Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 6, Issue 3, Autumn 2019, Pages: 1-8

Original Article

doi: 10.52547/johe.6.3.1

Evaluation of Health Consequences in Chemicals Road Transport Accidents Using a Fuzzy Approach

Iraj Mohammadfam[1], Omid Kalatpur[1], Kamran Gholamizadeh[1,*]

[1] *Occupational Health and Safety Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Kamran Gholamizadeh, Occupational Health and Safety Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: kamrangholamizade1373@gmail.com*

Received: 29/05/2019
Accepted: 05/10/2019

How to Cite this Article:
Mohammadfam I, Kalatpur O, Gholamizadeh K. Evaluation of Health Consequences in Chemicals Road Transport Accidents Using a Fuzzy Approach. *J Occup Hyg Eng*. 2019; 6(3): 1-8. DOI: 10.52547/johe.6.3.1

Abstract

Background and Objective: Road transportation is the most common way to ship hazardous materials (HazMat) in many countries, including Iran. Therefore, it seems necessary to assess the consequences of road HazMat accidents during transportation. The present study aimed to develop a method for the assessment of HazMat accidents during transportation.

Materials and Methods: In the current study, a fuzzy inference system (FIS) was developed for evaluating the risk of road HazMat transportation. The FIS consisted of three input variables, including "the concentration of released HazMat", "the vulnerability of the exposed population", and" toxicological characteristics of HazMat". The output of the FIS was also indicative of exposure severity coefficient (ESC) which in turn suggests the irreversible effect of exposure to chemical substances. It is worthy to note that a case study was performed on the release of Cl to test the method.

Results: Base on the results of the study, the area around the release point was divided into two regions of low hazard area (with a diameter of 187 m) and a safe area (diameter more than 187). The highest ESCs were obtained for vulnerable groups (i.e., children, the elderly, and those with underlying diseases) with an ESC of 0.92 and teenagers and adolescents with an ESC of 0.767.

Conclusion: The results of the present study indicated that it is necessary to assess the consequences of chemical incidents in designing and locating roads where hazardous chemicals are to be transported.

Keywords: Chemicals; Health Risk; Fuzzy Inference System; Road Transportation

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]

Copyright © 2019 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.6.3.1

ارزیابی پیامد بهداشتی ناشی از حوادث شیمیایی در حمل و نقل جاده‌ای: استفاده از رویکرد فازی

ایرج محمدفام[۱]، امید کلات‌پور[۱]، کامران غلامی‌زاده[۱،*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** کامران غلامی‌زاده، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: kamrangholamizade1373@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۸

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: رایج‌ترین شیوه حمل و نقل مواد خطرناک در بسیاری از کشورها از جمله ایران، حمل و نقل جاده‌ای است؛ از این رو ارزیابی پیامدهای حوادث مواد شیمیایی در حمل و نقل جاده‌ای یک ضرورت محسوب می‌شود. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف توسعه روشی برای ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث در حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه یک سیستم استنتاج فازی طراحی و پیاده‌سازی شد. این سیستم دارای سه پارامتر ورودی تحت عنوان "غلظت مواد شیمیایی رهاشده"، "میزان آسیب‌پذیری جامعه در معرض" و "ویژگی سم‌شناسی ماده رهاشده" می‌باشد. خروجی سیستم نیز بیانگر میزان ضریب شدت مواجهه بوده و این ضریب خود نشان‌دهنده شدت آسیب‌های واردشده غیرقابل‌جبران به افراد در مواجهه با مواد شیمیایی می‌باشد. شایان ذکر است که برای آزمون روش، یک مطالعه موردی با سناریوی آزادشدن گاز کلر انجام شد.

یافته‌ها: در اثر رهایش گاز کلر در منطقه مورد نظر، فواصل تحت تأثیر به دو ناحیه با خطر کم (تا فاصله ۱۸۷ متر) و بدون خطر (بیشتر از فاصله ۱۸۷ متر) تقسیم شدند. شایان ذکر است که شدیدترین مواجهات در گروه حساس جامعه (کودکان، سالخوردگان و افراد دارای مشکلات زمینه‌ای با ضریب شدت ۰/۹۲ و نوجوانان و میانسالان با ضریب شدت ۰/۷۶۷) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان دادند که برای طراحی و مکان‌یابی جاده‌هایی که قرار است حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک در آن‌ها صورت گیرد، انجام ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث شیمیایی یک ضرورت محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: حمل و نقل جاده‌ای؛ ریسک بهداشتی؛ سیستم استنتاج فازی؛ مواد شیمیایی

