



وزارت راه و ترابری  
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای  
معاونت برنامه ریزی

## گزیده تازه‌های حمل و نقل

دفتر برنامه ریزی و آموزش

## **فصل اول : مقاله**

**• طراحی مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد  
خطرناک در جاده های کشور؛ مورد مطالعه: ماده**

**MTBE**

**مؤلف: علی احسانی**

**ویرایش: سید امید برزنجی**

## طراحی مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور؛ مورد مطالعه: ماده MTBE

### ۱- مقدمه:

حمل و نقل جاده‌ای، بیش از ۹۰ درصد جابجایی کالا را در کشور به خود اختصاص داده است. بخشی از محمولات حمل و نقل جاده‌ای، کالاهای خطرناک هستند که به دلیل ماهیت خاص آنها با شرایط و تدابیر ویژه ای باید جابجا شوند. ماده خطرناک ماده‌ای است که برای انسان، حیوان و محیط زیست مضر است، این مواد در ۹ گروه طبقه بندی شده‌اند که اهم آن مایعات و جامدات قابل اشتعال، گازها و مواد خورنده می باشند و ملموس‌ترین آنها حاملهای مشخصی هستند که به وسیله تانکرها حمل می‌گردند (فریبرز عراقی همکاران ۱۳۸۵). براساس آمار منتشره سازمان ملل، در حدود نیمی از کلیه بارهایی که حمل می شوند، منطبق به گروه مواد خطرناک هستند. مسئله مورد نظر این تحقیق، "طراحی یک مدل ریاضی برای مسیریابی حمل مواد خطرناک در شبکه حمل و نقل جاده‌ای کشور" است و این مدل برای شبکه راه‌های یک استان کشور اجرا و تست می شود. بر این مبنا سوالات تحقیق را به شکل زیر می‌توان مطرح نمود:

۱- مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور از چه نوعی است؟

۲- مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور چه متغیرهایی دارد؟

۳- محدودیت های مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور کدامند؟

یکی از انواع مسائل مسیریابی به صورت طراحی شبکه مواد خطرناک است. کارا و ورتردر سال ۲۰۰۴ تعریف زیر را ارائه دادند: "در یک شبکه حمل و نقل موجود، مسئله طراحی شبکه مواد خطرناک، شامل انتخاب بخش‌هایی از جاده است که نباید برای حمل مواد خطرناک بکار گرفته شوند به نحوی که ریسک محلی حداقل شود". شرکت‌های حمل و نقل مسیریابی با حداقل هزینه را در شبکه اختصاص یافته به حمل مواد خطرناک انتخاب می کنند و معمولاً به دلیل حذف برخی مسیرها، هزینه‌های بالاتری را متحمل می شوند. از این رو، مسئله مسیریابی سراسری حمل و نقل مواد خطرناک می‌تواند یک مسئله تصمیم در دو سطح باشد که دولت زیرمجموعه‌ای از شبکه حمل را به مواد خطرناک اختصاص می دهد و شرکت های حمل، مسیرها را از این زیرمجموعه انتخاب می‌کنند.

## ۲- اهداف تحقیق

هدف اصلی تحقیق این است که مسیرهایی با حداکثر ایمنی به منظور جلوگیری از حوادث جاده‌ای ناشی از مواد خطرناک با توجه به گروه ماده خطرناک مربوطه و توجه به اقتصادی بودن مسیرها شناسایی و بکار گرفته شود که اهداف فرعی زیر را دنبال دارد :

الف) آگاهی گروههای امدادگران اعم از آتش‌نشانی، امداد پزشکی و ... از مسیرها به منظور امداد رسانی در حوادث مربوط به محمولات خطرناک

ب) ارائه ابزار برنامه ریزی حمل و نقل جاده‌ای با رعایت مشخصات فنی و ضوابط مربوط به محورهای مورد استفاده جهت حمل این نوع کالاها و بکارگیری سیستمی نوین جهت مدیریت مسیر ناوگان ترابری حمل مواد خطرناک و ارائه روشی جهت تعیین مسیرهای اقتصادی و ایمن برای انتقال محمولات خطرناک .

به طور کلی فرآیند تحقیق را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

مسئله مورد هدف این تحقیق با رویکرد مدیریت ریسک مدل می‌شود و به در ابتدا لازم است تعریفی منطقی و مناسب برای نحوه محاسبه معیار ریسک صورت بگیرد. مشخصات ریسک حمل و نقل مواد خطرناک را به طور کلی می‌توان در دو بخش ذیل طبقه بندی نمود: اول اینکه میزان احتمال وقوع حوادث وسایل نقلیه حامل چه مقدار است و دوم اینکه میزان خسارت ناشی از این حوادث چقدر است. برای محاسبه ریسک، با توجه به اطلاعات در دسترس، فرضیات ساده کننده‌ای در نظر می‌گیریم و معیار ریسک نسبی (اگر اطلاعات کامل برای محاسبه ریسک مطلق نباشد) تعریف می‌کنیم. معابری که در آن حمل و نقل مواد خطرناک صورت می‌گیرد، عموماً دارای شرایطی است که دخالت زیادی در میزان ریسک حوادث حمل و نقل این مواد دارد: این موارد شامل تراکم جمعیتی اطراف راه، نوع و درجه عملکرد راه، نوع و مقدار ماده حمل شده، شرایط محیطی راه به لحاظ توپوگرافی، مسیرهای جایگزین پیش بینی شده، ارزش ترانزیتی راه و غیره می‌باشد. به دلیل اینکه هدف این تحقیق تعیین تخصیص بهینه کامیونهای حامل مواد خطرناک و به عبارت دیگر هدف مقایسه چندین گزینه مسیر و انتخاب گزینه برتر است، استفاده از شاخص ریسک نسبی نیز می‌تواند قابل قبول باشد.

اگر تنها به کاهش ریسک توجه کنیم مسیرهایی که بدست می‌آید حداقل دو برابر کوتاهترین مسیر خواهد بود و ارزش اقتصادی ندارد. شاخص اقتصادی مورد استفاده نیز می‌تواند زمان سفر، مسافت و یا ترکیبی از موارد مختلف

تحت عنوان ارزش اقتصادی راه باشد. در بخش دوم محاسباتی انجام می‌شود. ابتدا براساس شبکه حمل‌ونقل، مسیرهای امکان پذیر و قابل قبول بین هر زوج مبدا - مقصد شناسایی می‌گردد. سپس برچسب برداری کمانهای شبکه تعیین می‌شود.

### ۳- جنبه جدید بودن و نوآوری

همانطور که بیان گردید، در اکثر مطالعات گذشته، مسأله بصورت انتقال یک نوع ماده خطرناک بین یک زوج مبدا - مقصد مطرح شده است. در این حالت هدف پیدا کردن کوتاهترین مسیر جهت انتقال این تقاضا است. در تحقیق حاضر، شبکه مورد نظر شامل چندین زوج مبدا - مقصد می‌شود بطوریکه هر کدام از این زوجها دارای تقاضای ثابت و مشخص برای انتقال چندین نوع کالای خطرناک است. مورد دیگر اینکه در تعریف شاخص ریسک در این تحقیق با توجه به فراوانی زیاد حوادث در کشور برای نخستین بار سه عامل جمعیت، محیط زیست و ریسک ابنیه مسیر لحاظ شده است. در واقع این تحقیق با تعمیم الگوریتم ها و مدل‌های موجود سعی در ارائه مدلی دارد که شامل  $n$  ماده خطرناک و  $m$  زوج مبدا-مقصد می‌شود و مهم ترین جنبه نوآوری این تحقیق اینست که موضوع حمل‌ونقل مواد خطرناک برای نخستین بار در کشور در مجامع مدیریتی مورد بحث قرار می‌گیرد.

### ۴- ارزیابی ریسک

ریسک ابتدایی ترین عاملی است که مسائل حمل‌ونقل مواد خطرناک را از دیگر مسائل حمل‌ونقل تفکیک می‌کند. در متون علمی حمل‌ونقل مواد خطرناک، به محاسبه احتمال و شدت آسیب به گیرنده در معرض خطر از طریق حوادث ناخواسته ناشی از مواد خطرناک، ریسک گفته می‌شود. گیرنده در معرض خطر ۲ می‌تواند یک شخص، محیط یا ویژگی‌های محیطی همسایگی حادثه باشد و حادثه ناخواسته در واقع انتشار مواد خطرناک بر اثر تصادف است (Alp, 1995).

ارزیابی ریسک می‌تواند به صورت کیفی یا کمی باشد. ارزیابی کیفی ریسک با شناسایی سناریوهای حوادث احتمالی و تلاش برای برآورد نتایج نامطلوب سر و کار دارد و اغلب زمانی استفاده می‌شود که اطلاعات قابل اعتماد کمی برای برآورد دقیق احتمال و شدت حادثه وجود دارد و در واقع هدف از آن تنها شناسایی حوادث محتمل و یا حوادث بسیار آسیب‌زا و تمرکز بر آنها در تحقیقات آتی است. به همین دلیل وبا توجه لزوم اطلاعات کمی برای

مدل‌های تحقیق در عملیات، بر روی محاسبه کمی ریسک بیشتر تمرکز بیشتری شده است (Kara, Erkut, Verter, 2003).

#### ۱-۴ - ارزیابی کمی ریسک

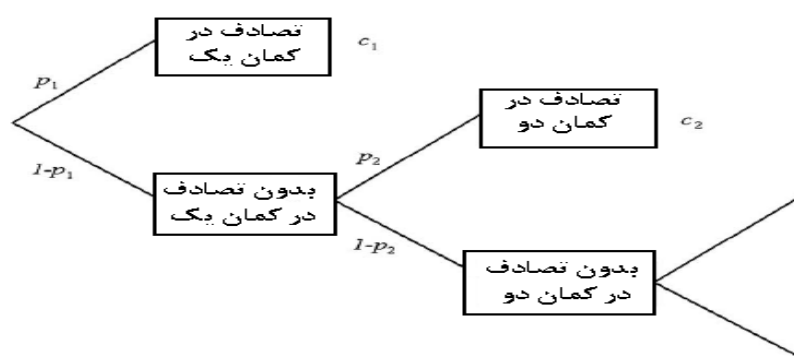
ارزیابی ریسک کمی<sup>۱</sup> شامل سه مفهوم کلیدی زیر می‌شود:

- شناسایی گیرنده‌های در معرض خطر و شناخت مواد خطرناک
- تحلیل فرکانس و فراوانی حوادث و پیامدها
- مدل‌سازی پیامد و محاسبه ریسک

شناسایی خطر در واقع شناسایی بالقوه انتشار آلاینده در محیط، نوع و مقدار ترکیب پخش شده و یا ساطع شده و تاثیر بالقوه هر ماده بر سلامت و ایمنی می‌شود. برخی موارد مثل انتشار مواد سرطان‌زا، نیاز به بررسی تاثیرات بلند مدت در سلامت نیز داراست. بررسی ریسک‌های مرتبط با انواع مختلف دریافت‌کننده در معرض خطر نیز ضروری است. به طور کلی، زبان ارزیابی کمی ریسک، زبان فراوانی‌ها و نتایج است و برخلاف تحلیل کیفی ریسک، منجر به یک ارزیابی عددی از ریسک می‌شود.

#### ۲-۴ - ریسک مسیر

مسیر  $P$  بین مبدا و مقصد برای ارسال محموله مواد خطرناک، مجموعه‌ای از کمان‌هاست که سفر بر روی این مسیر می‌تواند به عنوان یک آزمایش احتمالی منظور شود. همان طور که در شکل صفحه زیر نشان داده شده است.



شکل (۲-۲) احتمال بروز حادثه در مسیر

یک حامل مواد خطرناک در طول  $i$  امین کمان مسیر  $P$  سفر خواهد کرد اگر حادثه‌ای برای آن در کمان  $(i-1)$  در مسیر  $P$  رخ ندهد. فرض کنید مسیر مورد نظر،  $n$  کمان دارد. توجه کنید که اگر هر کمان طولی برابر یک واحد

<sup>1</sup>Quantitative risk assessment (QRA)

داشته باشد،  $n$  نشان دهنده طول واحد مسیر نیز خواهد بود. ریسک مورد انتظار مسیر می تواند به صورت زیر تعریف شود:

رابطه (۲-۵)

$$R(P) = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) P_i C_i$$

که در آن  $\prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) P_i C_i$  همان احتمال رسیدن به  $i$  امین کمان مسیر  $P$  است. با فرض اینکه برای همه کمان های  $i$  و  $j$  داشته باشیم  $P_i P_j \approx 0$  . آنگاه می توانیم یک رابطه خطی ساده را برای ریسک مسیر بدست آوریم:

رابطه (۲-۶)

$$R'(P) = \sum_{i=1}^n P_i C_i$$

این مدل اغلب مدل سنتی ریسک نامیده می شود، ساده بوده و توجیه آن آسان است. به علاوه براحتی با مدل های بهینه سازی بکار می رود. به همین دلیل بسیاری از مقالات حمل و نقل مواد خطرناک از این مدل استفاده کردند (Erkut, verter, 1998). دپارتمان حمل و نقل امریکا هم این رویکرد را در راهنمایش بکار برده است (US DOT, 1994).

۴-۳- هزینه ریسک

در برآورد هزینه ناشی از نشت مواد خطرناک، نتایج مختلف باید مورد توجه باشد. پیامدها در بحث هزینه می توانند به صورت زیر طبقه بندی شوند: جراحات و مرگ و میر، هزینه های پاکسازی، از دست رفتن ماده خطرناک، خسارت به اموال، تخلیه ساکنین، تاخیرات ترافیکی و آسیب های محیط زیست. همه تاثیرات باید هم واحد شوند تا امکان مقایسه و نیز محاسبه هزینه کلی آسیب ها فراهم شود (FMCSA, 2001).

