Archive of SID

بکارگیری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی(GIS) برای تعیین مسیر بهینه مواد سوختی خطرناک

ماشا الله سعیدیان طبسی،عضو هیات علمی (استادیار) گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
امیر سبحانی، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
مشهد- میدان آزادی- پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، گروه عمران، دانشکده مهندسی
Email:Saeidiant@yahoo.com
Amir_sbi@yahoo.com
Tel: 09151163281-09151107431
FAX: 0511-8763301

چکیده:

در بررسی نگرانی رو به افزایش در مورد امنیت حمل و نقل ، نیاز فوری به بهبود شیوه تعیین مسیر کامیونهای حامل مواد خطرناک[1] در شبکه های جاده ای شهری و خارج از شهر ، احساس می شود در تعیین مسیر چنین وسایل نقلیه ای نه تنها باید امنیت وسایل عبور کننده تضمین شود بلکه باید خطر استفاده از کامیونهای حامل مواد خطرناک به عنوان سلاحی کشتار جمعی مورد توجه قرار گیرد.در همین راستا مقاله حاضر کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)[2] را جهت یافتن شیوه ای جدید برای ارزیابی میزان خطر حمل و نقل کامیونهای حامل مواد خطرناک بررسی می کند.

واژگان کلیدی: ایمنی،بهینه سازی،ترافیک برون شهری،حمل و نقل،راه،سیستم های اطلاعات جغرافیایی، مسیر بهینه،ملاحظات امنیتی،مواد سوختی خطرناک،وسایل نقلیه سنگین.

---

[1] Hazardous Materials
[2] Geographic Information Systems

مقدمه:

پس از وقایع ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱ در نیویورک و واشنگتن ، موارد امنیتی مورد توجه فراوانی قرار گرفت. سیاست گذاران با توجه به این هشدار شدید، به سوی بهبود و اصلاح امنیت سیستمهای حمل و نقل گام برداشتند. کامیونهای حامل مواد خطرناک در صورتیکه مورد سوء استفاده قرار گیرد، می تواند شکلی از سلاحهای کشتار جمعی باشد؛ بنابراین به منظور منعکس نمودن گرایشات اخیر در مورد تاکید بر امنیت حمل و نقل ، یک ارزیابی بسیار جامع از طراحی مسیر کامیونها مورد نیاز است.

تعیین و طراحی مسیر کامیونهای حامل مواد خطرناک از موارد متداول بررسی و تحقیق در کشورهای مختلف بوده است. از جمله در ایالات متحده آمریکا در اعلامیه اداره (FHWA)[3] [۳]، فرایند تعیین مسیرهای در برگیرنده کامیونهای حامل مواد خطرناک خلاصه شده است. این راهنما علاوه بر جمعیت در معرض خطر، فاکتورهایی نظیر وجود تسهیلاتی همچون مدارس ، بیمارستانها، ایستگاههای آتشنشانی و مخازن که ممکن است بر تصمیم گیری در مورد انتخاب مسیرهای جایگزین تأثیر گذارد را مشخص می نماید. امکانات بالقوه واکنش فوری ممکن است از موارد حیاتی در ارزیابی نتایج تصادفاتی باشد که منجر به رهایی مواد سوختی خطرناک می گردد. همچنین این راهنما بیان می کند که ارزیابی احتمال فشار بر تجارت ، بخش لاینفک فرآیند انتخاب است. به علاوه ، سطح خدمات بزرگراه به طور کلی بر مدت سفر، سرعت حمل و نقل و امنیت تأثیر گذاشته و احتمال کاهش تصادفات را افزایش میدهد. فاکتورهای فوق آشکارا از سوی Turnquist و List [۸] مورد استفاده قرار گرفت. آنان در این مورد که اهداف چندگانه باید در این تحلیل ادغام گردد، هم عقیده بودند. آنها اظهار نمودند که وجود معیارهای چندگانه بدان معناست که معمولاً شناسایی و تعیین یک مسیر با اولویت فراوان میان مبداء و مقصد، غیرممکن است. بنابراین باید بر یافتن مجموعه ای از مسیرهای فرعی تمرکز یافت که بیانگر توازنات دقیق است. آنها در تحلیل خود بر معیارهای ذیل از جمله هزینه عملیاتی ، نرخ تصادفات ، جمعیت در معرض خطر و تعداد مدارس در حوزه تحت تأثیر ، متمرکز گردیده بودند.