مقدمه

یکی از اجزای اصلی چرخه عمر مواد شیمیایی، حمل و نقل مواد و کالاهای خطرناک است. این فرایند به شیوه‌های مختلفی صورت می‌گیرد که شامل: حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، دریایی، خطوط انتقال لوله (در مقادیر زیاد) و هوایی (در مقادیر اندک) می‌باشد. وقوع حادثه در این فرایند می‌تواند منجر به وقوع حوادثی نظیر نشت مواد شیمیایی، حریق و انفجار شود که پیامدهای جبران‌ناپذیری را برای جمعیت در معرض به همراه دارد [۱،۲]. همین امر باعث افزایش توجهات به مدیریت حمل و نقل مواد شیمیایی شده است [۳]. حذف مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک بر مقابله با انتشار آن‌ها ارجحیت دارد؛ اما دنیای امروز به واسطه نیاز مبرم خود به این مواد، قادر به حذف کامل این مواجهات نمی‌باشد؛ از این رو مدیریت تولید و پخش این مواد در اولویت قرار دارند [۴].

رایج‌ترین و آسان‌ترین شیوه حمل و نقل مواد خطرناک در بسیاری از کشورها از جمله ایران، حمل و نقل جاده‌ای است که باعث می‌شود هنگام عبور کامیون و تانکرهای حاوی مواد شیمیایی در مناطق شهری، افراد در معرض خطر این مواد قرار گیرند [۵]. 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 مورد اجرای این اقدامات است [۴،۶].

براساس آمار منتشرشده در ایالات متحده، میزان مصرف مواد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]

خطرناک بین ۳ تا ۴ میلیارد تن در سال می‌باشد. این مواد به‌طور گسترده‌ای در بخش‌های تولیدی، کشاورزی، پزشکی و دیگر فعالیت‌های صنعتی استفاده می‌شوند [۷]. اداره حمل و نقل کانادا تخمین زده است که تقریباً ۸۰۰۰۰ مورد حمل و نقل خطرناک از طریق راه‌های زمینی (جاده‌ای و راه‌آهن)، آبی و هوایی در این کشور انجام می‌شود [۸]. در چین نیز تقریباً ۹۵ درصد از این مواد توسط کامیون از سوی تولیدکنندگان برای تحویل به مصرف‌کنندگان حمل می‌گردد [۲].

مطالعات انجام‌شده در این حوزه اغلب به بررسی دلایل حوادث [۹] و ویژگی‌های شیمیایی مواد شیمیایی محدود بوده‌اند [۱،۱۰]. بر مبنای بررسی‌های انجام‌شده، تاکنون روش جامعی که علاوه بر محاسبه دقیق غلظت ماده رهاشده، توانایی درنظرگرفتن تنوع گروه‌های در معرض را داشته باشد، ارائه نشده است. از سوی دیگر، روش‌های ارزیابی ریسک موجود به دلیل ساختار کلاسیک خود نمی‌توانند ریسک‌ها را در شرایط بحرانی به‌صورت دقیق بررسی نمایند؛ از این رو ارائه یک روش جدید در راستای ارزیابی ریسک بهداشتی می‌تواند نقش مهمی را در مدیریت این‌گونه حوادث ایفا کند [۱۱].

یکی از رویکردهای نوین در ارزیابی ریسک، استفاده از سیستم استنتاج فازی (FIS: Fuzzy Inference System) است. در این سیستم با ورود تمامی حالات ممکن در سناریوی حوادث به سیستم و مشخص‌نمودن خروجی‌های آن می‌توان چارچوب منسجمی را به‌منظور ارزیابی ریسک دقیق ایجاد نمود [۱۲-۱۴].

با توجه به مطالب یادشده، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی پیامد بهداشتی ناشی از حوادث در حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی با تأکید بر پیامدهای ناشی از گاز کلر با استفاده از رویکرد فازی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر یک سیستم استنتاج فازی طراحی و پیاده‌سازی شد که دارای ۳۳ پارامتر ورودی تحت عنوان "غلظت مواد شیمیایی رهاشده"، "میزان آسیب‌پذیری جامعه در معرض" و "ویژگی سم‌شناسی ماده رهاشده" بود. خروجی این سیستم میزان ضریب شدت مواجهه را بیان می‌کند. این ضریب بیانگر شدت آسیب واردشده غیرقابل‌جبران به افراد در معرض ماده شیمیایی می‌باشد. در ادامه به بررسی هریک از پارامترها پرداخته شده است.

