Archive of SID

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

پژوهش های کاربردی در مدیریت و حسابداری (سال پنجم)
شماره ۱۸ / تابستان ۱۳۹۹ / ص ۷۱-۵۴

بهینه‌سازی شبکه حمل مواد خطرناک مبتنی بر ریسک مطالعه موردی استان کردستان

سیده اسرا احمدی[۱]، مجید سبزه[۲]، یاسر کارگری[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت کسب و کار دانشگاه صنعتی شاهرود.

[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه تهران.

[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه تهران.

نام نویسنده مسئول:
سیده اسرا احمدی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۴

چکیده

مواد خطرناک و حمل نقل آن ممکن است بصورت گسترده‌ای جان و مال انسان‌ها را در معرض تهدید قرار دهد. مواد خطرناک شامل گازها، مواد منفجره، مواد آلاینده، موادی که باعث صدمه به محیط زیست می‌شوند، مواد سمی و غیره اقلامی هستند که بصورت‌های مختلف مثل مایعات، جامدات و گازها در هنگام حمل و نقل بخصوص تصادفات ممکن است فاجعه بوجود آورد. مقاله حاضر با شناسایی و طبقه بندی مواد خطرناک در شبک ای از راه‌های استان کردستان و استان‌های همجوار با مبدأ و مقصد متفاوت و تقاضای معین بررسی شده است. نخست، شاخص ریسک با مؤلفه‌های جمعیت و ریسک در هر مسیر محاسبه شد. در مسیریابی هم به ریسک در کل شبکه و هم به ریسک در مسیر توجه شده است تا عدالت در توزیع ریسک برقرار باشد. بنابراین مدل اصلی پیشنهادی این پژوهش یک مدل خطی یک سطحی با توجه تنها به مقوله ایمنی است، مسیرهایی ایمن برای حمل مواد خطرناک پیشنهاد شده است. از نتایج این پژوهش می‌توان در جلوگیری از حوادث حمل مواد خطرناک و مدیریت ناوگان ترابری این مواد بهره گرفت.

واژگان کلیدی: مواد خطرناک، شبکه حمل و نقل، ریسک، بهینه‌سازی، نرم افزار GAMS.

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

مقدمه

حمل و نقل مواد خطرناک[1] مساله مهمی در جوامع صنعتی است و این اهمیت به دلیل فراگیر بودن این مواد می‌باشد. ماده خطرناک به ماده‌ای گفته می‌شود که علی‌رغم کاربرد زیاد در صنعت، با توجه به خصوصیات فیزیکی-شیمیایی می‌تواند باعث آسیب به یک عنصر آسیب‌پذیر شود. آسیب‌پذیران شامل انسان‌ها، جانوران، محیط زیست و یا اموال و ساختمان‌ها هستند. در کشور ما نیز با رشد صنعت، روز به روز نیاز به استفاده از این مواد بیش از پیش احساس می‌گردد. برای بسیاری از جوامع صنعتی، زندگی کردن بدون مواد خطرناک غیر ممکن است. متاسفانه اکثر مواد خطرناک در همان محل تولید مصرف (استفاده) نمی‌شوند و در فواصل زیادی حمل می‌شوند. برای مثال، نفت از مناطق نفت خیز گرفته و به پالایشگاه‌ها منتقل می‌شود و بسیاری از مشتقات نفت از پالایشگاه به مناطق دیگر ارسال می‌شود. بنابراین، سیستم حمل و نقل، نقش عمده‌ای در جابه جایی امن مواد خطرناک دارد (ارکوت، ۱۹۹۸). برای جلوگیری از تبدیل شدن ریسک‌های حمل مواد خطرناک به آسیب، خسارات یا تلفات راهکارهایی وجود دارد که این ریسک‌ها را کاهش می‌دهد و یا از شدت عواقب آن می‌کاهد. حوادث مربوط به مواد خطرناک در ادبیات به عنوان حوادث احتمال پایین-پیامد زیاد شناخته می‌شود. بنابراین علی‌رغم احتمال وقوع نسبتا کم این نوع حوادث، پیامدهای وقوع آن‌ها بسیار زیاد و گاه فاجعه‌آمیز خواهد بود (کارا[2] و همکاران، ۲۰۰۳). اگرچه حمل و نقل مواد خطرناک به عنوان رویدادهایی با احتمال کم و شدت بالا[3] (LPHC) طبقه بندی می‌شوند (بیانکو و همکاران[4]، ۲۰۰۹) (لوزانو و همکاران[5]، ۲۰۱۱) (چاکباراتی و همکاران[6] ، ۲۰۱۱)، اما نشت این مواد بسیار برای محیط زیست و سلامتی انسان ها مضر است. بعلاوه شدت برخی از این حوادث در کشورهای در حال توسعه مثل هند به صورت قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کشورهای توسعه یافته می باشد. رقم تلفات در هر ۱۰۰۰۰وسیله نقلیه در هند ۱۴ است و این در حالیست که این عدد در کشوری مثل آمریکا کمتر از ۲ می باشد (چاکباراتی و همکاران، ۲۰۱۱). ایران سالیانه تقریباً با ۲۷۰۰۰ کشته و ۲۸۰۰۰ مجروح در سوانح رانندگی دارای جایگاه دوم درتصادفات جاده‌ای تا پایان سال ۱۳۹۰در جهان است (زاره و همکاران[7]، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه کشور ما نیز از جمله کشورهای در حال توسعه بوده و سوابقی همچون حوادث صنعتی در بخش حمل و نقل مانند فاجعه قطار نیشابور را در کارنامه خود می بیند، اهمیت این مسئله بیش از پیش برای ما آشکار می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط اگرو و همکاران در سال ۲۰۰۶ صورت پذیرفت، ۱۹۳۲ حادثه رخ داده در حین حمل و نقل جاده ای و ریلی مواد خطرناک از آغاز قرن بیستم تا جولای ۲۰۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده افزایش فراوانی حوادث را در طول این مدت نشان داد. بیش از نیمی از حوادث (٪۶۳) مربوط به حمل و نقل جاده‌ای بودند. بیشترین فراوانی حوادث مربوط به آزاد شدن مواد شیمیایی در محیط زیست با ٪۷۸ به دنبال آن حریق با ٪۲۸ انفجار با ٪۱۴ و تشکیل ابر گازی با ٪۶ در رده‌های بعدی قرار داشتند. علل مختلف مربوط به حوادث نیز مورد آنالیز قرار گرفت که شامل نوع مواد درگیر و پیامد حادثه برای جمعیت در معرض (تعداد افراد کشته شده، مجروح و آواره شده) بودند. در نهایت مشخص شد که در میان اقدامات متنوع به منظور بهبود این وضعیت، آموزش افراد درگیر در حمل و نقل مواد خطرناک دارای اهمیت زیادی می‌باشد (اوگیرو و همکاران[8]، ۲۰۰۶).

