

## محاسبه ریسک و مدل سازی پیامد حادثه نشت گاز طبیعی با استفاده از نرم افزار ALOHA

صابر مرادی حنیفی<sup>۱</sup>، لیلا امیدی<sup>۲</sup>، غلامرضا مرادی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۳

### مکیده

**مقدمه:** رایج ترین پیامد حوادث ایجاد شده در خطوط گاز طبیعی اشتعال و انفجار است. نتایج مطالعات نشان داده است که میزان رخداد حوادث در خطوط انتقال گاز طبیعی بالا بوده و با توجه به این که تعداد زیادی از افراد در مجاورت این خطوط انتقال ساکن هستند، شدت حوادث نیز بالا می باشد. هدف از مطالعه حاضر محاسبه کمی ریسک و مدل سازی حادثه نشت گاز از خطوط لوله گاز طبیعی در یک نیروگاه گازی تولید برق با استفاده از نرم افزار Areal locations of hazardous atmospheres (ALOHA) بود.

**روش کار:** از روش محاسبه کمی ریسک جهت شناسایی و اولویت بندی مخاطرات استفاده گردید. مدل سازی پیامدهای ناشی از نشت گاز طبیعی از خطوط لوله انتقال گاز با استفاده از نرم افزار ALOHA انجام شد. محاسبات مرتبط با ریسک فردی بر اساس داده های آماری موجود در منابع انجام گردید.

**یافته ها:** اثرات ناشی از تابش حرارتی آتش فورانی جدی ترین خطر ناشی از نشت گاز طبیعی است. با در نظر گرفتن سه دیافراگم نشتی ۸۰، ۱۳۰ و ۳۰۰ میلی متر، ریسک فردی برای هر دیافراگم به ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۱۱۴ و ۰/۵۶۹ و تعداد مرگ و میر به ترتیب ۱۱۵، ۴۰۰ و ۳۳۸۶ نفر برآورد گردید. با افزایش دیافراگم نشتی، تعداد مرگ و میر افزایش و میزان تجمعی حادثه کاهش یافت.

**نتیجه گیری:** بر اساس نتایج، اثرات ناشی از تابش حرارتی مهم ترین پیامد ناشی از نشت گاز طبیعی بوده و ریسک فردی و اجتماعی بالاتر از محدوده قابل قبول بود.

**کلمات کلیدی:** نرم افزار ALOHA، دیافراگم نشت، ریسک فردی، ریسک اجتماعی

## مقدمه

پیامدهای نقص عمل کرد آن‌ها باشد. مطالعات مسیریابی خط لوله و تجزیه و تحلیل ریسک در تعامل با یک دیگر به شکل تعیین عوامل خطر در فرایند انتخاب مسیر و بررسی سریع ریسک کلی برای مسیرهای جایگزین انجام می‌شود. به طور کلی در ارزیابی کمی ریسک، سناریوی حالات شکست با احتمال مشخص تعیین می‌گردد. این سناریوها دارای یک احتمال مشخص هستند که توسط قضاوت افراد متخصص یا فن آوری‌های هوشمند تعیین می‌گردد (۸).

تعیین حریم خطر رهایش مواد شیمیایی توسط روش‌های گوناگونی صورت می‌گیرد. از روش‌های مرسوم که از جمله نرم‌افزارهای تحلیل و مدل‌سازی پیامد هستند می‌توان به دو روش Process Hazard Analysis (PHA) و Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) اشاره نمود. پارامترهای محیطی و فرایندی مانند دما و جهت وزش باد از عوامل اصلی تاثیرگذار در تعیین غلظت آلاینده سمی رها شده و شعاع حریق و انفجار است (۱۱). نرم افزار ALOHA که یک نرم افزار پرکاربرد در شبیه‌سازی است، به طور مشترک توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا و اداره ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا گسترش یافت. این نرم افزار برای مدل‌سازی بسیاری از سناریوهای انتشار مانند ابرهای گاز سمی، انفجار بخارات منبسط شونده ناشی از مایعات در حال جوش (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) (BLEVE)، انفجار ابر بخار، آتش فورانی (jet fire)، حریق حوضچه‌ای (pool fire) و ارزشیابی انواع مختلف مخاطرات (بر اساس سناریوی انتشار) شامل سمیت، اشتعال پذیری، تابش گرمایی و فشار بیش از حد قابل کاربرد است. این روش برای بررسی فواصل خطرناک شامل فاصله اختناق، فاصله ابر بخار قابل اشتعال، فاصله فشار بیش از اندازه و فاصله تابش گرمایی که مرتبط با پیامد حوادث بالقوه ناشی از نشت گاز طبیعی از لوله‌هاست، به کار برده می‌شود (۱۲). نتایج مطالعه محاسبات کمی ریسک و مدل‌سازی حادثه نشت گاز طبیعی توسط نرم افزار ALOHA

