فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

ارزیابی روش خطی به منظور اولویت‌بندی اقتصادی تجهیزات ایمنی و وسایل کنترل ترافیکی در راههای برون شهری

حمید شیرمحمدی ، علی کارگر

چکیده

تجهیزات ترافیکی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش تصادفات بوده در این تحقیق مدلی ارائه می‌گردد که بهترین تجهیزات ترافیکی برای قطعات مختلف معبر مورد نظر بگونه‌ای انتخاب شوند که بیشترین تأثیر را در کاهش تصادفات داشته باشند. برای این منظور از تئوری هزینه و فایده استفاده شد. در این روش هزینه تجهیزات ترافیکی بعنوان هزینه و سود حاصل از کاهش انواع تصادفات بعنوان فایده هر راهکار در نظر گرفته شد. همچنین به منظور انتخاب راهکار بهینه از روش خطی که از روش‌های کارمد در تصمیم‌گیری یک معیاره در افزایش بهره‌وری پروژه‌های اقتصادی می‌باشد؛ استفاده شد. در مدل ارائه شده علاوه بر نظر گرفتن هزینه تصادفات بعنوان عامل اصلی تصمیم‌گیری، محدودیت‌های بودجه موجود و نیز مشکلات موجود در قطعات مختلف مسیر نیز لحاظ گردید. از ویژگی مهم این مدل در نظر گرفتن تأثیر همزمان چند اقدام ایمن‌سازی در کاهش تصادفات می‌باشد. در نهایت به عنوان مطالعه موردی ۹۱ کیلومتر فاصله بین ارومیه- سلماس در استان آذربایجان غربی انتخاب و با توجه به بودجه موجود و تصادفاتی که در گذشته در این محور به وقوع پیوسته بهترین تجهیزات برای قطعات مختلف مسیر در نظر گرفته شد.

واژگان کلیدی : اولویت‌بندی، تجهیزات ترافیکی، روش خطی، تئوری هزینه و فایده.

مقدمه

مرگ و میر و مصدومیت‌های ناشی از تصادفات یکی از مخاطرات اصلی سلامت عمومی دنیا بوده بگونه‌ای که سالانه در حدود ۱/۲ میلیون نفر از مردم در اثر تصادفات جان خود را از دست داده بعلاوه در حدود ۵۰ میلیون نفر در اثر تصادفات دچار صدمات جدی می گردند (۱). کاهش تصادفات نقش عمده‌ای در اقتصاد کشورها دارد. بر اساس تحقیقات انجام گرفته برای ۱۲ کشور صنعتی دنیا، هزینه تصادفات جاده‌ای با در نظر گرفتن ارزش زندگی انسان بطور میانگین در حدود ۲/۵ تولید خاص ملّی این کشورها می باشد. این در شرایطی است که اگر ارزش جان آدمی در این محاسبات دخالت داده نشود هزینه تصادفات بطور میانگین در حدود ۱/۳ تولید خالص ملّی می باشد(۲). بطور کلی دو روش به منظور تصمیم گیری در زمینه ایمن سازی معابر برون شهری وجود دارد(۳): روش تصمصیم گیری یک معایره: مدلهای تصمیم گیری تک معیاره مدلهای تصمیم گیری هستند که در آنها یا یک معیار سنجش وجود دارد یا اینکه اهمیت یک معیار بقدری زیاد است که سایر معیارها را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد و در اکثر موارد این معیار عبارتست از افزایش سود یا کاهش هزینه‌ها. بعنوان مثال بسیاری از شاخص‌ها شناسایی نقاط حادثه خیز همچون همچون فراوانی تصادفات، نرخ تصادفات، شاخص همسنگ خسارت مالی۱، شاخص شدت تصادفات۲ و همچنین روش تحلیل هزینه و فایده به منظور تعیین راهکار بهینه جهت ایمن‌سازی معابر از جمله روش‌های تصمیم‌گیری یک معیاره محسوب می‌شوند.

روش تصمیم گیری چند معیاره: از این مدلها هنگامی استفاده می‌شود که معیارهای مقایسه ای چندگانه و بعضا متناقضی جهت انتخاب بهترین گزینه موجود باشد که ممکن است حتی برخی از آنها معیارهای کیفی باشند . بعنوان مثال روش شناسایی نقاط حادثه‌خیز با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل همایی از این جمله می‌باشد. روش‌های مختلفی که به پارامترهای متعددی وابسته هستند برای انتخاب راهکار بهینه جهت ایمن سازی معبر توسط محقیق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. هدف هر یک از این روش‌ها بیشترین بهره‌وری بر اساس بودجه موجود می‌باشد. با وجود این رویکردهای فراوان، پیچیده بودن مسئله ایمن‌سازی قطعات مختلف مسیر و وابستگی آن‌ها به عوامل مختلف همچون سرعت وسایل نقلیه، میزان

وسایل نقلیه و میزان خرابی مسیر و ... در اغلب مواقع راهکار انتخابی بهینه ترین راهکار نمی باشد(۴) . لذا تئوری هزینه و فایده بعنوان یک روش ساده و مفید به جهت ایمن‌سازی معابر و خودروها در کاهش تصادفات می‌باشد.