جمعیت متاثر از حوادث حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در ایران بر اساس نوع پیامد حوادث، به دو دسته تقسیم می شوند:

- تعداد مرگ و میر
- تعداد افراد مجروح شده

1 Hazardous Materials
2 Kara
3 Low probability high consequence
4 Bianco L
5 Lozano
6 Chakrabarti UK
7 Zare H
8 Oggero A

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir
Archive of SID

ابعاد مطالعاتی در زمینه حمل مواد خطرناک را می‌توان در چهار دسته طبقه‌بندی نمود که عبارتند از (ارکوت[9]، ۲۰۰۷):

الف) شناخت خصوصیات مواد و مطالعات آیین‌نامه‌ای برای حمل مواد خطرناک

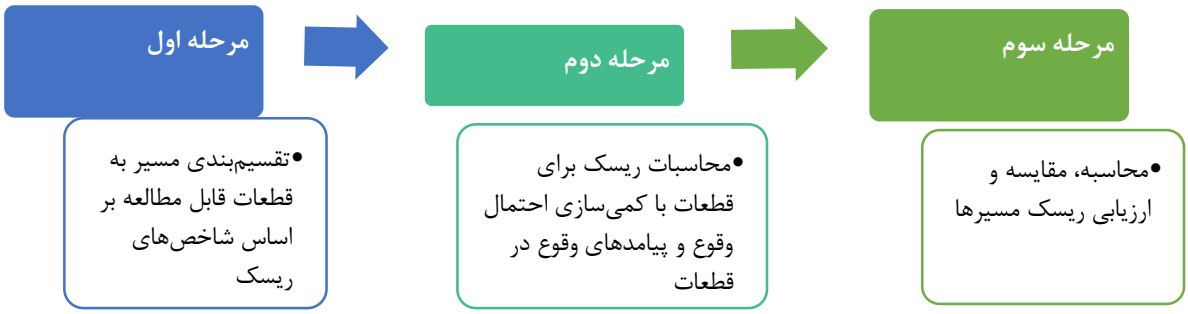
ب) ارزیابی و محاسبات ریسک

ج)مسیریابی و بهینه‌سازی مسیر

د)طراحی شبکه

ابعاد بالا به نوعی مراحل مطالعه در این زمینه هستند که خروجی هر مرحله به عنوان ورودی مرحله بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب که در مطالعات مربوط به حمل و نقل مواد خطرناک پس از شناخت خطرات و مطالعات آیین نامه‌ای ریسک‌های موجود در مسیرهای حمل مواد خطرناک محاسبه می‌شود. از ریسک محاسبه شده مسیرها در مدل‌های انتخاب مسیر بهینه برای حمل مواد خطرناک استفاده می‌شود و در نهایت با توجه به مسیرهای بهینه و یا بحرانی برای حمل مواد خطرناک در طراحی شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این صورت که مسیرهایی در شبکه برای حمل مواد خطرناک انتخاب یا ساخته شوند که ریسک مربوط به آن را به حداقل برسانند.

هدف این مطالعه ارزیابی مسیرهای حمل مواد خطرناک مبتنی بر ریسک است که این ارزیابی شامل محاسبه ریسک کلی یک مسیر و مقایسه آن با ریسک مسیرهای جایگزین است.