تعیین غلظت مواد شیمیایی در هوا

ابتدا میزان غلظت بخار ماده نشتی در فاصله‌ای مشخص از منبع رهایش براساس معادله ۱ (معادله Dispersion) محاسبه شد [۱۵].

$$C(x,y,z)=\frac{Q}{2\pi u\sigma_y\sigma_z}e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}\left(e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}}+e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}}\right)$$

معادله ۱

که در آن C غلظت ماده نشتی در اثر رهایش (گرم بر متر مکعب)، Q نرخ رهایش ماده (گرم بر ثانیه)، U سرعت جریان باد (متر بر ثانیه)، H ارتفاع ناحیه تنفسی افراد از سطح زمین (متر)، Z ارتفاع نقطه نشت ماده از سطح زمین (متر)، yσ پراکندگی جانبی در جهت y (متر) و zσ پراکندگی عمودی در جهت z (متر) می‌باشد. دو پارامتر آخر (yσ و zσ) براساس روابط موجود و همچنین طبقه‌بندی کلاس پایداری (Stability Class) مواد محاسبه شدند. طبقه‌بندی غلظت در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: طبقه‌بندی پارامترهای ورودی و خروجی در سیستم فازی طراحی‌شده به‌منظور ارزیابی پیامد بهداشتی

فاکتور سطح	غلظت ماده در نقطه مورد نظر	کد	دامنه سنی افراد در معرض	کد	AEGL2 (بخش در میلیون) (10 min)	کد	شدت مواجهه با ماده مورد نظر	کد
۱	کمتر از NOAEL (No-Observed-Adverse-Effect-Level) ماده مورد نظر	L	۱۸-۳۴	L	بیشتر از ۱۰۰۰	L	کم	L
۲	کمتر از IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) ماده مورد نظر	LM	۳۴-۵۴	LM	۵۰۰-۱۰۰۰	LM	کم- متوسط	LM
۳	کمتر از LC50 (Lethal Concentration 50) ماده مورد نظر	M	۱۱-۱۸ و ۵۴-۷۴	MH	۱۰۰-۵۰۰	MH	متوسط	M
۴	کمتر از حد غلظت کشنده ماده مورد نظر	MH	زنان حامله و افراد دارای مشکلات زمینه‌ای کمتر از ۱۱ بیشتر از ۷۴	H	کمتر از ۱۰۰	H	متوسط- زیاد	MH
۵	بیشتر از غلظت کشنده ماده مورد نظر	H					زیاد	H

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]

میزان آسیب‌پذیری افراد جامعه در اثر مواجهه با بخارات مواد رهاشده

همان‌طور که مشخص است، مقاومت افراد جامعه نسبت به مواد شیمیایی نسبت به یکدیگر متفاوت می‌باشد. این تفاوت به شدت تحت تأثیر سن، جنس و سابقه بیماری زمینه‌ای قرار دارد. در این بخش از پژوهش، جامعه در معرض مواد شیمیایی براساس طبقه‌بندی استاندارد سن، سابقه بیماری و شرایط خاص (بارداری) در سطوح مختلف دسته‌بندی شدند. طبیعی است که مقاومت افراد جوان و فاقد بیماری، بیشتر و مقاومت افراد کهن‌سال، کودکان، زنان حامله و افراد حساس، کمتر از سایر افراد جامعه می‌باشد که این نکته در طراحی سیستم فازی مد نظر قرار گرفت. سطوح مختلف جامعه و طبقه‌بندی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

ویژگی سم‌شناسی ماده رهاشده

بدیهی است که مواد شیمیایی از نظر پتانسیل آسیب‌زایی با یکدیگر متفاوت هستند. از آنجایی که در بحث حوادث و رهایش مواد شیمیایی، مواجهه حاد مد نظر می‌باشد، در این بخش پارامتری تحت عنوان AEGL2 (10 min) ماده شیمیایی مورد نظر به‌عنوان پارامتری که بیانگر تمامی ویژگی‌های آسیب‌زایی مواد شیمیایی در مواجهات حاد و بسیار کوتاه است، در نظر گرفته شد [۱۶]. طبیعتاً هرچه این پارامتر کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده خطرناک‌بودن ماده شیمیایی مورد نظر است. این پارامتر در سطوح مختلف طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

شدت مواجهه با ماده شیمیایی رهاشده

براساس سطوح مختلف سه پارامتر ذکرشده، شدت مواجهات افراد مختلف جامعه با ماده شیمیایی مورد نظر برآورد گردید. به‌طور کلی، انتظار می‌رفت که هرچه ماده شیمیایی مورد نظر خطرناک‌تر بوده و افراد در معرض ماده مورد نظر، آسیب‌پذیرتر باشند، همچنین هرچه غلظت ماده رهاشده در هوا بیشتر باشد، شدت مواجهه افراد جامعه به‌عنوان خروجی سیستم فازی بالاتر خواهد بود.