شاغلین فعال در صنایع ممکن است در معرض ریسک حوادث بزرگی قرار گیرند که سبب آسیب به آنان گردد (۱-۳). توسعه پروژه‌های انتقال گاز و کاربردهای گاز طبیعی به عنوان یک انرژی موثر و پاک سبب گسترش نیروگاه‌های گازی تولید برق شده است. در حال حاضر تعداد قابل توجهی از نیروگاه‌های گازی تولید برق در مناطقی با تراکم جمعیت بالا استقرار یافته‌اند. امنیت این نیروگاه‌ها از نظر ایمنی عمومی شهری دارای اهمیت است (۴). خطوط انتقال گاز طبیعی معمولاً سایت‌های صنعتی ایمنی برای شاغلین و شرکت‌ها نیستند. اگر گاز طبیعی بطور تصادفی منتشر و فروخته شود، فاصله خطر مرتبط با این خطوط برای افراد و دارایی‌ها در دامنه ۲۰ متر برای خطوط کوچکتر و دارای فشار کم تا بیش از ۳۰۰ متر برای خطوط بزرگ و فشار بالا است (۵).

هیدروکربن‌هایی با زنجیره کوتاه مانند اتان، پروپان و بوتان از عوامل تشکیل دهنده گاز طبیعی هستند (۶). شبکه‌ها و خطوط گاز اغلب در نواحی شهری و در مکان‌هایی با تراکم جمعیت بالا نصب می‌شوند. بنابراین، انتشار گاز سبب آسیب‌های محیطی، اقتصادی و آسیب به جمعیت می‌شود. رایج‌ترین پیامد حوادث ایجاد شده در خطوط گاز طبیعی اشتعال و انفجار است. داده‌های آماری نشان داده‌اند که میزان رخداد حوادث در خطوط انتقال گاز طبیعی بالا بوده و با توجه به این که تعداد زیادی از افراد در مجاورت این خطوط انتقال ساکن هستند، شدت حوادث نیز بالا می‌باشد. میزان رخداد و شدت حادثه بالا سبب افزایش سطح ریسک در این مناطق می‌گردد (۷). انفجار خط لوله گاز طبیعی در یکی از استان‌های کشور چین منجر به کشته شدن ۲۴۳ نفر و آسیب شدید به ۴ نفر گردید. ۳۰ فرد دچار آسیب دیدگی جزئی و ۱۸۷۳ نفر مجبور به تخلیه محل سکونت خود شدند (۴).

روش‌های ارزیابی ریسک به عنوان یک ابزار موثر به طور گسترده‌ای در ارزشیابی و کنترل ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸-۱۰). ارزیابی کمی ریسک باید دربرگیرنده کلیه اطلاعات مرتبط با کل خطوط و

پارگی لوله مقدار زیادی گاز از لوله خارج می شود. هنگام نشت گاز در هوا با توجه به این که درصد حجمی آن ۵/۳ تا ۱۵٪ است، انفجار روی می دهد. با در نظر گرفتن سرعت باد ۳ متر بر ثانیه و درجه حرارت ۳۰ درجه سانتی گراد و شرایط پایداری جوی با کلاس B (ناپایدار) مدل سازی نشت گاز طبیعی انجام گردید.

پیامد حوادث را می توان از طریق مدل پیامدهای حوادث محاسبه نمود. مدل پیامدها و تکرار حادثه برای محاسبه ریسک فردی و اجتماعی منابع خطر صنعتی قابل کاربرد است. محاسبه ریسک فردی منابع خطر صنعتی توسط رابطه (۱) صورت پذیرفت که در آن  $P(n)$  احتمال منابع خطر تاسیسات صنعتی مرتبط با  $n$  تعداد پتانسیل حادثه است (۴).

$$IR = P(1) \sum_{i=1}^{m_1} r_1(i) + P(2) \sum_{i=2}^{m_2} r_2(i) + \quad (1)$$

$$P(3) \sum_{i=3}^{m_3} r_3(i) + \dots + P(n) \sum_{i=n}^{m_n} r_n(i)$$

$P(n) \sum_{i=n}^{m_n} r_n(i)$  تعداد سناریوی ممکن حادثه مرتبط با پیامدهای ممکن است.

