



## ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیر کبیر شیراز

مهدی جهانگیری<sup>۱</sup>، حمید رضا جمشیدی سلوکویی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۱۲

تاریخ ویرایش: ۹۳/۱۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک یکی از اجزاء اصلی چرخه عمر مواد شیمیایی است که می‌تواند ایمنی افراد و تأسیساتی که در مسیر عبور تانکرهای حامل مواد شیمیایی قرار دارند را به خطر اندازد. این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیر کبیر شیراز انجام شد.

**روش بررسی:** در این مطالعه مقطعی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک با استفاده از شاخص درجه‌بندی ریسک حمل و نقل (TRRI) در هرکدام از مسیرهای تردد تانکرها محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. اطلاعات مورد نیاز از طریق بررسی برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد و مصاحبه با مسئولین ترمینال گردآوری گردید.

**یافته‌ها:** در ۵۶/۶ درصد از طول مسیرهای مورد بررسی ریسک حمل و نقل جاده‌ای برای تعدادی از مواد شیمیایی در سطح خطرناک و بسیار بالا بود. بیشترین ریسک حمل و نقل مواد خطرناک در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از مناطق مسکونی مربوط به ماده بوتان بود.

**نتیجه‌گیری:** ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک در بخش‌هایی از مسیر که داخل شهر شیراز (مناطق مسکونی) واقع شده است در سطح غیر قابل قبول به دست آمد. جهت کاهش سطح ریسک به سطح قابل قبول، ضروری است استراتژی‌های کنترلی تدوین و اجرا گردد.

**کلیدواژه‌ها:** مواد شیمیایی خطرناک، حمل و نقل جاده‌ای، ریسک

### مقدمه

حمل و نقل مواد و کالاهای خطرناک یکی از اجزای اصلی چرخه عمر مواد شیمیایی است که به اشکال مختلفی شامل حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، دریایی و خطوط انتقال لوله (در مقادیر زیاد) و هوایی (در مقادیر اندک) صورت می‌گیرد [۱-۳].

عدم رعایت اصول ایمنی در حمل و نقل مواد خطرناک می‌تواند منجر به حوادثی نظیر نشت مواد شیمیایی، حریق و انفجار قرار گردد که پیامدهای جبران‌ناپذیری را بر انسان و محیط‌زیست حتی در مقیاس جهانی خواهد داشت [۴-۶].

رایج‌ترین و آسان‌ترین شیوه حمل و نقل مواد خطرناک در بسیاری از کشورها از جمله ایران، حمل و نقل جاده‌ای است [۷] که در نتیجه سبب می‌شود که هنگام عبور کامیون‌های و تانکرهای حاوی مواد شیمیایی در مناطق شهری، افراد در معرض خطر این

### مواد قرار گیرند [۲].

اولین قدم برای کنترل مخاطرات ناشی از حمل و نقل جاده‌ای مواد خطرناک، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک آن‌ها به‌منظور اولویت‌بندی اقدامات کنترلی و تصمیم‌گیری در خصوص اجرای این اقدامات است [۹-۷]. در مطالعات مختلف عوامل متعددی به‌عنوان عوامل اثرگذار بر ریسک حمل و نقل مواد خطرناک مورد بررسی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال در مطالعه پیژوکا (Pijawka) و همکاران [۱۰] چهار متغیر شامل تعداد وقایع رخ داده در مسیرها حمل و نقل، جمعیت در معرض ریسک، پتانسیل خطر و حجم مواد خطرناک جهت ارزیابی ریسک حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفتند. در مطالعه راو (Rao) و همکاران [۱۱] نیز عواملی همچون شدت خطر ماده، فاصله تا منطقه مسکونی، میزان ماده حمل شده و وزن مولکولی ماده مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه آذر و همکاران [۱۳]

۱- نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

۲- کارشناس مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

تانکرها به صورت عرضی با اولین منطقه مسکونی<sup>۳</sup>، میزان ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی از حاصل ضرب فاکتورهای زیر تعیین گردید (۱۱).