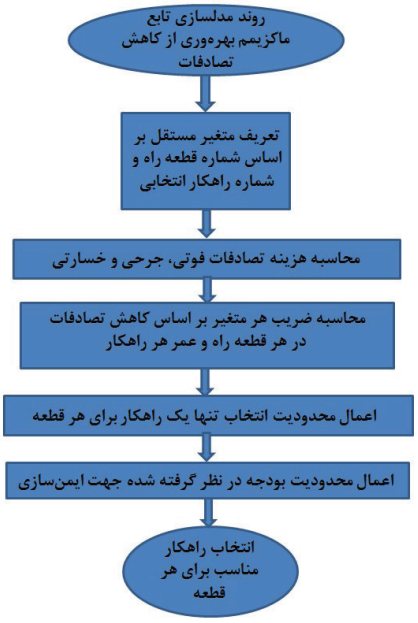
تحقیقات فراوانی در زمینه اولویت‌بندی اقدامات ایمن‌سازی بر اساس آنالیز هزینه و فایده انجام گرفته است. معمولاً اساس اولویت‌بندی اقدامات ایمن‌سازی در این تحقیقات ارزیابی اقتصادی هزینه‌های اجرا و نگهداری و همچنین پیش‌بینی منافع حاصله می‌باشد(۲، ۵ و ۶).

در این مقاله پس از ارائه مقدمه‌ای راجع به اهمیّت تصادفات، روش‌های مختلف ایمن‌سازی معابر و تأثیر تجهیزات ترافیکی در کاهش تصادفات جاده‌ای در بخش اوّل، به بیان مختصر روند مدل‌سازی مسئله به روش خطی با استفاده از تئوری هزینه و فایده پرداخته می‌شود. در این قسمت پس از تعیین هزینه تصادفات جاده‌ای برای سال مورد نظر ارزیابی، به تعیین تأثیر هریک از تجهیزات ترافیکی در کاهش تصادف جاده‌ای پرداخته می‌شود. همچنین با استفاده از روش آیین‌نامه استرالیا تأثیر کاربرد همزمان تجهیزات ترافیکی مشخص می‌شود. در نهایت تابع سود بر اساس میزان درآمد حاصله از کاهش تصادفات در نرم‌افزار WinQSB۲ مدلسازی شده و به شرح نتایج حاصل از این تحقیق پرداخته می‌شود.

روند مدلسازی تابع سود حاصل از کاهش تصادفات

۲-۱- تعریف مسئله و اهداف تحقیق

در این مقاله از روش تصمیم‌گیری یک معیاره استفاده می‌شود. لذا به منظور در نظر گرفتن کاهش تصادفات تحت عوامل مختلف از روش آیین‌نامه استرالیا استفاده می‌شود (۶) . معیار اصلی در این مدل‌سازی مسائل مالی خواهد بود. ابتدا هزینه تصادفات به رقم ریالی تبدیل شده و سپس با هزینه اقدامات مقایسه می‌شود. با توجه به موجود بودن آمار تصادفات در گذشته و فرض تکرار همان رویه از روش هزینه فایده استفاده خواهد شد . هزینه اجرای اقدامات تشکیل دهنده ، به عنوان هزینه و صرفه‌جویی ریالی که در اثر کاهش تصادفات بر اثر اجرای اقدامات حاصل گردیده است، به عنوان فایده مطرح می‌گردد. پس هدف، حداکثر کردن سود ناشی از اجرای اقدامات خواهد بود و محدودیت نیز محدودیت‌های بودجه‌ای است که فرض می‌شود میزان بودجه ۴ میلیارد تومان است. برای مدل‌سازی از تئوری هزینه و فایده هزینه و فایده استفاده شد. لذا پارامترهای هزینه تصادفات به تفکیک فوتی ، جرحی و خسارتی و نیز کاهش در تعداد تصادفات به تفکیک فوتی ،جرحی و خسارتی ، ضریب عمر راهکار و نیز هزینه راهکار محاسبه گردید. بعلاوه ممکن است که در قطعاتی از راه بیش از یک مورد اقدام ایمن‌سازی صورت گیرد. بنابراین با استفاده از روش آیین‌نامه استرالیا هزینه و میزان کاهش تصادفات استفاده همزمان از راهکارهای مختلف محاسبه گردید. به منظور مدل‌سازی با توجه به میزان تأثیر هر راهکار و ضریب عمر هر راهکار (این ضریب عمر باید تقسیم بر سه شود چون آمار تصادفات برای ۳ سال ارائه شده است) ضرایب راهکارهای مختلف در تابع کاهش تصادفات تعیین گردید. در این مدل راهکارها بصورت متغیرهای باینری تعریف شدند. در نهایت راهکارهای بهینه برای قطعات مختلف مسیر با توجه به ماکزیمم شدن تابع کاهش تصادفات و اعمال محدودیت‌های بودجه موجود و نیز مشکلات موجود در قطعات مختلف راه تعیین گشتند. در (شکل ۱) فلوچارت مدل‌سازی تابع ماکزیمم بهره‌وری از کاهش تصادفات و جزئیات در نظر گرفته شده در این مدل‌سازی، را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مراحل مدل‌سازی