طراحی سیستم فازی

براساس سطوح مختلف مشخص‌شده در جدول ۱ برای پارامترهای ورودی و خروجی، قوانین سیستم FIS براساس نظر متخصصان و کارشناسان مشخص گردید و وارد جعبه ابزار (Toolbox) فازی در نرم‌افزار MATLAB شد. سیستم فازی طراحی‌شده از نوع Mamdani (ورودی و خروجی‌ها فازی هستند) بود و روش خروج از حالت فازی (Defuzzification) از نوع "مرکز ناحیه" (Centroid of Area) در نظر گرفته شد. در بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی ریسک از این روش‌ها استفاده شده است [۱۷-۲۰]. براساس حالت‌های مختلف سه پارامتر ورودی و همچنین براساس نظرات افراد خبره و متخصصان، در مجموع ۸۰ قانون if-then نوشته شد و به سیستم FIS وارد گردید. سطوح کلی قوانین واردشده در شکل ۱ و جعبه ابزار نهایی سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس نظرات متخصصان، پارامتر آسیب‌پذیری افراد جامعه تأثیر بیشتری نسبت به دو پارامتر دیگر بر شدت مواجهه دارد (این اصل در نوشتن قوانین در نظر گرفته شد).

مطالعه موردی

حمل و نقل گاز مایع‌شده کلر در مخازن ۱۹۰۰۰ لیتری یکی از رایج‌ترین راه‌های حمل این ماده است. این گاز در تصفیه‌خانه‌ها به کار رفته و مسیر کارخانه‌های تولید این گاز به تصفیه‌خانه‌های مقصد همواره در معرض ریسک رهایش این ماده خطرناک قرار دارد. کلر گازی خطرناک و سمی است که در صورت رهایش و مواجهه حاد می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری را به همراه داشته باشد [۲۱]. بر مبنای سیستم فازی طراحی‌شده، شدت مواجهه با این ماده در فواصل مختلف برای سطوح متفاوت مورد ارزیابی قرار گرفت. ویژگی‌های این ماده در جدول ۲ نشان داده شده است [۲۲]. مطالعه موردی حاضر با فرض شرایط پایدار جوی و سرعت جریان ۳۶۰ متر بر ساعت انجام شد. محل انجام مطالعه در محدوده یکی از میادین اصلی شهر تهران بود. دلیل انتخاب نقطه مورد نظر، تراکم جمعیتی و ترافیکی بالا بود.