۱- شاخص درجه بندی میانگین وزنی ریسک مواد شیمیایی (WARRI)<sup>۴</sup>: برای برآورد این فاکتور از و میانگین وزنی هر کدام از درجه بندی های ارائه شده در لوزی خطر موسسه ملی حفاظت در برابر حریق آمریکا (NFPA) استفاده می شود.

شاخص WARRI:

$$W_i = \frac{\text{مقدار درجه بندی ویژه لوزی خطر}}{\text{مجموع بندی درجه همه خطرات}}$$

$$WARRI = \sum W_i \times (\text{درجه بندی ویژه لوزی خطر})$$

۲- میزان بار حمل شده توسط تانکر<sup>۵</sup>: فاکتور مقدار حمل مواد شیمیایی تابع متغیرهایی همچون دما و فشار بوده و از صفر تا ۴ به صورت کمتر از ۱۰ کیلوگرم (درجه صفر)، ۱۰ تا ۹۹ کیلوگرم (درجه ۱)، ۱۰۰ تا ۹۹۹ کیلوگرم (درجه ۲)، ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم (درجه ۳) و بیشتر از ۵۰۰۰ کیلوگرم (درجه ۴) طبقه بندی می گردد. فاصله از اولین منطقه مسکونی: هرچه قدر فاصله تانکرهای حامل مواد شیمیایی از اولین منطقه مسکونی کمتر باشد، ریسک بیشتری بر افراد مستقر در آن منطقه خواهد داشت. این فاکتور از صفر تا ۴ به صورت بیشتر از ۱۰۰۰۰ متر (درجه صفر)، ۵۰۰۱ تا ۱۰۰۰۰ (درجه ۱)، ۱۵۰۱ تا ۵۰۰۰ متر (درجه ۲)، ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر (درجه ۳) و کمتر از ۵۰۰ متر (درجه ۴) طبقه بندی می گردد.

۳- وزن مولکولی یا فاکتور توزیع: میزان انتشار بخار به صورت غیرمستقیم تابع چگالی است که آن نیز تابع وزن مولکولی ماده می باشد؛ بنابراین هرچه وزن مولکولی ماده بیشتر باشد، سطح ریسک حمل و نقل مواد نیز بیشتر خواهد شد. این فاکتور از صفر تا ۴

نیز از چهار فاکتور احتمال تصادف جاده ای، ریسک جمعیت، ریسک زیست محیطی و ابنیه برای ارزیابی ریسک حمل و نقل جاده ای استفاده گردید.

برای کاهش حوادث حمل و نقل مواد شیمیایی باید بهترین مسیر از نظر فاکتورهای جمعیتی و محیطی، زیرساخت های حمل و نقل و شرایط آب و هوایی برای تردد وسایل نقلیه حامل کالاهای خطرناک انتخاب شود [۱۳].

پایانه باربری امیرکبیر شهر شیراز در مرکز شهر شیراز واقع شده است و تانکرهای حاوی مواد شیمیایی پس از ورود مسیرهای مختلف به شهر شیراز نهایتاً محتویات خود را در این پایانه تخلیه می نمایند. نظر به اینکه تاکنون مطالعات بسیار اندکی در خصوص ارزیابی ریسک حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در شهرها و جاده های کشور و به ویژه پایانه باربری امیرکبیر شیراز انجام شده است، این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک حمل و نقل کالاهای خطرناک در مسیرهای منتهی به این پایانه و ارائه راهکارهای کنترلی لازم به منظور کاهش سطح ریسک در این مسیرها انجام شد.

### روش بررسی

این مطالعه به شکل مقطعی و در مسیرهای منتهی به پایانه امیرکبیر شهر شیراز شد.