۲-۲- محاسبه هزینه تصادفات جاده‌ای

الویک نشان داد که اگر تئوری هزینه و فایده برای افزایش ایمنی راه‌ها در مقیاس وسیع در دو کشور سوئد و نروژ مورد استفاده قرار گیرد (۵ و۷) ؛تعداد تصادفات به میزان ۵۰ الی ۶۰ نسبت به سال ۲۰۰۲ در سال ۲۰۱۱ کاهش پیدا خواهد کرد. او در مقاله خود نشان داد تا زمانی این دولت‌ها آنالیز هزینه- فایده را بطور کامل بخصوص در زمینه استاندارد سازی وسایل نقلیه بکار نگیرند تعداد تصادفات در این سال‌ها بیش از ۱۰ کاهش نخواهد داشت (۷). در این پژوهش به منظور محاسبه هزینه‌های ترافیکی جاده‌ای در ایران در سال

۸۹ از کتاب هزینه تصادفات ترافیکی ایران تألیف دکتر اسماعیل آیتی که در آن این هزینه برای سال ۷۶ تعیین گشته؛ استفاده شد.

جدول ۱: اجزای اصلی تصادفات ترافیکی و هزینه تحمیلی آنها به جامعه در سال ۷۶ [۸]

عناصر هزینه‌ای	هزینه (میلیارد ریال)
۱- هزینه درمان مجروحان	۱۷۹/۲
۲- وقت تلف‌شده افراد	۴۰/۵
۳- کشته‌شدگان، معلولیت‌ها، غم و غصه	۳۶۰۴/۷
۴- هزینه‌های اداری	۶۰۱/۵
هزینه تجهیزات از بین رفته	۱۷۴۴/۷

به منظور تعیین هزینه تصادفات ترافیکی ایران در سال ۸۹ ، در بررسی عناصر پنج‌گانه فوق می‌توان تغییرات عناصر ۱و ۲ را متناسب با تغییر تعداد مجروحان، تغییر عنصر ۳ را متناسب با تغییر تعداد کشته‌شدگان و تغییر عنصر ۴ و ۵ را متناسب با تغییرات تعداد تصادفات در نظر گرفت (جدول (۲) مقایسه تعداد تصادفات فوتی و جرحی برون‌شهری در سال ۷۶ با سال ۸۹ نشان می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه تعداد تصادفات فوتی و جرحی برون‌شهری در سال ۷۶ با سال ۸۹ [۸و۹]

سال	تعداد تصادفات جاده‌ای	تعداد مجروحین تصادفات جاده‌ای	تعداد متوفیان تصادفات جاده‌ای
۷۶	۹۵۲۸۶	۴۶۵۳۶	۹۸۰۹
۸۹	۱۵۲۶۶۶	۱۹۰۷۴۴	۱۴۱۷۶

با مشخص بودن هزینه تصادفات در سال ۷۶ و اطلاعات تصادفات در سال‌های ۷۶ و ۸۹ عناصر هزینه سال ۸۹ به ریال ثابت سال ۷۶ به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$\text{هزینه درمان مجروحان} = ۱۷۹.۲ \times \frac{۱۹۰۷۴۴}{۴۶۵۳۶} = ۷۳۴.۵ \text{ میلیارد ریال}$$

$$\text{وقت تلف‌شده افراد} = ۴۰.۵ \times \frac{۱۹۰۷۴۴}{۴۶۵۳۶} = ۱۶۶ \text{ میلیارد ریال}$$

$$\text{کشته‌شدگان ،معلولیت‌ها غم و قصه} = ۳۶۰۴.۷ \times \frac{۱۴۱۷۶}{۹۸۰۹} = ۵۲۰۹.۵ \text{ میلیارد ریال}$$

$$\text{هزینه‌های اداری} = ۶۰۱,۵ \times \frac{۱۵۲۶۶۶}{۹۵۲۶۸} = ۹۶۳,۹ \text{ میلیارد ریال}$$

$$\text{هزینه تجهیزات بین از رفته} = ۱۷۴۴.۷ \times \frac{۱۵۲۶۶۶}{۹۵۲۶۸} = ۲۷۹۵.۹ \text{ میلیارد ریال}$$