## ۵- مکان یابی تسهیلات و حمل و نقل

حمل مواد خطرناک اغلب از تسهیلاتی شروع می شود که خود به طور بالقوه قابلیت صدمه به ایمنی عمومی و محیط را دارند مانند پالایشگاه های نفت و یا تاسیسات هسته ای. همچنین مقاصد حمل مواد خطرناک مانند پمپ های بنزین می توانند مراکز خطر باشند. تصمیمات مکان یابی مرتبط با این تسهیلات اثر عمده ای بر مسیریابی

حمل دارد. بنابراین تجميع تصميمات مسيريابی و مكان يابی ميتواند راه مناسبی برای کنترل ريسک کلی در ناحیه ای باشد که مواد خطرناک در آنجا حمل و استفاده می شود (Gizannikos,1998)

## ۶- روش تحقيق

### ۶-۱- جامعه و نمونه آماری

طبق تعريف، جامعه آماری عبارت است از گروهی از افراد یا اشیاء که در یک یا چند صفت، مشترک باشند. یک جامعه ممکن است همه افراد یا یک عده محدودتری از همان گروه را شامل شود. در تحقيق حاضر روش تحقيق، روش علم مدیریت است که بر اساس آن اقدام به طراحی مدل می‌کنیم. در نتیجه نمی‌توان جامعه آماری برای آن متصور شد بلکه این تحقيق از نوع مطالعات موردی بوده که مورد مطالعاتی طبق نظر کارشناسان و پیشنهاد کارفرما شبکه راههای استان فارس می‌باشد. این شبکه داری ۵۹ گره و ۸۰ کمان است و نمونه‌ای از آن در پیوست یک آورده شده است. ضمناً بنزین معمولی، بنزین سوپر، نفت سفید و گازوئیل از گروه مایعات قابل اشتعال و اسید سولفوریک، اسید نیتریک و پرکلرین از گروه مواد خورنده، موادی هستند که تقاضای واقعی آنها برای مبادی و مقاصد گوناگون (عبوری از استان فارس) در ماه اسفند سال ۱۳۸۸ در این تحقيق لحاظ شده است.

### ۶-۲- روش گردآوری اطلاعات

داده‌های مورد نیاز برای طراحی مدل‌ها را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد که هر کدام به روش خاص خود جمع آوری می‌شوند.

الف - شبکه راههای مطالعه موردی: در ابتدا با استفاده از نقشه راههای ایران (۱۳۸۹) شبکه اولیه‌ای تهیه سپس در نظرخواهی از خبرگان و کارشناسان این شبکه تکمیل و تعديل می‌شود.

ب - شاخص ريسک: ابتدا با نظر کارشناسان عوامل مهم در محاسبه احتمال و شدت حادثه ناشی از مواد خطرناک در کشور انتخاب سپس با استفاده از پرسشنامه اقدام به جمع‌آوری اطلاعات می‌شود. ضمناً به منظور دخیل ساختن نوع ماده در شدت حادثه اقدام به نظرخواهی از خبرگان و استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌شود.

ج - اطلاعات تقاضا و مبادی و مقاصد حمل مواد خطرناک و نیز طول کمان‌های شبکه به کیلومتر از پایگاههای اطلاعاتی سازمان راهداری و حمل‌ونقل جمع‌آوری شد.

### ۶-۳- روش تجزیه و تحلیل مدل



در این تحقیق داده‌های جمع آوری شده با استفاده از نرم‌افزار Excel پردازش و برای استفاده در مدل‌ها آماده شده است. در ادامه برای حل مدل‌های ریاضی پیاده سازی شده، با نرم‌افزار Lingo که نرم‌افزاری قدرتمند در حوزه تحقیق در عملیات است و قابلیت حل مدل‌های ریاضی برنامه‌ریزی خطی، عدد صحیح، صفر و یک و غیر خطی را داراست به حل آنها می‌پردازیم.

#### ۴-۶- بررسی روایی و اعتبار مدل

برای بررسی روایی و اعتبار مدل‌های ریاضی راه‌های مختلفی وجود دارد. که مهمترین آنها مقایسه نتایج به دست آمده از مدل، با نتایج واقعی می‌باشد. بدین صورت که مقدار هدف را که از حل مدل به دست می‌آید، با مقدار هدف که داده‌های متغیرها در عالم واقع در آن قرار گرفته است مقایسه می‌کنیم. در صورتی که مقدار هدف با توجه به اینکه هدف از نوع حداقل‌سازی یا حداکثرسازی باشد، بهتر از مقدار هدف در عالم واقع باشد، می‌توان گفت که مدل طراحی شده دارای روایی است. روش دیگر استفاده از نظر خبرگان مدلسازی جهت قضاوت در مورد مدل طراحی شده می‌باشد. در این تحقیق از هر دو روش برای اعتبارسنجی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج مدل هم با عالم واقع و هم از نظر خبرگان و تصمیم‌گیر تایید می‌شود. در ارزیابی ریسک مواد خطرناک عبوری از استان فارس با این فرض که هر تصادفی در مسیر منجر به حادثه می‌شود، احتمال و یا نرخ تصادف در مسیر به عنوان احتمال حادثه در نظر گرفته شد. برای محاسبه شدت حادثه نیز از میان عوامل شناخته شده در ادبیات موضوع با نظر کارشناسان و اساتید راهنما و مشاور سه عامل جمعیت تحت تاثیر، محیط زیست در معرض آسیب و تعداد و اهمیت ابنیه مسیر انتخاب شدند. بنابراین، همه اطلاعات مربوط به عوامل احتمال و شدت حادثه در ۸۰ مسیر شبکه مطالعه موردی از طریق پرسش‌نامه حاوی داده‌های کلامی جمع‌آوری می‌شود. این پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان اداره راه‌وتراپی استان، مرکز مدیریت راه‌های استان فارس، راهنمایی و رانندگی و نیز منابع طبیعی فارس که حداقل دارای مدرک لیسانس بوده و سابقه ۵ ساله در ادارات استانی دارند و در عین حال مسلط به مسیرهای مختلف استان فارس هستند، تکمیل می‌شود. متغیرهای کلامی و اعداد متناظر با آنها در طیف لیکرت در جدول ۱ آورده شده است. این پرسشنامه برای تمامی مسیرهای موجود در شبکه موردی تهیه و از خبرگان مرتبط خواسته شد تا با توجه به خبرگی و آگاهی خود از مسیر به پرسش‌ها پاسخ گویند.

جدول ۱ - متغیرهای کلامی متناظر با اعداد طیف لیکرت

۱	۲	۳	۴	۵	طیف متناظر نوع ریسک
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	احتمال تصادف
فاقد جمعیت	پراکندگی زیاد	پراکنده	متراکم	تراکم زیاد	ریسک جمعیتی
بدون عارضه	عارضه کم	عارضه متوسط	عارضه زیاد	عارضه بسیار زیاد	ریسک محیط زیست
بدون ابنیه	ابنیه غیرمهم	ابنیه پراکنده	ابنیه زیاد	ابنیه مهم و زیاد	ریسک ابنیه

### ۷- محاسبه ریسک در هر مسیر با توجه به نوع ماده

در این مرحله با توجه به احتمال تصادف بدست آمده و ضرب اوزان مربوط به شدت حادثه در اعداد حاصله برای مولفه‌های شدت حادثه، می‌توان ریسک را در هر مسیر با توجه به نوع ماده مطابق رابطه ۱ محاسبه کرد.

رابطه ۳ - ۱

$$R = P (w_1c_1 + w_2c_2 + w_3c_3)$$

که در آن  $p$  احتمال تصادف در مسیر و  $c_1, c_2, c_3$  به ترتیب متناظر با ریسک جمعیت، محیط زیست و ابنیه و  $w_1, w_2, w_3$  به ترتیب اوزان متناظر با هر کدام از مولفه‌های شدت حادثه است و برای تمامی مسیرها محاسبه می‌شود.

### ۸- طراحی مدل های مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک

قبل از اینکه به طراحی مدل های مورد نظر بپردازیم لازم است نکاتی کلی که در طراحی آنها مدنظر قرار داده شده ذکر شوند. در طراحی تمام مدل ها مفروضات زیر در نظر گرفته شده است.

۱. روابط بین متغیرها از نوع خطی است.
۲. هر گره می‌تواند نقطه‌ی بالقوه تقاضا و یا یک نقطه عرضه باشد.
۳. تمامی مسیرها قابلیت استفاده در هر دو جهت رفت و برگشت را داراست
۴. فرض شده ریسک عبور مواد خطرناک از مسیر بین دو گره در جهت رفت با جهت برگشت برابر است.

۵. ظرفیت مسیرها در حالت رفت با برگشت برابر است.

۶. فرض شده هر ارسال شامل یک تانکر با مقدار مشخصی ماده خطرناک است و به ازای هر ارسال با توجه به ماده  
ارسالی ریسک معینی را در مسیر موجب می‌شود.

۸-۱- طراحی مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور با رویکرد توجه صرف به ایمنی  
در این بخش به معرفی مدل ریاضی طراحی شده برای مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک در شبکه راههای استان  
فارس به عنوان مورد مطالعه این تحقیق می‌پردازیم. در این مدل با توجه به نظر تصمیم‌گیر تنها به ایمنی و ریسک  
توجه شده و اقتصادی یا غیراقتصادی بودن آن مد نظر نیست. در طراحی این مدل دو هدف عمده را دنبال می-  
کنیم. نخست بدنبال حداقل‌سازی ریسک در کل شبکه راههای مطالعه موردی هستیم و سپس به این امر توجه  
داریم که ریسک در هر مسیر از حد معینی بیشتر نشود و در واقع عدالت در توزیع ریسک برقرار باشد. با توجه به  
اینکه هدف نخست در سطح کل شبکه (استان) و هدف دوم در سطح پایینتر (شهرستان) مطرح می‌شود و در واقع  
دو سطح تصمیم‌گیری مجزاست، این مدل به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی دوسطحی طراحی شده‌است.

با فرض اینکه شبکه مورد نظر به صورت  $G(N, E)$  تعریف شود:

۸-۱-۱- اندیس‌ها و نمادهای بکار رفته در مدل

$C$  نوع ماده

$ij$  علامت کمان عبوری از مبدا  $i$  به مقصد  $j$  ( $A = \{(i, j), (j, i)\} : \langle i, j \rangle \in E$ )

$Sc$  گره مبدا ماده نوع  $C$

$Ec$  گره مقصد ماده نوع  $C$

۸-۱-۲- پارامترهای مدل

$dc$  تقاضای ماده نوع  $C$

$r_{ijc}$  ریسک عبور ماده نوع  $C$  از کمان با مبدا  $i$  به مقصد  $j$

$y_{ij}$  ظرفیت کمان با مبدا  $i$  و مقصد  $j$

۸-۱-۳- متغیرهای تصمیم مدل

$X_{ijc}$  تعداد تانکر عبوری ماده نوع  $C$  از کمان با مبدا  $i$  به مقصد  $j$

$\lambda$  حداکثر ریسک ناشی از عبور انواع مواد خطرناک از مسیرهای شبکه

۸ - ۱ - ۴ توابع هدف مدل

در سطح اول هدف این است که حداکثر ریسک ناشی از عبور مواد خطرناک مختلف از یک مسیر حداقل شود. لذا تابع هدف به صورت زیر خواهد بود:

رابطه ۳ - ۲

$$\lambda^* = \text{MIN } \lambda$$

در سطح دوم هدف مدل حداقل سازی ریسک عبور مواد خطرناک از کل شبکه است. لذا داریم:

رابطه ۳ - ۳

$$R^*_{\text{tot}} = \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in A} r_{ij}^c X_{ij}^c$$

۸ - ۱ - ۵- محدودیت های مدل

این مدل در هر دو سطح دارای محدودیت است. در سطح اول محدودیتی طراحی شده تا ریسک عبور مواد خطرناک از مسیرهای مختلف شبکه از سطح معینی ( $\lambda$ ) تجاوز نکند. لذا داریم:

رابطه ۳ - ۴

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

در سطح دوم نیز دو محدودیت وجود دارد که اولی تضمین کننده ارسال تقاضا از مبدا به مقصد و دیگری بیانگر محدودیت ظرفیت مسیر است.

رابطه ۳ - ۵

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum_{c \in C} X_{ij}^c \leq y_{ij}$$

$$0 \leq X_{ij}^c$$

$$X_{ij}^c \text{ integer}$$

با توجه به اینکه در حال حاضر بحث ظرفیت مسیر در کشور حالت عملیاتی ندارد، این مدل در هر دو حالت وجود و عدم وجود محدودیت ظرفیت مسیر اجرا و حل می‌گردد.