شکل۱ مراحل کلی رویکرد این پژوهش برای ارزیابی مسیر بر پایه ریسک

[9] Erkut

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

جدول۱ ویژگی‌های حوادث حمل و نقل جاده‌ای مواد خطرناک

نوع خطر	ردیف	نوع ماده	تعداد حوادث	حجم محموله (متر مکعب)	نوع ظروف	نوع وسیله نقلیه
قابلیت	۱	استن	۳۲	۴۱۵	ظروف فله و غیر فله	تانکر متصل به کشنده، کانتینر
اشتعال	۲	روغن معدنی	۱۱	۲۳۳	ظروف فله و غیر فله	تانکر متصل به کشنده و کامیون
	۳	نفت	۳۲	۶۱۱	ظروف فله و غیر فله	تانکر متصل به کشنده و کانتینر
	۴	تولوئن	۲۱	۳۱۸	ظروف فله و غیر فله	تانکر وکانتینر
	۵	بنزن	۱۸	۲۷۶	ظروف فله و غیر فله	کانتینر، تانکر
	۶	اتیلن	۲۷	۴۰۳	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
	۷	متانول	۲۴	۳۶۸	ظروف فله و غیر فله	تانکر متصل به کشنده، کامیون، کانتینر
	۸	بنزین	۶۳	۱۰۰۶	ظروف فله و غیر فله	تانکر و کامیون
	۹	گازوئیل	۵۷	۹۲۷	ظروف فله و غیر فله	تانکر و کامیون
سمیت و	۱	استالدهید	۲۸	۴۱۸	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کامیون
قابلیت	۲	استیلن	۱۸	۱۹۵	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
اشتعال	۳	آمونیاک	۱۳	۱۶۶	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
	۴	ونیل کلراید	۱۱	۱۶۵	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کامیون
	۵	اتیلن اکساید	۲۹	۲۶۹	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
	۶	LPG	۱۰۴	۱۴۵۵	ظروف فله و غیر فله	تانکر،کانتینر، نیسان
	۷	هیدروژن	۹	۹۸	ظروف فله	تانکر
خورندگی	۱	هیدروژن کلرید	۱۹	۱۸۷	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
	۲	فسفریک اسید	۲۳	۲۱۸	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کامیون و کانتینر
	۳	سولفوریک اسید	۲۱	۲۵۲	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، نیسان و کانتینر
	۴	نیتریک اسید	۳۲	۲۹۶	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
	۵	هیدروژن فلوئورید	۱۷	۱۶۲	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کامیون و کانتینر
سمیت	۱	کلرین	۱۸	۲۱۶	ظروف فله و غیر فله	تانکر
	۲	تتراکلرید کربن	۱۳	۱۲۵	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کامیون و کانتینر
	۳	هالوتان	۱۱	۹۸	ظروف فله	تانکر متصل به کشنده
	۴	هیدروژن پراکسید	۵	۴۳	ظروف فله و غیر فله	تانکر ، کانتینر
کل	–	–	۶۵۶	۸۹۲۰	–	–

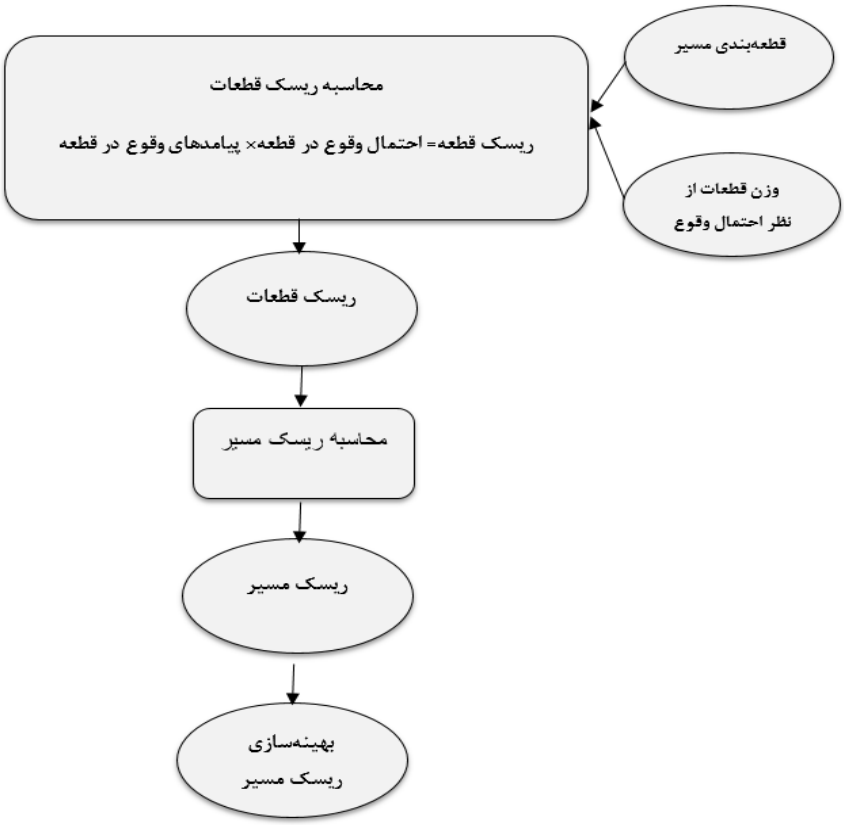
در پیامدهای وقوع به دست آورد. اگر احتمال وقوع حادثه مربوط به مواد خطرناک را با P و پیامدهای وقوع حادثه را با Cنمایش داده شود، ریسک R از رابطه (۳) محاسبه میگردد (چاکبارتی و همکاران، ۲۰۱۱).

$$R=P\times C$$

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID



شکل۲ ساختار و روند کلی به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های رویکرد

مسیریابی مواد خطرناک [۱۰]مسأله تصمیم‌گیری مهم و جالب توجهی برای تولید کننده و مصرف‌کننده، حامل‌های مواد خطرناک، دولت‌های محلی، شرکت‌های بیمه و جمعیتی است که در معرض خطرات ناشی از این محموله‌ها قرار دارند. اگر چه احتمال تصادف برای هر سفر کم است، اما با توجه به حجم محموله‌های مواد خطرناک و مدت زمان طولانی حمل و در معرض آسیب قرار گرفتن توسط آن، این احتمال بیشتر می‌شود.خطرات تحمیل شده بر ساکنانی که در نزدیکی مسیر حمل و نقل زندگی می‌کنند، با در نظر گرفتن احتمال ریسک در برنامه‌ریزی و انتخاب مسیرهای حمل و نقل، می‌تواند کاهش قابل توجهی پیدا کند.

فرض بر این است که ساکنانی که در داخل یک دایره خطر [۱۱]به مرکز حادثه و با شعاع تأثیر زندگی می‌کنند حوادث نامطلوب را تجربه خواهند کرد، اما ساکنانی که خارج از این دایره خطر هستند این حوادث و نتایج ناشی از آن اثری روی آنها ندارد.

هدف اصلی پیدا کردن بهترین مسیر بین هر زوج مبدأ- مقصد [۱۲] براساس معیارهای معین برای هر کمان شبکه است. از دیدگاه شرکت‌های حمل و نقل، قراردادهای حمل مستقل بسته می‌شود و تصمیمات مسیریابی برای هر مسیر باید جداگانه گرفته شود که به آن برنامه ریزی مسیریابی محلی گویند. در سطح کلان، مسیریابی مواد خطرناک یک مسأله چند در چند است که مبدأهای متعدد و مقاصد حتی بیشتر دارد. در نتیجه چنین مسایلی را برنامه‌ریزی مسیریابی سراسری گویند.

