نشریه علمی «شهر تاب‌آور»
سال اول، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۸؛ ص ۶-۱

بهینه‌سازی کمک‌رسانی به مناطق بحرانی با بهره‌گیری از GIS از طریق شبکه‌های جاده‌ای (مطالعه موردی: استان یزد)

محمودرضا دلاور[۱]، صفا خزائی[۲*]

۱- استاد، گروه مهندسی نقشه‌برداری و ژئوماتیک، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، دانشگاه جامع امام حسین(ع)

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵ ، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵)

چکیده

در هنگام وقوع بحران، تصمیم‌گیری مناسب برای کمک‌رسانی به مناطق بحرانی نقش به‌سزایی در کاهش خسارات جانی و مالی دارد. هدف اصلی این مقاله استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در بهینه‌سازی کمک‌رسانی به مناطق بحرانی که نیازمند منابع مشخصی هستند، از طریق وسایل نقلیه در شبکه جاده‌ای کشور می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، تحلیل‌های شبکه شامل یافتن بهترین مسیر و تخصیص بهینه منابع، مورد نیاز می‌باشند. دست‌یابی به بهترین مسیر بین ایستگاه‌های کمک‌رسانی و مناطق بحرانی با در نظر گرفتن زمان سفر به عنوان وزن جاده‌ها صورت می‌گیرد و تخصیص بهینه منابع با ارائه یک تابع هدف پیشنهادی با دو معیار حداقل زمان و هزینه انجام می‌پذیرد. رویکرد پیشنهادی مورد نظر در قالب یک سامانه نمونه برای استان یزد پیاده‌سازی و ارزیابی گردید.

کلید واژه‌ها: الگوریتم دیکسترا، بحران، بهترین مسیر، بهینه‌سازی، تخصیص منابع، سامانه اطلاعات جغرافیایی

۱- مقدمه

حوادث و بلایای غیر مترقبه (از قبیل سیل، زلزله و امثال آن) همواره منابع مالی و انسانی جوامع را به شدت تهدید نموده‌اند. بعد از پیشگیری تنها راه مقابله با بحران، آمادگی و برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد، که با مدیریت اثربخش بحران و استفاده از ابزارهای کارآمد میسر می‌گردد. در این راستا به سبب پیچیدگی مسائل، متغیرها و وضعیت‌های بحرانی، دسترسی به اطلاعات و تصمیم‌گیری صحیح بیش از هر زمان دیگری از اهمیت برخوردار است. امروزه سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS[۱]) به عنوان علم و فناوری کارآمدی در حمایت از تصمیم‌گیری مکانی می‌باشند و به طور گسترده در مدیریت بحران مورد استفاده قرار می‌گیرند.

GIS به صورت مجموعه‌ای از نرم‌افزار، سخت‌افزار، داده‌ها، متخصصین و مدل‌ها جهت اخذ، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش و تحلیل، انتقال و نمایش داده‌های مکان مرجع جهت حمایت از تصمیم گیری برای حل یک مشکل تعریف می‌شوند [۱]. امروزه کاربردهای گسترده GIS در سه طبقه کلی شامل کاربردهای اجتماعی- اقتصادی (مانند طراحی شهری)، کاربردهای محیطی (مانند جنگلداری) و کاربردهای مدیریتی از قبیل مراحل مختلف چرخه مدیریت بحران، بویژه مدیریت کمک‌رسانی در مرحله پاسخ[۲] به بحران، گنجانده می‌شوند [۲].