۸-۲- طراحی مدل ریاضی مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک با رویکرد ایمنی-اقتصادی

در سال ۱۹۸۶ آبکویتز و همکارانش نشان دادند اگر در مسیریابی تنها بدنبال پیدا کردن مسیرهای ایمن باشیم، مسیرهای بدست آمده به طور متوسط دو برابر طول کوتاهترین مسیر خواهد بود (Abkowitz et al, 1986). به این دلیل و با توجه به اینکه توجه مسیر صرفاً ایمن ممکن است برای هیچ شرکت حمل‌ونقلی توجیه اقتصادی نداشته باشد، مدلی طراحی شد تا هر دو جنبه اقتصادی و ایمن بودن را لحاظ کند. شاخص اقتصادی این مدل مقدار مسافت طی شده است و از آنجایی که شاخص‌هایی چون زمان و مسافت از لحاظ فیزیکی قابل تبدیل به یکدیگر بوده و نیز هزینه نسبت مستقیمی با مسافت طی شده دارد، برخلاف شاخص ریسک تنها از یک مولفه استفاده می‌شود. هدف این مدل حداقل‌سازی مسافت کل طی شده به ازای تمام مواد و در کل شبکه است و محدودیت اصلی آنست که ریسک عبور مواد خطرناک از هر مسیر از حد معینی (بدست آمده از اجرای مدل مسیریابی ایمن) فراتر نرود. با فرض اینکه شبکه مورد نظر به صورت  $G(N,E)$  تعریف شود:

۸-۲-۱- اندیس‌ها و نمادهای بکار رفته در مدل

$C$  نوع ماده

$ij$  علامت کمان عبوری از مبدا  $i$  به مقصد  $j$  ( $A = \{(i, j), (j, i)\} : \langle i, j \rangle \in E$ )

$S_C$  گره مبدا ماده نوع  $C$

$E_C$  گره مقصد ماده نوع  $C$

۸-۲-۲- پارامترهای مدل

$dc$  تقاضای ماده نوع  $C$

$r_{ijc}$  ریسک عبور ماده نوع  $C$  از کمان با مبدا  $i$  به مقصد  $j$

$y_{ij}$  ظرفیت کمان با مبدا  $i$  و مقصد  $j$

$l_{ij}$  طول کمان با مبدا  $i$  و مقصد  $j$

۸-۲-۳- متغیرهای تصمیم مدل

$X_{ij}^c$  تعداد تانکر عبوری ماده نوع  $c$  از کمان با مبدا  $i$  به مقصد  $j$

۸-۲-۴- تابع هدف مدل

تابع هدف مدل به صورت حداقل سازی مسافت کل طی شده است. لذا داریم:

رابطه ۳-۶

$$L^*_{tot} = \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in A} l_{ij}^c X_{ij}^c$$

۸-۲-۵- محدودیت های مدل

محدودیت اصلی آنست که ریسک در هر مسیر از مقدار  $\lambda$  بدست آمده از اجرای مدل ایمنی فراتر نرود. محدودیت-

های بعدی شامل محدودیت ظرفیت شبکه و نیز محدودیت مربوط به ارسال تقاضا از مبادی به مقاصد است. لذا

داریم:

رابطه ۳-۷

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } i = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum_{c \in C} X_{ij}^c \leq y_{ij}$$

$$X_{ij}^c \text{ integer}$$

این مدل نیز در دو حالت وجود و عدم وجود محدودیت ظرفیت شبکه اجرا می شود.

در نهایت نیز به منظور مقایسه، دو مدل حداقل سازی مسافت کل و نیز مدل حداقل سازی ریسک کلی

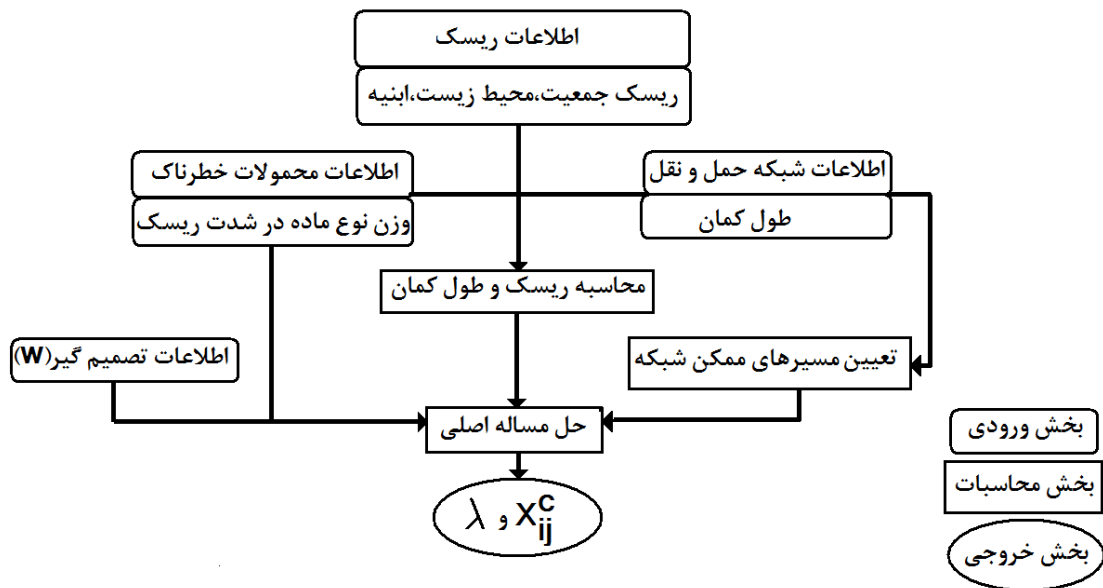
۸-۳- حل مدل های دو سطحی

به منظور حل مدل های دو سطحی تحقیق حاضر با توجه به اینکه تابع هدف و محدودیت ها خطی هستند، می توان

سطح دوم را با بکارگیری شرایط بهینگی کاروش-کاهن-تاکر در سطح یک ادغام و مساله را صورت یک مدل برنامه-

ریزی خطی تک سطحی تبدیل و حل کرد. برای این منظور از متغیرهای زیر بهره گیری می شود طراحی و اجرا -

می شود.



شکل ۳-۱ روش حل مدل و مساله تحقیق

#### ۱۰- جمع آوری داده های مورد نیاز مدل

در فصل قبل داده های مورد نیاز برای طراحی مدل ها را به ۳ دسته تقسیم کردیم و در مورد روش جمع آوری هر کدام نیز توضیح مختصری دادیم، حال به طور کامل بدان می پردازیم.

#### ۱۱- اطلاعات شبکه حمل و نقل

برای این منظور ابتدا شبکه ای از راههای استان فارس مطابق با آخرین نقشه های موجود در کشور تهیه شد. سپس در مقایسه با دیگر نقشه های موجود و نیز با نظر کارشناسان سازمان این نقشه تعدیل گشت. سپس با توجه به این نقشه، پرسش نامه شاخص ریسک تهیه شد و در آن خواسته شد تا پاسخ دهندگان ضمن پاسخ در مورد ریسک، صحت و دقت نقشه تهیه شده و نیز قابلیت بکارگیری مسیر در عبور مواد خطرناک را بررسی کنند. در نهایت شبکه راههای موجود این تحقیق مورد تایید قرار گرفت.

#### ۱۲- محاسبه شاخص ریسک در مسیرها

۱۲-۱- جمع آوری داده های احتمال تصادف و عوامل شدت حادثه

در جدول زیر اطلاعات جمع آوری شده از طریق پرسش‌نامه نشان داده شده است. خبرگان این تحقیق ۸ نفر بودند که ۴ نفر در مورد هر ۴ شاخص نظر داده و ۴ نفر دیگر با نظر به تخصص خود در مورد یکی از شاخص‌ها نظر دادند. پاسخ‌های داده شده در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۴-۱ خلاصه اطلاعات پرسش‌نامه

گره مبدا	گره مقصد	نام مسیر	خبره ۱				خبره ۲				خبره ۳				خبره ۴				خبره ۵			
			نوع ریسک				نوع ریسک				نوع ریسک				نوع ریسک				نوع ریسک			
			تصادف	جمعیت	محیط زیست	اینپه	تصادف	جمعیت	محیط زیست	اینپه	تصادف	جمعیت	محیط زیست	اینپه	تصادف	جمعیت	محیط زیست	اینپه	تصادف	جمعیت	محیط زیست	اینپه
۱	۲	ایزدخواست به آباد	۴	۲	۲	۳	۴	۲	۲	۴	۴	۲	۲	۲	۴	۴	۲	۲	۲	۴		
۲	۳	آباد به سورمق	۴	۳	۳	۳	۴	۴	۲	۲	۲	۴	۴	۲	۲	۴	۴	۲	۲	۲		
۳	۴	سورمق به صفاشهر	۴	۳	۴	۴	۳	۲	۲	۴	۳	۳	۳	۵	۴	۲	۲	۴	۲	۴		
۴	۵	صفاشهر به بوانات	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۲		
۵	۶	بوانات به سروستان	۳	۴	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۴	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴	۲		
۴	۷	صفاشهر به سعادت شهر	۵	۳	۴	۴	۵	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۳	۳	۲	۳	۴	۳	۴		
۷	۸	سعادت شهر به ارسنجان	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۴	۳	۳	۳	۳	۲		
۷	۹	سعادت شهر به نقش رستم	۳	۲	۴	۳	۴	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۳	۴		
۸	۱۰	ارسنجان به جمال آباد	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۱	۱	۲	۳	۲	۱	۱	۲	۲		
۸	۲۳	ارسنجان به نیریز	۳	۳	۴	۳	۴	۳	۴	۳	۳	۴	۲	۴	۴	۵	۳	۳	۳	۴		



## ۱۲ - ۲- محاسبه احتمال تصادف و عوامل شدت حادثه

در این مرحله با استفاده از میانگین حسابی داده‌های پرسش‌نامه، تحلیل و احتمال حادثه و شدت آن در صورت وقوع در مسیر بدست آمد.

## ۱۲-۳- تعیین وزن نوع ماده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

در این مرحله از خبرگان آشنا به خصوصیات شیمیایی مواد خطرناک خواسته شد تا از طریق مقایسات زوجی تاثیر نوع ماده خطرناک را بر عوامل شدت حادثه ارزیابی کنند. خبرگان این مرحله سه کارشناس سازمان پخش فرآورده- های سوختی و پژوهشکده محیط زیست بودند. جداول زیر مقایسات زوجی این خبرگان را در مورد دو گروه مایعات قابل اشتعال و مواد خورنده نشان می‌دهد.

**جداول ۴- ۲ مقایسات زوجی خبرگان- مایعات قابل اشتعال**

مایعات قابل اشتعال - خبره ۱	ریسک جمعیتی	محیط زیست	ریسک انبیه
ریسک جمعیتی	۱	۵	۷
محیط زیست		۱	۵
ریسک انبیه			۱

## ۱۲-۴- محاسبه ریسک عبور مواد خطرناک از مسیرها

پس از محاسبه وزن تاثیر نوع ماده بر ریسک و نیز مولفه‌های ریسک با استفاده از رابطه ۳ - ۱ نسبت به محاسبه ریسک در مسیر اقدام شد که در جدول زیر آورده شده است.

جداول ۴ - ۶ ریسک در مسیره‌ها

گره مبدا	گره مقصد	نام مسیر	ریسک تصادف	ریسک جمعیتی	ریسک محیط زیست	ریسک آبنیبه	طول مسیر	ریسک در مسیر برای مایعات قابل اشتعال	ریسک در مسیر برای مواد خورنده
۱	۲	ایزدخواست به آباده	۷۶/۰	۴۸/۰	۴/۰	۷۲/۰	۶۶	۳۷۳۳۱/۰	۴۰۲۵۰/۰
۲	۳	آباده به سورمق	۶۸/۰	۶۸/۰	۴۸/۰	۶/۰	۲۴	۴۳۰۵۸/۰	۳۸۴۸۸/۰
۳	۴	سورمق به صفاشهر	۷۲/۰	۵۶/۰	۵۶/۰	۸۴/۰	۶۵	۴۲۵۳۸/۰	۴۷۳۷۶/۰
۴	۵	صفاشهر به بوانات	۶/۰	۴۸/۰	۴۴/۰	۴۴/۰	۵۴	۲۸۰۸۰/۰	۲۶۹۲۸/۰
۵	۶	بوانات به سروستان	۶/۰	۶۸/۰	۴۴/۰	۴۴/۰	۲۰	۳۶۴۸۰/۰	۲۹۵۶۸/۰
۴	۷	صفاشهر به سعادت شهر	۸۴/۰	۶۸/۰	۶۸/۰	۸/۰	۷۴	۵۸۲۲۹/۰	۶۰۶۴۸/۰

۱۳- اطلاعات تقاضا و مبادی و مقاصد حمل مواد خطرناک

در این بخش اطلاعات تصمیم‌گیر شامل طول کمان‌های مسیر و نیز اطلاعات تقاضا با همکاری دفتر فناوری اطلاعات سازمان جمع‌آوری شد. طول کمان‌های مسیر در جدول ۴ - ۶ آورده شده‌است. تقاضا و مبادی و مقاصد حمل نیز از اطلاعات واقعی و بارنامه حمل مواد خطرناک در اسفند ماه سال ۱۳۸۸ گردآوری گردید که مطابق جدول زیر است:

جداول ۴ - ۷ تقاضا و مبادی و مقاصد حمل

مقدار	نوع ماده	مقصد	مبدا
۵۰	پرکلرین	لار	اصفهان
۹۳۶	نفت سفید	شیراز	اصفهان
۱۲۸	اسید سولفوریک	جهرم	اصفهان
۲۷۴	گازوئیل	فسا	خوزستان
۵۳۱	بنزین معمولی	خنج	کرمان
۷۷۵	بنزین سوپر	سپیدان	هرمزگان (فورک)
۱۷۰	اسید نیتریک	کازرون	هرمزگان (کنار تخته)

## ۱۴- مراحل حل مدل ها

در این قسمت مدل های طراحی شده برای مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک به همان ترتیبی که در فصل قبل به توضیح آن پرداختیم آورده می شوند. مورد بسیار مهم در این زمینه حذف مسیرهایی چون ایزدخواست به آباد، آباد به سورمق، سروستان به بوانات، بوانات به صفاشهر، نورآباد به مصیری، داراب به فورگ، بازرنگان به کنارخته و نیریز به سیرجان از شبکه راههاست. زیرا این مسیرها جایگزین نداشته و موادی که به آنها حمل می شود ناچار به ادامه مسیر از تنها راه ممکن است.

۱۴-۱- حل مدل مسیریابی حمل مواد خطرناک با رویکرد توجه صرف به ایمنی

پس از تعیین مقادیر پارامترهای مورد استفاده، مدل نهایی دوسطحی به صورت زیر خواهد بود.