به منظور ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد خطرناک از شاخص درجه بندی ریسک حمل و نقل (TRRI)<sup>۱</sup> که توسط راو<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۴ ارائه شده، استفاده گردید. اطلاعات مورد نیاز برای استفاده از این روش، برخلاف روش های کمی ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی، به راحتی در دسترس بوده و با استفاده از این اطلاعات به سادگی می توان سطح ریسک را محاسبه نمود. برای این منظور پس از گردآوری اطلاعات مربوط به نوع و مقدار مواد، مسیرهای ورودی و خروجی تانکرها به شهر شیراز، حریم جاده ها و فاصله

<sup>3</sup>. Habitation Distance Factor

<sup>4</sup>. Weighted Average Risk Rating Index (WARRI)

<sup>5</sup>. Material Transported Factor

<sup>1</sup>. Transportation Risk Rating Index

<sup>2</sup>. Rajeshwar Rao

جدول ۱- محاسبات مربوط به ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در فواصل مختلف

نام ماده	فرمول شیمیایی	درجه بندی خطر NFPA					WARRI	وزن مولکولی	سطح ریسک		
		خطر انفجار	خطر واکنش	خطر آلودگی	خطر خوردگی	خطر سمیت			کمتر از ۵۰۰ متر	۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر	۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر
بوتان	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	۱	۴	۰	۰	۳/۴	۵۸	۲۱۷/۶	۱۶۳/۲	۱۰۸/۸	۵۴/۴
پروپان	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	۲	۳	۰	۰	۲/۴۳	۴۴	۱۱۶/۶۴	۸۷/۴۸	۵۸/۳۲	۲۹/۱۶
آمونیاک	NH <sub>3</sub>	۳	۱	۰	۰	۲/۵	۱۷	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰
سود	NaOH	۳	۰	۰	۰	۲/۵	۴۰	۱۲۰	۹۰	۶۰	۳۰
اتان	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	۱	۴	۰	۰	۳/۴	۳۰	۱۰۸/۸	۸۱/۶	۵۴/۴	۲۷/۲
اسید سولفوریک	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3	۰	۰	OX	۲/۴۳	۹۸	۱۵۵/۵	۱۱۶/۶۴	۷۷/۷۶	۳۸/۱۸
اسید فسفریک	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	۳	۰	۰	۰	۳	۹۸	۱۹۲	۱۴۴	۹۶	۴۸
بترن	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	۲	۳	۰	۰	۲/۶	۷۴	۱۶۶/۴	۱۲۴/۸	۸۳/۲	۴۱/۶
تولون	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	۲	۳	۰	۰	۲/۶	۹۲	۱۶۶/۴	۱۲۴/۸	۸۳/۲	۴۱/۶
اسید فرمیک	HCOOH	۳	۲	۰	۰	۲/۶	۴۶	۱۶۶/۴	۱۲۴/۸	۸۳/۲	۴۱/۶
استن	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	۱	۳	۰	۰	۲/۵	۵۸	۱۶۰	۱۲۰	۸۰	۴۰
فرمالدهید	HCHO	۳	۴	۰	۰	۳/۵۷	۳۰	۱۴۴/۲۴	۸۵/۶۸	۵۷/۱۲	۲۸/۵۶
کلسیم سیانید	Ca(CN) <sub>2</sub>	۳	۰	۰	۱	۲/۵	۹۲	۱۶۰	۱۲۰	۸۰	۴۰
نیترات سدیم	NaNO <sub>3</sub>	۱	۰	۰	OX	۱/۶۷	۸۵	۱۰۶/۸۸	۸۰/۱۶	۵۳/۴۴	۲۶/۷۲
اسید نیتریک	HNO <sub>3</sub>	۳	۰	۰	OX	۲/۶	۶۳	۱۶۶/۴	۱۲۴/۸	۸۳/۲	۴۱/۶
نیترات آمونیوم	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	۰	۰	۰	OX	۲/۶	۸۰	۱۶۶/۴	۱۲۴/۸	۸۳/۲	۴۱/۶
اسید کرومیک	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	۳	۰	۰	OX	۲/۴۳	۱۱۸	۱۵۵/۵۲	۱۱۶/۶۴	۷۷/۷۶	۳۸/۱۸
الکل اتیلیک یا اتانول	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	۰	۳	۰	۰	۳	۴۶	۱۹۲	۱۴۴	۹۶	۴۸
اسید اگزالیک	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۳	۱	۰	۰	۲/۵	۹۰	۱۶۰	۱۲۰	۸۰	۴۰
اوره یا کاربامید	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	۱	۰	۰	۰	۱	۶۰	۶۴	۴۸	۳۲	۱۶
فتالیک اسید	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	۰	۱	۱	۱	۱	۱۶۶	۶۴	۴۸	۳۲	۱۶