بیش از دو دهه است که بهینه سازی ریاضی در کاربردهای مختلف بویژه حمل و نقل و کاربری شهری در سامانه‌های GIS تحت عنوان GIS-T[۳] مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است [۴-۳]. چرا که یک GIS با قابلیت‌های بهینه‌سازی برای عملیاتی نمودن چنین سامانه‌های برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری می‌تواند بسیار کارآمد باشد. نرم‌افزار TransCAD یکی از نمونه‌های اصلی حاصل این تلاش‌ها است. این نرم‌افزار دارای توابع بهینه‌سازی متعددی از قبیل کوتاهترین مسیر، فروشنده سیار، شبیه‌سازی آنتروپی و مکان‌یابی تسهیلات می‌باشد [۵]. علی‌رغم توانمندی‌های قابل قبول TransCAD در سامانه‌های برنامه‌ریزی حمل و نقل، به منظور ایجاد یک سامانه ویژه مدیریت امداد و نجات بومی در کشور که بر پایه نرم افزارهای متداول GIS و نرم‌افزارهای بهینه‌سازی، به سهولت قابل توسعه باشد، این تحقیق مطرح گردید. لازم به ذکر است در این زمینه در کشورهای مختلف تحقیقات مختلفی انجام شده است. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات [۶] و [۷] اشاره نمود. در این تحقیقات از GIS برای بهینه سازی مسیریابی در مواقع امدادرسانی اضطراری در سطح شهر استفاده شده است.

*رایانامه نویسنده مسئول: skhazai@ihu.ac.ir

1- Geographic Information System

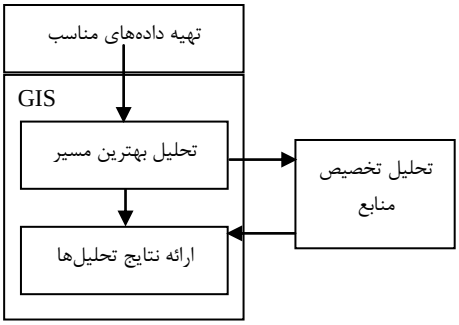
2- GIS-Transportation

در این پژوهش برای حل مسأله بهینه‌سازی کمک‌رسانی به مناطق بحرانی با استفاده از GIS در شبکه جاده‌ای کشور سه فرض زیر در نظر گرفته شده است. ۱) وقوع بحران از طریق عوامل انسانی یا سامانه‌های خودکار هشدار اولیه‌ی بحران (مانند ایستگاه‌های زلزله نگاری) سریعاً به مرکز مدیریت بحران کشور گزارش شده است. ۲) ارزیابی میزان خسارات ناشی از بحران به صورت خودکار توسط سامانه‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای (از قبیل منظومه پنج ماهواره‌ای DMC[1] که دارای سنجنده‌های تصویربرداری پنکروماتیک و چندطیفی با توان تفکیک مکانی مناسب در کاربردهای مدیریت بحران می‌باشند) و هوایی (مانند پرنده‌های بدون سرنشین استراتوسفری[2] [۸]) انجام شده است. ۳) منابع مورد نیاز مناطق بحرانی (از قبیل سوخت، غذا، دارو، پوشاک و ...) مشخص شده است. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از حل این مسأله‌ی بهینه‌سازی می‌تواند برای ایستگاه‌های کمک‌رسانی مربوطه از طرق مختلف به‌ویژه Web-GIS اعلام گردد.

در این تحقیق بهینه‌سازی کمک‌رسانی به مناطق بحرانی را که یک نوع مسأله مسیریابی وسایل نقلیه[3] است به صورت دو مسأله به‌هم پیوسته بهترین مسیر[4] و تخصیص بهینه منابع[5] در نظر گرفته می‌شود. هدف مسأله اول (بهترین مسیر) مسیریابی وسایل نقلیه در شبکه جاده‌ای کشور جهت انتقال اقلام مورد نیاز مناطق بحرانی در کمترین زمان و با کمترین هزینه است. در حالی‌که هدف مسأله دوم (تخصیص بهینه منابع) یافتن یک تخصیص بهینه از اقلام مورد نیاز مناطق بحرانی به ایستگاه‌های کمک‌رسانی و وسایل نقلیه قابل دسترس است.

۲- روش تحقیق

روش این تحقیق به صورت شکل (۱) است که در ادامه به توصیف آن پرداخته می‌شود.



شکل (۱): فلوچارت کلی روش تحقیق

۲-۱- تهیه داده‌های مناسب

تهیه داده‌های رقومی مناسب که مشتمل بر نقشه‌های رقومی جاده‌ها، مراکز جمعیتی و ایستگاه‌های کمک رسانی کشور است به همراه اطلاعات توصیفی داده‌های رقومی مذکور که شامل اطلاعات مربوط به وضعیت ترافیکی جاده‌ها، پتانسیل تأمین منابع در ایستگاه‌های کمک‌رسانی و نیازمندی‌های مناطق بحرانی است، لازمه مراحل بعدی تحلیل بهینه‌سازی کمک‌رسانی می‌باشد. لازم به ذکر است داده‌های مذکور باید به‌روز باشند.