رابطه ۴-۱

سطح اول

$$\lambda^* = \text{MIN } \lambda$$

s.t:

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

$$y_{ij} \geq 0$$

سطح دوم

$$R_{\text{tot}}^* = \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in A} r_{ij}^c X_{ij}^c$$

s.t:

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum_{c \in C} X_{ij}^c \leq y_{ij}$$

$$0 \leq X_{ij}^c$$

$$X_{ij}^c \text{ integer}$$

سطح دوم این مدل با شرایط بهینگی کاروش - کاهن - تاکر و با اضافه کردن متغیرهای مربوطه به یک مدل تک

سطحی تبدیل می شود. مدل تک سطحی حاصل به صورت زیر است:

رابطه ۴ - ۲

$$\lambda^* = \text{MIN } \lambda$$

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum X_{ij}^c + W_{ij} = y_{ij}$$

$$r_{ij}^c - m_i^c + m_j^c + n_{ij} - z_{ij}^c = 0$$

$$n_{ij} \cdot w_{ij} = 0$$

$$X_{ij}^c \cdot Z_{ij}^c = 0$$

$$X_{ij}^c, Z_{ij}^c \geq 0$$

$$W_{ij}, y_{ij}, n_{ij} \geq 0$$

$$m_i^c \text{ free}$$

همان طور که ملاحظه می شود این مدل دارای دو محدودیت درجه دو است که می توان این دو محدودیت را از

طریق بکار گرفتن متغیرهای دودویی  $b1_{ij}, b2_{ij}, b3_{ij}, b4_{ij}$  و اعداد به اندازه کافی بزرگ  $M1, M2$

$M3, M4$  تبدیل به خطی کرد. در نهایت مدل خطی سازی شده ای که وارد نرم افزار لینگو می شود بدین صورت

است:

رابطه ۴ - ۳

$$\lambda^* = \text{MIN } \lambda$$

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum X_{ij}^c + W_{ij} = y_{ij}$$

$$r_{ij}^c - m_i^c + m_j^c + n_{ij} - z_{ij}^c = 0$$

$$n_{ij} \leq M^1 b^1_{ij}$$

$$W_{ij} \leq M^2 b^2_{ij}$$

$$X_{ij}^c \leq M^3_c b^3_{ijc}$$

$$z_{ij}^c \leq M^4 b^4_{ijc}$$

$$b^1_{ij} + b^2_{ij} \leq 1$$

$$b^3_{ijc} + b^4_{ijc} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
X_{ij}^c, Z_{ij}^c &\geq 0 \\
W_{ij}, y_{ij}, n_{ij} &\geq 0 \\
m_i^c &\text{ free} \\
b_{ij}^1, b_{ij}^2 &\in \{0,1\} \\
b_{ijc}^3, b_{ijc}^4 &\in \{0,1\} \\
X_{ij}^c &\text{ int}
\end{aligned}$$

این مدل دارای ۶۵۸۸ متغیر است که ۳۶۰۰ متغیر آن از نوع عدد صحیح هستند. مدل مذکور همچنین ۵۷۷۳ محدودیت را شامل می‌شود. جواب بهینه این مدل با استفاده از نرم‌افزار لینگو و پس از ۲ ساعت و ۵۷ دقیقه اجرا بر روی یک رایانه هست هسته‌ای بدست آمد. مقدار تابع هدف یا حداکثر ریسک در هر مسیر برابر ۳۵۰.۷۹ و مقادیر متغیرهای تصمیم و مسیرها مطابق جدول زیر است:

جداول ۴ - ۸ حل مدل با رویکرد ایمنی - مسیر دارای ظرفیت

مسیر و تعداد حمل	نوع ماده
۴۰۹ واحد از ۳ به ۴ - ۵۲۷ واحد از ۳ به ۵۵ - ۹۰ واحد از ۵۵ به ۴ - ۴۹۹ واحد از ۴ به ۷ - ۲۴۰ واحد از ۷ به ۸ - ۲۴۰ واحد از ۸ به ۲۳ - ۲۴۰ واحد از ۲۳ به ۲۲ - ۲۴۰ واحد از ۲۲ به ۲۵ - ۲۵۹ واحد از ۷ به ۹ - ۵۶ واحد از ۹ به ۱۰ - ۵۶ واحد از ۱۰ به ۱۲ - ۲۰۳ واحد از ۹ به ۱۱ - ۱۹ واحد از ۱۱ به ۱۳ - ۲۴۰ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۴۰ واحد از ۱۵ به ۱۶ - ۲۴۰ واحد از ۱۶ به ۱۷ - ۲۴۰ واحد از ۱۷ به ۱۸ - ۲۲۷ واحد از ۲۵ به ۲۶ - ۲۲۷ واحد از ۲۶ به ۲۷ - ۲۲۷ واحد از ۲۷ به ۲۸ - ۲۲۷ واحد از ۲۸ به ۳۰ - ۲۲۷ واحد از ۳۰ به ۴۰ - ۱۳ واحد از ۲۵ به ۲۱ - ۱۳ واحد از ۲۱ به ۲۰ - ۱۳ واحد از ۲۰ به ۱۸ - ۲۵۳ واحد از ۱۸ به ۱۹ - ۲۵۳ واحد از ۱۹ به ۴۱ - ۴۱ واحد از ۴۰ به ۴۱ - ۲۸۳ واحد از ۴۱ به ۴۴ - ۲۸۳ واحد از ۴۴ به ۴۳ - ۱۴ واحد از ۲۸۳ - ۱۴ واحد از ۱۴ به ۱۳ - ۱۹۷ واحد از ۱۳ به ۴۰ - ۱۹۷ واحد از ۴۰ به ۳۹ - ۱۹۷ واحد از ۳۹ به ۴۳ - ۱۹۷ واحد از ۴۳ به ۴۲ - ۱۹۷ واحد از ۴۲ به ۴۵ - ۱۹۷ واحد از ۴۵ به ۴۶ - ۴۳۷ واحد از ۴۶ به ۵۴ - ۳۱۹ واحد از ۵۴ به ۵۶ - ۱۱۸ واحد از ۵۴ به ۵۳ - ۳۱۹ واحد از ۵۳ به ۵۱ - ۱۱۸ واحد از ۵۳ به ۵۱ - ۱۹۸ واحد از ۵۱ به ۱۳ - ۲۳۹ واحد از ۵۱ به ۵۰ - ۲۳۹ واحد از ۵۰ به ۵۰ - ۲۳۹ واحد از ۴۹ به ۴۹ - ۴۶ - ۴۳۶ واحد از ۴۶ به ۱۳	نفت سفید

بنا به اینکه ظرفیت مسیرهای جاده‌های مختلف کشور در حال حاضر محاسبه نشده، این مدل با فرض عدم وجود محدودیت ظرفیت نیز حل شده است. مدل مورد استفاده دو سطحی بوده و مانند مدل قبل با بکارگیری شرایط بهینگی کاروش کاهن تا کر به مدل تک سطحی تبدیل می‌شود. مدل نهایی که وارد نرم‌افزار شده بدین صورت است:

#### رابطه ۴-۴

$$\lambda^* = \text{MIN } \lambda$$

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq \lambda$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$$r_{ij}^c - m_i^c + m_j^c - z_{ij}^c = 0$$

$$X_{ij}^c \leq M^3 c b^3_{ijc}$$

$$z_{ij}^c \leq M^4 b^4_{ijc}$$

$$b^3_{ijc} + b^4_{ijc} \leq 1$$

$$X_{ij}^c, Z_{ij}^c \geq 0$$

$$m_i^c \text{ free}$$

$$b^1_{ij}, b^2_{ij} \in \{0,1\}$$

$$b^3_{ijc}, b^4_{ijc} \in \{0,1\}$$

$$X_{ij}^c \text{ int}$$

این مدل ۵۳۴۵ متغیر شامل ۳۰۹۴ متغیر عدد صحیح دارد. تعداد ۴۳۴۴ محدودیت نیز در مدل وجود دارد. در نهایت پس از اجرای مدل در نرم‌افزار لینگو، مقدار تابع هدف برابر ۳۳۶.۳ حاصل شد و مقادیر متغیرهای تصمیم و مسیرها در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۴-۹ حل مدل با رویکرد ایمنی- مسیرها بدون ظرفیت

مسیر و تعداد حمل	نوع ماده
۲۷۸ واحد از ۳ به ۴ - ۲۷۸ واحد از ۴ به ۷ - ۲۷۸ واحد از ۷ به ۸ - ۲۷۸ واحد از ۸ به ۱۰ - ۲۷۸ واحد از ۱۰ به ۱۲ - ۲۷۸ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۷۸ واحد از ۱۵ به ۱۴ - ۲۷۸ واحد از ۱۴ به ۱۳ - ۶۵۸ واحد از ۳ به ۵۵ - ۶۵۸ واحد از ۵۵ به ۵۴ - ۱۸۶ واحد از ۵۴ به ۵۶ - ۴۷۰ واحد از ۵۴ به ۵۳ - ۱۸۸ واحد از ۵۶ به ۵۱ - ۴۷۰ واحد از ۵۱ به ۵۳ - ۱۵۶ واحد از ۵۱ به ۱۳ - ۵۰۲ واحد از ۵۱ به ۵۰ - ۵۰۲ واحد از ۵۰ به ۴۹ - ۴۹۶ واحد از ۴۹ به ۴۶ - ۵۱ واحد از ۴۹ به ۴۷ - ۶ واحد از ۴۷ به ۴۵ - ۶ واحد از ۴۵ به ۴۶ - ۵۰۲ واحد از ۴۶ به ۱۳	نفت سفید

۱۴ - ۲ حل مدل مسیریابی حمل مواد خطرناک با رویکرد ایمنی - اقتصادی

پس از تعیین مقادیر پارامترهای مورد استفاده، مدل نهایی دوسطحی به صورت زیر خواهد بود.

رابطه ۴ - ۵

$$L^*_{tot} = \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in A} l_{ij}^c X_{ij}^c$$

s.t:

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq 351$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{ji}^c = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & o.w \forall c \in C \end{cases}$$

$$\sum_{c \in C} X_{ij}^c \leq y_{ij}$$

$X_{ij}^c$  integer

این مدل دارای ۹۸۱ متغیر تصمیم است که همگی از نوع عدد صحیح هستند و ۵۵۴ محدودیت دارد. تابع هدف این مدل پس از حل توسط نرم افزار برابر ۱۰۸۶۳۰۱ کیلومتر حاصل شد. مقادیر متغیرهای تصمیم و مسیرها نیز مطابق جدول زیر است:

جدول ۴ - ۹ حل مدل با رویکرد ایمنی - اقتصادی و مسیر دارای ظرفیت

مسیر و تعداد حمل	نوع ماده
۲۲۷ واحد از ۳ به ۴ - ۲۲۷ واحد از ۴ به ۷ - ۲۲۷ واحد از ۷ به ۸ - ۲۲۷ واحد از ۸ به ۱۰	نفت سفید
۲۲۷ واحد از ۱۰ به ۱۲ - ۲۲۷ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۲۷ واحد از ۱۵ به ۱۴ - ۲۲۷ واحد از ۱۴ به ۱۳	
۷۰۹ واحد از ۳ به ۵۵ - ۷۰۹ واحد از ۵۵ به ۵۴ - ۳۸۴ واحد از ۵۴ به ۵۶	
۳۲۵ واحد از ۵۴ به ۵۳ - ۳۸۴ واحد از ۵۳ به ۵۶ - ۵۱ واحد از ۵۶ به ۵۱ - ۳۲۵ واحد از ۵۱ به ۵۳ - ۳۹۳ واحد از ۵۳ به ۵۱	
۲۱۶ واحد از ۱۳ به ۵۱ - ۲۱۶ واحد از ۵۱ به ۵۰ - ۲۱۶ واحد از ۵۰ به ۴۹ - ۲۱۶ واحد از ۴۹ به ۴۶ - ۲۱۶ واحد از ۴۶ به ۱۳	

این مدل نیز با فرض عدم وجود ظرفیت اجرا شد. در این حالت مدل وارد شده به نرم افزار به صورت زیر است:

$$L^*_{tot} = \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in A} l_{ij}^c X_{ij}^c$$

s.t:

$$\sum_{c \in C} (r_{ij}^c X_{ij}^c + r_{ji}^c X_{ji}^c) \leq 337$$

$$\sum_{j \in FS(i)} X_{ij}^c - \sum_{j \in BS(i)} X_{jic} = \begin{cases} d(c) & \text{if } i = S(c) \forall c \in C \\ -d(c) & \text{if } j = E(c) \forall c \in C \\ 0 & \text{o.w } \forall c \in C \end{cases}$$

$X_{ij}^c$  integer

مدل فوق دارای ۹۸۱ متغیر عدد صحیح و ۴۸۴ محدودیت است. مقدار تابع هدف آن پس از حل برابر ۱۱۷۱۲۱۵ کیلومتر بدست آمد. مقادیر متغیرهای تصمیم و مسیرها مطابق جدول زیر است:

جداول ۴-۱۱ حل مدل با رویکرد ایمنی-اقتصادی و مسیر بدون ظرفیت

مسیر و تعداد حمل	نوع ماده
۲۱۵ واحد از ۳ به ۴ - ۲۱۵ واحد از ۴ به ۷ - ۲۱۵ واحد از ۷ به ۸ - ۲۱۵ واحد از ۸ به ۱۰ - ۲۱۵ واحد از ۱۰ به ۱۲ - ۲۱۵ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۱۵ واحد از ۱۵ به ۱۴ - ۲۱۵ واحد از ۱۴ به ۱۳ - ۷۲۱ واحد از ۳ به ۵۵ - ۷۲۱ واحد از ۵۵ به ۵۴ - ۳۹۶ واحد از ۵۴ به ۵۶ - ۳۲۵ واحد از ۵۴ به ۵۳ - ۳۹۶ واحد از ۵۶ به ۵۱ - ۳۲۵ واحد از ۵۱ به ۱۳ - ۲۴۸ واحد از ۵۱ به ۵۰ - ۲۴۸ واحد از ۵۰ به ۴۹ - ۲۴۸ واحد از ۴۹ به ۴۶ - ۲۴۸ واحد از ۴۶ به ۱۳	نفت سفید