### یافته‌ها

در جدول ۱ محاسبات مربوط به ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی برای فواصل مختلف تانکرهای حامل مواد شیمیایی از اماکن مسکونی به همراه فاکتور توزیع مواد، درجه بندی لوزی خطر و شاخص WARRI ارائه شده است.

در جدول ۲ محاسبات مربوط به ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در مسیرهای مختلف برای ماده بوتان (که بیشترین سطح ریسک را به خود اختصاص داده است) ارائه شده است.

برای ماده بوتان ۵۶/۶ درصد از کل مسیر ۷۶/۵ کیلومتری ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در سطوح بسیار خطرناک، ۱۵/۷ درصد در سطح خطرناک و ۲۷/۷ درصد در سطح متوسط می‌باشد. با توجه به این نتایج، حمل ماده بوتان در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیرکبیر دارای سطح ریسک بالایی می‌باشند.

در نمودار شماره ۱ وضعیت ریسک حمل و نقل مواد

به صورت کمتر از ۱۵ گرم بر مول (درجه صفر)، ۱۵ تا ۲۲ گرم بر مول (درجه ۱)، ۲۳ تا ۳۳ گرم بر مول (درجه ۲)، ۳۴ تا ۴۵ گرم بر مول (درجه ۳) و بیشتر از ۴۵ گرم بر مول (درجه ۴) طبقه بندی می‌گردد.

در نهایت شاخص ریسک حمل و نقل خطرناک در چهار سطح پایین (۰ تا ۶۴)، متوسط (۶۵ تا ۱۲۸)، خطرناک (۱۲۹ تا ۱۹۲)، بسیار خطرناک (۱۹۳ تا ۲۵۶) طبقه بندی گردید.

اطلاعات مربوط به لوزی خطر و وزن مولکولی مواد از طریق برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد (MSDS) و اطلاعات مربوط به ظرفیت تانکرهای حامل مواد شیمیایی نیز از طریق مصاحبه با مسئولین پایانه گردآوری گردید. برای به دست آوردن اطلاعات مربوط به فاصله مسیرهای تردد تانکرها از مناطق مسکونی نیز از نرم افزار Google earth استفاده شد.

6. Material Safety Data Sheet

جدول ۲- نمونه‌ای ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی برای مسیرهای منتهی به پایانه امیرکبیر برای ماده بوتان