در این بررسی تلاش می شود تا مجموعه ای از معیارهای ارزیابی که می توان در تعیین مسیر کامیونهای حامل مواد سوختی خطرناک از آنها بهره گرفت، و نیز فاکتورهایی که به جنبه امنیتی می پردازد مشخص گردد.

کاربرد GIS در مسیر یابی بهینه حمل و نقل مواد خطرناک:

Abkowitz [۱] بر این عقیده است که از GIS می توان به منظور تخمین بسیار مؤثر نتایج استفاده نمود. آنان مطالعه موردی حمل و نقل سوخت موشکی در کالیفرنیا را مورد استفاده قرار دادند. با استفاده از ترکیبات معیارهای مسیریابی (پراکندگی جمعیت، احتمال تصادف و مناطق حساس به لحاظ زیست محیطی) که هر یک از اهمیت متفاوتی برخوردارند، می توان تبادلات میان جایگزینهای گوناگون را مورد بررسی قرار داد. سیستم GIS امکان محاسبه زمان متوسط واکنش فوری به هر قسمت از شبکه ایالتی جاده ها را فراهم می آورد. GIS همچنین می تواند مؤثرترین شیوه را برای تخلیه و تعیین مناسبترین روش مسیریابی دوباره ترافیکی مشخص سازد.

---

[3] Federal Highway Administration

Souletrette و Sathisan (۱۹۹٤) [۷] از GIS در حمل و نقل مواد رادیواکتیو بهره جستند. داده های کلیدی که برای مسیریابی مواد خطرناک توسط آنها بررسی شد، شامل جمعیت شناسی، جنبه های زیست محیطی و ویژگیهای سیستم حمل و نقل می شود. آنان سه شیوه مطالعات مقایسه ای، ارزیابی بدترین حالت و ارزیابی خطر احتمال را مشخص نمودند.

Brainard و سایرین (۱۹۹٦) [۲]، استفاده از GIS را برای محمولههای زاید آبی با بهره گیری از چهار شیوه :

- تعیین مسیر در کوتاهترین زمان
- مسیریابی از طریق ترغیب بزرگراهها و جاده های دو باندی
- مسیریابی به منظور احتراز از تجمع فراوان
- مسیریابی با هدف احتراز از تصادفات.

تشریح نمودند.

دو شیوه نخست برای شناسایی محتمل ترین مسیرهای مورد استفاده رانندگان تانکر برای ارائه محموله هایشان مورد استفاده قرار می گرفت و دو شیوه دیگر، موارد کاهش دهنده خطر بود. آسیب پذیری آبهای زیرزمینی نیز در تحقیق آنها مورد توجه قرار گرفت

نیاز به توجه به مسایل امنیتی، موضوعی است که اخیراً مورد توجه بسیار قرار گرفته است. Abkowitz [۱] اظهار میدارد که ارزیابی خطر حمل و نقل باید بر موارد سوء استفاده شخصی که قبلاً در توجیه ارزیابی مدیریت خطر غیرمحتمل به نظر می رسید، منطبق گردد. به همین ترتیب، توانایی های بالقوه واکنش فوری باید برای کنترل تعداد تلفات و ناجیان، کافی و مؤثر باشد. گزارش تحقیقاتی دیگری در جولای ۲۰۰٤ در سنگاپور منتشر شد که در آن از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و الگوریتم ژنتیکی برای یافتن مسیر بهینه کامیونهای حامل مواد سوختی خطرناک استفاده گردیده است[٤]. این مقاله، شش ویژگی را برای انجام ارزیابی آسیب پذیری تشریح می نماید. این ویژگیها عبارتند از :

- تعیین اموال مهم و اصلی
- ارزیابی آسیب پذیری
- ارزیابی نتایج و پیامدها
- مشخص نمودن راهکارها
- تخمین هزینه اقدامات متقابل
- بازبینی برنامه های عملیاتی امنیتی

با توجه به هزینه ، امنیت و ایمنی، پنج معیار مورد توجه است [٤]:

۱- **موقعیت** : در صورت آزادسازی مواد شیمیایی یا انفجار آنها، جمعیت قرار گرفته در معرض این حادثه از طریق تراکم جمعیتی اطراف زمین مورد استفاده نشان داده می شود. جمعیت قرار گرفته در معرض خطر یک فاکتور اساسی در تعیین نتایج رها شدن مواد شیمیایی در تجزیه و تحلیل میزان خطر است.