۱۴-۳ حل مدل حداقل سازی مسافت کل در مسیریابی حمل مواد خطرناک

این مدل به همان صورت نشان داده شده در فصل سه وارد نرم‌افزار می‌شود لذا از بیان مجدد آن خودداری می‌کنیم. این مدل دارای ۹۸۱ متغیر عدد صحیح و ۴۱۴ محدودیت است. مقدار تابع هدف برابر ۱۱۰۴۲۳۸ کیلومتر و مقادیر متغیرهای تصمیم و مسیرها مطابق جدول زیر است:

جداول ۴-۱۲ حل مدل حداقل سازی مسافت کل-مسیر دارای ظرفیت

مسیر و تعداد حمل	نوع ماده
۲۸۶ واحد از ۳ به ۴ - ۲۸۶ واحد از ۴ به ۷ - ۲۸۶ واحد از ۷ به ۸ - ۲۸۶ واحد از ۸ به ۱۰ - ۲۸۶ واحد از ۱۰ به ۱۲ - ۲۸۶ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۸۶ واحد از ۱۵ به ۱۴ - ۲۸۶ واحد از ۱۴ به ۱۳ - ۶۵۰ واحد از ۳ به ۵۵ - ۶۵۰ واحد از ۵۵ به ۵۴ - ۳۲۵ واحد از ۵۴ به ۵۶ - ۳۲۵ واحد از ۵۴ به ۵۳ - ۳۲۵ واحد از ۵۶ به ۵۱ - ۳۲۵ واحد از ۵۱ به ۵۰ - ۶۵۰ واحد از ۵۰ به ۵۱ - ۶۵۰ واحد از ۵۱ به ۱۳	نفت سفید



این مدل نیز با فرض عدم وجود ظرفیت در نرم‌افزار اجرا می‌شود. در این حالت، مدل ۹۸۱ متغیر عدد صحیح تصمیم و ۳۴۴ محدودیت دارد. تابع هدف مدل برابر ۱۰۸۶۳۰۱ کیلومتر بوده و مقادیر متغیرهای تصمیم و محدودیت‌ها مطابق جدول زیر است:

**جداول ۴ - ۱۳ حل مدل حداقل سازی مسافت کل - مسیر بدون ظرفیت**

نوع ماده	مسیر و تعداد حمل
نفت سفید	از ۳ به ۵۵ - از ۵۵ به ۵۴ - از ۵۴ به ۵۳ - از ۵۳ به ۵۱ - از ۵۱ به ۱۳ همگی به مقدار برابر ۹۳۶ واحد
پرکلرین	از ۳ به ۴ - از ۴ به ۷ - از ۷ به ۸ - از ۸ به ۲۳ - از ۲۳ به ۲۲ - از ۲۲ به ۲۵ - از ۲۵ به ۲۶ - از ۲۶ به ۲۷ - از ۲۷ به ۲۸ - از ۲۸ به ۳۰ - از ۳۰ به ۳۱ - از ۳۱ به ۳۲ همگی به مقدار برابر ۵۰ واحد
گازوئیل	۲۷۴ واحد از ۵۰ به ۵۱ - ۲۷۴ واحد از ۵۱ به ۵۳ - ۲۷۴ واحد از ۵۳ به ۱۱ - ۲۷۴ واحد از ۱۱ به ۱۲ - ۲۷۴ واحد از ۱۲ به ۱۵ - ۲۷۴ واحد از ۱۵ به ۱۶ - ۲۷۴ واحد از ۱۶ به ۱۷
بنزین سوپر	۷۷۵ واحد از ۲۶ به ۲۵ - ۷۷۵ واحد از ۲۵ به ۲۲ - ۷۷۵ واحد از ۲۲ به ۲۳ - ۷۷۵ واحد از ۲۳ به ۲۶ - ۷۷۵ واحد از ۲۶ به ۲۷ - ۷۷۵ واحد از ۲۷ به ۲۸ - ۷۷۵ واحد از ۲۸ به ۳۰ - ۷۷۵ واحد از ۳۰ به ۳۱ - ۷۷۵ واحد از ۳۱ به ۳۲ - ۷۷۵ واحد از ۳۲ به ۳۳ - ۷۷۵ واحد از ۳۳ به ۳۴ - ۷۷۵ واحد از ۳۴ به ۳۷
بنزین معمولی	۵۳۱ واحد از ۲۳ به ۲۲ - ۵۳۱ واحد از ۲۲ به ۲۵ - ۵۳۱ واحد از ۲۵ به ۲۶ - ۵۳۱ واحد از ۲۶ به ۲۷ - ۵۳۱ واحد از ۲۷ به ۲۸ - ۵۳۱ واحد از ۲۸ به ۳۰ - ۵۳۱ واحد از ۳۰ به ۳۱ - ۵۳۱ واحد از ۳۱ به ۳۴ - ۵۳۱ واحد از ۳۴ به ۳۷
اسید سولفوریک	از ۳ به ۵۵ - از ۵۵ به ۵۴ - از ۵۴ به ۵۳ - از ۵۳ به ۵۱ - از ۵۱ به ۱۳ - از ۱۳ به ۱۴ - ۴۴ - ۴۴ - از ۴۱ به ۴۱ - از ۴۱ به ۴۰ همگی به مقدار ۱۲۸ واحد
اسید نیتریک	۱۷۰ واحد از ۳۲ به ۳۴ - ۱۷۰ واحد از ۳۴ به ۳۷ - ۱۷۰ واحد از ۳۷ به ۳۸ - ۱۷۰ واحد از ۳۸ به ۴۲ - ۱۷۰ واحد از ۴۲ به ۴۵

#### ۱۴ - ۴ - حل مدل حداقل سازی ریسک کل در مسیریابی حمل مواد خطرناک

این مدل به همان صورت نشان داده شده در فصل سه وارد نرم‌افزار می‌شود لذا از بیان مجدد آن خودداری می‌کنیم. این مدل دارای ۹۸۱ متغیر عدد صحیح و ۴۱۴ محدودیت است. مقادیر متغیرهای تصمیم برای این مدل عیناً

همان مقادیر مدل حداقل‌سازی مسافت کل با فرض وجود ظرفیت است! تابع هدف برابر  $8013.53$  واحد ریسک محاسبه شده است.

#### ۱۵- مقدمه

رویکرد اصلی تحقیق، طراحی و ارائه مدل‌هایی برای مسیریابی ایمن حمل‌ونقل مواد خطرناک در جاده‌های کشور است. از آنجا که تحقیق حاضر از رویکرد تحقیق در عملیات و مدل‌سازی برخوردار است، فرضیه‌ای ارائه نشده است و تنها به ارائه سوالات تحقیق پرداختیم.

در چارچوب تجربی تحقیق، مدل‌هایی ارائه شد که با توجه به داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده هر کدام در حالت‌های مختلفی حل گردید. در این فصل قصد داریم تا جواب‌های مدل را با وضعیت موجود مقایسه کرده و مدل را اعتبار سنجی نماییم تا روشن گردد که آیا استفاده از مدل‌های ارائه شده موجب بهبود وضعیت فعلی خواهد شد یا خیر. از آنجایی که وضع موجود در واقع همان نتایج مدل حداقل‌سازی مسافت کل است و همچنین برای ایجاد قابلیت تحلیل بیشتر در قالب نمودارهایی جواب تمامی مدل‌ها در هر رویکرد با هم مقایسه می‌شود. در نهایت به ارائه پیشنهادات در حوزه کاربردی و پژوهشی خواهیم پرداخت.

#### ۱۶- مقایسه کلی مدل‌ها

۱۶-۱- مقایسه مدل‌ها در حالت وجود ظرفیت برای مسیرها

چهار مدل در این حالت اجرا شد که بدلیل یکسانی نتایج مدل‌های حداقل‌سازی ریسک و حداقل‌سازی مسافت، سه مدل رویکرد ایمنی، رویکرد ایمنی-اقتصادی و رویکرد حداقل‌سازی ریسک در قالب جدول ۵-۱ با هم مقایسه می‌شوند.

جدول ۵-۱ مقایسه مدل ها در حالت وجود ظرفیت برای مسیرها

مدل حداقل سازی ریسک	مدل ایمنی-اقتصادی	مدل ایمنی	رویکرد مدل شاخص
۵۵۱	۳۵۱	۳۵۱	حداکثر ریسک در مسیر
۸۰۱۳	۸۶۳۶	۱۴۰۳۴	ریسک کل
۱۱۰۴۲۱۷	۱۱۴۵۲۴۴	۱۷۵۱۶۰۴	مسافت کل

همان طور که مشاهده می شود استفاده از مدل ایمنی، ریسک و مسافت کل نسبتاً بالایی را موجب می شود گرچه در این رویکرد هیچ کمانی بلااستفاده نمانده (حداقل در یک جهت استفاده شده) و در واقع از لحاظ عدالت در توزیع ریسک در سطح بالایی است. به علاوه، در این رویکرد تنها یک مسیر به حد بالای ریسک در مسیرها ( $\lambda$ ) رسیده است گرچه ۱۷ مسیر ریسکی بالای ۳۰۰ واحد را متحمل می شوند. در رویکرد ایمنی-اقتصادی، اضافه کردن محدودیت حداکثر ریسک در هر مسیر (که از حل مدل ایمنی بدست آمد)، موجب شد تا هدف عدالت در توزیع ریسک تا حد زیادی در این رویکرد نیز صدق کند. به علاوه در این رویکرد ضمن توزیع ریسک مناسب، ریسک کل و مسافت طی شده کل به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کند. اگرچه در این رویکرد، ۴ مسیر حداکثر ریسک ممکن را تحمل می کنند و ۱۸ کمان نیز بلااستفاده مانده ولی وجود محدودیت برای حد بالای ریسک و نیز توجه به این نکته که تنها ۷ مسیر ریسکی بالای ۳۰۰ واحد را تحمل می کنند، نشان می دهد این رویکرد از لحاظ توزیع ریسک نیز وضعیت قابل قبولی دارد. در نهایت رویکرد حداقل سازی ریسک کل، در این حالت علی رغم اینکه ریسک کل و مسافت کل کاهش ناچیزی پیدا کرده ولی حداکثر ریسک در هر مسیر به شدت افزایش یافته است که استفاده از این رویکرد را در مسیریابی با تردید مواجه می کند. به علاوه، وجود ۲۶ کمان بلااستفاده، ۶ مسیر که به سقف ظرفیت خود رسیده اند و ۳ مسیر که از ریسکی بیشتر از حد بالای ریسک در رویکردهای دیگر دارند، نشان می دهد استفاده از این رویکرد چندان منطقی نیست.

۱۶-۲- مقایسه مدل ها در حالت عدم وجود ظرفیت برای مسیرها

چهار مدل نیز در این حالت اجرا شد که بدلیل یکسانی نتایج مدل‌های حداقل‌سازی ریسک و حداقل‌سازی مسافت، سه مدل رویکرد ایمنی، رویکرد ایمنی-اقتصادی و رویکرد حداقل‌سازی ریسک در قالب جدول ۵-۲ با هم مقایسه می‌شوند.

جدول ۵-۲ مقایسه مدل‌ها در حالت عدم وجود ظرفیت برای مسیرها

مدل حداقل‌سازی ریسک	مدل ایمنی-اقتصادی	مدل ایمنی	رویکرد مدل شاخص
۷۳۷	۳۳۷	۳۳۷	حداکثر ریسک در مسیر
۷۲۴۶	۸۸۸۶	۹۹۳۶	ریسک کل
۱۰۸۶۳۰۱	۱۱۷۱۲۱۵	۱۳۶۸۰۷۳	مسافت کل

مانند حالت قبل، در این حالت نیز رویکرد ایمنی با وجود ریسک و مسافت کل زیاد، توزیع ریسک بهتری دارد و تنها ۱۱ کمان بلااستفاده می‌ماند در حالی که ۱۳ کمان ریسکی بالاتر از ۳۰۰ واحد متحمل می‌شوند. استفاده از رویکرد ایمنی-اقتصادی، ریسک و مسافت کل را بسیار کاهش می‌دهد. اگرچه در این رویکرد ۲۱ کمان بلااستفاده می‌ماند ولی وجود محدودیت حد بالای ریسک و نیز بدین دلیل که تنها هست کمان ریسکی بالاتر از ۳۰۰ واحد دریافت می‌کنند، این رویکرد را از لحاظ توزیع ریسک نیز توجیه می‌کند. در نهایت، رویکرد حداقل‌سازی ریسک کل که همان‌طور که قبلاً ذکر شد نتایجی مشابه رویکرد حداقل‌سازی مسافت دارد و در واقع همان وضع موجود نیز هست. این رویکرد با وجود ریسک و مسافت کل طی شده بسیار پایین، ۳۴ مسیر را بلااستفاده قرار می‌دهد که موجب افزایش ریسک دریافتی در مسیرهای دیگر می‌شود. تصادفات بالنسبه زیاد در حمل مواد خطرناک در کشور نیز دلیلی بر مشکلات استفاده از این رویکرد است.