[10] Hazardous Material/Hazmat
[2] Danger circle
[3] Origin-destination pair

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir
Archive of SID

در مسأله پیش‌رو حمل و نقل ۵ ماده خطرناک شامل بنزین، بنزین سوپر، نفت گاز، نفت سفید و نفت کوره در ۵ مبدا و ۱۰ مقصد در فروردین ماه سال ۱۳۹۸ مورد مطالعه قرار گرفته است.

مبادی شامل شهرستان‌های: همدان، اراک، کرمانشاه، تبریز و میاندوآب

مقاصد شامل شهرستان‌های: سنندج، بیجار، سقز، بانه، قروه، مریوان، دهگلان، کامیاران و دیواندره

با توجه به این مبادی و مقاصد شبکه راه‌های موجود ترسیم شده است. این شبکه در مجموع شامل ۵۹ گره می باشد و سعی بر این است تا مسیر های مناسب از بین کمان های موجود بین گره های شبکه با توجه به عامل ریسک تعیین شوند.

در مسیریابی عوامل مختلفی از جمله ریسک جمعیتی، نوع راه، نوع و مقدار مواد خطرناک، قابلیت امداد رسانی، شرایط توپوگرافی، تداوم مسیر،مسیرهای جایگزین، ملاحظات اقتصادی، تاخیر در حمل و نقل، شرایط اقلیمی، پیشینه تصادفات و حجم ترافیک معابر مطرح است.

اما در این مقاله فقط دو عامل احتمال تصادف و ریسک جمعیتی در نظر گرفته شده است.

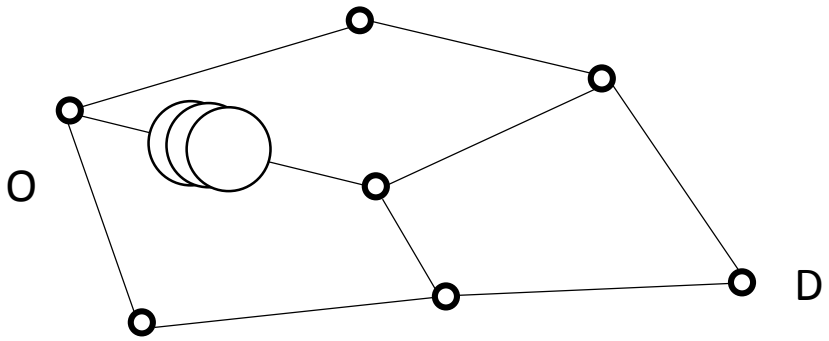
الف) مدل سازی ریسک برای حمل و نقل مواد خطرناک

اگرچه خطر یک اصطلاح محبوب در رسانه‌ها و موضوعی جالب توجه برای نویسندگان است، اما هنوز هیچ تعریف جهانی پذیرفته شده از خطر وجود ندارد. همه مردم با این موافق هستند که خطر احتمال پیامدی نامطلوب است. هر چند برخی از نویسندگان تنها یک تعریف از ریسک دارند و آن هم توجه صرف به احتمال یا نتیجه است.

اما شایع‌ترین تعریف از ریسک ترکیبی از احتمال و نتیجه است. در مورد حمل و نقل مواد خطرناک یکی از حوادث ناگوار این است که تصادف رخ دهد و مواد خطرناک نشت کند.

ریسک مواد خطرناک به خود مواد خطرناک و ماهیت آن بستگی ندارد بلکه به کاراکترهای شبکه‌ی حمل و نقل مثل نوع جاده، طول مسیر انتخابی،جمعیت و... بستگی دارد.

بنابراین از تعریف سنتی ریسک شروع می‌کنیم. در این تعریف هر مسیر از جاده به بخش‌های مختلف تقسیم شده و فاصله‌ی هر دو شهر(گره) Edge تعریف می شود.هر Edge به فواصل کوچک‌تری که دایره خطر نامیده می‌شود تقسیم می‌شود.



شکل ۳ تصویری از حمل و نقل مواد خطرناک بین مبدا (O)و مقصد(D) که دایره های خطر روی شبکه نمایش داده شده است.

ریسک قطعات

برای محاسبه ریسک حمل و نقل مواد خطرناک در بخشی از جاده به طور مثال از گره A به گره Bاز تعریف سنتی ریسک استفاده می کنیم:

$$R^k_{AB}=P^k_{AB}.C_{AB}$$

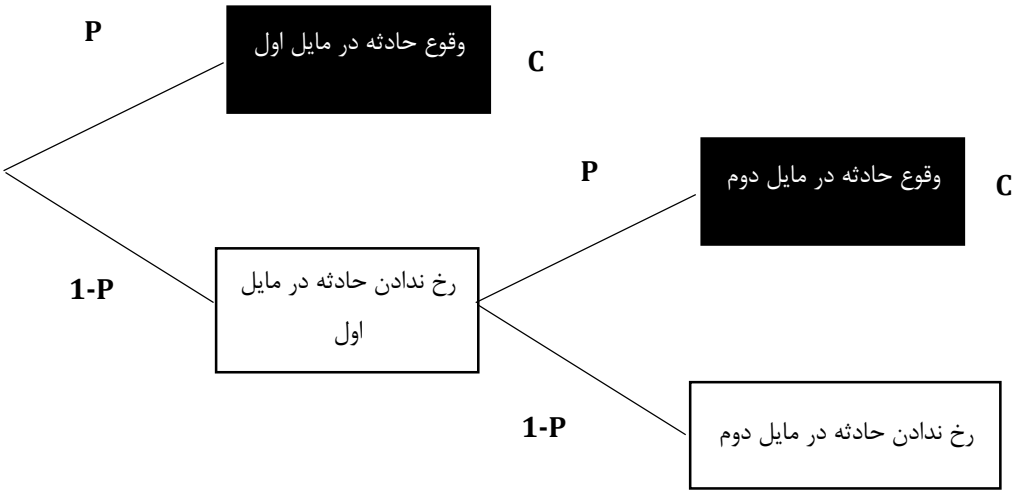
P^k_{AB}= احتمال وقوع حادثه بین دو گرهA و B حامل ماده خطرناک K