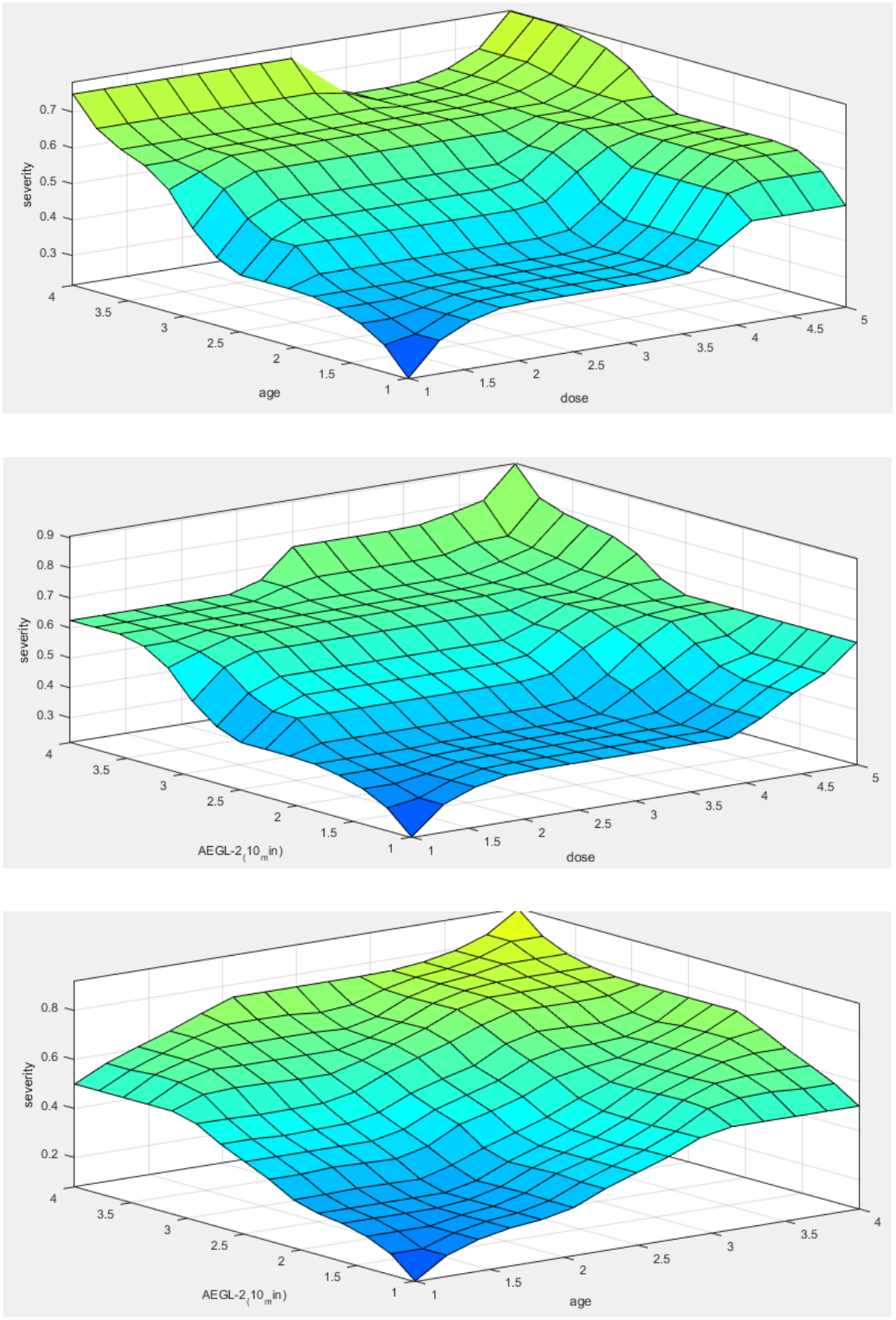
یافته‌ها

براساس سیستم فازی طراحی‌شده، ویژگی‌های ماده و نکات ذکرشده، شعاع و فواصل ناشی از اثرات بهداشتی کلر به‌دست آمد. لازم به ذکر است که براساس معادله انتشار و طبقه‌بندی‌های موجود در بخش سیستم فازی ریسک بهداشتی موجود در نقطه نشت مواد، غلظت گاز کلر معادل ۵/۸ گرم بر متر مکعب (۲ بخش در میلیون) محاسبه گردید که در سطح LM سیستم فازی قرار گرفت. در فاصله ۱۸۷ متری نیز غلظت ماده به ۱/۴۵ میلی‌گرم بر متر مکعب رسید که پس از این فاصله، شدت مواجهه معادل صفر در نظر گرفته شد. این همان فاصله‌ای است که در آن غلظت ماده به مقدار کمتر از حد NOAEL رسیده بود. سایر حالت‌ها نیز براساس رنج سنی و ویژگی سم‌شناسی کلر وارد سیستم FIS شد که نتایج نهایی آن در جدول ۳ نشان داده شده است. بر مبنای نتایج می‌توان گفت که در اثر رهایش گاز کلر در منطقه مورد نظر، غلظت گاز کلر در حد کمتر از IDLH خواهد بود؛ در نتیجه شعاع تحت تأثیر به دو قسمت کمتر از ۱۸۷ و بیشتر از ۱۸۷ متر تقسیم خواهد شد. براساس نتایج می‌توان اظهار نمود که با افزایش فاصله از نقطه نشت، ضریب شدت مواجهه کمتر می‌شود. همچنین می‌توان گفت که حساسیت افراد در معرض، تأثیر

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]

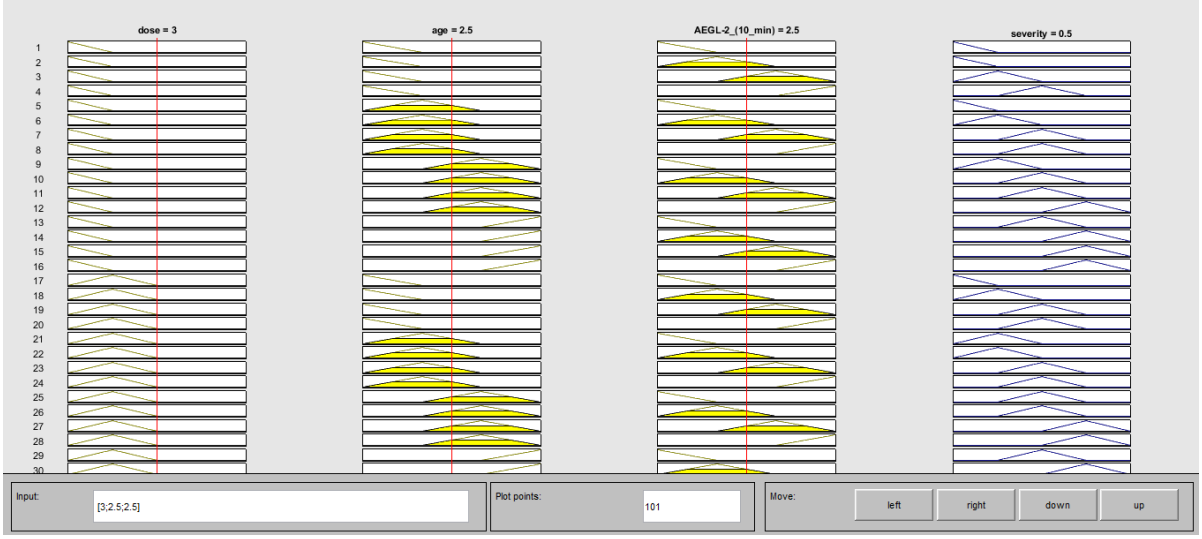
مستقیمی بر ضریب شدت مواجهه خواهد داشت؛ بدین‌صورت که با افزایش حساسیت افراد، شاهد افزایش ضریب شدت مواجهه می‌باشیم. باید خاطرنشان ساخت که در فاصله بیشتر از ۱۸۷ متر (به دلایل ذکرشده)، ضریب شدت مواجهه به صفر می‌رسد. همچنین، غلظت گاز کلر در این نواحی به حد کمتر از NOAEL (غلظتی که در آن هیچ‌گونه اثر سمی قابل‌مشاهده‌ای ایجاد نمی‌شود) خواهد رسید که مشکلی را برای مواجهات حاد ایجاد نخواهد کرد.