## ۱۷- جمع بندی نتایج

با توجه به جواب‌های حاصل از مدل‌ها و مقایسه آن با وضع موجود، کارایی مدل‌های ارائه شده در بهبود تصمیم‌گیری در خصوص مسیریابی حمل مواد خطرناک مشخص شد. اگرچه مقادیر محاسبه شده با فرض عدم وجود ظرفیت، راضی‌کننده‌تر به نظر می‌رسد ولی باید توجه داشت در این حالت به ترتیب از شش، سه و هفت مسیر در رویکردهای ایمنی، ایمنی-اقتصادی و حداقل سازی مسافت کل، مقادیری بیش از ظرفیت مسیر (در صورت وجود ظرفیت) عبور خواهد کرد. بنابراین به نظر می‌رسد بهترین و یا در واقع ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین مسیریابی ممکن از طریق حل مدل ایمنی و استفاده از جواب این مدل در مدل ایمنی-اقتصادی با وجود ظرفیت برای مسیرها حاصل می‌شود. لذا تعیین ظرفیت برای مسیرها از اهم پیشنهادات برای تحقیقات آتی است. در مجموع استفاده از مدل‌های ریاضی و نیز شاخص ریسک ارائه شده در پشتیبانی از تصمیمات مسیریابی حمل مواد خطرناک نتایج مثبتی را به همراه خواهد داشت که عبارتند از:

الف - تلفیق رویکرد ایمنی و اقتصادی می‌تواند رضایت هم شرکت‌های حمل‌ونقل را از حاظ اقتصادی بدست آورد و هم ایمنی مورد نظر تصمیم‌گیر را لحاظ می‌کند.

ب - بدلیل جامعیت نسبی شاخص ریسک تعریف شده، نهادهای متعدد درگیر در حمل مواد خطرناک نیز از مسیرهای بدست آمده استقبال خواهند کرد.

ج - با تعیین سقف ریسک برای مسیرها و حداقل سازی آن به توزیع ریسک توجه ویژه‌ای می‌شود و عدالت در توزیع ریسک رعایت می‌شود.

## **فصل دوم : تازه های حمل و نقل**

**ترجمه: مهندس دژم صالح پور**

**ویرایش: مهندس سید امید برزنجی**

**• طراحی بی همتا پلی جدید به روش تقویت شده**

**برای عبور از رودخانه Croix مینه سوتا**

**• تصمیم دولت انگلستان برای انصراف از تامین**

**بودجه نگهداری و بکارگیری دوربینهای ایمنی**

**جاده ای**

**ترجمه و ویرایش: مهندس عباسعلی مرادی**

**• دسترسی به اطلاعات اتومبیل بوسیله تلفن همراه**

**• آغاز به کار سیستم هشدار رانندگان به وسیله تلفن**

**همراه در اروپا**

**• کنترل هوشمند سرعت**

**• استفاده از نمک در راهداری (تجارب استان**

**اونتاریوی کانادا)**

**• تکنولوژی کنترل اتومبیل در قوس های جاده**

## طراحی بی همتا پلی جدید به روش تقویت شده برای عبور از رودخانه Croix مینه سوتا

به دلیل حجم عبور ترافیک سنگین و مستمر و ملاحظات مربوط به ایمنی در ایالت‌های مینه سوتا و ویسکانسین، احداث پل جدید بر روی رودخانه برای جایگزینی پل قدیمی در نزدیکی استیل واتر، مینه سوتا بمدت چندین دهه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. ناحیه شرق مینه سوتا و غرب ویسکانسین که توسط پل جدید بهم پیوند زده می شود منطقه رو به رشدی است که در محدوده ۲۵ مایلی شهرهای دو قلوئی سنت پال و مینیاناپولیس مستقر گردیده است. فرآیند برنامه ریزی اولیه در سال ۱۹۸۵ آغاز شد لیکن هنگامیکه در سال ۱۹۹۵ اداره بزرگراهی فدرال نسخه نهایی دستورالعمل تاثیرات زیست محیطی پروژه های عمرانی را تصویب نمود، طراحی نهایی آغاز گردید. کمی پس از تکمیل طرح نهایی، به دلیل تصمیمات متخذه توسط سازمان پارکهای ملی پروژه مذکور متوقف گردید براین مبنا که پل جدید پیشنهادی تاثیر منفی بر روی رودخانه Croix گذارده که بخشی از اکو سیستم رودخانه های خروشان و تفرجگاه های ملی را تشکیل می داد.

کوششهای رسمی به منظور احداث پل جدید مجدداً در سال ۲۰۰۲ آغاز گردید که شامل بازبینی اسناد مطالعات پروژه شامل عبور از رودخانه Croix و ایجاد پل و مسائل زیست محیطی مترتب بر آن می گردید. با توجه به دستورالعملهای جدید صادره در خصوص تاثیرات زیست محیطی پروژه های عمرانی ارگانهای ذینفع شامل آژانسهای دولتی محلی، ایالتی و فدرال و نیز سازمانهای شهروندی محلی و ملی نوع تقویت شده ای از پل را برای عبور از رودخانه تصویب نمودند.

به موازات تدوین نسخه نهایی تاثیرات زیست محیطی پروژه های عمرانی دستورالعمل طراحی منظر ابنیه فنی به منظور هماهنگی با جنبه های زیست محیطی پروژه ای، بسط و توسعه یافته است. کمیته بررسی طراحی منظر با مشارکت اعضای گروه های ذینفع، بخش کلیدی فرآیند طراحی منظر را تشکیل می داد. علاوه بر این کمیته بررسی طراحی منظر ابنیه فنی به منظور بررسی و بازبینی پارامترهای زیست محیطی لحاظ شده در پروژه های عمرانی بزرگ انجام وظیفه می نماید. این کوششها در تصویب دستورالعمل هماهنگی با جنبه های زیست محیطی متمرثمر واقع گردید. با تصویب دستورالعمل مذکور و تصویب انجام پروژه توسط اداره بزرگراهی فدرال، مرحله طراحی اولیه نهایتاً اجرا گردید. کنسرسیوم کارفرمایان احداث پل جدید شامل اداره حمل و نقل مینه سوتا، و



اداره حمل و نقل ویسکانسین به منظور طراحی اولیه پل مزبور از خدمات مهندسين مشاور Parsons Brinckerhoff بهره مند گردیدند.

هدف طراحی کلی سازه عبور رودخانه ای جدید شامل سازه های بتنی قطعه ای مرکب از طول دهانه تقویت شده ۳۴۶۰ فوتی می باشد (شش دهانه ۴۸۰ فوتی و دو دهانه ۲۹۰ فوتی). پل مذکور جاده های ۴۰ فوتی در هر جهت و یک مسیر عابر پیاده ۴۰ فوتی را فراهم می نماید. سازه مذکور بصورت مرکب به سازه های فرعی در هر پایه پل پیوند می خورد. هر دو مقطع احداث جعبه ای مضاعف و منفرد بصورت girder مدنظر طراح قرار گرفت.

عبور رودخانه ای جدید St. Croix شامل سه مشخصه کلیدی اساسی می باشد. اولین مشخصه نوع تقویت شده پل می باشد که در ایالات متحده جدیداً مطرح شده است.

در حقیقت پس از تکمیل، این سازه دومین پل تقویت شده ساخته شده در ایالات متحده می باشد. دومین مشخصه استفاده از دو اتصال مشترک انبساطی در طول مستمر و طول سازه جهت فراهم نمودن نقل و انتقال گرمایی و طولانی مدت درونی بتنی می باشد. نهایتاً سومین مشخصه تاکید بر روی موارد زیست محیطی پل با توجه به ویژه به ایجاد سازه ای با ظاهر قابل قبول به منظور سازگاری با منظره رودخانه ای می باشد.

### طراحی تقویت شده

مفهوم طراحی تقویت شده پل اولین بار توسط مهندس فرانسوی بنام ژاک ماتیوا پیشنهاد گردید. ماتیوا سازه ای را پیشنهاد نمود که در آن با فتهای توخالی خارجی در بالای عرشه پل بجای نگهداری ردیف بندی پل در محدوده سازه که بصورت سنتی در پلهای girder اعمال می شد تعمیم می یافتند.

با این وجود طراحی ماتیوا بمرحله اجرا درنیامد. اولین پل رسمی تقویت شده در ژاپن در سال ۱۹۹۴ بمرحله اجرا درآمد. از آن پس تاکنون بیش از ۴۰ پل تقویت شده در اقصی نقاط عالم بمرحله اجرا در آمده است که اکثریت آنها در ژاپن ساخته شده اند.

بصورت عام، پل تقویت شده یک سازه ترکیبی است که پل جعبه ای بتنی girder کششی را با پل کابلی پیوند می دهد. پل تقویتی معمولاً برجهای کوتاهتری را (نسبت به ارتفاع به دهانه در حدود ۸:۱) در مقام مقایسه با پل کابلی سنتی (نسبت ارتفاع به دهانه در حدود ۴:۱) دارا می باشد که منجر به زوایای کابلی با نصب کمتر می

گردد. این کابل‌های تخت تر منجر به نیروهای افقی بالاتری می‌گردند که بیشتر سازه را تحت فشار قرار داده و آن را بصورت عمومی حمایت نمی‌نمایند چنانکه کابلها این وظیفه را در پل کابلی انجام می‌دهند.

به عبارت دیگر کابل‌های پل تقویت شده بصورت پیش تنیده بر روی سازه عمل نموده و بصورت جزئی گشتاور بارمرده را بر روی girder کاهش می‌دهند. حمایت اضافی از جانب کابلها به پل تقویت شده اجازه می‌دهد که سازه مسطح تری نسبت به پل جعبه ای بتنی کششی معمول girder داشته باشند.

نسبت دهانه به عمق معمول پل جعبه ای بتنی کششی girder ۲۵ : ۲۰ می‌باشد در حالیکه نسبت مذکور در پل تقویت شده ۳۵ : ۳۰ می‌باشد. به دلیل جعبه نسبتاً صلب girder اکثریت نیروهای بارهای زنده به جای کابل‌های مورد نظر توسط girder جعبه ای متحمل می‌شوند که منجر به طیف تنشی پایینی از بارهای زنده بر روی کابلها می‌گردد.

طیف تنشی نسبتاً پایین بر روی کابل‌های پل تقویت شده منجر به تنشهای کابلی بالاتر نسبت به پل کابل معمولی می‌گردد که منجر به اقتصادی بودن رشته های کمتر در کابل‌های مورد نظر خواهد شد.

کابل‌های تقویت شده برای عبور رودخانه ای St. Croix در دو صفحه و لنگر در امتداد لبه خارجی هر جعبه girder با فواصل معمول ۲۰ فوت بین کابلها ترتیب داده شده اند. ۲۵۲ کابل که هر ۳۶ کابل بر روی هر یک از پایه‌ها لنگر یافته‌اند استفاده گردیده اند. زوایای کابلها نسبت به صفحات افقی از ۱۴ درجه تا ۲۲ درجه متغیر می‌باشند. اندازه کابل‌های تقویت یافته ابتدا بصورتی طراحی شد که بتوانند حدود ۶۰ درصد از گشتاور بارمرده را تحمل نمایند، سپس کشش کابلی میانگین طوری محاسبه شد که بر روی هر یک از کابلها پس از نصب و تعبیه اعمال گردند.

بر طبق توصیه های انجام شده توسط انجمن پلهای پیش تنیده فرانسه کابل‌هایی که تغییر در تنش توسط بارهای زنده آنها کمتر از 7.2 Ksi باشد تقویت شده تلقی می‌گردند.

استانداردهای مورد نظر کشش کابلی تقویت شده را به ۶۰ درصد از مقاومت کششی نهایی تضمین شده که تحت تاثیرات بارخدمت حداکثر به 0.6 fpu می‌رسد محدود می‌نمایند.

هنگامیکه طیف تنش بالای 7.2 ksi باشد، تنش حداکثر قابل مجاز بصورت غیرخطی کاهش می‌یابد تا اینکه حد 0.45 fpu حاصل گردد که حد مورد نظر برای پل سنتی کابلی می‌باشد.

تغییرات تنشی ایجاد شده توسط بارهای زنده برای عبور رودخانه ای st croix حدود 4ksi می باشد که کابلها را بعنوان تقویت شده معرفی می نمایند. با استفاده از حد کششی مجاز حداکثر که رقم 0.6 fpu برای طراحی می باشد کلیه کابلها شامل ۳۷ رشته به قطر 0.6 اینچ می باشند.

طراحی پل تقویت شده قطعه ای مبتنی بر ترتیبات سازه ای استفاده شده برای ساخت پل می باشد. برای عبور رودخانه ای st.croix ترتیبات سازه ای مورد نظر با سازه متوازن Cantilever مطابقت دارد. سازه فرعی شامل فونداسیون و پایه ابتدا ساخته شده و سپس سازه girder ساخته می شود. قطعات girder بصورت پیش ساخته یا با استفاده از سیستم بالابر عرشه ای یا با استفاده از جرثقیل زمینی / آبی اجرا می گردند. همچنانکه هر قطعه اجرا می گردد، یا در موارد پیش ساخته هنگامیکه هر یک از پایه ها بنا می گردند، رشته های کششی Cantilever در قطعات فوقانی تعبیه و تحت تنش قرار می گیرند.

علاوه بر این برای سازه تقویت شده هنگامیکه سازه Cantilever پیشرفت می نماید کابلها در محل خود قرار گرفته و تحت تنش قرار می گیرند.

پس از تکمیل سازه متوازن Cantilever ، قطعه تمام کننده بین دو بخش girder اجرا می گردد، و رشته های بهم پیوسته کششی در قطعه پایینی به منظور حفظ پیوستگی دهانه تعبیه و تحت تنش قرار می گیرند. تاثیرات مبتنی بر زمان به دلیل افزایش تقویت بتن، مشخصه های درونی مواد دربرگیرنده بتنی، و موارد کششی استقرار یافته فولادی در طراحی سازه های قطعه ای مد نظر قرار می گیرند.