۲-۲- تحلیل بهترین مسیر

مسأله بهترین مسیر از جمله مباحث مهم در نظریه گراف می‌باشد و به صورت مسأله "یافتن یک مسیر بین دو گره مجزا در یک گراف با کمترین طول یا هزینه کلی" تعریف می‌شود [۹].

از آنجا که هدف این مقاله کمک‌رسانی به مناطق بحرانی می‌باشد، لذا هسته سیستم کمک‌رسانی موردنظر، یک الگوریتم بهترین مسیر می باشد. اکثر تحقیقات انتشاریافته روی الگوریتم-های بهترین مسیر در شبکه‌های جریان[6] که دارای وزن یا هزینه مشخص برای یالها (آرکها) می‌باشند حاکی از آن است‌که الگوریتم دیکسترا[7] اصلی ترین الگوریتم بهترین مسیر می‌باشد، چرا که زمان اجرای آن پائین می‌باشد [۱۰-۹]. این الگوریتم توسط دیکسترا (۱۹۵۹) ارائه گردید [۱۱]. این الگوریتم نه تنها بهترین مسیر بین دو گره را می‌یابد، بلکه بهترین مسیر را از یک گره به همه گره‌های دیگر را نیز ارائه می‌کند.

از آنجائی‌که یک شبکه حمل و نقل جاده‌ای به‌طور طبیعی قابل نمایش به‌وسیله یک گراف وزندار و جهت‌دار می‌باشد [۵]، بنابراین، الگوریتم دیکسترا در شبکه حمل و نقل جاده‌ای برای یافتن بهترین مسیر مناسب‌ترین الگوریتم می‌باشد. هر گره در گراف شبکه حمل و نقل جاده‌ای دارای یک موقعیت مشخص (مانند شهرها) بوده، یال‌ها (ارتباط بین دو گره مجاور) جاده‌ها هستند که دارای یک وزن مشخص (مانند طول) بوده و مسیرها یک توالی ارتباطات بین گره‌ها به‌وسیله یال‌های متصل شده در یک جهت می‌باشند [۱۲]. در اکثر نرم افزارهای GIS از قبیل TransCAD، MapInfo وArcGIS که دارای قابلیت‌های تحلیل شبکه می‌باشند، الگوریتم دیکسترا پیاده‌سازی گردیده است [۱۳].

در سیستم‌های GIS معیار پیش فرض برای انتخاب بهترین مسیر در یک شبکه، طول مسیر می‌باشد. این معیار به هیچ وجه نمی‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب بهترین مسیر در شبکه جاده‌ها باشد. مناسب‌ترین معیار انتخاب بهترین مسیر، زمان سفر

1- Disaster management Constellation
2- Stratospheric unmanned aerial vehicles
3- Vehicle-Routing Problem
4- Optimum Path
5- Resource Allocation
6- Flow Networks
7- Dijkstra

می‌باشد. زمان سفر در برگیرنده پارامترهای مختلفی از قبیل طول راه، توپوگرافی مسیر راه، پل‌ها، تونل‌ها و .... می‌باشد. از آنجایی‌که زمان سفر مقدار ثابتی نبوده و بستگی به عواملی از قبیل حجم ترافیک دارد، معمولاً به صورت یک تابع به نام تابع زمان سفر- حجم معرفی می‌گردد. از بین مدل‌های ریاضی مختلف پیشنهاد شده برای توابع زمان سفر- حجم، متداول‌ترین مدل که در اکثر مطالعات انجام شده در مناطق مختلف جهان و نیز در ایران استفاده شده، مدل پیشنهادی اداره راه‌های فدرال ایالات متحده آمریکا است که به مدل BPR[1] معروف می‌باشد و شکل تابعی آن به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد [۱۴] :