با استفاده از رابطه (۲) محاسبات مرتبط با ریسک اجتماعی برای منابع خطرناک صنعتی انجام گردید.

$$S(N) = \sum P(r_n(i)) \quad Among(r_n(i)) \geq N \quad (2)$$

رابطه (۲) بیان گر احتمال تعداد مرگ ناشی از همه حوادث است که بزرگ تر یا مساوی  $N$  هستند (۴).

جهت آنالیز پیامد حوادث، میزان انتشار گاز ( $Q$ ) با استفاده از رابطه (۳) برآورد گردید.

$$Q = 1.783 \times 10^{-3} A_p \alpha_i p_0 \times \max(0.3 \frac{1}{\sqrt{1 + 4.196 \times 10^{-2} \alpha_i^2 L/d}}) \quad (3)$$

که در آن  $A_p$  سطح مقطع لوله بر حسب متر مربع،  $\alpha_i$  اندازه منافذ (مساحت سوراخ/سطح مقطع لوله)،  $p_0$  فشار در خط لوله گاز،  $L$  فاصله بین خط لوله نشت کرده

در کشور چین نشان داد که اثرات گرمای تابشی ناشی از آتش فورانی مهم ترین پیامد حادثه نشت گاز طبیعی بوده است (۴). نتایج ارزیابی ریسک و مدل سازی پیامد ناشی از موج انفجار در مخزن کروی گاز نفتی مایع شده با استفاده از نرم افزار PHAST در یک پالایشگاه در ایران نشان داد که بر اساس مدل سازی پیامد، موج انفجار ایجاد شده از مبدا در محدوده ۱۰۵ در ۱۰۰ متری با قدرت ۱/۱۰۳ بار و در محدوده ۱۶۵ در ۱۶۸ متری با قدرت ۰/۲۷۶۸ بار ایجاد می گردد (۱۳). هدف از مطالعه حاضر محاسبه کمی ریسک و مدل سازی حادثه نشت گاز از خطوط لوله گاز طبیعی در یک نیروگاه گازی تولید برق با استفاده از نرم افزار ALOHA بود.

### روش کار

مخاطرات متعددی مانند آتش سوزی، انفجار، مسمومیت، خفگی، آسیب الکتریکی، آسیب ناشی از ماشین آلات، برخورد با اشیاء، سقوط و آسیب های ناشی از صدا و ارتعاش در نیروگاه های گازی تولید برق گزارش شده است. در میان ریسک فاکتورهای متعدد، نشت و انتشار گاز طبیعی ریسک فاکتور بسیار مهمی است که منجر به آتش سوزی، انفجار، مسمومیت و خفگی می شود. برای محاسبات کمی ریسک و تعیین میزان رخداد حوادث از آمار حوادث گذشته استفاده گردید (۴). با فرض نشت گاز خط لوله در آخرین ایستگاه خطوط شعبه، دیافراگم انتشار به سه شکل طبقه بندی گردید: سناریوی اول: دیافراگم کوچک (۸۰ میلی متر)، سناریوی دوم: دیافراگم متوسط (۱۳۰ میلی متر) و سناریوی سوم: دیافراگم بزرگ (۳۰۰ میلی متر). محاسبات مرتبط با ریسک فردی بر اساس داده های آماری خطوط گاز طبیعی اروپا انجام یافت (۱۴).

مدل سازی پیامد نشت گاز طبیعی با استفاده از نرم افزار ALOHA انجام گرفت. فاصله بین کارخانه و قسمت جنوب شهر کمتر از ۲۰۰ متر بود. چگالی نسبی گاز طبیعی ۰/۵۸ و کم تر از هواست. با توجه به این که گاز در خطوط لوله دارای فشار داخلی زیادی است، در زمان

و نیروگاه بر حسب متر (فرض ۵۰ متر) و  $d$  قطر لوله بر حسب متر است.