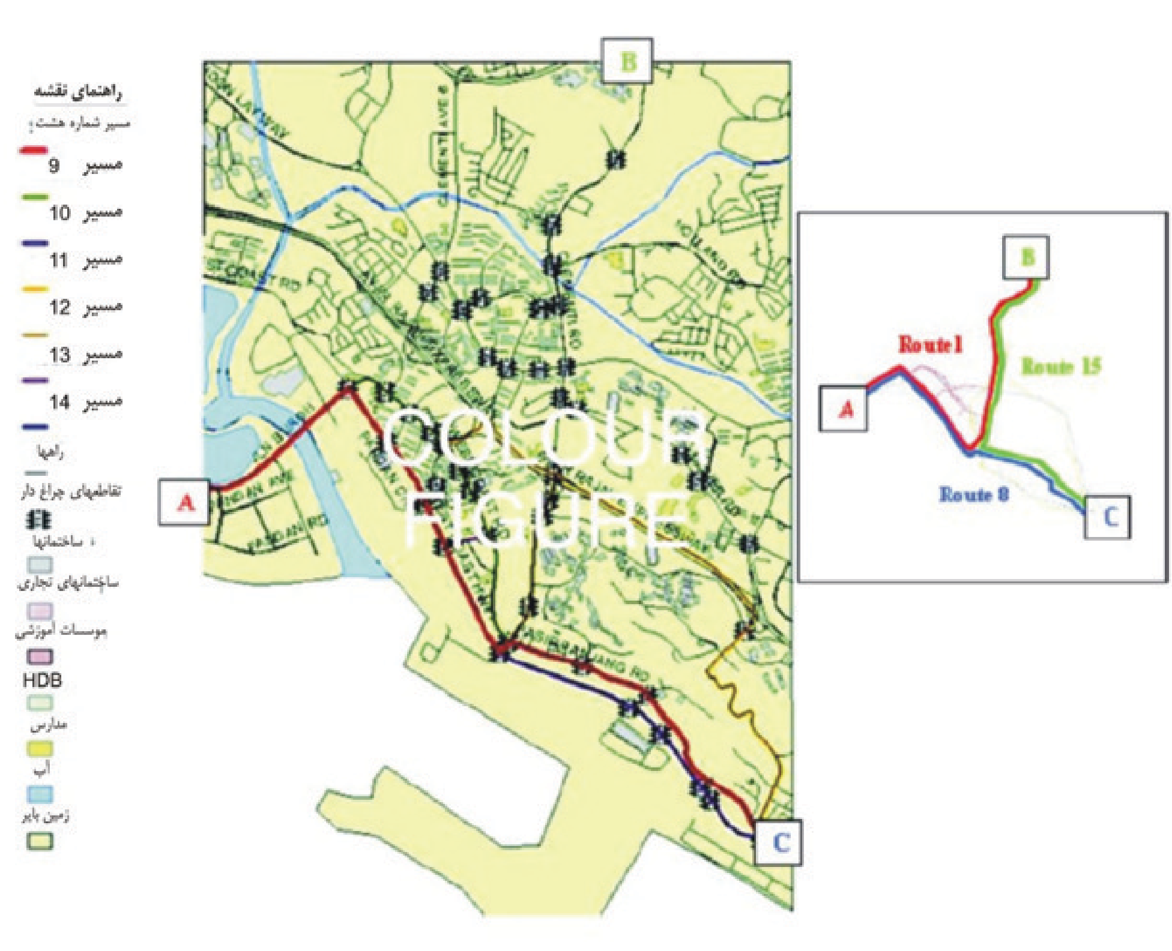
۲- **تأثیر اجتماعی اقتصادی** : این فاکتور برای هزینه های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از صدمات حاصل از تصادف یک کامیون حامل مواد خطرناک مورد توجه قرار می گیرد.

۳- **خطر ربوده شدن** : تراکم جمعیتی مناطق اطراف بیانگر سهولت وقوع سرقت است. تصور می شود که ربوده شدن در طول مسیرهای خلوت جاده محتمل تر باشد.

٤- **شرایط ترافیکی** : شرایط ترافیکی نظیر سرعت و جریان بر زمان حمل و نقل، امنیت جاده و هزینه های عملیاتی تأثیر می گذارد. ازدحام ممکن است منجر به خطر تصادفات بیشتر گردد.