شکل ۱: سطوح کلی قوانین ورودی به سیستم فازی در ارزیابی پیامدهای بهداشتی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]



شکل ۲: جعبه ابزار نهایی سیستم فازی براساس قوانین ورودی به سیستم

جدول ۲: ویژگی شیمیایی و حمل و نقلی مربوط به کلر

ماده	حجم	کلاس پایداری ماده	غلظت ۱۰۰ درصد کشنده (بخش در میلیون)	LC50 (بخش در میلیون)	IDLH (بخش در میلیون)	NOAEL (بخش در میلیون)	AEGL-2 ماده در ۱۰ دقیقه (میلی‌گرم بر متر مکعب)
گاز فشرده‌شده کلر به‌صورت مایع	۱۹۰۰۰	بسیار ناپایدار (کلاس A پایداری)	۱۰۰۰	۱۲۷	۱۰	۰/۵	۸/۱۲

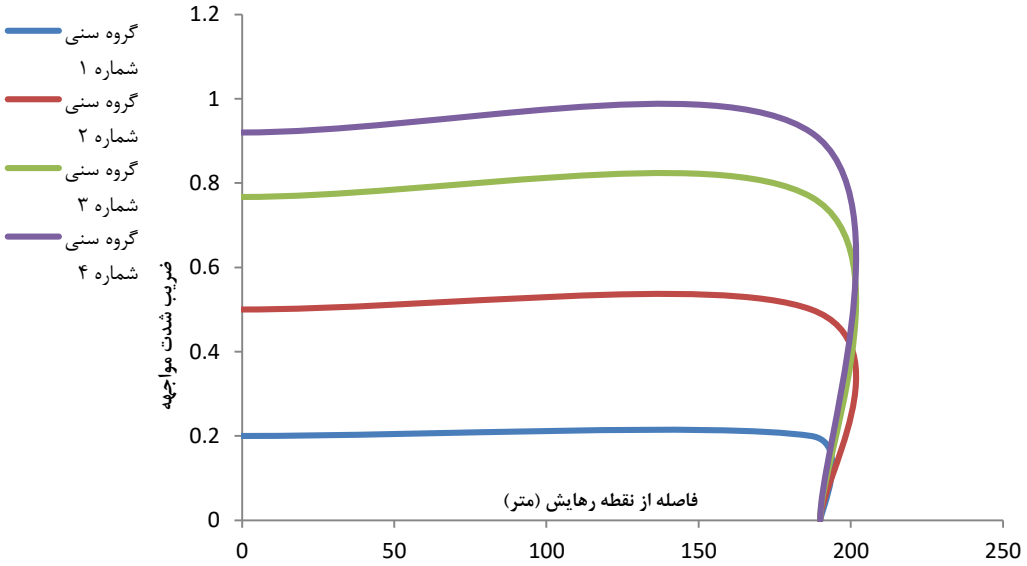
جدول ۳: شعاع و فواصل مربوط به شدت پیامدهای مواجهه با گاز کلر در رنج‌های سنی مختلف