$$t = t_0(1+\beta(\frac{v}{Q})^n) \qquad (۱)$$

در این تابع، t زمان سفر برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه) ، v حجم جریان ترافیک (بر حسب وسیله نقلیه سواری در ساعت)، t_0 زمان سفر آزاد برای طی یک کیلومتر از طول راه (بر حسب دقیقه)، Q ظرفیت راه (برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت) و β و n پارامترهای مدل می‌باشند. معمولاً پارامترهای β و n مستقل از نوع راه فرض می‌شوند (در اکثر مطالعات انجام شده در مناطق مختلف جهان از جمله ایران، β=۰/۱۵ و n=۴ پیشنهاد شده است [۱۴]). در حالی‌که پارامترهای t_0 و Q به ویژگی‌های راه بستگی دارند [۱۵]. Q معمولاً بر حسب عرض سواره رو جاده و در سطح خدمت یک(تردد آزاد و بدون محدودیت) برآورد می‌گردد. در اینجا زمان سفر آزاد با توجه به سرعت پایه (حداکثر سرعت ممکن در جاده با حفظ ایمنی کامل)، از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$t_0 = \frac{\text{۱ (کیلومتر)}}{\text{سرعت پایه (کیلومتر در ساعت)}} \times ۶۰ \quad \text{(ساعت)} \qquad (۲)$$

بنابراین، توابع زمان سفر- حجم در جاده به صورت جدول (۱) ارائه می‌گردد [۹]. در این جدول، w عرض سواره‌رو راه بر حسب متر می‌باشد.

با معلوم بودن مقادیر v و w برای هر نوع راه، مقادیر t به‌دست می‌آید. سپس با توجه به طول واقعی مسیر (L)، وزن یا ارزش جاده (cost) که همان زمان سفر لازم برای طی آن مسیر می باشد، محاسبه گشته (رابطه ۳) و در الگوریتم دیکسترا برای یافتن بهترین مسیرها به‌کارگرفته می‌شود.

$$\text{cost} = t \times L \qquad (۳)$$

1- Bureau of Public

جدول (۱): تابع زمان سفر- حجم برای انواع جاده‌ها [۱۱].

نوع راه	سرعت پایه (کیلومتر در ساعت)	t
آزاد راه	۱۲۰	$0.5(1+0.15(\frac{v}{410w})^4)$
بزرگراه	۱۰۰	$0.6(1+0.15(\frac{v}{340w})^4)$
راه اصلی	۸۰	$0.75(1+0.15(\frac{v}{220w})^4)$
راه فرعی	۶۰	$1+0.15(\frac{v}{130w})^4$

۲-۳- تحلیل تخصیص منابع

مسأله تخصیص بهینه منابع نیز مسأله‌ای است که در آن باید عناصر یک مجموعه(منابع) را به طریقی به عناصر مجموعه دیگر(مقاصد) نگاشت داد که با در نظر گرفتن قیود خطی مقدار مطلوب تابع هدف(حداقل هزینه ارسال) به‌دست آید [۱۶].

با توجه به هدف مورد نظر که بهینه‌سازی کمک‌رسانی به یکسری منطقه بحرانی از طریق ایستگاه‌های کمک‌رسانی در حداقل زمان (با درجه اهمیت اصلی یا اول) و کمترین هزینه (با درجه اهمیت فرعی یا دوم) می باشد، لذا با دو تابع هدف سروکار داریم. بنابراین، از تصمیم‌گیری‌های چند معیاره جهت تلفیق توابع هدف و سازگاری ابعادی آنها استفاده می‌شود. تابع هدف کلی مدل بهینه‌سازی کمک‌رسانی یک مدل بهینه‌سازی خطی است که به‌صورت رابطه (۴) ارائه می‌گردد.

$$Min \quad \lambda_1\left[\frac{f(x)-f(x^*)}{f(x^*)}\right]+\lambda_2\left[\frac{g(y)-g(y^*)}{g(y^*)}\right] \qquad (۴)$$

در معادله مذکور، $f(x)$ و $g(y)$ به ترتیب توابع هدف اصلی و فرعی مدل بهینه سازی بوده که به صورت روابط (۵) و (۶) ارائه می‌گردند.