شعاع آسیب ناشی از آتش فورانی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید (۱).

$$r = 10.285\sqrt{Q} \quad (4)$$

احتمال آسیب فردی ناشی از تابش حرارتی ( $h=50m$ ) توسط رابطه (۵) محاسبه شد (۴).

$$Pr = 16.61 + 3.4 \ln\left(\frac{Q}{h^2}\right) \quad (5)$$

احتمال مرگ ناشی از حادثه با استفاده از رابطه (۶) حاصل گردید (۴).

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr-5} e^{-0.5s^2} ds \quad (6)$$

بر اساس روش های محاسبه ریسک فردی برای منابع ریسک فردی، سطح قابل قبول ریسک فردی بر اساس معیارهای سازمان اجرایی سلامت، ایمنی و محیط زیست کشور انگلستان  $10^{-6}$  person/a است. سطح ریسک غیر قابل قبول ارایه شده توسط این سازمان  $10^{-4}$  person/a و پایین ترین حد منطقی قابل دسترس  $10^{-5}$  person/a است (۱۵). بر اساس روش های محاسبه ریسک اجتماعی برای منابع ریسک صنعتی، ارتباط میان تعداد مرگ و میزان تجمعی حادثه تعیین گردید. تعداد مرگ و میر با استفاده

از رابطه (۷) محاسبه شد (۴).

$$N = \int_0^{A_i} \rho_p P_i dA_i \quad (7)$$

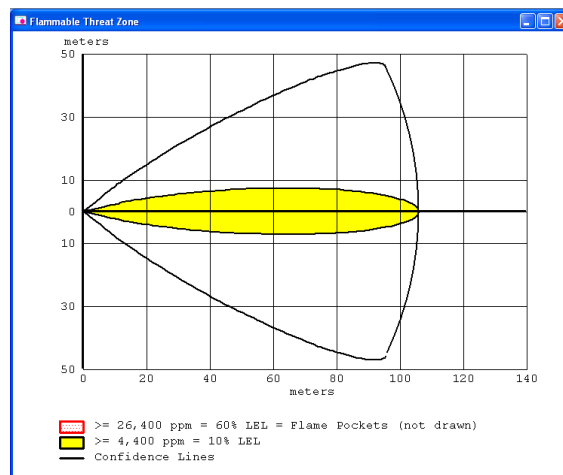
که در آن  $A_i$  شعاع منطقه آسیب بر حسب  $km^2$ ،  $\rho_p$  تراکم جمعیت بر حسب  $km^{-2}$  و  $P_i$  احتمال مرگ برای همه انواع حوادث است. میزان تجمعی حوادث براساس رابطه (۸) محاسبه گردید (۴).

$$F = \sum_i \int_0^L \phi_i u(N_i \geq N) \quad (8)$$

که در آن  $u(N_i \geq N)$  عمل کرد واحد است و اگر  $N_i \geq N$  باشد  $u=1$  و اگر  $N_i \leq N$  باشد  $u=0$  است. در رابطه فوق  $L$  طول خط لوله در منطقه خطر و  $\phi_i$  حوادث متفاوتی هستند که منجر به میزان حادثه می شوند (۴).

### یافته ها

نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشستی ۸۰ میلی متر با استفاده از نرم افزار ALOHA در شکل (۱) نشان داده شده است. مقدار بسیار کمی از گاز طبیعی از این منبع نشستی رها می شود. انتشار گاز طبیعی از این دیافراگم نشستی سبب ایجاد مخاطرات جدی نمی گردد.



شکل (۱) - نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشستی ۸۰ میلی متر

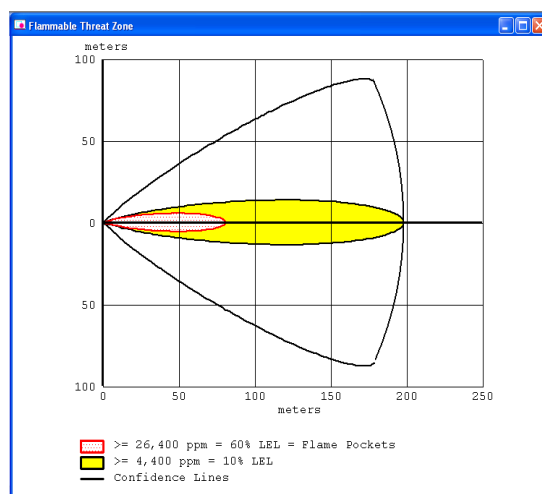
زمان بسیار کوتاهی پس از پارگی لوله به طور کامل انتشار خواهد یافت.