مسیر	طول مسیر	فاصله تا اولین منطقه مسکونی	نمره ریسک	سطح ریسک	درصد کل مسیر
شهرک رکن آباد تا ابتدای شهرک جوادیه (بخش اول مسیر ۱)	۸/۲	کمتر از ۳۰۰۰ متر	۱۰/۸/۸	متوسط	۱۰/۷۱
از ابتدای شهرک جوادیه تا پایانه (بخش دوم مسیر ۱)	۱۵/۵	کمتر از ۵۰۰ متر	۲۱۷/۶	بسیار خطرناک	۲۰/۲۶
از ابتدای شهرک دوکوهک تا پایانه (مسیر ۲)	۲۱/۵	کمتر از ۵۰۰ متر	۲۱۷/۶	بسیار خطرناک	۲۸/۱
از ابتدای پلیس راه بوشهر تا پایانه (مسیر ۳)	۶/۳	کمتر از ۵۰۰ متر	۲۱۷/۶	بسیار خطرناک	۸/۲۳
از ابتدای پلیس راه فسا تا ابتدای ده پیاله (بخش اول مسیر ۴)	۱۳	۱۶۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	۱۰/۸/۸	متوسط	۱۷
از ابتدای حوزه ده پیاله تا شهرک مهدیه (بخش دوم مسیر ۴)	۱۲	۶۰۰ تا ۱۳۰۰ متر	۱۶۳/۲	خطرناک	۱۵/۷

می‌باشد، ریسک بوتان در سطح بسیار خطرناک، ریسک اسید سولفوریک، اسید فسفریک، بنزن، تولوئن، اسید فرمیک، استن، کلسیم سیانید، اسید نیتریک، نترات آمونیوم، اسید کرومیک، اتانول و اسید اگزالیک در سطح خطرناک و ریسک پروپان، سود، اتان، فرمالدهید و نترات سدیم متوسط و ریسک آمونیاک، اوره و فتالیک اسید در سطح پایین می‌باشد.

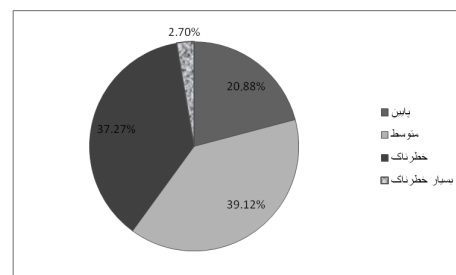
در نمودار ۳ سطح ریسک کلیه مواد شیمیایی مورد بررسی در فواصل مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود درحالی‌که در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر ریسک بیشتر مواد در سطح خطرناک می‌باشد، در فواصل ۵۰۱ تا ۱۵۰۰ و ۱۵۰۰-۵۰۰۰ متری سطح ریسک بیشتر مواد در متوسط و در فاصله بین ۵۰۰۱-۱۰۰۰۰ متری سطح ریسک همه مواد در سطح پایین می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

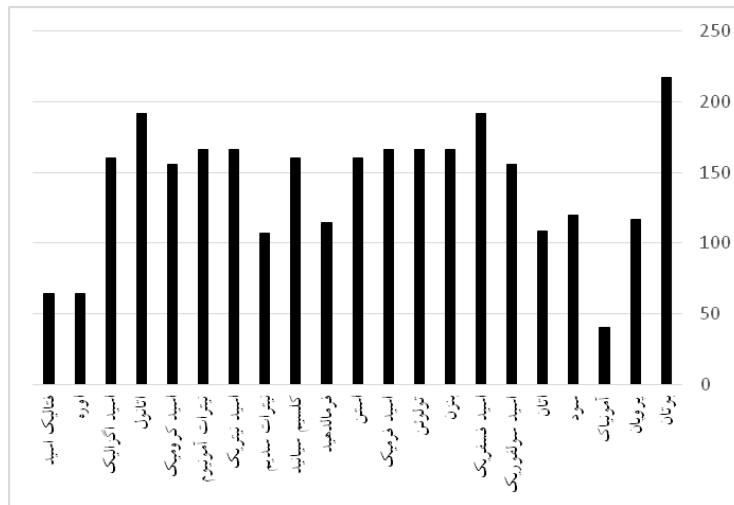
هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیرکبیر با استفاده از مدل ارائه شده توسط راو و همکاران [۱۱] برای تعیین سطح ریسک حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی در شیراز بود.