$$f(x)=\sum_{i\in P}\sum_{j\in Q}\sum_{k\in V}\sum_{r\in R}x_{ijkr}t_{ijk} \qquad (۵)$$

$$g(y)=\sum_{i\in P}\sum_{j\in Q}\sum_{k\in V}\sum_{r\in R}y_{ijkr}c_{ijk} \qquad (۶)$$

$f(x^*)$ و $g(y^*)$ نیز بیانگر مقادیر برآورد شده دو توابع هدف Min $f(x)$ و Min $g(y)$ بوده و با توجه به قیود مدل بهینه‌سازی (روابط ۸ تا ۱۶) می‌باشند. λ_1 و λ_2 نیز به ترتیب، ضرائب اهمیت ثابت برای دو تابع هدف اصلی و فرعی مذکور می‌باشند. پارامترهای توابع هدف اصلی و فرعی (روابط ۵ و۶) نیز عبارتند از:

- P: مجموعه ایستگاه‌های کمک‌رسانی
- Q: مجموعه مناطق بحرانی
- V: مجموعه انواع وسایل نقلیه
- R: مجموعه منابع مورد نیاز مناطق بحرانی
- t_{ijk}: زمان سفر وسیله نقلیه نوع k از ایستگاه کمک‌رسانی i به منطقه بحرانی j
- c_{ijk}: هزینه حمل‌ونقل منابع توسط وسیله نقلیه نوع k از ایستگاه کمک‌رسانی i به منطقه بحرانی j می‌باشد. در این تحقیق با توجه به هزینه حمل و نقل منابع توسط هر نوع وسیله نقلیه در واحد زمان (شامل هزینه تعمیر و نگهداری و ...)، هزینه حمل و نقل منابع به کمک زمان سفر محاسبه می‌گردد. رابطه (۷) گویای این مطلب می باشد.

$$c_{ijk} = l_k \times t_{ijk} \quad (۷)$$

در رابطه فوق، l_k هزینه حمل و نقل منابع توسط وسایل نقلیه نوع k در واحد زمان (ساعت) می باشد.

- x_{ijkr} یک متغیر تصمیم‌گیری باینری (۰ یا ۱) است و بیانگر حرکت یا عدم حرکت وسیله نقلیه نوع k جهت حمل منبع r از ایستگاه کمک‌رسانی i به منطقه بحرانی j می‌باشد.
- y_{ijkr}، یک متغیر تصمیم‌گیری است که مقدار منبع r که توسط وسیله نقلیه نوع k از ایستگاه کمک‌رسانی i به منطقه بحرانی j باید حمل شود را مشخص می‌کند.

قیود مدل بهینه‌سازی نیز عبارتند از :

$$\sum_{i\in P}\sum_{k\in V} y_{ijkr} \geq D_{jr} \quad (۸)$$

$$\sum_{j\in Q}\sum_{k\in V} y_{ijkr} \leq S_{ir} \quad (۹)$$

$$\sum_{j\in Q} w_{ijk} \leq M_{ik} \quad (۱۰)$$

$$w_{ijk} - \sum (y_{ijkr} / a_{kr}) \geq 0 \quad (۱۱)$$

$$w_{ijk} - \sum (y_{ijkr} / a_{kr}) \leq 1 \quad (۱۲)$$

$$y_{ijkr} - I.x_{ijkr} \leq 0 \quad (۱۳)$$

$$x_{ijkr} = \{0,1\} \quad (۱۴)$$

$$y_{ijkr} \geq 0 \quad (۱۵)$$

$$w_{ijk} \in N = \{0,1,2,...\} \quad (۱۶)$$

پارامترهای توابع قیود فوق عبارتند از:

- D_{jr}: مقدار منبع r مورد نیاز منطقه بحرانی j
- S_{ir}: مقدار منبع r موجود در ایستگاه کمک رسانی i
- M_{ik}: تعداد وسیله نقلیه نوع k در ایستگاه کمک رسانی i
- a_{kr}: ظرفیت وسیله نقلیه نوع k از منبع r
- I: یک عدد ثابت مثبت خیلی بزرگ می‌باشد.
- w_{ijk}: یک متغیر تصمیم‌گیری است که تعداد وسیله نقلیه نوع k جهت عزیمت از ایستگاه کمک‌رسانی i به منطقه بحرانی j را مشخص می‌کند.