### اتصال مشترک مضاعف

به منظور کاهش موارد تعمیر و نگهداری آبی و بهبود کارکرد درازمدت بر روی پل، حداقل نمودن تعداد اتصالات مشترک توسعه ای مورد نظر برای سازه بهترین نتیجه را فراهم می نماید. دهانه های تقویت یافته عبور رودخانه ای جدید st.croix فقط با دو اتصال مشترک توسعه ای طراحی شده اند: یکی بر روی پایه پل Wisconsin و یکی بر روی پل انتقالی Minnesota. قطعه تقویت شده پل بر روی کلیه هشت دهانه استمرار یافته است که ۳۴۶۰ فوت بین اتصالات مشترک توسعه ای را فراهم می نماید. و چون سازه مذکور با پایه ها ادغام گردیده است، اتصالات مورد نیاز بر روی پل صرفاً در دو اتصال مشترک توسعه ای مستقر گردیده اند.

جزء کلیدی جهت فراهم نمودن تغییر شکل ایجاد شده توسط تغییرات درجه هوا و شرایط درازمدت درونی اجزاء بتنی انعطاف پذیری مکفی در سازه فرعی را تبیین می نماید. خوشبختانه توپوگرافی مورد نظر در محل پیشنهادی پل پایه های نسبتاً بلندی را ایجاد می نماید. در میان هفت پایه پل، شش عدد در رودخانه قرار گرفته و یک عدد بر روی ساحل Wisconsin استقرار یافته اند.

برجها ارتفاع ۶۰ فوت بر روی عرشه را جهت فراهم نمودن لنگرگاه برای کابل‌های تقویت یافته ایجاد نموده که ارتفاع آنها بالاتر از خط آبی از ۱۷۰ فوت در پایه نزدیک به ساحل Minnesota تا ۲۱۲ فوت پایه مستقر در ساحل Wisconsin متغیر می باشد.

به منظور افزایش انعطاف پذیری، ستونها به دو شاخه تقسیم می گردند که از بالای پایه پل تا ۱۰۴ فوت پایینتر از سطح جاده استمرار می یابند. لنگرگاه کششی از زیر سطح فوقانی ستون تا ۱۷ فوت بالای girder امتداد می یابد. شاخه های ستون تنها در بالادست و پایین دست وجه ستون متصل می گردند که ستون C شکلی را در سطح مقطع ایجاد می نمایند. نزدیک خط آبی بالا، کناره بازستون بسته می شود تا از ورود یخ و مواد اضافی از طرف رودخانه جلوگیری نماید. ستونها توسط girder مستطیل شکل در سطح جاده اتصال می یابند. نقل و انتقال مورد نظر در هر یک از اتصالات مشترک به دلیل تاثیرات گرمایی، و مواد درونی اجزای بتنی پل تقویت شده حدود ۲۵ اینچ می باشد. با طیف طراحی درجات هوایی  $\pm 75$  درجه فارنهایت اکثریت نقل و انتقال از جانب تغییرات درجات هوایی در سرتاسر سال می باشد، لیکن کوتاه شدن girder توسط مواد درونی اجزای بتنی حدود ۶ اینچ می باشد. اتصال مشترک توسعه ای در پایه شرقی نقل و انتقال ۲۵ اینچی و در پایه انتقالی نقل و انتقال ۳۷ اینچی را در پی خواهد داشت.

چون پیش بینی تاثیرات عملی مربوط به مواد درونی اجزای بتنی مشکل بنظر می رسد، برنامه آزمایش مواد بتنی در طی ساخت و ساز بمرحله اجرا در خواهد آمد. برنامه آزمایش مواد بتنی رفتار مواد درونی اجزای بتنی را نظارت می نماید که مقادیر پیش بینی شده مطابقت داده می شوند.

اگر رفتار واقعی مواد درونی اجزای بتنی در طی مراحل ساخت و ساز بیشتر از موارد پیش بینی شده باشند سیستم بالابرنده می تواند برای جبران تفاوت بکارگمارده شود. قبل از ریختن مواد پرکننده بین منافذ سازه ای،

بالابرنده ها برای القای نیروها در پایه ها که در مخالفت با نیروهای مواد درونی اجزای بتنی عمل می نمایند مورد بهره‌برداری قرار می گیرند.

## ساخت شکیل

مفهوم ساخت شکیل عبور رودخانه ای St.CROIX که به خوبی با شرایط طبیعی آن انطباق یافته است، عامل بسیار مهم در توسعه طراحی پل می باشد. چون پل مذکور در محیط زیست خوش منظره استقرار یافته است. چالش طراحی پل به منظور برآورد تقاضای سازه ای ضمن حفظ کیفیت زیست محیطی در اولویت می باشد.

به منظور حفظ ساخت شکیل تقریباً هر یک از سطوح بر روی پل بصورت انحنا یافته می باشد. پایه های پل از پیچیدگی انطباق ویژه با این سطوح انحنا یافته برخوردار می باشند. به هنگام توسعه سطح مقطعهای گوناگون، دقت کافی به تعاریف نقاط کاری و خطوط مرجع برای توصیف هندسی مبذول گردیده است. کلیه سطوح انحنا یافته بوده به استثنای بخش V شکل که ستونهای پایه دارای انحنای دایره ای پایدار می باشند.

انتقال سطوح انحنا یافته ضمن نگهداری شعاع ثابت از طریق بهره برداری از سطوح تماس با عرض متغیر بین منحنی ها امکان پذیر گردیده است. تعریف هندسه انحنائی به این سبک و سیاق منجر به انتقال نسبتاً ملایم و بدون امکان پیش آمدگی سطوح اعوجاجی می گردد.

به منظور تشویق رفت و آمد عابرین پیاده مناظر زیبایی بر روی سه پایه پل بنا گردیده اند. این مناظر زیبا بصورت یکپارچه بر روی پایه ها قالب بندی شده و هندسه مناظر مذکور، سطوح انحنا یافته را بر روی کل سازه تکمیل می نماید.

## انطباق با شرایط زیست محیطی

چالشهای عبور رودخانه ای جدید St.CROIX همچون طول طولانی و مستمر و انطباق بسیار قوی با شرایط زیست محیطی پل بصورت موفقیت آمیز از طریق ملاحظات دقیق شرایط تفصیلی و کارگروهی موثر بین گروه های مهندسی و زیست محیطی امکان پذیر گردیده است. عبور رودخانه ای St.CROIX پس از تکمیل نه تنها به جامعه به عنوان عبور رودخانه ای، خدمت رسانی نموده بلکه مطابقت کامل با شرایط طبیعی و منظره ای رودخانه بعنوان یک دارایی ارزشمند برای ناحیه را نیز در پی خواهد داشت.

## تصمیم دولت انگلستان برای انصراف از تامین بودجه نگهداری و بکارگیری دوربینهای ایمنی جاده ای

در ۲۴ ژوئن ۲۰۱۰ به کلیه مقامات محلی در انگلیس ابلاغ شد که تامین بودجه دولت مرکزی برای دوربینهای سرعت سنج جدید ثابت متوقف گردیده است. این تصمیم بزرگترین تفکراستراتژی در روشهای اعمال قانون در انگلیس از آغاز تاکنون می باشد.

تعاونیهای نگهداری و بهره برداری دوربین ایمنی که مسئول عملیاتی دوربینها را بر عهده دارد توسط مقامات محلی در سال ۱۹۹۹ بنیانگذاری گردید. آنها بخشی از برنامه ملی دوربینهای ایمنی بودند که جهت ثبت سرعتهای غیرمجاز و بهبود ایمنی جادهای ایجاد گردیدند و هدف آنها کاهش ۴۰ درصدی کشتهها و مجروحین و کاهش ۵۰ درصدی این موارد در کودکان تا سال ۲۰۱۰ بوده است.

برآوردهای محققان نشان دادهاند که مقبولیت عامه در خصوص استقرار دوربینهای ایمنی جادهای وجود داشته است. در آخرین برآورد، ۷۹ درصد از مردم توافق داشتهاند که استفاده از دوربینهای ایمنی باید به عنوان روش کاهش تلفات مورد حمایت قرار گیرد.

عموماً دوربینهای ایمنی قربانی موفقیت خودشان میباشند. برحسب هزینههای کل در مقابل صرفهجویی کل، مطالعه موردی اخیر در Cambridgeshire نشان داده است که در طول یکسال بطور میانگین کمتر از یک برگ جریمه در طول روز صادر گردیده است. در طی همین دوره زمانی تعداد تلفات حدود ۶۵ درصد کاهش نشان داده است که بصورت اقتصادی صرفه جویی ۴/۳ میلیون پوندی در سال را در پی داشته است.

سیستمهای مذکور صرفهجویی بسیار بزرگی برای دولت را به همراه خواهد داشت. البته بسیاری از افراد ارتباط بین سرعت غیرمجاز و افزایش تلفات را منکر می شوند همانند افرادی که ارتباط بین سیگار کشیدن و افزایش خطرات بیماری قلبی را منکر می گردند. در هر دو حالت معالسه علمی کاملاً متقاعد کننده می باشد.

مطالعه اخیر شامل « ۲۸ مقطع مورد مطالعه در جاده » نشان می دهد که تصادفات مرگبار و جدی بین ۱۱ تا ۴۴ درصد در مجاورت دوربینهای ایمنی کاهش داشته است. این نتایج توسط کمیته مشورتی پارلمانی

انگلستان مورد استقبال قرار گرفت، هر چند مرگ و میر جاده‌ای در انگلستان کاهش داشته مع ذالک باید خاطر نشان ساخت که در هر روز بطور میانگین ۶ نفر در جاده‌های بریتانیا به کام مرگ فرو می‌روند.

شواهد کمی در مورد تاثیرات دراز مدت خاموش کردن دوربینهای سرعت سنج وجود دارد. در یکی از موارد ۵ دوربین ثابت در Wiltshire و Swindon خاموش گردیدند. نتایج سال اول نشان داد که مرگ و میر از یک به صفر کاهش یافته لیکن تصادفات جدی از صفر به دو افزایش نشان داده است.

در Oxfordshire ثبت تعداد وسایل نقلیه با سرعت بالا ادامه یافته و افزایش ۸۸ درصدی را نشان داده است. البته واضح و آشکار است که به جا گذاردن دوربینهای غیر عملیاتی در محل تاثیرات بازدارنده برای برخی از رانندگان را در پی خواهد داشت که اطمینان ندارند که این دوربینها واقعاً از رده خارج شده باشند.

### نتیجه گیری:

رویکرد کاملاً تازه‌ای وجود دارد که بیشتر بر روی نتایج مطلوب «اقدامات هشدار ی و بعضاً تشویقی» بجای ثبت تخلفات جریمه متخلفین تمرکز می‌نماید. دولت انگلستان بنظر میرسد که این رویکرد را بر روی ثبت تخلفات مرتبط با سرعت اعمال نماید و مقامات محلی را ترغیب می‌نماید از سایر روشها برای افزایش ایمنی جاده‌ای همچون طراحی جاده‌ای و تابلوهای نمایش سرعت استفاده نمایند.

برخی پیشنهاد می‌نمایند که دوربینهای جدید توسط بخش خصوصی تامین بودجه گردد که بخشی از درآمدهای مرتبط با جریمه‌ها را اخذ نماید. این مدل که بطور مستمر در ایالات متحده و برخی از کشورهای دیگر استفاده شده براین باور عمومی بصورت خطرناکی مهر تایید می‌زند که دوربینها برای پول در آوردن نصب شده‌اند و متصدیان مربوط دوربینها را مستقر نموده‌اند که حداکثر تعداد متخلفین را دستگیر نمایند که البته متناقض با رویکرد جدیدی است که از حداقل ثبت تخلفات و جرایم متعاقب جهت کسب نتایج مطلوب بهره می‌گیرد.

بنابراین درانتها این چنین بنظر می‌رسد که کاهش عمده‌ای در تعداد دوربینهای عملیاتی در بریتانیا در طول ۵ سال آینده مشاهده گردد.

تاثیر این مورد بر روی تلفات جاده‌ای به کندی قابل مشاهده است زیرا برای مردم طول خواهد کشید که کاملاً درک کنند که دوربینها از رده خارج شده‌اند. اثرسنجی اقدامات جایگزین وقت گیر خواهد بود. محتمل به نظر می‌رسد که تلفات افزایش خواهد یافت و نهایتاً این امر از نقطه نظر سیاسی غیرقابل قبول خواهد بود.

## تکنولوژی کنترل اتومبیل در قوس های جاده

شرکت اتومبیل سازی فورد یک نوآوری جدید را معرفی کرده است. کنترل اتومبیل در قوس های جاده برای کمک به رانندگان درمواقع مواجه شدن با قوس در جاده طراحی شده است.

نصب این سیستم به عنوان یکی از تجهیزات استاندارد بر روی خودروهایی که از ابتدای سال ۲۰۱۱ تولید می شوند، آغاز شده است و از سال ۲۰۱۵ بر روی ۹۰ درصد از تولیدات کارخانه امریکای شمالی شامل خودروهای ورزشی، کامیون و ون نصب خواهد شد.

سرعت زیاد وسیله نقلیه در قوسهای جاده سالانه موجب حدود ۵۰۰۰۰ حادثه در ایالات متحده امریکا می شود. این تکنولوژی سرعت زیاد راننده را در هنگام رسیدن به یک قوس در جاده تشخیص می دهد و به محض رسیدن اتومبیل به قوس در جاده با کاهش سریع دور موتور، واکنش لازم را از خود نشان می دهد و موجب فعال شدن سیستم ترمز در چهارچرخ اتومبیل و کاهش سرعت اتومبیل به حدود ۱۶ کیلومتر در هر ثانیه می شود.

این سیستم موجب عملکرد دقیق مورد نیاز سیستم ترمز بر روی هر یک از چرخهای اتومبیل می شود تا اتومبیل به خوبی هدایت و کنترل شود.