شیمیایی خطرناک برحسب درصدی از کل مسیرهای منتهی به پایانه امیرکبیر ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سطح ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در ۲/۷ درصد از کل مسیرها در سطح بسیار خطرناک، ۳۷/۲۷ درصد از کل مسیر در سطح خطرناک، ۳۹/۱۲ درصد از کل مسیر در سطح متوسط و ۲۰/۸۸ درصد از کل مسیر ۷۶/۵ کیلومتری در سطح پایین می‌باشد.

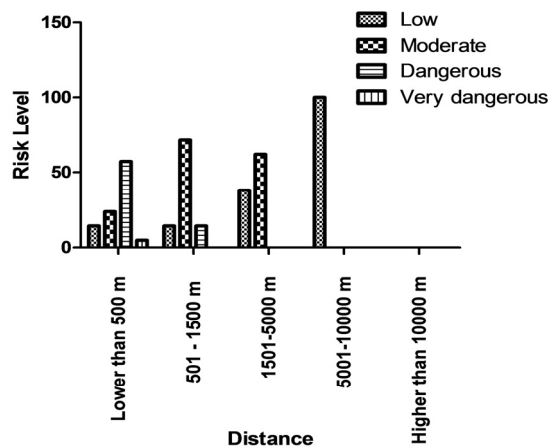
در نمودار ۲ سطح ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر (مسیرهای ابتدای شهرک جوادیه تا پایانه، ابتدای شهرک گلستان تا پایانه، ابتدای پلیس‌راه شیراز تا پایانه) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مسیرها که فاصله‌شان تا منطقه مسکونی کمتر از ۵۰۰ متر



نمودار ۱- سطح ریسک حمل و نقل مواد کل در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیر کبیر برحسب درصدی از کل مسیر



نمودار ۲- سطح ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر



نمودار ۳- درصد سطح ریسک مواد شیمیایی در فواصل مختلف

زیست محیطی و ابنیه برای ارزیابی ریسک حمل و نقل جاده‌ای در مسیرهای برون شهری استان فارس استفاده گردیده بود، متفاوت است و لذا امکان مقایسه نتایج این مطالعات با هم عملی نمی‌باشد.

از بین این چهار فاکتور مورد بررسی در این مطالعه، دو فاکتور شامل وزن مولکولی و WARRI جزء خواص ذاتی مواد شیمیایی بوده و امکان تغییر در آنها به منظور کاهش ریسک عمدتاً میسر نمی‌باشد. فاکتور مربوط به وزن ماده حمل شده نیز به علت ظرفیت استاندارد تانکرهای حمل مواد ثابت می‌باشد. با این تفاسیر مهم‌ترین عامل تأثیرگذار و قابل تغییر در شاخص

همان‌طور که ذکر شد در روش ارزیابی ریسک مورد استفاده سطح ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی بر اساس چهار فاکتور وزن مولکولی، فاصله تانکر تا اولین منطقه مسکونی، میزان ماده حمل شده و شاخص درجه‌بندی میانگین وزنی ریسک مواد شیمیایی (WARRI) برای مسیرهای درون شهری منتهی به پایانه امیرکبیر محاسبه گردید که هم از جهت عوامل دخیل در محاسبه سطح ریسک و هم از جهت نوع مسیرهای مورد بررسی (درون شهری یا برون شهری) با مطالعه آذر و همکاران [۱۲] که در آن از چهار فاکتور احتمال تصادف جاده‌ای، ریسک جمعیت، ریسک

۳۰۰۰ متری بود که در این فاصله ریسک اکثر مواد در سطح پایین طبقه‌بندی می‌گردد و لذا نیاز به اقدام کنترلی خاصی ندارد. نتایج این مطالعه نشان داد ریسک حمل و نقل برخی از مواد شیمیایی خطرناک در مسیرهای کمتر از ۵۰۰ متر منتهی به پایانه امیرکبیر شیراز در سطح خطرناک بوده و ضروری است با اقداماتی نظیر انتقال پایانه به خارج از شهر نسبت به کاهش سطح ریسک حمل و نقل مواد به میزان قابل قبول اقدام به عمل آید. ضمناً شاخص درجه‌بندی ریسک حمل و نقل می‌تواند به منظور ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک و تعیین اولویت‌های کنترل در این زمینه به کار می‌رود.