۵- **پاسخ ضروری** : امکانات پاسخ یا واکنش فوری می تواند یک مورد اساسی در ارزیابی نتایج تصادفاتی باشد که منجر به رهاسازی یا انفجار مواد شیمیایی می شود. موقعیت تیمهای واکنش فوری و نیز نزدیکی به بیمارستان در نجات حادثه دیدگان، مؤثر و دخیل است.

در ادامه به توضیح چگونگی تجزیه وتحلیل معیارهای فوق توسط GIS برای مسیر یابی بهینه مواد سوختی خطرناک می پردازیم.همانطور که در شکل۱ ملاحظه می شود حوزه ای به مساحت سه کیلومتردر سه کیلومتردر نظر گرفته شده است.



شکل ۱- حوزه بررسی و مسیر شماره ۸ و شش مسیر جایگزین آن

تجزیه و تحلیل با بهره گیری از GIS:

بهره گیری از GIS در طراحی مسیر وسایل نقلیه، مزایایی بر شیوه های سنتی دارد. استفاده از نقشه ها به تنهایی برای تعیین حوزه تصادف و برای یافتن خصوصیات، ملال انگیز و وقت گیر است. GIS امکان افزودن لایه های مربوطه را، که می توان برای چنین تحلیل فضایی مورد استفاده قرار داد، فراهم می آورد. GIS امکانات پایگاه اطلاعاتی را که می تواند داده های ویژگی را کنترل نماید، ارائه می کند. داده های ویژگی ، ساده و نسبتاً دقیق هستند. برای انجام تحلیل مسیر از Arc GIS به عنوان نرم افزار GIS استفاده شده است.

پس از مشخص ساختن معیارها ، تعدادی از فاکتورها که زیر مجموعه هر معیار است، تعیین می گردد. این فاکتورها قابل سنجش بوده و به هر فاکتور امتیاز عددی از ۱ تا ۵ داده می شود که این امتیاز به مقدار ویژگی، بستگی دارد. جدول ۱ بیانگر جزیی از سیستم امتیازدهی برای ویژگی ها است.

جدول ۱-نمونه سیستم امتیاز گذاری فاکتورها

واکنش فوری	۱	۲	۳	۴	۵
نزدیکی به ایستگاه آتش نشانی	۰-۰٫۵ km	۰٫۵-1 km	۱-۱٫۵ km	۱٫۵-۲ km	>2km
نزدیکی به مرکز پلیس	۰-۰٫۵ km	۰٫۵-1 km	۱-۱٫۵ km	۱٫۵-۲ km	>2km
نزدیکی به بیمارستانها	۰-۱ km	۱-۲ km	۲-۳ km	۳-۴ km	>4km
نزدیکی به کمپهای ارتش	۰-۰٫۵ km	۰٫۵-1 km	۱-۱٫۵ km	۱٫۵-۲ km	>2km
فراوانی شبکه	-	-	3 or more lanes	2lane	1lane

۱- موقعیت :