در نتیجه هزینه کل تصادفات جاده‌ای بر اساس ریال در سال ۷۶ برابر با ۹۸۶۹/۸ میلیارد ریال می‌باشد.
بنابراین با در نظر گرفتن شاخص تورم از سال ۷۶ تا ۸۹ مطابق (جدول ۳) که از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران تهیه شده است مقدار هزینه تصادفات بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

جدول ۳: نرخ تورم در سال‌های ۷۶ الی ۸۹ [۱۰]

سال	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹
تورم	۱۷/۳	۱۸/۱	۲۰/۱	۱۲/۶	۱۱/۴	۱۵/۸	۱۵/۶	۱۵/۲	۱۲/۱	۱۲/۸	۱۸/۴	۲۵/۴	۱۰/۸	۱۲/۴

هزینه تصادفات در سال ۸۹=

$$\left(\begin{matrix}1.124\times1.108\times1.254\times1.184\times1.128\times1.121\times1.152\times\\1.156\times1.158\times1.114\times1.126\times1.201\times1.181\times1.173\end{matrix}\right)\times 9869.8 = 74269.7 \text{ ریال}$$

از محاسبات بالا رقم تقریبی هزینه تصادفات در سال ۸۹ بدست آمد. امّا برای بدست آوردن رقم تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی، به یک تصادف خسارتی وزن ۱ ، تصادفات جرحی وزن ۵/۸۴ و برای یک تصادف فوتی وزن ۱۱۱ داده می‌شود. بر اساس اطلاعات جاده‌ای سال ۸۹ با فرض اینکه ۱۲ تصادفات جاده‌ای از نوع فوتی که این مقدار با فرض اینکه تصادفات فوتی در کشور ۱۰ بیش از مقدار جهانی بوده ، ۶۱ تصادفات جرحی و ۲۷ تصادفات خسارتی هزینه هر یک از این تصادفات بصورت زیر تعیین می‌گردد.

هزینه کل تصادفات = (تعداد تصادفات فوتی× ضریب وزنی تصادفات فوتی × هزینه هر تصادف خسارتی) + (تعداد تصادفات جرحی× ضریب وزنی تصادفات جرحی× هزینه هر تصادف خسارتی) + (تعداد تصادفات خسارتی× هزینه هر تصادف خسارتی)

با توجه به فرمول بالا هزینه هر تصادف خسارتی تعیین ۲۸۳۶۲۰۰۰ ریال و هزینه تصادفات جرحی و فوتی با توجه به ضرایب وزنی ارائه شده به ترتیب ۱۶۵۶۳۴۰۰۰ و ۳۱۴۸۱۸۲۰۰۰ بدست می‌آیند.

۲-۳- تعیین هزینه و تأثیر هر یک از اقدامات ایمن‌سازی

به منظور تعیین تأثیر اقدامات، تعداد و نوع تصادفات اتفاق افتاده در محور بایستی مشخص شود که این آمار را می‌توان از بایگانی پلیس‌راه به دست آورد. در مرحله بعد با توجه به درصد تأثیر اقدامات ذکرشده ضرایب، و یعنی کاهش در تصادفات فوتی، جرحی، و خسارتی تعیین می‌گردد. در ضمن برای در نظر گرفتن تأثیر همزمان اقدامات ایمن‌سازی از روش انجمن حمل و نقل استرالیا استفاده می‌شود. هزینه اقدامات و عمر هر یک از اقدامات با نیز با توجه به فهرست بها راه باند و فودگاه و نیز استفاده ازنظرات کارشناسان اداره کل راه و ترابری هر استان قابل محاسبه وتعیین است. به منظور تعیین هزینه و عمر اقدامات همزمان، بیشترین عمر اقدامات همزمان را تعیین کرده و هزینه هر یک از اقدامات ایمن‌سازی را با فرض عدم افزایش قیمت در این مدّت زمان تعیین می‌گردد. سپس مجموع هزینه‌های اقدامات موازی تعیین می‌گردد که در (جدول ۴) ارائه شده است.