رابطه (۸) بیان می‌کند که، مجموع مقادیر منابع ارسال شده از ایستگاه های کمک‌رسانی به هر یک از مناطق بحرانی باید از مقدار منبع مورد نیاز آن منطقه بحرانی بیشتر یا حداقل برابر باشد. رابطه (۹) بیان می‌کند که، مجموع مقادیر یک منبع ارسال شده از هر یک از ایستگاه‌های کمک‌رسانی به مناطق بحرانی باید از مقدار آن منبع در آن ایستگاه کمک‌رسانی تجاوز ننماید.

رابطه (۱۰) بیان می‌کند که تعداد وسایل نقلیه از یک نوع مشخص که از یک ایستگاه کمک‌رسانی به یک منطقه بحرانی عزیمت می‌نمایند باید از تعداد موجود در آن ایستگاه تجاوز نکند. روابط (۱۱) و (۱۲) نیز قیود مربوط به تعداد وسایل نقلیه با توجه به ظرفیت آنها را ارائه می‌دهد. رابطه (۱۳)، جهت وابستگی بین دو متغیر تصمیم x و y تعریف شده و روابط (۱۴) تا (۱۶) نیز حدود متغیرهای تصمیم‌گیری را بیان می‌نماید.

۳- مطالعه موردی

در این قسمت مراحل اجرای تحقیق را در قالب مطالعه موردی استان یزد تشریح می‌نمائیم.

۳-۱- داده‌ها

داده‌های تهیه شده در این تحقیق شامل سه لایه اصلی اطلاعات مکانی، مشتمل بر لایه جمعیتی (شهرها، بخش‌ها و دهستان‌ها)، لایه راه‌ها و لایه محدوده استان‌ها می‌باشد که از نقشه رقومی راه‌های ایران در مقیاس یک میلیونیم حاصل گردیدند. جهت تست و ارزیابی مدل بهینه‌سازی کمک‌رسانی، استان یزد به عنوان منطقه مطالعه موردی انتخاب گردید. داده‌های جاده‌ای مورد استفاده در استان یزد مشتمل بر AADT[1] (ترافیک روزانه متوسط سالیانه)، نوع راه، طول راه‌ها و عرض سواره‌رو جاده‌ها می‌باشد. همچنین حجم ترافیکی در هر جهت حرکتی (بر حسب

1- Annual Average Daily Traffic

تعداد وسیله نقلیه سواری در ساعت) با استفاده از رابطه (۱۷) برآورد گردید.

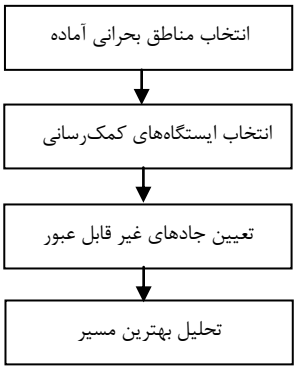
$$v \cong \frac{AADT}{2\times 24} \qquad (۱۷)$$

سپس زمانهای سفر نیز برای هر جاده در جدول اطلاعات توصیفی جاده ها محاسبه و ثبت گردید. همچنین منابع مورد نیاز مناطق بحرانی و نیز تعدادی وسایل نقلیه معین در هر ایستگاه کمک‌رسانی به همراه هزینه حمل و نقل ساعتی و ظرفیت آنها از هر منبع شبیه‌سازی گردید.

۳-۲- تحلیل یافتن بهترین مسیر

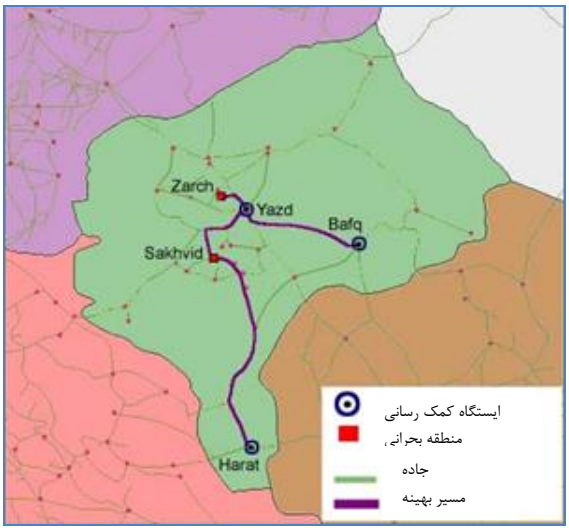
در این مرحله، تحلیل شبکه جهت یافتن بهترین مسیر بین ایستگاه‌های کمک‌رسانی و مناطق بحرانی در GIS انجام می‌گیرد. همچنین در این مرحله این فرض که برای هر منطقه بحرانی تنها از ایستگاه‌های کمک رسانی استان مربوطه، کمک‌رسانی باید انجام گیرد، در نظر گرفته می‌شود.