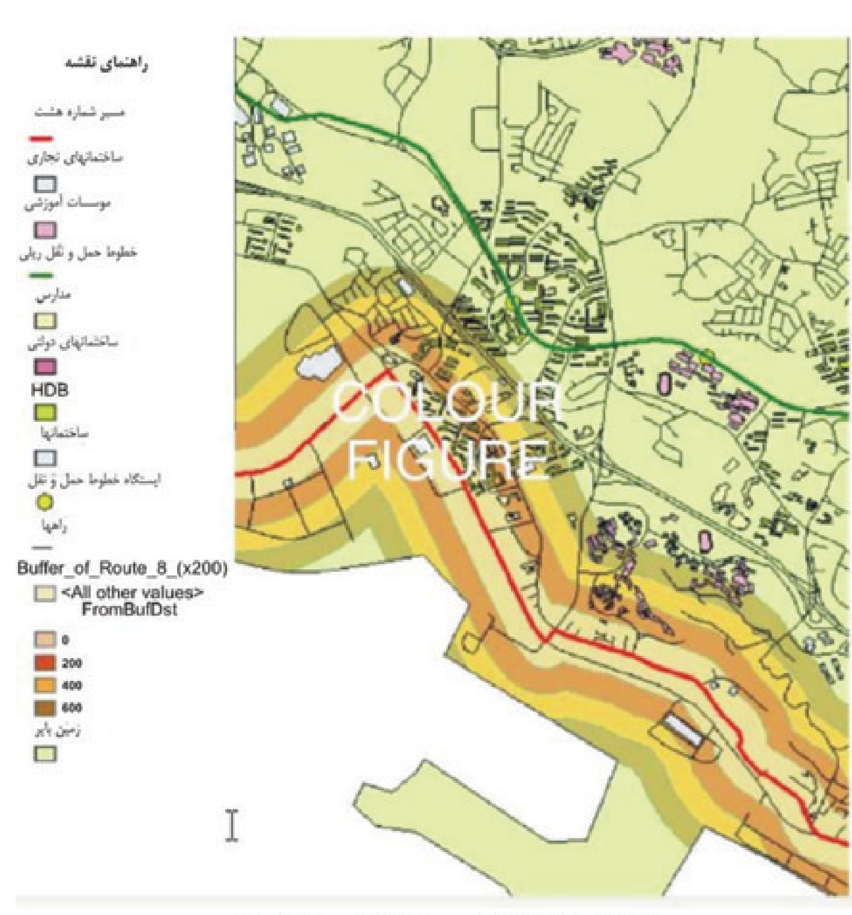
در Arc GIS، یک منطقه میانی با هدف شبیه سازی منطقه احتمالی تصادف، ایجاد می شود. منطقه احتمالی تصادف برای مواد خطرناک قابل اشتعال و سوختی ۰٫۸ کیلومتر در کلیه جهت ها در نظر گرفته شده است. شکل۲ نشان‌دهنده منطقه میانی ۰٫۸ کیلومتری در هر دو سوی بزرگراه ساحل غربی است. از آنجائیکه جمعیت در معرض قرار گرفته، نگرانی عمده می باشد، ویژگیهای مورد توجه شامل نوع کاربرد منطقه مسکونی، ساختمانهای تجاری و دولتی، مناطق صنعتی، تعداد ساختمانهای مدارس و ایستگاههای ترانزیت سریع توده مردم[4] (MRT) می باشد. از طریق Arc GIS ، ویژگیهای مناسب مورد بررسی قرار گرفته و امتیازات مربوطه مورد محاسبه قرار می گیرد.

۲- تأثیر اجتماعی اقتصادی :

بر اساس مناطق میانی یا حوزه تصادف، آسیب احتمالی وجود مواد سوختی خطرناک ممکن است با توجه به صدمه فیزیکی به زیرساختهای پیرامونی مورد محاسبه قرار گیرد. این امر ممکن است منجر به نتایج منفی اقتصادی – اجتماعی گردد. زیرساخت های مورد توجه این معیار شامل خانه های مسکونی، ساختمانهای تجاری و صنعتی، حوزه های آبی ، پمپهای بنزین و گازوئیل، پلها و پایانه های اصلی حمل و نقل می باشد. در این مورد از مسیرهای دارای تونل احتراز می شود. علت آن هم این است که تونلها فضاهای محدودی بوده و هر نوع آزادسازی یا انفجار در تونل منجر به پیچیدگی بیشتر در عملیات نجات می گردد از آنجائیکه تونلها، غالباً اتصالات حیاتی حمل و نقل هستند، در فرایند مسیریابی بهتر است از آنها احتراز گردد.[۶]

---

[4] Mass Rapid Transit



شکل۲- Arc GIS بوجود آورنده مناطق میانی

۳- خطر ربوده شدن:

ممکن است کامیونها در حوزه های کم جمعیت سرقت شود. مناطق دارای شاخ و برگ فراوان پوشش خوبی را فراهم آورده و ممکن است به عنوان مناطق مخفی برای کمین نمودن مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین ، به این دو خصوصیت که نامطلوب شمرده می شود، امتیازات بالاتری داده می شود.