### محدودیت‌های مطالعه

در این مطالعه به دلیل ماهیت کیفی شاخص، ریسک حمل و نقل در فواصل کمتر از ۵۰۰ متر به‌عنوان مثال فاصله ۵۰۰ متری و ۴۵۰ متر یکسان محاسبه گردیدند. جهت رفع این محدودیت می‌توان از روش‌های ارزیابی کمی ریسک به‌منظور ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی استفاده نمود. ضمناً به دلیل نبود مطالعات مشابه در زمینه ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی امکان مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعات مشابه وجود نداشت.

### تقدیر و تشکر

این مطالعه طی طرح پژوهشی شماره ۷۴۰۵-۲۱-۹۳-۰۱ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شیراز مورد حمایت قرار گرفته است.

### منابع

1. Esmaeili S, Hosseinpour M, Sheikhi K, Naderi N. Identification and prioritization of hazardous material transportation strategies using DEA method. *Growing Science*. 2012;2(8):3049-3054.
2. Sarsam SI. Analysis of Risk Attributed to Hazardous Material Transportation through Urban

ریسک حمل و نقل مواد خطرناک مربوط به فاصله تانکرهای حامل مواد شیمیایی از اولین منطقه مسکونی است. در این مطالعه در مجموع چهار مسیر منتهی به پایانه باربری امیرکبیر به طول کل ۷۶/۵ کیلومتر برای حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک شناسایی شد. در ۴۳/۳ کیلومتر (۵۶/۶ درصد) از کل مسیر مورد بررسی شامل ابتدای شهرک جوادیه تا پایانه، ابتدای دوکوهک تا پایانه و ابتدای پلیس‌راه بوشهر تا پایانه فاصله جاده (تانکرهای حامل مواد) تا اولین منطقه مسکونی کمتر از ۵۰۰ متر بود که در این فواصل ریسک حمل و نقل مواد بوتان در سطح بسیار خطرناک و ریسک ۱۳ ماده (از جمله اسید سولفوریک، اسید فسفریک، بنزن، تولوئن و ...) در سطح خطرناک تعیین گردید.

به‌منظور کاهش سطح ریسک در این مسیرها راهکارهای کنترلی ذیل قابل بررسی است:

الف- در مورد موادی که در این فاصله سطح ریسک بالایی دارند از تانکرهایی با ظرفیت کمتر نسبت به تانکرهای موجود استفاده شود. به‌عنوان مثال برای حمل ماده بوتان اگر از تانکرهایی با ظرفیت حداکثر ۵۰۰۰ لیتر (به جای تانکرهایی با ظرفیت ۳۲۰۰۰ لیتر) استفاده شود، ریسک حمل و نقل این مواد از سطح بسیار خطرناک به سطح خطرناک کاهش خواهد یافت.

ب- پایانه باربری به خارج از شهر منتقل شود. ج- بخشی از مسیرهای فوق که در داخل شهر واقع می‌شوند به اندازه بیش از ۵۰۰ متر تعریف شوند.

بدیهی است از بین گزینه‌های فوق تنها گزینه سوم (انتقال پایانه باربری به خارج از شهر) در عمل قابل اجرا می‌باشد.

در ۱۲ کیلومتر از مسیر مورد بررسی (۱۵ درصد) از ابتدای حوزه ده پیاله تا شهرک مهدیه فاصله جاده (تانکرهای حاوی مواد) تا منطقه مسکونی بین ۶۰۰ تا ۱۳۰۰ متر بود که در این فاصله ریسک اکثر مواد (۷۰ درصد) در سطح متوسط بود. نهایتاً در ۲۱/۲ کیلومتر باقی‌مانده از مسیر (شامل ابتدای پلیس‌راه فسا تا ابتدای ده پیاله و از شهرک رکن‌آباد تا ابتدای شهرک جوادیه) فاصله جاده تا اولین منطقه مسکونی در حدود ۱۶۰۰ تا



Transportation research record. 1985;6:1-6.