نتایج محاسبات ریسک فردی و اجتماعی ناشی از آتش فورانی در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان داد دیافراگم های نشتی مختلف در یک محدوده خاص سبب میزان مرگ و میر متفاوتی می شوند. هنگامی که کانتور نشت بزرگ تر از یک مقدار مشخص گردد، سبب مرگ کلیه ساکنین شهر می شود.

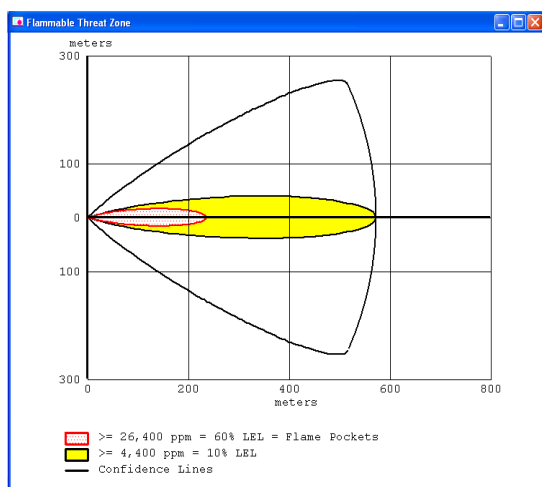
شکل (۴) نمودار ریسک اجتماعی ناشی از انتشار گاز طبیعی را نشان می دهد.

نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشتی ۱۳۰ میلی متر با استفاده از نرم افزار ALOHA در شکل (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج شبیه سازی، نشت گاز به طور کامل در ده ها ثانیه انجام شده و مقدار زیادی گاز از منبع نشتی رها می شود.

نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشتی ۳۰۰ میلی متر با استفاده از نرم افزار ALOHA در شکل (۳) نشان داده شده است. بر اساس این نتایج در صورت بروز نشتی از این دیافراگم مقدار بسیار زیادی از گاز طبیعی نشت خواهد نمود و گاز طبیعی در مدت



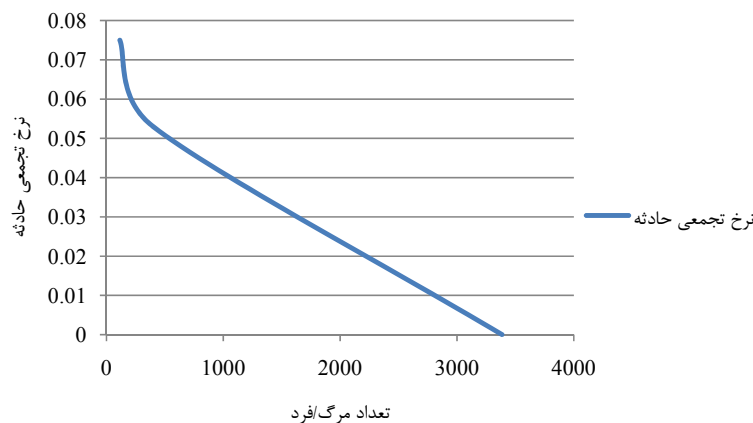
شکل (۲)- نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشتی ۱۳۰ میلی متر



شکل (۳)- نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از دیافراگم نشتی ۳۰۰ میلی متر

جدول (۱)- داده های مرتبط با محاسبات ریسک

۳۰۰	۱۳۰	۸۰	دیافراگم نشت از خط لوله (میلی متر)
۵۱۳۰	۶۰۶	۱۷۵	میزان انتشار گاز
۷۳۶/۶۵	۲۵۳/۱۵	۱۳۵/۹۹	شعاع آسیب r/m
۳/۲۸۵	۰/۱۹۳	۰/۰۵۱۸	نواحی در محدوده آسیب A/km <sup>2</sup>
۱۴۷۳/۳	۴۹۴/۴۳	۲۵۱/۸	طول خط لوله‌ای که در ناحیه خطر قرار دارد L/m
۲۲/۵۲	۱۵/۲۶	۱۱/۰۴	احتمال آسیب فردی ناشی از تابش حرارتی
۱	۱	۰/۹۹۹۹	احتمال مرگ ناشی از تابش حرارتی
۳۳۸۶	۴۰۰	۱۱۵	تعداد مرگ و میر Ni/person
۰/۵۶۹	۰/۱۱۴	۰/۰۷۳	ریسک فردی
	۰/۶۵	۰/۴۱۶	ریسک فردی کلی
۰	۰/۰۵۳	۰/۰۷۵	میزان تجمعی حوادث F