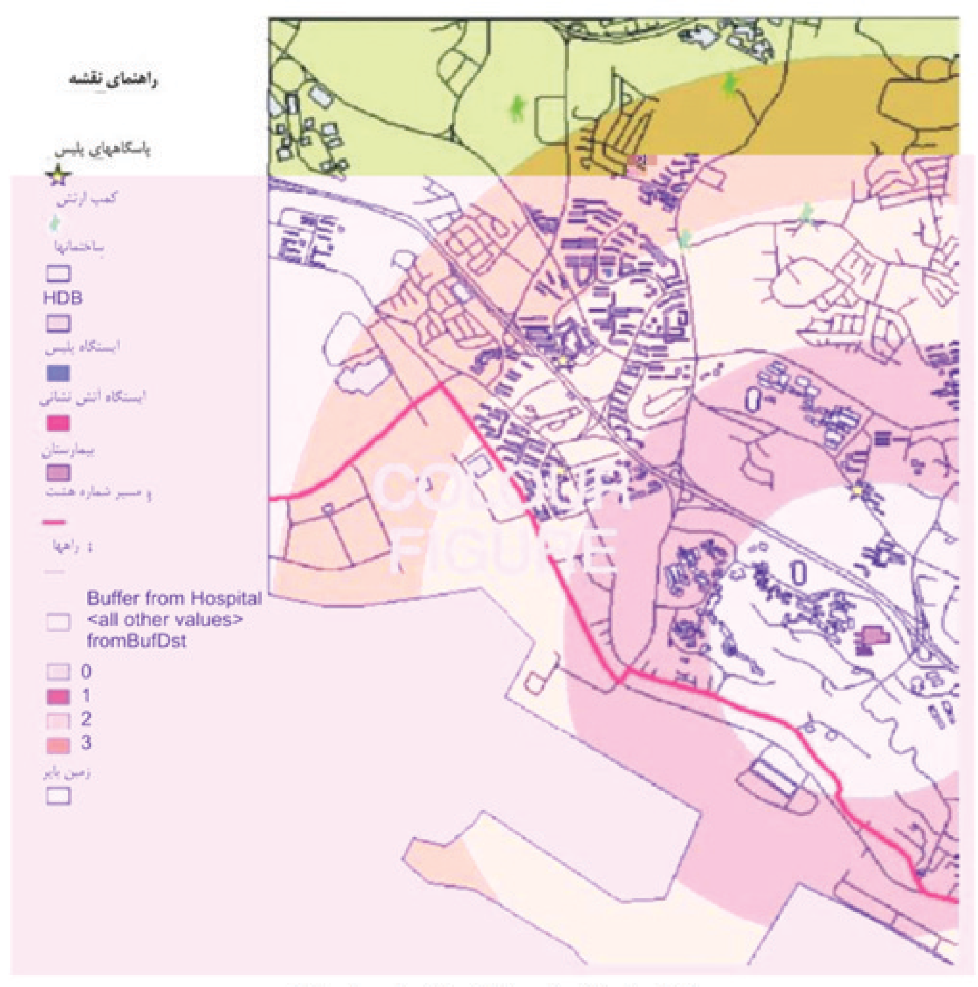
٤- شرایط ترافیکی:

تراکم ترافیکی ، جریان یا حجم ترافیکی، سرعت متوسط، تعداد تقاطعات علامت گذاری شده و تعداد تصادفات، ملاحظات مهمی برای هزینه، ایمنی و امنیت هستند. تراکم بالای ترافیکی بیانگر جمعیت بالای کاربران جاده هاست که در معرض آزادسازی مواد شیمیایی یا انفجار قرار دارد. سرعت متوسط بالاتر، منجر به زمان مسافرت کوتاهتر می شود. با این حال، این امر نیز منجر به احتمال تصادف بیشتر شده و ممنوعیت پلیس را دشوار می‌سازد.[۵]

همچنین تقاطعات علامتگذاری شده در ممنوعیت پلیس کمک می نماید، چرا که جریان ترافیکی ممکن است به مقدار زیادی دامنگیر راننده تکرو شود. با اینحال تعداد بیشتر تقاطعات علامتگذاری شده به معنای زمان طولانی تر سفر و هزینه های بالاتر می باشد.

۵- واکنش فوری:

نزدیکی مسیرها به یک مکان خاص یا اتصال به یک ایستگاه آتش نشانی و یا بیمارستان، زمان واکنش را در عملیات نجات بهبود می بخشد. نزدیکی مراکز پلیس و پایگاههای نظامی می تواند پاسخی سریع به درخواست ممنوعیت رانندگان تکرو یا انسداد جاده ای را به دنبال داشته باشد. حضور این مراکز در مجاورت مسیرها ممکن است به عنوان یک بازدارنده در برابر خرابکاری احتمالی عمل نماید. شکل ۳، بیانگر تأثیر منطقه ای یک بیمارستان است.