C_{AB}= جمعیت بین دو گره A و B

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID



شکل۴ درخت احتمال جزیی وقوع حادثه یا رخ ندادن حادثه در هر مایل بین هر دو گره(Edge)

بر این اساس محاسبه ریسک در N بخش از فاصله دو گره(Edge) به صورت زیر قابل محاسبه است:

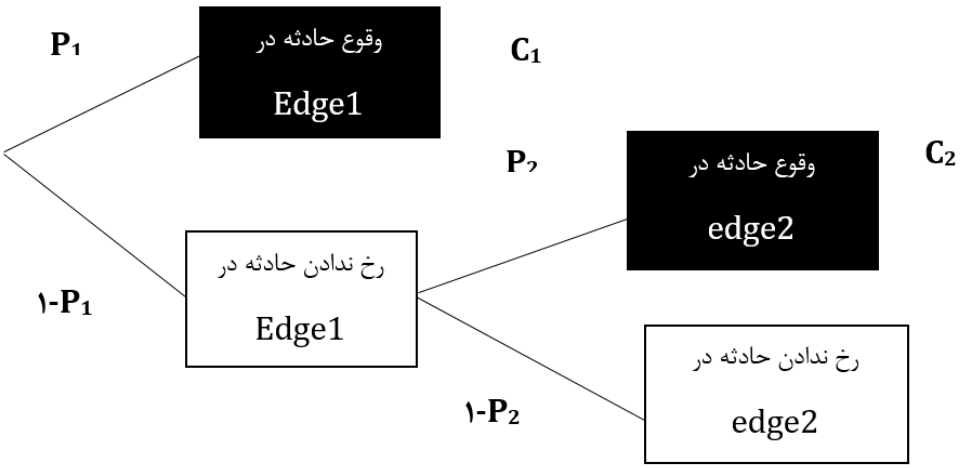
$PC + (1-P)\,PC + (1-P)^2\,PC + \ldots + (1-P)^{n-1}\,PC.$

در این فرمول فرض ما بر این است که: $P^s=0$ برای $S>1$

این فرض به این دلیل منطقی است چون مقدار P عددی بسیار کوچک و ناچیز است.

پس به طور کلی میتوان گفت احتمال ریسک در هر Edge برابر است با:

.(pn)C



شکل ۵ درخت احتمال جزیی وقوع حادثه یا رخ ندادن حادثه در هر مایل بین هر دو گره(Edge)

P_i= احتمال وقوع حادثه در i امین Edge

C_i = جمعیتی که در دایره خطر روی i امین Edge وجود دارد

فرض ما بر این است که جامعه و همچنین احتمال وقوع حادثه یکنواخت می‌باشد.در نتیجه داریم:

$R_i=P_i\,C_i$

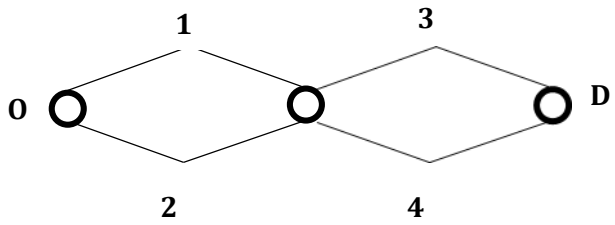
www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

محاسبه ریسک مسیر

هر مسیر از مجموعه‌ای از Edge ها تشکیل شده است.برای روشن تر شدن این بحث به شکل زیر توجه کنید.



شکل ۶ مثالی از محاسبه ریسک مسیر

$$\text{Min } (P_1 C_1) X_1 + (P_2 C_2) X_2 + [(1-P_1) X_1 + (1-P_2) X_2] (P_3C_3)X_3 + [(1-P_1) X_1 + (1-P_2) X_2] (P_4C_4)X_4 ,$$

$$\text{Subject to } X_1 + X_2 = 1,$$
$$X_3 + X_4 = 1,$$
$$X_1 + X_2 = X_3 + X_4 ,$$
$$X_j = (0,1) \quad \text{for } j=1,2,\ldots,4$$

تعریف علایم مسأله

مجموعه ها:

I = مجموعه‌ی گره‌ها (شهر ها)

J= مجموعه‌ی گره‌ها

پارامتر ها:

P(i,j)=جمعیت بین گره iو گره j

متغیر ها:

X(I,j)= متغیر تصمیم عبور یا عدم عبور از کمان ij

داده‌ها

نحوه تامین فرآورده‌های نفتی استان، متشکل از محل و مقدار آن در یک بازه زمانی خاص(فروردین ماه سال ۱۳۹۸)- اعداد بر حسب ۱۰۰۰ لیتر در روز می‌باشد.