شکل (۴)- نمودار ریسک اجتماعی

نشستی ۸۰، ۱۳۰ و ۳۰۰ میلی متر با استفاده از نرم افزار ALOHA نشان داد در صورتی که دیافراگم منبع نشت ۸۰ میلی متر باشد، مقدار بسیار کمی از گاز طبیعی رها می شود و فاصله ۴۳ تا ۱۰۶ متر در جهت باد در محدوده انفجار است. در مطالعه حاضر، از آن جا که فاصله بین محل حادثه و شهر ۴۰۰ متر است، در صورت بروز نشستی با این اندازه و وقوع حادثه، تهدید قابل توجهی برای مناطق مسکونی به وجود نخواهد آمد. در صورت انتشار گاز از دیافراگم نشت ۸۰ میلی متر، کارکنان باید از محل حادثه خارج شوند، منابع جرقه کنترل و شیر تغذیه قطع گردد تا به طور موثر از گسترش حادثه جلوگیری گردد. اگر چنان چه در این محدوده نشستی انفجار رخ دهد منجر به آسیب وسیع به خط لوله می گردد. در صورتی که دیافراگم منبع

## بحث

نتایج نشان داد که اثرات ناشی از تابش حرارتی آتش فورانی جدی ترین خطر ناشی از نشت گاز طبیعی است. نتایج ارزیابی کمی ریسک در سال ۲۰۱۳ در شبکه توزیع گاز طبیعی ایران توسط امیرحیدری و همکاران نشان داد که در خطوط مورد مطالعه تابش حرارتی ناشی از آتش فورانی مهم ترین خطر موجود است (۷). هنگامی که منبع نشستی آتش می گیرد، آتش شروع به انتشار شعله می نماید (مانند شعله فورانی) و سبب ایجاد تهدیداتی برای افرادی می شود که در نزدیک منبع نشستی قرار دارند. ریسک شعله فورانی می تواند با استفاده از تابش حرارتی به طور کمی مورد قضاوت قرار گیرد (۱۶). نتایج شبیه سازی انتشار گاز طبیعی از سه دیافراگم

تعداد مرگ و میر افزایش یافته و میزان تجمعی حادثه کاهش یافت. نتایج مطالعه انجام شده در چین در تایید نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش دیافراگم نشتی میزان مرگ و میر و ریسک فردی و جمعی ناشی از حادثه انتشار گاز طبیعی افزایش می یابد (۴). بر اساس نتایج مطالعه حاضر و مطالعات گذشته (۴ و ۷) نرم افزار ALOHA و روش های ارزیابی کمی ریسک تامین کننده اطلاعات مناسبی برای تصمیم گیری در مورد خطوط لوله گاز طبیعی و تاسیس نیروگاه های گازی تولید برق هستند. فواصل ۴۳ تا ۱۰۶ متر در سناریوی اول، ۸۱ تا ۱۹۸ متر در سناریوی دوم و ۲۳۵ تا ۵۷۹ متر در سناریوی سوم در مسیر باد در محدوده انفجار است. مناطق مسکونی اطراف نیروگاه در فاصله ۴۰۰ متری و نزدیک به منطقه خطر می باشند و احتمال مرگ و میر و آسیب به افراد در اثر انتشار گاز طبیعی وجود دارد. اتاق کنترل و ساختمان اداری نیروگاه در فواصل کم تر از ۱۵۰ متری خط لوله قرار گرفته اند و امکان آسیب جدی به کارکنان شاغل در این ساختمان ها در اثر انتشار گاز طبیعی وجود دارد. آموزش کافی کارکنان، تجهیزات قطع و ایزوله منابع نشتی، تامین وسایل نقلیه کافی برای تخلیه محل، تمهیدات کافی جهت ایمن نمودن لوله ها و پیش گیری از نشت و بازرسی و آزمون های ضخامت سنجی شیرهای کنترلی و اتصالات سبب کاهش احتمال وقوع و پیامد های ناشی از حوادث انتشار گاز طبیعی می گردد.