جدول ۴: جدول هزینه اقدامات و ضرایب عمر برای ۱۰ کیلومتر از مسیر(استعلام از کارشناسان سازمان حمل و نقل آذربایجان غربی)

شماره راهکار	راهکار کاهش تصادفات	هزینه ۱۰کیلومتر (بر حسب میلیون تومان)	طول عمر	در صد کاهش تصادفات		
				فوتی	جرحی	خسارتی
۱	نصب گاردریل	۵۰۰	۱۰	۴۴	۴۷	۷
۲	ایجاد روشنایی	۱۰۰۰	۲۰	۶۴	۲۸	۱۷
۳	اصلاح علائم افقی	۸	۱	۲۴	۲۴	۲۴
۴	اصلاح علائم قائم	۱۶	۵	۱۵	۱۵	۷
۵	نصب شیارهای لرزاننده	۶۰	۱۰	۳۳	۳۳	۱۵
۶	موارد ۱،۲	۲۰۰۰	۲۰	۸۰	۶۲	۲۳
۷	موارد ۱،۳	۵۸۰	۱۰	۵۷	۶۰	۲۹
۸	موارد ۱،۴	۵۳۲	۱۰	۵۲	۵۵	۱۴
۹	موارد ۱،۵	۵۶۰	۱۰	۶۲	۶۴	۲۱
۱۰	موارد ۲،۳	۱۱۶۰	۲۰	۷۳	۴۵	۳۷
۱۱	موارد ۲،۴	۱۰۶۴	۲۰	۶۹	۳۹	۲۳
۱۲	موارد ۲،۵	۱۱۲۰	۲۰	۷۶	۵۲	۲۹
۱۳	مورادد۳،۴	۵۶	۵	۳۵	۳۵	۲۹
۱۴	مورادد ۳،۵	۱۲۰	۱۰	۴۹	۴۹	۳۵

۱۵	موارد ۴،۵	۹۲	۱۰	۴۳	۴۳	۲۱
۱۶	موارد ۱،۲،۳	۲۱۶۰	۲۰	۸۵	۷۱	۴۱
۱۷	موراد ۱،۲،۴	۲۰۶۴	۲۰	۸۳	۶۸	۲۸
۱۸	موراد ۱،۲،۵	۲۱۲۰	۲۰	۸۶	۷۴	۳۴
۱۹	موارد ۱،۳،۴	۶۱۲	۱۰	۶۴	۶۶	۳۴
۲۰	موارد ۱،۳،۵	۶۴۰	۱۰	۷۱	۷۳	۴۰
۲۱	موارد ۱،۴،۵	۵۹۲	۱۰	۶۸	۷۰	۲۶
۲۲	موارد ۲،۳،۴	۱۲۲۴	۲۰	۷۷	۵۳	۴۱
۲۳	موارد ۲،۳،۵	۱۲۸۰	۲۰	۸۲	۶۳	۴۸
۲۴	موارد ۲،۴،۵	۱۱۸۴	۲۰	۷۹	۶۰	۳۴
۲۵	موارد ۳،۴،۵	۱۷۲	۱۰	۵۷	۵۷	۴۰
۲۶	موارد ۱،۲،۳،۴	۲۲۲۴	۲۰	۸۷	۷۵	۴۵
۲۷	موارد ۱،۲،۳،۵	۲۲۸۰	۲۰	۹۰	۸۱	۵۰
۲۸	موارد ۱،۲،۴،۵	۲۱۸۴	۲۰	۸۹	۷۸	۴۰
۲۹	موارد ۱،۳،۴،۵	۶۷۲	۱۰	۷۶	۷۷	۴۴
۳۰	موارد ۲،۳،۴،۵	۱۳۴۴	۲۰	۸۴	۶۹	۵۰
۳۱	موارد ۱،۲،۳،۴،۵	۲۳۴۴	۲۰	۹۱	۸۳	۵۴

روش آیین‌نامه استرالیا در تعیین تأثیر راهکارهای موازی بر اساس فرمول زیر (رابطه (۱) می‌باشد (۶)

رابطه (۱)

$$CRF_t = 1-(1-CRF_1)(1-CRF_2)(1-CRF_3)\cdots$$

CRF_t : کاهش تصادفات ناشی از اقدامات ایمن‌سازی موازی

CRF_i : کاهش تصادفات ناشی از اقدام ایمن‌سازی شماره i

بعنوان مثال نصب گاردریل و علائم افقی به ترتیب تصادفات فوتی را ۴۴٪ و ۲۴٪ کاهش می‌دهند در صورتیکه این ۲ اقدام همزمان با هم اجرا شوند کاهش تصادفات فوتی ۵۷/۴٪ می‌باشد.