جدول ۲ نحوه تامین بنزین در فروردین ماه ۱۳۹۸

بنزین	مقاصد								
مبادی	سنندج	بیجار	سقز	بانه	قروه	مریوان	دهگلان	کامیاران	دیواندره
همدان	250	۶۰			90				
اراک									
میاندوآب			120	130					

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

کرمانشاه									
تبریز									
سنندج						100	50	60	60

منبع: شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده های نفتی استان کردستان

جدول ۳ نحوه تامین بنزین سوپر در فروردین ماه ۱۳۹۸

بنزین سوپر	مقاصد								
مبادی	سنندج	بیجار	سقز	بانه	قروه	مریوان	دهگلان	کامیاران	دیواندره
همدان									
اراک	20	5	5	5		5	5	5	5
میاندوآب									
کرمانشاه									
تبریز									
سنندج									

منبع: شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده های نفتی استان کردستان

جدول ۴ نحوه تامین نفت سفید در فروردین ماه ۱۳۹۸

نفت سفید	مقاصد								
مبادی	سنندج	بیجار	سقز	بانه	قروه	مریوان	دهگلان	کامیاران	دیواندره
همدان	50	30			10				
اراک									
میاندوآب			90	60					
کرمانشاه									
تبریز									
سنندج						100	30	40	40

منبع: شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده های نفتی استان کردستان

جدول ۵ نحوه تامین نفتگاز در فروردین ماه ۱۳۹۸

نفت گاز	مقاصد								
مبادی	سنندج	بیجار	سقز	بانه	قروه	مریوان	دهگلان	کامیاران	دیواندره
همدان	230	80			80				
اراک				60					
میاندوآب			110						
کرمانشاه									

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

تبریز									
سنندج						100	50	80	70

منبع: شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده های نفتی استان کردستان

جدول ۶ نحوه تامین نفت کوره در فروردین ماه ۱۳۹۸

نفت کوره	مقاصد								
مبادی	سنندج	بیجار	سقز	بانه	قروه	مریوان	دهگلان	کامیاران	دیواندره
همدان									
اراک									
میاندوآب									
کرمانشاه	35	5	5	5	25	40	5	5	5
تبریز									
سنندج									

منبع: شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده های نفتی استان کردستان

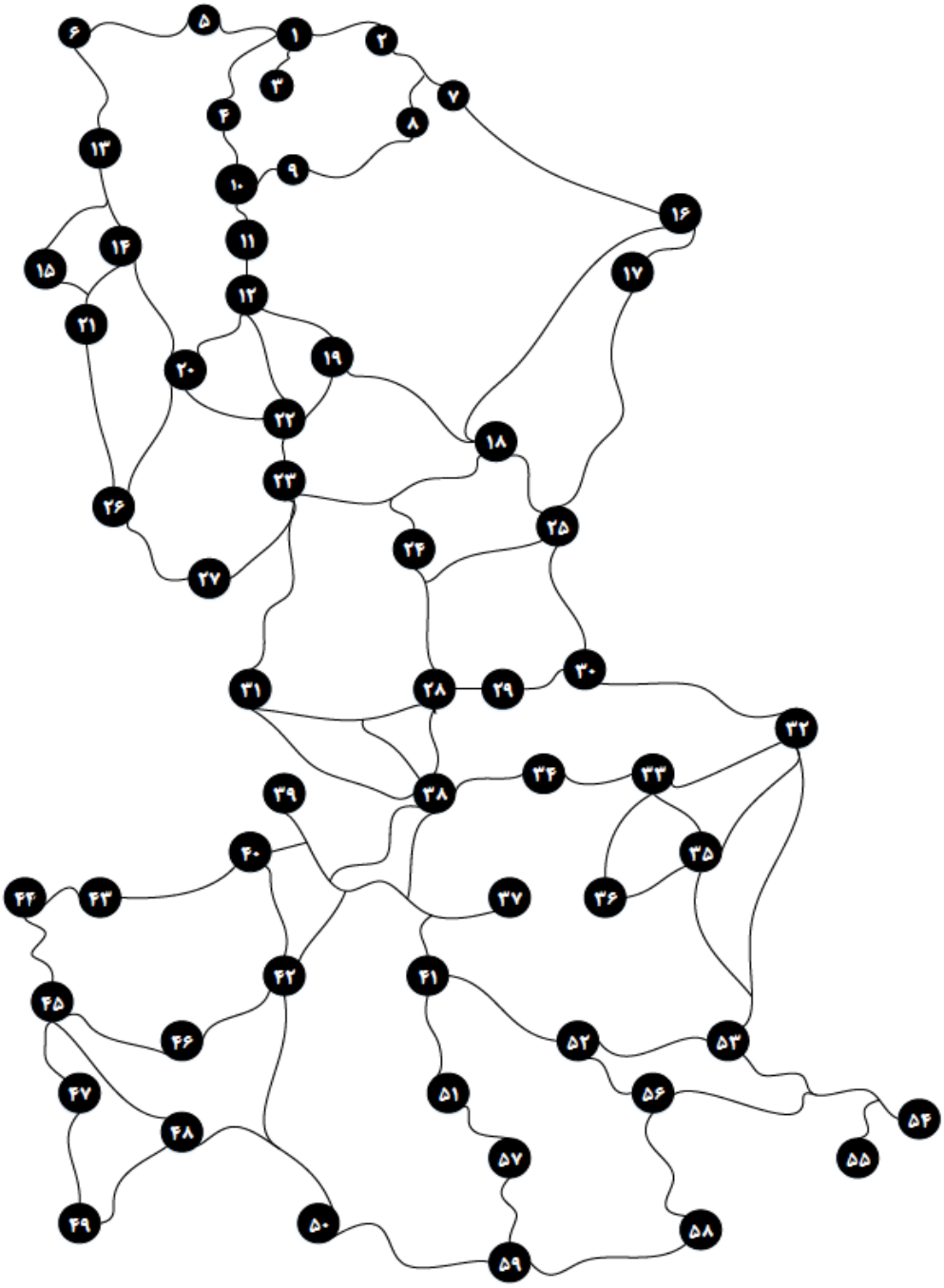
شبکه حمل و نقل فعلی جا به جایی محصولات نفتی در سطح استان (اعم از لوله ای و زمینی)

با تحقیقات و جستجو در خصوص نحوه‌ی تامین و توزیع فرآورده‌های نفتی و یافتن مبادی و مقاصد برای هریک از فرآورده ها نهایتا شبکه ترسیم شده در شکل ۷ بدست آمد که شامل استان کردستان و استان‌های همجوار است. به هر یک از شهرها (گره‌ها) یک شماره تخصیص داده شده است.

