه ترین مسیرهای دوتایی شناسایی شده از تقاطع ۶ به تقاطع ۱

Path nodes	Total time	Capacity	Cp/Tp
۶-۹-۸-۲-۱	۲۰	۱۲۰۰	۶۰
۶-۴-۳-۱	۲۵	۱۵۰۰	۶۰

۵۷



پتانسیل درونی شبکه برابر است با بیشترین پتانسیل موثر تقاطع های شبکه، بنابراین پتانسیل درونی برای شبکه تحلیل شده برابر است با ۱۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت. با مقایسه این مقدار بدست آمده به کل جریان اضافی که می تواند به تقاطع مقصد ۱ برود $(PMI(r))$ و کل جریان اضافی که می تواند به تقاطع مقصد ۶ برود $(PI(T) = 1800)$ ، ما می توانیم اثبات کنیم که ارزش (مقدار) $(PMI(r))$ بزرگتر از مینیمم $\{(PE(S), PI(T))\}$ است. بنابراین،



ماکزیمم پتانسیل شبکه برابر است با ۱۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت. بنابراین، نسبت محدوده C/T ، یعنی، نسبت $PMI(r)$ و بیشترین زمان سفر کل در میان مسیرهای تکرار آخر (در این مورد $T=30$ برای مسیر ۴)، برابر است با ۵۰، یک مقدار که از نسبت‌های گروه دو مسیر مستقل پیدا شده تا به الآن کمتر است. بنابراین، امکان پیدا کردن مسیرهای بهتر وجود ندارد، پس راه حل فعلی مطلوب ترین است.

کشف ۲ مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰

همان روندی که برای پیدا کردن دو مسیر مستقل از تقاطع ۶ به ۱ بکار رفت در اینجا استفاده می‌شود. نتایج نهایی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. کوتاه‌ترین دو مسیر شناسایی شده از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰

Path nodes	Total time	Capacity	Cp/Tp
۶-۹-۵-۱۰	۲۱	۱۴۵۰	۶۹.۰۴
۶-۱۱-۱۳-۱۲-۱۰	۳۴	۱۱۰۰	۳۲.۳

• گام ۵: شناسایی تقاطع‌های تصادفی در ۲ مجموعه دو مسیر از تقاطع ۶ به تقاطع‌های ۱ و ۱۰

تقاطع ۹ در تلاقی با مسیر ۱-۲-۸-۹-۶ و مسیر ۱۰-۵-۹-۶ است، بنابراین به گام ۶ بروید.

• گام ۶: اصلاح شبکه با حذف تقاطع‌های دارای تلاقی

تقاطع ۹ حذف شد و گام ۴ تکرار شد.

• گام ۴: الگوریتم کشف k مسیر مستقل از تقاطع مقصد S به هر تقاطع مقصد Dn را با احتساب $k=2$ اجرا کنید.

گام ۴، ۱: کشف ۲ مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱

همان روندی که قبل از حذف تقاطع ۹، برای کشف دو مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱ بکار رفته بود، تکرار شده است. نتایج نهایی در جدول ۵ نشان داده شده‌اند.

جدول ۵. کوتاه‌ترین دو مسیر شناسایی شده از تقاطع ۶ به تقاطع ۱، بعد از حذف تقاطع ۹

Path nodes	Total time	Capacity	Cp/Tp
۶-۷-۸-۲-۱	۲۲	۱۰۰۰	۴۵.۴
۶-۴-۳-۱	۲۴	۱۵۰۰	۶۲.۵





گام ۲,۴: کشف ۲ مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰

همان روندی که برای کشف دو مسیر مستقل از تقاطع ۶ به تقاطع ۱ قبل از حذف تقاطع ۹ بکار رفته بود، تکرار شد. با این وجود، وقتی تقاطع ۹ حذف شده است، تنها یک مسیر احتمالی ممکن از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰ (۱۰-۱۲-۱۳-۱۱-۶) وجود دارد. بنابراین، ما می‌توانیم مسیر ۱۰-۵-۹-۶ را از تکرار قبلی به عنوان یک راه جایگزین نگه داریم. نتایج نهایی در جدول ۶ نشان داده شده اند.

جدول ۶. کوتاه‌ترین دو مسیر شناسایی شده از تقاطع ۶ به تقاطع ۱۰، بعد از حذف تقاطع ۹

Path nodes	Total time	Capacity	Cp/Tp
۶-۹-۵-۱۰	۲۱	۱۴۵۰	۶۹.۰۴
۶-۱۱-۱۳-۱۲-۱۰	۳۴	۱۱۰۰	۳۲.۳

گام ۵: شناسایی تقاطع‌های دارای تلاقی در گروه مسیرهای دوتایی از تقاطع ۶ به تقاطع‌های ۱ و ۱۰

هیچ تقاطع دارای تلاقی کشف نشد، پس این بهترین راه حل ممکن است (جدول ۶).