$$CRF_t = 1-(1-0.24)(1-0.44) = 0.574 = 57.4\%$$

۲-۴- مدل‌سازی

متغیرهای مستقل زیر را در مدل داریم:

a_{ij} : کاهش تعداد تصادفات فوتی در {راهکار i , مقطع j}

b_{ij} : کاهش تعداد تصادفات جرحی در {راهکار i , مقطع j}

c_{ij} : کاهش تعداد تصادفات خسارتی در {راهکار i , مقطع j}

N_{ij} : عمر راهکار در {راهکار i , مقطع j}

d_{ij} : هزینه راهکار در {راهکار i , مقطع j}

m : تعداد راهکارها

i : شمارنده راهکارهای ایمن‌سازی

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال نوزدهم / پاییز ۱۳۹۸ / شماره ۷۸

j : شمارنده مقاطع

$\sum_{j=1}^{p}$: شمارش مقاطع

$\sum_{i=1}^{m}$: شمارش راهکارهای ایمن‌سازی

X_{ij} : متغیر تصمیم‌گیری (دارای دو حالت: ۰ اقدام انجام نشود، ۱ اقدام انجام شود)

: کاهش در تعداد تصادفات فوتی در سه سال

b : کاهش در تعداد تصادفات جرحی در سه سال

c : کاهش در تعداد تصادفات خسارتی در سه سال

d : هزینه هر اقدام اصلاحی

A : متوسط هزینه یک تصادف فوتی

B : متوسط هزینه یک تصادف جرحی

C : متوسط هزینه یک تصادف خسارتی

$\overline{N}$: ضریب عمر اقداماتی که با توجه با اینکه آمار تصادفات برای دوره سه ساله بوده باید بر حسب دوره سه ساله در نظر گرفته شود

D= کل بودجه موجود جهت ایمن‌سازی(چهار میلیارد ریال)

منافع = ((هزینه یک تصادف خسارتی × کاهش تعداد تصادفات خسارتی) + (هزینه یک تصادف جرحی × کاهش تعداد تصادفات جرحی) + (هزینه یک تصادف فوتی × کاهش تعداد تصادفات فوتی)) × (ضریب عمر راهکار)

هزینه= هزینه راهکار ایمن‌سازی

رابطه (۲): تابع هدف

$$Max\ \frac{z}{d} = \frac{(\sum_{j=1}^{p}\sum_{i=1}^{m}(a_{ij}A+b_{ij}B+c_{ij}C)\overline{N_{ij}}X_{ij})}{d_{ij}}$$

رابطه (۳): محدودیت انتخاب اقدام

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} \le 1 (J = 1,2,\cdots,p)$$

رابطه (۴): محدودیت بودجه (یک میلیارد تومان)

$$\sum_{j=1}^{p}\sum_{i=1}^{m} d_{ij}X_{ij} \le D \quad , \quad X_{ij} \ge 0$$

در مدل هدف بیشینه کردن z/d است که عبارت است از نسبت منافع به هزینه‌ها. منافع عبارت است از کاهش هزینه تصادفات و هزینه‌ها عبارت است از هزینه هر اقدام اصلاحی.
محدودیت بودجه: محدودیت‌های بودجه‌ای به این منظور به کار می‌روند که هزینه اقدامات انتخاب شده از کل بودجه‌ای که در اختیار داریم (یک میلیارد تومان) بیشتر نشود.

جدول ۵: کاهش تصادفات ناشی از اجرای اقدامات اصلاحی [۵]

راهکار	کاهش تصادفات (درصد)		
	فوتی (a)	جرحی (b)	خسارتی (c)
نصب گاردریل	۴۴	۴۷	۷
ایجاد روشنایی	۶۴	۲۸	۱۷
اصلاح علائم افقی	۲۴	۲۴	۲۴
اصلاح علائم قائم	۱۵	۱۵	۷
نصب شیارهای لرزاننده	۳۳	۳۳	۱۵

همچنین تأثیر همزمان دو یا چند اقدام ایمن‌سازی با استفاده از روش آیین‌نامه استرالیا انجام می‌گیرد (۶).به منظور مدل‌سازی از برنامه WinQSB۲ استفاده شد.