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID



شکل ۷ شبکه حمل و نقل جا به جایی محصولات نفتی در سطح استان و استان های مجاور

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

جدول ۷ فهرست شهرهای موجود در شبکه

شهر	شماره گره	جمعیت
سنقر	34	44954
تویسرکان	35	44516
کنگاور	36	53449
صحنه	37	36542
کامیاران	38	46760
پاوه	39	23704
جوانرود	40	51483
هرسین	41	49967
کرمانشاه	42	886706
سرپل ذهاب	43	35630
قصر شیرین	44	17959
گیلان غرب	45	20922
اسلام اباد	46	94699
ایوان	47	29400
سرابله	48	9703
ایلام	49	172213
کوهدشت	50	85519
نورآباد	51	56404
نهاوند	52	72218
ملایر	53	159848
اراک	54	526182
شازند	55	118789
بروجرد	56	240654
الشتر	57	28306
دورود	58	159026
خرم آباد	59	348216

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir
Archive of SID

پیاده سازی مدل بر روی داده‌ها

پیاده‌سازی مدل بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار Gams به صورت زیر کد شده است:

```
$title final problem with multi commodity

Sets
         i index of nodes /1*59/
         m index of commotity /1*44/
         alias (i,j,l);

Parameters

          D (i,j) demand of betwwn node i and node j
          N (i,j) the network relation matrix

scalar Risk /0.00000062/;

parameters
         s(m) Origin of commodity m
         /1 32,2 12,3 12,4 32,5 32,6 28,7 28,8 28,9 28,10 54,11 54,12 54,13 54,
        14 54,15 54,16 43,17 54,18 32,19 32,20 12,21 12,22 32,23 28,24 28,25 28,
        26 28,27 32,28 32,29 12,30 54,31 32,32 28,33 28,34 28,35 28,36 42,37 42,
        38 42,39 42,40 42,41 42,42 42,43 42,44 42/
         t(m) Destination of commodity m
         /1 25,2 23,3 27,4 30,5 28,6 31,7 29 ,8 38 ,9 24,10 28,11 25,12 23,13 27»
Variables
          Z Objective Function
Positive Variables
          x(i,j,m)
          ;
Equations
          obj_func
          E1(i,m)
          E2(i,m)
          E3(i,m)
          ;

obj_func..
```

نتیجه‌گیری

الف) در ارزیابی مسیرهای حمل مواد خطرناک بر پایه ریسک میتوان به جای محاسبه یک ریسک کلی برای مسیر، ریسک قطعات مختلف از آن را محاسبه نمود. قطعهبندی باعث میشود تا علاوه بر داشتن ریسک کلی دقیق تر (با توجه به بررسی بهتر پیامدهای مختلف در قطعات مختلف) ارزیابی در طول آن مسیر نیز از نظر میزان ریسک صورت گیرد. به این ترتیب قطعات بحرانی در یک مسیر تعیین میشود. این خروجی میتواند در تخصیص نیروهای امدادی پس از بحران و مکانیابی تجهیزات امدادی و هلال احمر در مسیر، به خوبی مورد استفاده قرار گیرد.

ب) با استفاده از رویکرد پیشنهادی میتوان با توجه به نوع ماده خطرناک، محاسبات مربوط به پیامدهای مختلف آن ماده خطرناک را در نقاط مختلف مسیر محاسبه کرد و با ضرب آن در مقدار احتمال وقوع تصادفات، ریسک را برای انواع ماده در طول یک مسیر به دست آورد.

بعد از Run کردن کد های نوشته شده در نرم افزار Gams نتایج زیر بدست آمد:

مسیرهای بهینه همانطور که در جداول زیر مشاهده می‌گردد، خروجی نرم افزار که نشان دهنده‌ی مسیر انتخابی با توجه به تابع هدف و محدودیت‌های موجود در مدل مسأله، مشخص گردیده است.

هر یک از محصولات با شروع از گره مبدأ و طی کردن مسیر انتخابی توسط نرم افزار به گره مقصد خواهند رسید.

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

جدول ۸ مسیرهای بهینه خروجی نرم‌افزار GAMS

مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۵	۳۲	۱
۲۵-۳۰-۳۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۳	۱۲	۲
۲۳-۲۴-۱۸-۱۹-۱۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۷	۱۲	۳
۲۷-۲۶-۲۰-۱۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۰	۳۲	۴
۳۰-۳۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۸	۳۲	۵
۲۸-۲۹-۳۰-۳۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۱	۲۸	۶
۳۱-۳۸-۲۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۹	۲۸	۷
۲۹-۲۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۸	۲۸	۸
۳۸-۲۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۴	۲۸	۹
۲۴-۳۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۸	۵۴	۱۰
۲۸-۳۸-۳۴-۳۳-۳۵-۵۳-۵۴		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۵	۵۴	۱۱
۲۵-۲۴-۲۸-۳۸-۳۴-۳۳-۳۵-۵۳-۵۴		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۳	۵۴	۱۲

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

مسیر	۵۴-۵۳-۳۵-۳۳-۳۴-۳۸-۳۱-۲۳	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۳	۵۴	۲۷
مسیر	۵۴-۵۳-۳۵-۳۳-۳۴-۳۸-۳۱-۲۳-۲۷	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۴	۵۴	۳۱
مسیر	۵۴-۵۳-۳۵-۳۳-۳۴-۳۸-۳۱	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۵	۵۴	۲۹
مسیر	۵۴-۵۳-۳۵-۳۲-۳۰-۲۹	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۶	۴۳	۳۸
مسیر	۴۳-۴۰-۳۸	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۷	۵۴	۲۴
مسیر	۵۴-۵۳-۳۵-۳۳-۳۴-۳۸-۳۱-۲۳-۲۴	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۸	۳۲	۲۸
مسیر	۳۲-۳۰-۲۹-۲۸	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۱۹	۳۲	۲۵
مسیر	۳۲-۳۰-۲۵	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۲۰	۱۲	۲۳
مسیر	۱۲-۱۹-۱۸-۲۴-۲۳	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۲۱	۱۲	۲۷
مسیر	۱۲-۲۰-۲۶-۲۷	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۲۲	۳۲	۳۰
مسیر	۳۲-۳۰	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۲۳	۲۸	۳۱
مسیر	۲۸-۳۸-۳۱	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۲۴	۲۸	۲۹
مسیر	۲۸-۲۹	