شکل ۳- انشعاب منطقه میانی از بیمارستان

اهمیت نسبی معیارهای مربوطه، به همراه فاکتورهای آنها با بهره گیری از یک GA (الگوریتم ژنتیکی)[5] مشخص می گردد. خروجی GA، مجموعه ای از ارزشهاست که بیانگر اهمیت نسبی آنها می باشد. ارزش و امتیازات تصاعدی که بیانگر بهای کلی هر مسیر می باشد به صورت ذیل ارائه گردیده است[٤]:

$$\text{بهای عمومی مسیر } R=\left(\sum_{c=1}^{nc}\left(w_c\sum_{cf=1}^{ncf}w_{cf}s_{cf}\right)\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه، معیارها = C ؛ تعداد معیارها = n_c ؛ ارزش(وزن) معیار = w_c ؛ فاکتور(ضریب) هر معیار = cf ؛ تعداد فاکتورهای(ضریب های) هر معیار $n_{cf}=c$ ؛ ارزش(وزن) فاکتور(ضریب) f هر معیار $w_{cf}=c$ ؛ امتیاز فاکتور(ضریب) f در معیار $sf_c=c$ می باشد. هدف از این شیوه تضمین این امر است که مسیر توصیه شده دارای کمترین هزینه فراگیر (یا یکی از کمترین هزینه ها) باشد.

نتیجه گیری:

بهره گیری از GIS امکان سنجش فاکتورها را فراهم می آورد، به گونه ای که، می توان امتیاز مناسب را ارائه نمود. با این حال، نقاط ضعفی همچون وابستگی فراوان نتایج به کیفیت و سازگاری اطلاعات ورودی در پایگاه اطلاعاتی GIS وجود دارد. این ضعف را می توان با استفاده از منابع قابل دسترسی اطلاعات موثق و نیز با کمتر نمودن فرضیات اختیاری، به حداقل رساند. اطلاعات ترافیکی بسیار دقیق بدست آمده از نظرسنجی ها، بسیار وقت گیر و پر هزینه بوده و به سرعت از حالت به روز بودن خارج می گردد [۲] .

بهره گیری از GIS در طراحی مسیر وسایل نقلیه، مزایایی بر شیوه های سنتی دارد. استفاده از نقشه ها به تنهایی برای تعیین حوزه تصادف و برای یافتن خصوصیات ، ملال انگیز و وقت گیر است. GIS امکان افزودن لایه های مربوطه را، که می توان برای چنین تحلیل فضایی مورد استفاده قرار داد، فراهم می آورد.در تحقیقات آتی شیوه به کار گرفته شده را می توان با پوشش حوزه وسیعتری از شبکه جاده ای در ایران، گسترش داد. این امر نیازمند جمع آوری اطلاعات کلی و دقیق برای تضمین دقت و به روز بودن پایگاه اطلاعاتی GIS است.و همچنین طبقه بندی سیستم امتیازگذاری برای تضمین اینکه امتیاز مناسبی به حوزه بررسی ارائه خواهد شد، ضروری است.

فهرست مراجع:

[1]-Abkowitz, M., 2002, Transportation Risk Management: A New Paradigm. Security Papers (Knoxville: Southeastern Transportation Center, University of Tennessee), pp. 93-103.

---

[5] Genetic Algorithms

[2]-Brainard, J., Lovvett, A., and Parfitt, J., 1996, Assessing hazardous waste transport risks using a GIS. International Journal of Geographical Information Systems, **10**, 831- 849.

[3]-FHWA, 1994, Guidelines for Applying Criteria to Designate Routes for Transporting Hazardous Materials. Report FHWA-SA-94-083, Federal Highway Administration,USA.

[4]-Haung, B., et al. GIS and Genetic Algorithm for HAZMAT Rout Planning With Security Considerations. International Journal of Geographical Information Systems, **00**, 1-19.

[5]-Luedtke, J., and White, C. C., 2002, HAZMAT Transportation and Security: Survey and Directions for Future Research (Department of Ind. & Sys. Engrg, Georgia Institute of Technology).

[6]-Polzin, S., 2002, Security Consideration in Transportation Planning. Security Papers (Knoxville: Southeastern Transportation Center, University of Tennessee).

[7]-Souletrette, R. R., and Sathisan, S. K., 1994, GIS for Radioactive materials transportation. Microcomputer in Civil Engineering, **9**, 295-303.

[8]-Turnquist, M. A., and List, G. F., 1993, Multiobjective Policy Analysis of Hazardous Materials Routing. In Transportation of Hazardous Materials, edited by L. N. Moses and D. Lindstrom (Boston: Kluwer Academic), pp. 103-116.

www.SID.ir