### نتیجه گیری

در این مطالعه، اثرات ناشی از تابش حرارتی آتش فورانی جدی ترین خطر ناشی از نشت گاز طبیعی بود. با در نظر گرفتن سه دیافراگم نشتی ۸۰، ۱۳۰ و ۳۰۰ میلی متر ریسک فردی و اجتماعی بالاتر از محدوده قابل قبول مشاهده شد. با افزایش دیافراگم نشتی تعداد مرگ و میر افزایش و میزان تجمعی حادثه کاهش یافت. نرم افزار ALOHA و روش های ارزیابی کمی ریسک تامین کننده اطلاعات مناسبی برای تصمیم گیری در مورد خطوط لوله گاز طبیعی و تاسیس نیروگاه های گازی تولید برق هستند.

نشت ۱۳۰ میلی متر باشد، مقدار زیادی از گاز طبیعی رها می شود و فاصله ۸۱ تا ۱۹۸ متر در جهت باد در محدوده انفجار است. در صورت بروز این حادثه باید اقدامات کنترلی جهت توقف نشت گاز توسط افراد متخصص صورت پذیرفته و نواحی مسکونی مجاور تخلیه گردد. مقدار بسیار زیادی از گاز طبیعی هنگامی که دیافراگم منبع نشت ۳۰۰ میلی متر باشد رها می شود و فاصله ۲۳۵ تا ۵۷۹ متر در جهت باد در محدوده انفجار است. در این حالت گاز طبیعی به طور کامل در کوتاه ترین زمان پس از پارگی خط لوله رها می شود. حادثه نشت خط لوله در نیروگاه تاثیر زیادی بر مناطق مسکونی مجاور خواهد داشت. فاصله میان نیروگاه و قسمت جنوب شهر کم تر از ۲۰۰ متر است و غلظت گاز طبیعی بسیار زیاد بوده و در این محدوده به آسانی می تواند منجر به آسیب به افراد شود. بنابراین، کارکنان باید اقدامات تخلیه اورژانسی را در محدوده کم تر از ۲۰۰ متر انجام دهند. در این محدوده به دلیل تراکم بالای گاز و احتمال ایجاد الکتریسیته ساکن ناشی از فرآیند، احتمال انفجار زیاد است، از این رو، کمک به تخلیه اضطراری باید توسط متخصصین در اسرع وقت انجام گردد. نشت گاز ممکن است بر کارخانه ها و مناطق خدماتی مجاور تاثیر گذار باشد، بنابراین، جهت جلوگیری از تلفات و اثرات مالی ناشی از نشت گاز طبیعی باید مانورهای منظمی به صورت دوره ای برگزار شود و با استفاده از مشخص نمودن راه های خروج اضطراری و توسعه برنامه های آموزشی از تجمع افراد در محدوده خطر ممانعت به عمل آید. نتایج مطالعه Shao و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش دیافراگم نشت، مقدار رهائش گاز طبیعی افزایش می یابد. در مطالعه آنان سه دیافراگم نشت فرض گردید که شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۱۲۰۰ میلی متر بود. نتایج نشان داد که در دیافراگم نشت ۱۲۰۰ میلی متر بیش ترین رهائش گاز در کوتاه ترین زمان وجود دارد (۴).

با در نظر گرفتن سه دیافراگم نشت ۸۰، ۱۳۰ و ۳۰۰ میلی متر ریسک فردی برای هر دیافراگم به ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۱۱۴ و ۰/۵۶۹ و تعداد مرگ و میر به ترتیب ۱۱۵، ۴۰۰ و ۳۳۸۶ نفر برآورد گردید که ریسک فردی و اجتماعی بالاتر از محدوده قابل قبول بود. با افزایش دیافراگم نشتی