رده سنی در معرض	شعاع تحت تأثیر پیامد (متر)	ضریب شدت در شعاع مربوطه براساس سیستم FIS	رنگ خطر پیامد در شعاع مربوطه
گروه سنی شماره ۱: ۱۸-۳۴ سال	کمتر از ۱۸۷ متر	۰/۲	
	۱۸۷ متر به بعد	۰	
گروه سنی شماره ۲: ۳۴-۵۴ سال	کمتر از ۱۸۷ متر	۰/۵	
	۱۸۷ متر به بعد	۰	
گروه سنی شماره ۳: ۱۱-۱۸ سال و ۵۴-۷۴ سال	کمتر از ۱۸۷ متر	۰/۷۶۷	
	۱۸۷ متر به بعد	۰	
گروه سنی شماره ۴: زنان حامله افراد دارای مشکلات زمینه‌ای افراد با سن بیشتر از ۷۴ سال افراد با سن کمتر از ۱۱ سال	کمتر از ۱۸۷ متر	۰/۹۲	
	۱۸۷ متر به بعد	۰	

بحث

هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی پیامد بهداشتی ناشی از حوادث در حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی با استفاده از رویکرد فازی بود. در این پژوهش از سه پارامتر غلظت ماده، آسیب‌پذیری جمعیت در معرض و شاخص AEGL2 به‌عنوان ورودی‌های سیستم فازی استفاده شد و براساس آن‌ها پارامتر شدت مواجهه به‌عنوان خروجی این سیستم مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا، Kentel و همکاران در پژوهش خود از رویکرد فازی به‌منظور مدل‌سازی ارزیابی ریسک بهداشتی استفاده نمودند؛ اما ویژگی‌های جمعیت در معرض را در نظر نگرفتند [۲۳]. در این ارتباط، در مطالعه جهانگیری و همکاران صرفاً ویژگی‌های مواد شیمیایی حمل‌شده و فاصله از مناطق مسکونی مد نظر قرار گرفته بود [۱]. در پژوهش حاضر غلظت

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]



شکل ۳: نمودار نشان‌دهنده ضریب شدت مواجهه نسبت به فاصله از نقطه رهایش

ماده شیمیایی براساس معادلات انتشار هوابرد در فواصل مشخص تعیین شد و در ادامه براساس ویژگی‌های جمعیت در معرض، میزان آسیب غیرقابل‌جبران براساس سیستم فازی ارائه‌شده برآورد گردید. در این زمینه، در مطالعه آذر و همکاران فاکتورهای احتمال، ریسک‌های جمعیتی و زیست‌محیطی و ابنیه ذکر گردید [۱۰]. در مطالعه حاضر تمرکز اصلی بر ویژگی‌های جمعیت در معرض مواجهات حاد (با استفاده از شاخص AEGL2) بود. لازم به ذکر است که مطالعه موردی حاضر به گاز کلر اختصاص یافت. باید توجه داشت که در صورت حمل مواد شیمیایی با پایداری بیشتر همچون بنزن و غیره می‌بایست انتظار داشت که پایداری ماده در محل بیشتر شود (گاز مایع‌شده کلر در صورت نشت به دلیل ناپایداری فوق‌العاده بالای خود تبدیل به گاز شده و وارد اتمسفر می‌گردد). در طراحی سیستم فازی این مطالعه همانند پژوهش Milovanović و همکاران علاوه بر ویژگی‌های ماده شیمیایی، آسیب‌پذیری جمعیت در معرض نیز در نظر گرفته شد [۲۴]. در این پژوهش همانند مطالعه Musee سعی بر آن بود که مطابق با نظر خبرگان، سیستمی فازی به‌منظور ارزیابی ریسک بهداشتی طراحی شود [۲۵]. شایان ذکر است که نتایج مطالعه حاضر می‌توانند در تعیین حریم ایمن ساخت و ساز در جاده‌های حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرند؛ با تعیین فاصله‌ای که در آن غلظت مواد در حوادث حمل و نقلی به حد مجاز خود می‌رسند، می‌توان به این مهم دست یافت. بدیهی است که در تعیین این حریم می‌بایست گروه سنی حساس‌تر در اولویت قرار گیرد. باید خاطرنشان ساخت که به‌منظور کاهش شدت پیامدها، مواردی همچون تعیین حریم‌های ایمن ساخت و ساز براساس فواصل به‌دست‌آمده، کاهش حجم مواد حمل‌شده و تغییر مسیرهای حمل به‌صورتی که حتی‌الامکان در خارج از مناطق پرجمعیت شهری عبور کنند، قابل‌بررسی هستند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که انجام مطالعات کاربردی به‌منظور بررسی پیامدهای بهداشتی حمل و نقل مواد شیمیایی در فاز ایده و طراحی جاده‌های کشور و به‌ویژه آن دسته از مسیرهایی که از میان اماکن عمومی و با تراکم جمعیتی بالا می‌گذرند، یک ضرورت انکارناپذیر می‌باشد. خروجی این مطالعه می‌تواند به انجام مسیریابی ایمن‌تر به‌منظور حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک کمک نماید.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است. بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه شرکت پخش فرآورده‌های نفتی تهران تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Jahangiri ME, Jamshidi HR. Chemical transportation risk assessment in the pass leading to amirkabir terminal at Shiraz city. *Iran Occup Health*. 2016;**13**(4):23-30. [Persian]
2. Azadeh A, Mohammad Fam I. A framework for development of integrated intelligent human engineering environment. *Inform Technol J*. 2006;**5**(2):290-9. DOI: 10.3923/itj.2006.290.299
3. Current J, Ratick S. A model to assess risk, equity and efficiency in facility location and transportation of hazardous materials. *Locat Sci*. 1995;**3**(3):187-201. DOI: 10.1016/0966-8349(95)00013-5
4. Chakrabarti UK, Parikh JK. Applying HAZAN methodology to hazmat transportation risk assessment. *Proc Saf Environ Protect*. 2012;**90**(5):368-75. DOI: 10.1016/j.psep.2012.05.011
5. Transportation AP. Marketing of petroleum liquids. Washington, D.C: Environmental Protection Agency; 2015.
6. Azadeh A, Nouri J, Mohammad Fam I. The impacts of total system design factors on human performance in power plants.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]