## آغاز به کار سیستم هشدار رانندگان به وسیله تلفن همراه در اروپا

کاربرد سیستم هشدار به وسیله تلفن همراه به منظور کاهش حواس پرتی رانندگان در ۱۵ کشور اروپایی آغاز شد. این سیستم می‌تواند به رانندگان در زمینه نزدیک شدن به مدارس، عبور از راه آهن و تقاطع‌ها، هشدارهای لازم را ارائه کند. این سیستم قبلاً در آمریکا و کانادا مورد استفاده قرار گرفته است. در سیستم هشدار به وسیله تلفن همراه جی پی اس (GPS)، سیستم هشدارهای اولیه را فعال می‌کند و با تولید یک صدای هشدار مشخص به کاهش حواس پرتی رانندگان کمک می‌کند و آنان را علائم ترافیکی، عبور از راه آهن یا مناطق آموزشی با یک صدای هشدار مخصوص به هر منطقه حادثه آگاه می‌سازد.



سیستم هشدار به وسیله تلفن همراه در حال حاضر در گوشی‌هایی که از سیستم اپراتوری آندروید (Android) استفاده می‌کنند قابل استفاده است. این سیستم در فروشگاه‌های آندروید در کشورهای ایرلند، آلمان، ایتالیا، هلند، نروژ، لهستان، پرتغال، اسپانیا، انگلستان و سوئیس در دسترس می‌باشد. دمتریوس تامسون (Demetrius Thompson) رئیس و مخترع این سیستم گفت: "دیر یا زود سازندگان اتومبیل از خطرات ناشی از بی‌توجهی رانندگان که منجر به کشته شدن سالانه دهها هزار نفر در بزرگراه‌های سراسر جهان می‌گردد، آگاهی می‌شوند. تا زمانی که یک راه حل برای این مشکل پیدا شود، تنها راهی که مشتریان می‌توانند از شرایط خطرناک رانندگی آگاه شوند استفاده از این سیستم بر روی گوشی‌های تلفن همراه می‌باشد."

روبرت سی لکتاپ (Robert C Lanctop) تحلیل گر ارشد استراتژی گفت: " یکی از جنبه های منحصر به فرد سیستم هشدار به وسیله تلفن همراه این است که از نقشه های بسیار دقیق نوکیا (Nokia) با جزئیات ویژگیهای شبکه استفاده می کند تا سیستم هشدار آن فعال شود. این اولین موردی است که از این نقشه ها در تولیدات و خدمات برای افزایش ایمنی در رانندگی استفاده می شود . سیستم های سطح بالا و گرانتر دیگری وجود دارند که صنایع اتومبیل سازی را قادر می سازد که نوعی از ایمنی که سیستم هشدار مذکور فراهم می کند، را تولید کنند. متاسفانه سالهای زیادی طول می کشد که این سیستم در اتومبیل اجرا شود. اولین کارخانه سازنده اتومبیل که این سیستم را بر روی وسایل نقلیه نصب کند مزیت رقابتی قابل توجهی را در بازار خودرو به دست خواهد آورد."

[www.traffictechtoday.com](http://www.traffictechtoday.com)

## کنترل هوشمند سرعت

سیستم کنترل هوشمند سرعت ، اطلاعات سرعت مجاز را در داخل اتومبیل نشان می دهد. این سیستم برای رانندگانی که غیر عمدی با سرعت بالا حرکت می کنند یک ابزار مشورتی محسوب می شود و می تواند به آنها کمک کند تا حد سرعت مجاز را همیشه انتخاب کنند. این سیستم برای رانندگانی که به طور مکرر از سرعت مجاز تخلف می کنند نیز می تواند برای کاهش سرعت وسیله نقلیه به کار گرفته شود.

عملکرد کنترل هوشمند سرعت بر اساس GPS است و یک سیستم مشورتی محدودیت سرعت محسوب می شود. این سیستم از سه قسمت اصلی شامل سخت افزار محاسبه، سخت افزار نمایش و یک نرم افزار تشکیل شده است. سخت افزار محاسبه در داشبورد اتومبیل یا زیر آن جاسازی می شود و اطلاعات جاده در آن ذخیره می شود. این سخت افزار موقعیت ها را از سیستم GPS دریافت می کند و آنها را با سیستم اطلاعات جاده کنترل می کند. این سیستم همچنین اطلاعات سرعت اتومبیل را نیز دریافت می کند. اگر اتومبیل با سرعت بیش از حد مجاز حرکت کند علائم هشدار دهنده را آشکار می کند.



سیستم کنترل هوشمند سرعت

ارزیابی این تکنولوژی در انگلستان، سوئد و استرالیا حاکی از عملکرد موفق آن بوده است. نتایج نشان داده است متوسط سرعت در وسایل نقلیه ای که دارای سیستم کنترل هوشمند سرعت هستند در مقایسه با وسایل نقلیه فاقد این سیستم کمتر بوده است . علاوه بر این ارزیابی های انجام شده در انگلستان نشان داد که تصادفات فوتی در وسایل نقلیه مجهز به این سیستم کاهش یافته است.

حکومت غرب استرالیا قصد دارد پروژه نصب ۵۰ سیستم کنترل هوشمند سرعت را بر روی اتومبیل رهبران فکری جامعه نظیر سیاستمداران، کارمندان حکومت‌های محلی، رهبران تجاری، روسای رسانه‌های جمعی و غیره آغاز کند. در پایان پروژه داوطلبان مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت و نتایج آن منتشر خواهد شد.

حکومت غرب استرالیا قصد دارد تاثیر بازار سیستم کنترل هوشمند را از اجرای این پروژه شناسایی کند تا منجر به نصب این سیستم بر روی کلیه ناوگان دولتی شود. داشتن نقشه محدودیت سرعت کلید موفقیت این تکنولوژی است. طراحان این سیستم با همکاری مشترک صنایع اتومبیل سازی در تلاش هستند تا هزینه‌های این تکنولوژی را در حد قابل قبولی برای مشتریان و سازندگان حفظ کنند.

[http://www.ipwea.org.au/AM/Template.cfm?Section=Road\\_Safety\\_Technologies&Template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=6606](http://www.ipwea.org.au/AM/Template.cfm?Section=Road_Safety_Technologies&Template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=6606)

## استفاده از نمک در راهداری ( تجارب استان اونتاریوی کانادا )

نگهداری ایمن، پاک و قابل زندگی جوامع اولویت دولت محلی اونتاریوی کانادا محسوب می شود. برای همین منظور دولت ایمنی جاده های کانادا در فصل زمستان و در طول سال را برای رانندگی تضمین می کند. وزارت حمل و نقل استان اونتاریوی کانادا عملیات مختلف راهداری شامل روشهای مورد استفاده در شمال کانادا و آخرین تکنولوژیهای راهداری زمستانی را به کار می گیرد.

- کلیه کامیونهای نمک پاش به دستگاه کنترل الکترونیکی پخش کننده نمک مجهز شده اند . این ابزار برای راهداران این امکان را فراهم می کند که مقدار نمک و مکان های مورد نیاز به نمک را کنترل کنند تا نمک استفاده شده بهترین کارایی را داشته باشد.
- وزارت حمل و نقل استفاده از نمک مرطوب را توسعه می دهد. این امر مستلزم اضافه کردن مقادیر کمی مایع ضد یخ به نمک است. نمک مرطوب بهتر از نمک خشک روی سطح جاده باقی می ماند و سریعتر از نمک خشک عملیات برف زدایی را انجام می دهد. برای این منظور تجهیزات مرطوب کننده نمک بر روی ماشین آلات نمک پاش نصب شده است.
- دماسنج های مادون قرمز بر روی بیش از ۲۰۰ دستگاه ماشین آلات راهداری به منظور قرائت دقیق و سریع درجه حرارت هوا و جاده نصب شده است. این اطلاعات کمک می کند تا استفاده از نمک کارایی بیشتری داشته باشد.

وزارت حمل و نقل اخیراً کاربرد ماشین آلات دارای سرعت بالا را آزمایش کرده است. این ماشین آلات نمک پاش، نمک را به صورت کنترل شده بر روی جاده می ریزند که منجر به پراکنده شدن کمتر نمک و کاهش ضایعات آن می شود.

کوششهایی برای جمع آوری برف های جاده با تیغه های لاستیکی انجام شده است. این تیغه ها انعطاف پذیری بیشتری دارند و برف را نسبت به تیغه های فلزی سنتی بهتر از سطح جاده پاک سازی می کنند که این امر منجر به کاهش مصرف نمک می شود.

وزارت حمل و نقل استفاده از نوآوری ایجاد پرچین در کنار جاده که مانع از تجمع برف بر روی سطح بزرگراه می شود را توسعه داده است. این امر نیز منجر به کاهش نیاز به نمک می شود.

سیستم مکان یابی اتوماتیک ماشین آلات با استفاده از تکنولوژی GPS، برای مدیران راهداری این امکان را فراهم می کند که بر نحوه مصرف نمک نظارت کنند تا از میزان مصرف نمک مطابق با استانداردهای وزارت حمل و نقل اطمینان حاصل کنند. این سیستم ها بر روی حدود ۲۴۰ دستگاه از ماشین آلات راهداری نصب شده است.

وزارت حمل و نقل اونتاریو از سیستمهای پیشرفته اطلاعات آب و هوای جاده استفاده می کند تا شرایط آب و هوایی جاده را پیش بینی و براساس آن برنامه راهداران زمستانی را تنظیم کند و مصرف غیر ضروری نمک را کاهش دهد. وزارت حمل و نقل ۸۲ ایستگاه هواشناسی جاده ای اختصاصی دارد و به اطلاعات ۱۸ سایت از کل ۱۰۰ ایستگاه هواشناسی جاده ای در سایر استانها دسترسی دارد. وزارت حمل و نقل کانادا نصب ۳۰ ایستگاه جدید را در دست انجام دارد.

دو سیستم برف زدایی اتوماتیک پل ها نصب شده است. یکی از این سیستمها در بزرگراه ۴۰۱ و ۴۱۶ و دیگری در بزرگراه ۱۷ در اوتاوا قرار دارند. ۳ سیستم نیز در حال ساخت می باشد. این سیستمها به طور خودکار مایع شیمیایی ضد یخ را در زمان پیش بینی یخ و برف بر روی سطح پل ها می پاشند. وزارت حمل و نقل همچنین ارزیابی تکنیک یخ زدایی سیار را به منظور جلوگیری از ایجاد برف و یخ سیاه از توده های برف در سطح جاده آغاز کرده است.

پروژه فناوری راهداری وزارت حمل و نقل نمونه های متنوعی از فناوریهای راهداری زمستانی را بررسی کرده است تا کارایی و حفاظت محیط زیست را در عملیات راهداری تضمین کند.

وزارت حمل و نقل اونتاریو یکی از اعضای فعال مجامع تخصصی و یک شریک بین المللی آژانسهای عمومی برای همکاری مشترک در زمینه سیستمهای هواشناسی جاده ای است. وزارت حمل و نقل تلاش می کند مقالات تحقیقی در کنفرانسهای بین المللی در زمینه های مختلف راهداری از جمله فناوریهای راهداری زمستانی که منجر به کاهش استفاده از نمک می شود ارائه کند.

میزان استفاده واقعی نمک بستگی به شرایط آب و هوایی دارد و سالانه از ۵۰۰ تا ۶۰۰ هزار تن متغیر است. پیش بینی می شود با کاربری فناوریهای جدید میزان استفاده نمک ۲۰ درصد کاهش یابد.

<http://www.mto.gov.on.ca/english/engineering/roadsalt.shtml>

## دسترسی به اطلاعات اتومبیل به وسیله تلفن همراه

شرکت خدماتی ارتباطات راه دور (Onstar) شانگهای یک شرکت با مسئولیت محدود است که با سرمایه‌گذاری مشترک جنرال موتورز تاسیس شده است. گروه سازنده اعلام کرده که استفاده عمومی را برای دارندگان تلفن همراه تحت پوشش خدمات شبکه Onstar برای کلیه وسایل نقلیه ای که تجهیزات مربوط با آن در اتومبیل نصب شده است را فراهم می نماید. این برنامه اولین کاربرد تلفن همراه در وسایل نقلیه در چین است که قبلاً مشابه آن در امریکا و کانادا به اجرا در آمده است. این سیستم دسترسی به تمام عملکردهایی نظیر روشن کردن اتومبیل از راه دور ، بوق زدن، خاموش و روشن کردن چراغها، باز و بسته کردن درها که به طور سنتی توسط کلیدهایی در اتومبیل انجام می شود را به صورت ایمن از طریق تلفن همراه امکان پذیر می نماید.

علاوه بر این دستیابی به اطلاعاتی نظیر میزان سوخت،

باقیمانده عمر روغن اتومبیل، فشار باد موجود لاستیکها و فشار باد مطلوب آن و میزان مصرف متوسط سوخت در هر کیلومتر از طریق این سیستم امکان پذیراست. در حال حاضر در کشور چین این سیستم ۱۴ خدمت متنوع مانند پاسخگویی اتوماتیک به تصادفات، خدمات اورژانس، اطلاعات مربوط به وضعیت کیسه هوا، مکان خودروی به سرقت رفته ، خدمات بین راهی، شماره گیری و

مکالمه بدون استفاده از دست واطلاعات ناوبری را به مشترکین خود ارائه می نماید.

مدیر کل این سیستم می گوید: امکان کنترل وسایل نقلیه به وسیله تکنولوژی تلفن همراه از مزایای این سیستم است. این تکنولوژی رانندگان را قادر می سازد که به کلیه اطلاعات مهم وسایل نقلیه در هر جا دسترسی داشته باشند. این سیستم به عنوان یک موضوع جدید در کنترل ایمنی ظهور کرده است و بهترین و جدیدترین تکنولوژی را برای مشتریان خود ارائه می کند.

<http://www.traffictoday.com/news.php?NewsID=29628>