نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱.

صفحات ۹۱ -۱۰۲

تخمین نشت گاز متان از علمک های شهری مشهد و ارزیابی اثرات اقتصادی و زیست محیطی

حمیدرضا پرستش؛ دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، گروه محیط زیست، گرایش آلودگی هوا، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، پردیس بین الملل کیش، ایران.

خسرو اشرفی[1]؛ دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

محمدعلی زاهد؛ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۴۰۱/۰۷/۱۹ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۹/۱۱

چکیده

بدیهی است که وجود نشتی از خطوط لوله، به ویژه در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی دارای حساسیت هستند می تواند خطرات زیادی برای موجوداتی که روی زمین زندگی می کنند، فراهم آورد. گاز متان دارای اثراتی به مراتب قوی‌تر از دی اکسیدکربن در گرم شدن جهانی است لذا شناسایی و جلوگیری از نشت های طولانی مدت نیز حائز اهمیت است. به همین دلایل مطالعه حاضر با هدف تخمین نشت گاز متان از علمک های شهری مشهد و ارزیابی اثرات اقتصادی و زیست محیطی طراحی گردید. مطالعه حاضر از نوع مقطعی و با هدف توصیفی- تحلیلی در تمام مناطق ۸گانه گازی شهر مشهد انجام شد. مراحل کلی انجام این مطالعه شامل؛ ۱- محاسبه تعداد علمک های گازی شهری مشهد و متغیرهای زمینه ای آن ها (طول عمر علمک، نوع کاربری و سرویس علمک، ناحیه شهری و...). ۲- محاسبه تعداد علمک های دارای نشتی. ۳- تعیین حجم نمونه و روش نمونه گیری. ۴- بررسی ارتباط نشتی با تجهیزات/ اتصالات علمک. ۵- رابطه مقدار نشتی و ناحیه شهری. ۶- تعیین میزان هزینه های اقتصادی ناشی از نشت متان. ۷- بررسی جنبه های زیست محیطی نشت گاز است.

بین مقدار نشتی با تجهیزات/اتصالات علمک و ناحیه شهری ارتباط معناداری مشاهده گردید. با پی بردن به این نکته که تجهیزات/اتصالات علمک و ناحیه شهری تاثیر مستقیم بر نشت گاز متان دارد، لذا می توان با کنترل موارد فوق از نشت مقدار قابل توجهی گاز به صورت گسترده جلوگیری کرد؛ که تاثیرات خود را طی مدت طولانی در جنبه های اقتصادی و زیست محیطی نمایان می کند.

واژه های کلیدی: متان، علمک، منطقه شهری، تاثیرات محیطی، تاثیرات اقتصادی، گاز، انتشار.

[1] . نویسنده مسئول : Email: Khashrafi@ut.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

مقدمه

براساس آمار، ایران بیشترین ذخایر گاز طبیعی را در جهان دارا است، اما مصرف گاز طبیعی در ایران معادل مصرف گاز در کشور چین و همچنین معادل کل مصرف کشورهای حوزه اتحادیه ی اروپا است. سالانه معادل ۲۱۴ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در کشور به مصرف می رسد. مردم آمریکا در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۰.۲۸ تریلیون فوت مکعب گاز طبیعی مصرف نمودند (Energy Information Administration, ۲۰۲۲). در ۶ سال بین سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۱ مصرف سالانه ی گاز ایالات متحده ی آمریکا تا حدود ۱۰٪ از ۲۷.۴۴ تریلیون فوت مکعب تا ۳۰.۲۸ تریلیون فوت مکعب رشد کرده است (Energy Information Administration, ۲۰۲۲). میانگین مصرف جهانی گاز طبیعی در بین سال های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ پیش بینی می شود به طور مستمر سالانه ۱.۵٪ افزایش یابد (IEA, ۲۰۲۰).