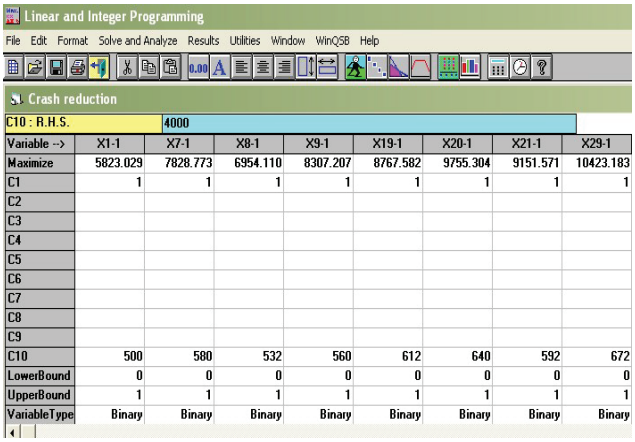
۲-۵- مطالعه موردی محور ارومیه- سلماس

محور ارومیه- سلماس با ۹۱ کیلومتر طول، یکی از محورهای حادثه‌خیز استان، ۶۲ کیلومتر از این محور بزرگراه و ۲۹ کیلومتر دیگر از این محور جاده اصلی می‌باشد آذربایجان غربی است. مجموع تصادفات این محور در سال‌های ۸۷، ۸۸ و ۸۹ عبارتاند از: ۲۳ تصادف فوتی و ۴۵ تصادف جرحی و ۱۶۳ تصادف خسارتی
با توجه به اطلاعات بدست امده از بازدید میدانی، راهکار مختلف برای استفاده در مدل ارائه می گردد. برای مثال اگر در قطعه‌ای احداث گاردریل بدرستی انجام شده باشد می توان کلیه راهکارهایی که در آن‌ها احداث گاردریل وجود دارد از مدل آن قطعه حذف شوند. پس از بررسی کارهای انجام گرفته راهکارهاپیشنهادی برای این قطعات مطابق (جدول ۶) می باشند. بعنوان مثال نیاز به روشنایی در ۱۰ کیلومتر ابتدا وجود ندارد ولیکن در ۱۰ کیلومتر انتهای مسیر وجود دارد.. نمونه از مشکلات معبر در شکل‌های نمایش داده شده است بعنوان مثال در قسمت ۱ و ۲ (شکل ۲) مشاهده می‌شود علائم مناسب قبل از قوس به کار نرفته است. همچنین ضرورت احداث شیارهای لرزاننده و بهبود وضعیت گاردریل در قسمت ۳ و۴ (شکل ۲) مشاهده می‌شود.همچنین مدل‌سازی قطعه شماره ۱ بعنوان نمونه، با توجه به راهکارهای پیشنهادی در برنامه WINQSB در (شکل ۳) نمایش داده شده است.

شکل ۲- برخی مشکلات ایمنی مسیر بعلت عدم به کارگیری صحیح تجهیزات ترافیکی

جدول ۶- انتخاب راهکار مناسب جهت رفع مشکلات راه

قطعه		راهکارهای انتخابی برای مدل‌سازی
۱	کیلومتر ۰-۱۰	۱،۷،۸،۹،۱۹،۲۰،۲۱،۲۹
۲	کیلومتر ۱۰-۲۰	۱، ۶ الی ۹، ۱۶ الی ۲۱، ۲۶ الی ۲۹ و ۳۱
۳	کیلومتر ۲۰-۳۰	۱، ۶ الی ۹، ۱۶ الی ۲۱، ۲۶ الی ۲۹ و ۳۱
۴	کیلومتر ۳۰-۴۰	کلیه موارد
۵	کیلومتر ۴۰-۵۰	کلیه موارد
۶	کیلومتر ۵۰-۶۰	کلیه موارد
۷	کیلومتر ۶۰-۷۰	۱،۲،۳،۵،۶،۷،۹،۱۰،۱۲،۱۴،۱۶،۱۸،۲۰،۲۳،۲۷
۸	کیلومتر ۷۰-۸۰	۱، ۶ الی ۹، ۱۶ الی ۲۱، ۲۶ الی ۲۹ و ۳۱
۹	کیلومتر ۸۰-۹۱	۶،۱۶،۱۷،۱۸،۲۶،۲۷،۲۸،۳۱


Linear and Integer Programming

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

Crash reduction

C10 : R.H.S.	4000						
Variable -->	X1-1	X7-1	X8-1	X9-1	X19-1	X20-1	X21-1	X29-1
Maximize	5823.029	7828.773	6954.110	8307.207	8767.582	9755.304	9151.571	10423.183
C1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2								
C3								
C4								
C5								
C6								
C7								
C8								
C9								
C10	500	580	532	560	612	640	592	672
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0
UpperBound	1	1	1	1	1	1	1	1
VariableType	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary

شکل ۳- مدلسازی قطعه شماره در نرم‌افزار WINQSB

(جدول ۷) خلاصه نتایج بدست آمده برای قطعات مختلف مسیر را نشان می‌دهد. با توجه به مشکلات ارائه شده و محدودیت راهکارهای ارائه شده برای قطعات مختلف مسیر بهترین راهکار انتخاب می‌شود. در این حالت در قطعه شماره ۸ و۹ بدلیل محدود شدن راهکارها انتخابی به راهکارهای پر هزینه نظیر ایجاد روشنایی و نصب گاردریل، برای این قطعات با توّجه به بودجه موجود هیچ راهکاری ارائه نمی شود. نتایج نشان می‌دهد که به کارگیری تجهیزات ترافیکی تأثیر قابل توجهی بر نرخ و شدت تصادفات می‌گذارد.