Arterials. Journal of Environmental Conservation Research. 2013;50:52.

3. Abdul Rashid Z, El-Harbawi M, Peling F, Abdul Bari S, Alias AB. SMACTRA: A Smart Tool for Assessing Risk from Hazardous Material Transportation. 2013.

4. Ghosh L. Development of Accident Database for Quantitative Safety and Risk Analysis of Highway Bulk-Package Transportation of Hazardous Materials. 2013.

5. Padash A, Khodaparast M. implementation of HSE requirements in the transportation of hazardous materials, petroleum products. the first conference of the transportation of hazardous materials and its environmental impacts, Tehran University. 2008.

6. Stare H, Nikpai A. Chemical Transportation Risk Management Model Approach HSE. Second National Conference on Safety in Ports, Tehran, Ports and Shipping Organization. 2005.

7. Syedi M, Kalhori I. Presents a Risk Assessment method of road hazardous materials transportation. the first conference of the transportation of hazardous materials and its environmental impacts, Tehran University. 2008.

8. Golbabaie F, Eskandari PD, Azari M, Jahangiri M, Rahimi A, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. Iran Occupational Health. 2012;9(3):11-21.

9. Jahangiri M, Parsarad M. Health risk assessment of harmful chemicals: Case study in a petrochemical industry. Iran Occupational Health. 2011;7(4):18-24.

10. Zayrzadh A, Mazari M, Nadrnzhad M, Akhbari K. Evaluation of factors influencing on selected the style and direction of transport of hazardous materials. hazardous materials transportation, and environmental impacts Conference. 2008.

11. Rajeshwar Rao K, Venkateswar Rao S, Chary V. Estimation of Risk Indices of Chemicals During Transportation. Chemical Engineering Sciences, Indian Institute of Chemical Technology, Hyderabad-007500, India. June 2004;23(2):149-154.

12. Azar A, Safazadeh M, Ehsani A. Assessment of transporting hazardous material in country roads, Rahvar. 2012;8(16):7-20.

13. Pijawka KD, Foote S, Soesilo A. Risk assessment of transporting hazardous material: Route analysis and hazard management.

## Chemical transportation risk assessment in the pass leading to Amirkabir Terminal at Shiraz city

Mehdi Jahangiri<sup>1</sup>, Hamidreza Jamshidi Solokloyee<sup>2</sup>

Received: 2014/09/07

Revised: 2015/03/03

Accepted: 2015/05/02

### Abstract

**Background and aims:** Transportation of hazardous chemicals is one of the main phases in chemical life cycle which could endanger the safety of people and facilities that are located in the tanker traffic roads. The aim of this study was to assess risk of chemical transportation in the pass leading to Amirkabir terminal in Shiraz city.

**Methods:** In this cross sectional study, risks of chemical transportation in all routes leading to Amirkabir terminal were calculated using Transportation Risk Rating Index (TRRI). Required data were gathered through material safety data sheets (MSDSs) and interview by responsible persons in the terminal.

**Results:** TRRI was at dangerous and high level for some of chemicals in 56.6% of the length of studied routes. Butane had the highest value TRRI in the distance below 500 meter from residential area.

**Conclusion:** Chemical transportation risk index for routes located in residential areas was at the dangerous level. Appropriate strategies and effective measures should be applied in order to reduce the risk to the acceptable level.

**Keywords:** Hazardous chemicals, Road transportation, Risk.

1. (**Corresponding author**) Associate Professor, Occupational Health Department, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

2. BSc of Occupational Health, Student Research Committee, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.