## REFERENCES

1. Omidi L, Zakerian SA, Saraji JN, Hadavandi E, Yekaninejad MS. Prioritization of Human Factors Variables in the Management of Major Accident Hazards in Process Industries Using Fuzzy AHP Approach. *Health Scope*. 2018; 7(4):e61649.
2. Omidi L, Zakerian SA, Saraji JN, Hadavandi E, Yekaninejad MS. Safety performance assessment among control room operators based on feature extraction and genetic fuzzy system in the process industry. *Process Safety and Environmental Protection*. 2018;116:590-602.
3. Askarian A, Jafari MJ, Omidi L, Lavasani MRM, Taghavi L, Ashori A. Hazard Identification and Risk Assessment in Two Gas Refinery Units. *Health Scope*. 2018; 7(1):e68252.
4. Shao H, Duan G. Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. *Procedia Engineering*. 2012;45:352-9.
5. Jo Y-D, Crowl DA. Individual risk analysis of high-pressure natural gas pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2008;21(6):589-95.
6. Kniemeyer O, Musat F, Sievert SM, Knittel K, Wilkes H, Blumenberg M, et al. Anaerobic oxidation of short-chain hydrocarbons by marine sulphate-reducing bacteria. *Nature*. 2007;449(7164):898-901.
7. Amir-Heidari P, Ebrahemzadieh M, Farahani H, Khoubi J. Quantitative Risk Assessment in Iran's Natural Gas Distribution Network. *Open Journal of Safety Science and Technology*. 2014;4:59-72.
8. Nyborg M, Arvidsson K, Johansson J, Liljemark S, Olsson L. Risk analysis methodology for CO<sub>2</sub> transport including quantified risk calculation. *Energy Procedia*. 2011;4:2816-23.
9. Jafari MJ, Askarian AR, Omidi L, Lavasani MRM, Taghavi L, Ashori AR. The Assessment of Independent Layers of Protection in Gas Sweetening Towers of Two Gas Refineries. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2014;2(2):103-12. [Persian]
10. Kangavari M, Salimi S, Nourian R, Askarian A. An application of failure mode and effect analysis (FMEA) to assess risks in petrochemical industry in Iran. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*. 2015;2(2):257-63.
11. Jahangiri M, Parsarad A. Determination of hazard distance of chemical release in a petrochemical industry by chemical exposure index (CEI). *Iran Occupational Health*. 2010;7(3):55-62. [Persian]
12. Zhu H, Mao Z, Wang Q, Sun J. The Influences of Key Factors on the Consequences Following the Natural Gas Leakage from Pipeline. *Procedia Engineering*. 2013;62:592-601.
13. Kamaei M, Alizadeh S S A, Keshvari A, Kheyrkhah Z, Moshashaei P. Risk assessment and consequence modeling of BLEVE explosion wave phenomenon of LPG spherical tank in a refinery. *JHSW*. 2016; 6 (2) :10-24.
14. European Gas Pipeline Incident Data Group. *Gas Pipeline Incident Fourth Report 1970-1998*. 1999.
15. Trbojevic V. Risk criteria in EU. *Risk*. 2005;10(5).
16. Han Z, Weng W. An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2010;23(3):428-36.



## Risk calculation and consequences simulation of natural gas leakage accident using ALOHA software

Saber Moradi Hanifi<sup>1</sup>, Leila Omid<sup>2</sup>, Gholamreza Moradi<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

\*Corresponding Author Email: [gh.moradi84@gmail.com](mailto:gh.moradi84@gmail.com)

Received: 28.9.2017, accepted: 14.7.2018

### ABSTRACT

**Introduction:** Fire and explosion are the most common consequences of natural gas pipeline accidents. The results of previous studies showed a higher rate of accidents in natural gas transmission lines. Given that a large number of people living in the vicinity of natural gas pipelines with a higher severity of related accidents. The aim of current study was to estimate risks using the method of quantitative calculation of risk and simulation of natural gas pipeline leakage using areal locations of hazardous atmospheres (ALOHA) in natural gas power generation.

**Material and Methods:** The method of quantitative calculation of risk was used to identify and prioritize risks. The simulation of the consequences of natural gas pipeline leakage was done by ALOHA software. Calculations of individual and social risks were performed based on statistical data obtained from the literature.

**Results:** The most serious effect of natural gas pipeline leakage was heat radiation effect of jet flame. Considering three leakage apertures in the natural gas pipeline 80, 130, and 300 mm, individual risks for each leakage aperture were 0.073, 0.114, and 0.569 and the number of deaths was 115, 400, and 3386, respectively. Increases in the leak aperture can lead to an increase in the number of deaths and decrease in the cumulative rate of accidents.

**Conclusion:** The most serious consequence of natural gas pipeline leakage was heat radiation effect of jet flame. The individual risk and social risk are beyond the acceptable risks range.

**Keywords:** ALOHA Software, Leakage Aperture Natural Gas Power Generation, Individual and Social Risk.

#### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Moradi Hanifi S, Omid L, Moradi GR. (2019). Risk calculation and simulation of the consequences of natural gas leakage accident using ALOHA software. *Journal of Health and Safety at Work*, 9(1): 13-20.

#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Health and Safety at Work. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution. License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