جدول ۷- خلاصه نتایج بدست امده برای قطعات مختلف مسیر

شماره قطعه	کیلومتر از ارومیه	راهکار انتخابی برای حالت اوّل	راهکار انتخابی برای حالت دوم
کیلومتر ۰-۱۰	۱	۲۵	۲۹
کیلومتر ۱۰-۲۰	۲	۲۳	۲۹
کیلومتر ۲۰-۳۰	۳	۲۵	۲۹
کیلومتر ۳۰-۴۰	۴	۲۵	۳۰
کیلومتر ۴۰-۵۰	۵	۱۴	۲۵
کیلومتر ۵۰-۶۰	۶	۲۵	۲۵
کیلومتر ۶۰-۷۰	۷	۲۵	۱۴
کیلومتر ۷۰-۸۰	۸	۱۴	عدم انتخاب راهکار
کیلومتر ۸۰-۹۱	۹	۱۴	عدم انتخاب راهکار

۳- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از روش خطی تابع سود حاصل از کاهش تصادفات مدل‌سازی گشت. استفاده از هر یک از تجهیزات ترافیکی به عنوان راهکار کاهش تصادفات بصورت متغیر باینری (صفر و یک) در نظر گرفته شد. ضرایب هر راهکار با توجه به عمر راهکار و میزان تأثیر راهکار در کاهش تصادفات تعیین گردید. در نهایت راهکار بهینه با در نظر گرفتن ماکزیمم شدن تابع کاهش تصادفات و اعمال محدودیت‌های بودجه موجود و نیز مشکلات موجود برای قطعات مختلف مسیر تعیین گشتند. بعد از به کار گیری مدل نیز مشخص شد که برخی کارهای کم هزینه از قبیل اصلاح و تکمیل علائم افقی و عمودی و استفاده از شیارهای لرزاننده می‌توانند نقش قابل توجهی در افزایش سطح ایمنی جاده داشته باشد. بنحویکه در صورت محدودیت شدید بودجه این اقدامات کم هزینه می‌توانند تأثیر فراوانی بر کاهش تصادفات بگذارد.

۴- منابع

۱- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Status Report on Road Safety: Supporting a Decade of Action. World Health .۲۰۱۳

.Organization
How would setting policy .۲۰۰۳ .ELVIK, R -۲
priorities according to cost–benefit analyses
affect the provision of road safety? Accident
.۵۷۰-۵۵۷ .pp ,۳۵ .Analysis & Prevention
۳- اصغر پور ، م. ج. (۱۳۷۵) تصمیم گیری و تحقیق
عملیات در مدیریت انتشارات دانشگاه تهران
The Handbook of Road .۲۰۰۴ .ELVIK, R-۵
Safety Measures. Oslo: Institute of Transport
.Economics
Crash reduction .۲۰۰۷ .TURNER, B -۶
estimates for road safety treatments. Road
.Vermont South, Australia .safety risk reporter۶
How would setting policy .۲۰۰۳ .ELVIK, R -۷
priorities according to cost–benefit analyses
affect the provision of road safety? Accident
.۵۷۰-۵۵۷ .pp ,۳۵ .Analysis & Prevention
۸- آیتي (۱۳۸۴) ، "هزینه تصادفات ترافیکي ایران
"،انتشارات دانشگاه فردوسي مشهد
۹- سازمان راهداري و حمل و نقل و جاده اي " سالنامه
آماري حمل و نقل کشور ۸۹ "
۱۰- سایت بانک مرکزي جمهوري اسلامي‌ایران،"
گزارش اقتصادي تورم"

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال نوزدهم / پاییز ۱۳۹۸ / شماره ۷۸

Linear methods of economic evaluation in order to prioritize safety equipment and traffic control devices on Rural Road

H. Shirmohammadi, A. Kargar
۱- Assistant Professor, Department of Technical Engineering, University of Urmia
۲- M.Sc. Student, Islamic Azad University, Amol branch

Abstract

traffic tools are the most important factors in reducing traffic crashes, in this research a model is presented for determining the best safety traffic tools which has profound influential on traffic accident. In this research firstly cost of different kind of crash like fetal, injury, and property damage only accident evaluated. For this purpose several factors such as cost of curing injured people or cost which is impacted from dying or disability of people to the society are considered. Beside that for choosing the best safety improvement method for variety rural highway section linear programming implemented in cost-benefit analysis. This method is one of the efficient, one criterion decision method in increasing beneficial in economic project. In this model besides considering cost of accident as fundamental factor of decision, the restriction of budget and problem in different section of the road are considered. One of the most characterizations of this .model is considering more than one safety activity simultaneously

km of Urmia-Salmas road, in ۹۱ ,Finally, as a case study and for the sake of research validation .west Azerbaijan province, was modeled

Keywords: Priority, Traffic Equipment, Linear Method, Cost Theory and Benefit