Am J Appl Sci. 2005;**2**(9):1301-4.
7. Glickman TS, Erkut E, Zschocke MS. The cost and risk impacts of rerouting railroad shipments of hazardous materials. *Accid Anal Prev*. 2007;**39**(5):1015-25. PMID: 17349610 DOI: 10.1016/j.aap.2007.01.006
8. Erkut E, Alp O. Integrated routing and scheduling of hazmat trucks with stops en route. *Transp Sci*. 2007;**41**(1):107-22. DOI: 10.1287/trsc.1060.0176
9. Yang J, Li F, Zhou J, Zhang L, Huang L, Bi J. A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. *J Hazard Mater*. 2010;**184**(1-3):647-53. PMID: 20863620 DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.08.085
10. Azar A, Safarzadeh M, Ehsani A. Assessment of hazardous materials transportation on country roads case study: fars road network. *Rahvar*. 2012;**8**(16):7-20. [Persian]
11. Nieto-Morote A, Ruz-Vila F. A fuzzy approach to construction project risk assessment. *Int J Project Manag*. 2011;**29**(2):220-31. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.02.002
12. Zadeh LA. Fuzzy sets. *Inform Cont*. 1965;**8**(3):338-53.
13. Logic F. Fuzzy logic and neural network handbook. New York: Semantic Scholar; 1996.
14. Azadeh A, Rouhollah F, Davoudpour F, Mohammadfam I. Fuzzy modelling and simulation of an emergency department for improvement of nursing schedules with noisy and uncertain inputs. *Int J Serv Operat Manag*. 2013; **15**(1):58-77.
15. Weiner R, Matthews R, Vesilind PA. Environmental engineering. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2003.
16. National Research Council, Committee on Acute Exposure Guideline Levels. Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals. Washington, D.C: National Academies Press; 2009.
17. Jamshidi A, Yazdani-Chamzini A, Yakhchali SH, Khaleghi S. Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. *J Loss Prev Proc Indust*. 2013;**26**(1):197-208. DOI: 10.1016/j.jlp.2012.10.010
18. Camastra F, Ciaramella A, Giovannelli V, Lener M, Rastelli V, Staiano A, et al. A fuzzy decision system for genetically modified plant environmental risk assessment using Mamdani inference. *Exp Syst Appl*. 2015;**42**(3):1710-6. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.09.041
19. Sharma RK, Kumar D, Kumar P. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *Int J Qual Reliabil Manag*. 2005;**22**(9):986-1004. DOI: 10.1108/02656710510625248
20. Guimarães AC, Lapa CM. Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. *Appl Soft Comp*. 2007; **7**(1):17-28. DOI: 10.1016/j.asoc.2005.06.002
21. Clayton GD, Clayton FE. Patty's industrial hygiene and toxicology. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 1981.
22. Human health effects. Toxicology of chlorine gas. Maryland: TOXNET, Toxicology Data Network; 2019.
23. Kentel E, Aral M. Probabilistic-fuzzy health risk modeling. *Stochastic Environ Res Risk Assess*. 2004;**18**(5):324-38. DOI: 10.1007/s00477-004-0187-3
24. Milovanović B, Jovanović VD, Živanović P, Žeželj S. Methodology for establishing the routes for transportation of dangerous goods on the basis of the risk level-Case study: City of Belgrade. *Sci Res Essays*. 2012;**7**(1):38-50. DOI: 10.5897/SRE11.655
25. Musee N, Lorenzen L, Aldrich C. An aggregate fuzzy hazardous index for composite wastes. *J Hazard Mater*. 2006;**137**(2):723-33. PMID: 16701941 DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.03.060

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.52547/johe.6.3.1]