فلوچارت تحلیل شبکه مورد نظر (شکل (۲)) بدین صورت است که در مرحله اول، منطقه یا مناطق بحرانی توسط تصمیم گیرنده مشخص می‌گردند، سپس ایستگاه‌های کمک‌رسانی در استانی که منطقه (مناطق) بحرانی را در بر می‌گیرد انتخاب می‌گردد و در مرحله بعد، ایستگاه‌های کمک‌رسانی آماده عملیات از بین ایستگاه‌های کمک‌رسانی موجود، توسط تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌گردند.



شکل (۲): فلوچارت تحلیل شبکه جهت یافتن بهترین مسیر

به علت برخی عوامل از قبیل تصادفات، ریزش بهمن، تعمیرات و ... برخی جاده‌ها از لیست جاده‌ها حذف می‌گردند. این کار با انتخاب جاده (جاده‌های) مورد نظر و بالا بردن هزینه یا ارزش آن‌ها به میزان بی‌نهایت در مرحله سوم صورت می‌گیرد. در مرحله آخر نیز بهترین مسیرها بین ایستگاه‌های کمک‌رسانی و مناطق بحرانی همراه با زمان‌های سفر بهترین مسیرها محاسبه و نمایش داده می‌شوند (شکل (۳)).



شکل (۳): نمایش نتیجه تحلیل یافتن بهترین مسیرها در شبکه جاده‌های استان یزد. در این نمونه، شهر زارچ به عنوان منطقه بحرانی و شهرهای یزد، بافق و هرات به عنوان ایستگاه‌های کمک‌رسانی در نظر گرفته شده‌اند.

۳-۳- تحلیل بهینه‌سازی کمک‌رسانی

به صورت یک سامانه نمونه، مدل بهینه‌سازی ارائه‌شده در این تحقیق، در نرم‌افزار بهینه‌سازی Lingo برنامه‌نویسی گردید. جهت انتقال داده‌ها بین ArcGIS و Lingo از قابلیت ODBC[1] سامانه عامل ویندوز استفاده گردید. بدین صورت که ArcGIS نتایج تحلیل شبکه یافتن بهترین مسیر بین ایستگاه‌های کمک‌رسانی و مناطق بحرانی مشتمل بر زمان ها و هزینه‌های سفر را به صورت یک جدول ارسال می‌نماید و سپس Lingo این داده‌ها را جهت انجام عملیات بهینه‌سازی از ODBC اخذ نموده و پس از انجام پردازش بهینه‌سازی، نتایج را در قالب یک جدول به ODBC ارسال می‌نماید که در مرحله بعدی این اطلاعات توسط ArcGIS اخذ و نمایش داده می‌شوند.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق تحلیل بهترین مسیر و نیز نتایج حاصل از حل یک مدل پیشنهادی بهینه‌سازی کمک‌رسانی در محیط GIS پیاده‌سازی گردید. نتایجی که در انجام کار عملی و آزمایش‌های متعدد در این تحقیق حاصل گردید بیانگر این است که مدل ارائه شده جهت بهینه‌سازی کمک‌رسانی به مناطق بحرانی می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد، لذا این روش به نوبه خود نمونه مناسبی برای مدیریت پشتیبانی و کمک‌رسانی در شرایط اضطراری و بحران می‌باشد و نیز به‌کارگیری آن در کلان شهرها توصیه می‌گردد.