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۸	۲۸	۲۵
۲۸-۳۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۴	۲۸	۲۶
۲۸-۲۴		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۸	۳۲	۲۷
		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۵	۳۲	۲۸
۳۲-۳۰-۲۵		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۳	۱۲	۲۹
۱۲-۱۹-۱۸-۲۴-۲۳		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۷	۵۴	۳۰
۵۴-۵۳-۳۵-۳۳-۳۴-۳۸-۳۱-۲۳-۲۷		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۰	۳۲	۳۱
۳۰-۳۲		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۱	۲۸	۳۲
۲۸-۳۸-۳۱		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۹	۲۸	۳۳
۲۹-۲۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۳۸	۲۸	۳۴
۲۸-۳۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۴	۲۸	۳۵
۲۸-۲۴		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول
۲۸	۴۲	۳۶
۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۲۸		مسیر
مقصد	مبدأ	شماره محصول

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

۳۷	۴۲	۲۵
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳-۲۴-۲۵	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۳۸	۴۲	۲۳
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۳۹	۴۲	۲۷
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳-۲۷	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۴۰	۴۲	۳۰
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳-۲۴-۲۵-۳۰	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۴۱	۴۲	۳۱
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۴۲	۲۹	۴۲
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳-۲۴-۲۵-۳۰-۲۹	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۴۳	۴۲	۳۸
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸	
شماره محصول	مبدأ	مقصد
۴۴	۴۲	۲۴
مسیر	۴۲-۴۸-۴۵-۴۴-۴۳-۴۰-۳۸-۳۱-۲۳-۲۴	

به عنوان پیشنهاد برای مطالعات آینده میتوان این رویکرد را در شبکه مسیرهای شهری برای ارزیابی و مقایسه مسیرهای شهری ا درون استانی از آن استفاده کرد. به این ترتیب که به جای قطعه‌بندی و مقایسه قطعات، «نقاط سیاه[۱۳] »در شبکه تعریف کرد و رویکرد مقایسه‌ای را در آن نقاط اعمال نمود. به این ترتیب میتوان نقاط حادثه خیز در یک استان را با توجه به ریسک موجود در حمل مواد خطرناک مقایسه کرد و بر اساس سطح خطرپذیری اولویت‌بندی نمود. همچنین استفاده از نرم‌افزار GIS[۱۴] برای مدلسازی و محاسبه دقیق‌تر پیامدها برای افزایش دقت محاسبات ریسک پیشنهاد می‌شود.

[13] Black spot
[14] Geographic Information System

www.SID.ir

ISSN: 2538-3663
http://www.Joas.ir

Archive of SID

منابع و مراجع

[۱] آذر عادل, صفارزاده محمود, احسانی علی. ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور (مطالعه موردی: شبکه راه های استان فارس).

[۲] جباری, موسی, خداپرست, اسماعیل, صدری, کسری, ... & شکوه السادات. (۲۰۱۴). بررسی حوادث حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در ایران. مجله سلامت کار ایران.۱۱(۵), ۳۰-۴۲.

[۳] خدادادیان، م. (۵۸۳۱) "مسیریابی حمل مواد خطرناک به منظور کاهش ریسک در شبکه جاده‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده عمران

[۴] شرکت ملی پخش و توزیع فرآورده‌های نفتی استان کردستان

[۵] کبیری کناری. مریم، ۱۳۹۲، "برنامه¬ریزی حمل و نقل فرآورده¬های نفتی چندگانه با در نظر گرفتن پنجره زمانی برای عرضه، تقاضا و مسیرهای حمل و نقل"، کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی گروه صنایع، دانشگاه کردستان

[6] Bianco L, Caramia M, Giordani S. A bilevel flow model for hazmat transportation network design. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2009;17(2):175-96

[7] Chakrabarti, U. K. and Parikh, J. K.)2011("Route evaluation for hazmat transportation based on total risk e A case of Indian State Highways" Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 24, Issue 5, pp. 524-530

[8] Erkut, E., & Verter, V. (1998). Modeling of transport risk for hazardous materials. Operations research, 46(5), 625-642.5.(

[9] Erkut, E.)2007("Hazardous material transportation, handbook in OR & MS", Elsevier. 14, pp. 539- 621.

[10] Ghazinoory, S., & Kheirkhah, A. S. (2008). Transportation of hazardous materials in Iran: A strategic approach for decreasing accidents. Transport, 23(2), 104-111.

[11] Kara, B. Y., Erkut, E. and Verter, V.)2003("Accurate calculation of hazardous materials transport risk" Operation Research Letters, Vol. 31, Number 4, July 2003, pp. 285-292(8(

[12] Lozano A, Muñoz Á, Macías L, Antún JP. Hazardous materials transportation in Mexico City: Chlorine and gasoline cases. Transportation research part C: emerging technologies. 2011;19(5):779-89.

[13] Oggero A, Darbra R, Munoz M, Planas E, Casal J. A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. Journal of hazardous materials. 2006;133(1):1-7.

[14] Yang J, Li F, Zhou J, Zhang L, Huang L, Bi J. A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. Journal of Hazardous materials. 2010;184(1):647-53.

[15] Zare H, Farzad V, Ali P, Nazer M. Compare the performance of different types of drivers with accident and whitout accident. Journal of Transportation Research; 2012; 248 -260 [Persian].

www.SID.ir