نتیجه گیری

برنامه‌ریزی و طراحی تخلیه بخش مهمی از طرح‌های اضطراری است، عمدتاً در مناطق حساس و آسیب پذیر نسبت به فجایع، بر اهمیت برنامه ریزی و طراحی تخلیه باید تأکید شود، بخاطر نقش عمده آن در عملیات‌های امداد اضطراری. چنین برنامه‌هایی می‌توانند افراد انتقال داده شده را به مسیرهای ثابت و یا پناه‌گاه‌های در اولویت به فجایع اختصاص دهند، که می‌تواند به مدیریت موثر بحران‌ها و موقعیت‌های اضطراری کمک کند. در این زمینه، این مقاله روشی را برای تعریف دو مسیر مستقل و بدون تقاطع از منطقه آسیب دیده (مبدأ) به پناه‌گاه‌ها (مقصد)، برای اختصاص دادن به جریان ترافیک وسایل نقلیه، با احتساب زمان سفر و ظرفیت شبکه حمل و نقل، به عنوان پارامترهای تجزیه و تحلیل، تعریف می‌کند. مسیرها هیچ نقطه برخورد و تلاقی ندارند. با این حال، در مواردی که کشف گروهی از مسیرها بدون نقاط برخورد، عملی نباشد، این روش آگاهی قبلی را نسبت به این نقاط تلاقی، برای نیاز به مداخله جهت اجتناب از بروز تصادفات به مدیران می‌دهد. این روش دو مسیر مستقل را از مبدأ به هر نقطه مقصد شناسایی می‌کند، بنابراین جریان ترافیک شبکه حمل و نقل می‌تواند به مسیری اختصاص داده شود، که سرعت تخلیه را افزایش می‌دهد و همچنین در موارد نقص تأسیسات زیربنایی و یا بسته شدن جاده‌ها، یک مسیر جایگزین وجود داشته باشد.

روش پیشنهادی در مورد سایر شبکه‌های حمل و نقل امتحان شده و کارآمدی و فایده آن به اثبات رسیده است. این الگوریتم از لحاظ محاسباتی در برنامه ++C برای این امتحانات بکار رفته است، اگرچه این برنامه نیاز به اصلاح و پیشرفت دارد. بعلاوه، شبکه باید بطور موثرتری





پتانسیل منطقه فاجعه را، شامل جاده‌های اصلی منطقه (آنهایی که بهترین شرایط فیزیکی را برای ترافیک معرفی می‌کنند)، و رای تعریف منبع (مبدأ) و تقاطع‌های مقصد (پناه‌گاه‌ها)، معرفی می‌کند. مبدأ جریان می‌تواند فقط یکی باشد، و اگر بیشتر از یک تقاطع وجود دارد، ضروری است که یک مبدأ فرضی که به منابع مختلفی مرتبط می‌شود، ایجاد شود. روش پیشنهادی اجازه یک تحلیل قبلی را نسبت به سناریوهای مختلف می‌دهد. شامل: کل جریان وسایل نقلیه در تخلیه، جایگزینی در جهت گیری جاده‌ها و مکان پناه‌گاه‌ها برای جمعیت. این همچنین می‌تواند در یک پروسه شبیه سازی، بکار رود.

منابع

- Alexander, D. Principles of Emergency Planning and Management. Oxford University Press, 2002.
- Apte, A. (2009.) Humanitarian Logistics: a new field of research and action. Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management, 3 (1), 1-100.
- Barbarosoglu, G. & Arda, Y. (2004). A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. Journal of the Operational Research Society, 55, 43-53.
- Boa Ventura Netto, P. (1996). Grafos: theory, models, algorithms. São Paulo: Publishing Edgar Blucher.
- Bollobás, B. (1978). Extremal Graph Theory. New York: Academic Press.
- Campos, V.B.G. (1997). Method for flow allocation in transport planning in emergency situations: definition of disjoint routes, Doctoral Thesis, Eng. of Produção COPPE/UFRJ.
- Campos, V.B.G, SILVA, P.; NETTO, P. (1999). Evacuation transportation planning: a method of identify optimal independent routes. Proceedings of the V International Conference on Urban Transport and the Environment for the 21st century. Boston: WIT Press.
- Chandes, J. & Paché, G. (2009). Investigating humanitarian logistics issues: from operations management to strategic action. Journal of Manufacturing Technology Management, 21(3), 320-340.
- Han, L., Yuan, F., Chin, S. & Hwang, H. Global Optimization of Emergency Evacuation Assignments. Interfaces, 36(6), 502-513, 2006.
- Kovacs, G. & Spens, K. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations.





- International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 37 (2), 99-114.
- Kovacs, G. & Spens, K. (2009). Identifying challenges in humanitarian logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 39, n. 6, p. 506-528, 2009.
- Sapir, G. (2011). Disasters in numbers 2010. CRED, Catholic University of Louvain, Brussels (Belgium).
- Shier, D. (1979). Algorithms goes finding the k-shortest paths in network. Networks, 195 - 214.