1- Open Data Base Connectivity

علاوه‌بر این، پیاده‌سازی سامانه اولیه در این تحقیق نشان داد که بالا بردن قابلیت‌های تحلیل شبکه در GIS به کمک نرم‌افزارهای بهینه‌سازی، محیط قدرتمندی برای تصمیم‌گیری به‌خصوص تصمیم‌گیری‌های چند معیاره را فراهم می‌نماید.

۵- منابع

[1] S. Aronoff, "Geographic Information Systems: A Management Perspective," WDL Publications, 1989.

[2] D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. ED. Rhind, "Geographical Information Systems: Principle and Applications, Longman Scientific and Technical," Harlow, England, UK, 1991.

[3] M. M. Fischer, "Spatial Information and Geocomputation," Springer, 2006.

[4] S. Fotheringham and P. Rogerson, "Spatial Analysis and GIS," Taylor and Francis e-Library, 2005.

[5] M. Bell and Y. Idia, "Transportation Network Analysis," John Wiley, Chichester (UK), New York, 1997.

[6] L. Qiuping, T. Wei, and Z. Li, "Reliable Rescue Routing Optimization for Urban Emergency Logistics under Travel Time Uncertainty," ISPRS Int. J. Geo-Inf., vol. 7, no. 77, 2018.

[7] S. Ahmed, R. F. Ibrahim, and H. A. Hefny, "GIS-Based Network Analysis for the Roads Network of the Greater Cairo Area," Proceedings of the International Conference on Applied Research in Computer Science and Engineering ICAR'17, 2017.

[8] S. Khazaei, "Proposed architecture for using stratospheric UAVs in the country's rescue management," Third International Conference on Integrated Management of Crisis in Natural Disasters, 2009 (in Persian).

[9] B. Cherkassky, A. Goldberg, and T. Radzik, "Shortest Paths Algorithms: Theory and Experimental Evaluation," Technical Report 93-1480, Stanford University, 1993.

[10] W. Zeng and R. L. Church, "Finding shortest paths on real road networks: the case for A*," International Journal of Geographical Information Science, pp. 531-543, 2008.

[11] D. Moazami, "Graph theory and its applications," Tehran University Publication Center, 1999 (in Persian).

[12] A. A. Asad and B. L. Golden, "Arc routing methods and applications," Handbooks in operations research and Management Science, Volume and Elsevier, Amsterdam, pp. 375-483, 1995.

[13] E. Lupien, A. H. Morel, and W. J. Dangermond, "Network Analysis in Geographic Information Systems," Photogrametric Engineering and Remote Sensing, vol. 53, pp. 1417-142, 1987.

[14] Tehran Transportation Comprehensive Studies and Traffic, "Final Report of the Travel-Volume Time Study Project," Report No. 111, Library of Iran's Transportation and Terminals Organization, 1995 (in Persian).

[15] M. A. Soukhkian, "Planning and Analysis of Industrial Decisions," JAHAD University Press (MAJED), 1993 (in Persian).

[16] J. Hof and M. Bevers, "Spatial Optimization in Ecological Applications," Colombia University Press, 2002.

[17] J. D. D. Ortuzar and L. G. Willumsen, "Modelling Transport," John Wiey &Sons, 1990.

Using GIS to Optimize Rescue for Critical Regions Through Road Networks (Case Study: Yazd Province)

M. R. Delavar, S. Khazaei*

*Imam Hossein University

(Received: 06/08/2019, Accepted: 07/10/2019)

ABSTRACT

In the event of a crisis, appropriate decisions for helping the crisis regions play an important role in reducing life and financial loss. This paper aimed at using the Geographic Information Systems (GIS) to optimize relief to critical regions that are required specified resources by vehicles on road networks of the country. To meet this goal, network analysis including optimum path finding and optimal resource allocation are needed. The optimum path between rescue stations and critical regions is achieved by taking the travel time as the weight of road. Moreover, the optimal resource allocation is obtained by introducing a proposed objective function with minimizing time and cost criteria. Both data management and presenting of the results are accomplished by the GIS. As a prototype system, the proposed approach is implemented and assessed in Yazd province.

Keywords: Dijkstra Algorithm, Crisis, Optimum path, Optimization, Resource Allocation, Geographic Information System (GIS)

*Corresponding Author Email: skhazai@ihu.ac.ir