میزان مصرف گاز با در نظرگیری پارامترهایی از قبیل رشد چشمگیر جمعیت، پیشرفت صنایع در حوزه های مختلف و تلاش در جهت رفع نیازهای موجود به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. از سوی دیگر با توجه به بررسی شاخص های توسعه گاز در بخش های مختلف کشور، سرعت گسترش شبکه های اصلی و فرعی گاز در سالیان اخیر به سرعت در حال افزایش بوده است. لذا اطمینان‌یابی و رفع نواقص موجود در هریک از مراحل انتقال گاز در شبکه های گازرسانی در راستای جلوگیری از نشت گاز و خطرات زیست محیطی و اقتصادی ناشی از آن، امری ضروری و غیرقابل انکار است (Cinq-Mars et al, ۲۰۲۰; Weller et al, ۲۰۱۹). همچنین پیشروی مناطق مسکونی شهری به سمت پالایشگاه ها، رشد این صنایع و افزایش تعداد افراد شاغل در آن، منجر به افزایش تعداد و شدت حوادث و به جای ماندن خسارات سهمگین و جبران ناپذیر می شود (Shahedi et al, ۲۰۱۶).

عواملی که در گم شدن گازها (گاز وارد شده به شبکه های گازرسانی و گازی که توسط مصرف کننده مصرف می شود) دخالت دارند را می توان به نشت گاز از لوله و اتصالات (کمتر از ۱۰ درصد)، سرقت گاز، خطاهای اندازه‌گیری، آسیب‌های شخص سوم و بهره برداری غیرمجاز گاز اشاره کرد (Costello, ۲۰۱۴; Arpino et al, ۲۰۱۴).

موضوع نشت گاز متان از شبکه توزیع شهری و علل آن یکی از مسائل مهم و بحث برانگیز است که به دلایل مختلف از جمله مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی مورد توجه قرار می‌گیرد؛ در همین راستا ولر (Weller et al, ۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی تأثیر مواد و سن شبکه توزیع و نحوه تغییرات آن در میزان نشت گاز متان پرداختند؛ پژوهش های متعدد دیگری نیز به بررسی متغیر نوع اتصالات و اتصالات داخلی شبکه توزیع کم فشار در زمان تحویل گاز متان به مصرف کننده (خانگی، صنعتی، تجاری) پرداخته اند و موارد متعددی را تأثیرگذار در نشت گاز متان از جمله: نشت داخلی در شیرها و ولوها، قطر نشتی، نوع و سایز شیرها و... بیان کرده‌اند (Meland et al, ۲۰۱۲; Zhu et al, ۲۰۱۹; ۲۰۱۰ Wagner, ۲۰۰۴; Kaewwaewnoi et al,) ؛ بنابراین در شناسایی متغیرها و عوامل نشت گاز در اولین گام می‌توان به نقش و جایگاه تجهیزات/ اتصالات علمک‌ها در شبکه توزیع گاز شهری و سن کارکرد علمک اشاره نمود.

نشت و انتشار مواد خطرناک سمی و آتشگیر در صنایع فرآیندی و شیمیایی همواره یکی از خطراتی است که زندگی افراد شاغل، ساکنین اطراف این صنایع و همچنین محیط‌زیست را تهدید می‌کند (Panahi et al, ۲۰۲۰). نشت و انتشار گاز طبیعی از شبکه های انتقال و توزیع، ضمن آنکه پیامد زیست محیطی افزایش روند گرمایش زمین را در پی دارد، مخاطرات ایمنی در مراکز جمعیتی و نیز پیامدهای بهداشتی برای ساکنین مناطق انتشار را نیز در پی دارد. به طور کلی از پیامدهای نشت گاز طبیعی می توان به آلودگی محیط زیست، کاهش شاخص سلامت در انسان و دیگر

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

موجودات زنده، خطرات ناشی از انفجار، هدر رفت گاز طبیعی، هزینه های بازیابی محیط زیست، هزینه های تعمیر و تعویض تجهیزات ساختمان ها، اتلاف وقت و جرایم احتمالی قانونی اشاره کرد؛ بنابراین سه عامل اقتصاد، ایمنی و ملاحظات زیست محیطی انگیزه کافی برای رفع چنین مشکلی را فراهم می‌کنند (Plant et al, ۲۰۱۹).

یکی از کلیدی‌ترین مسائل در حفظ محیط‌زیست، یافتن راه هایی برای حذف انواع مختلف آلاینده ها از محیط می‌باشد. در میان این آلاینده ها می توان به انواع فلزات سنگین، آلاینده های شیمیایی و بالاخص گازها و گاز خانگی اشاره نمود؛ گازها از طرق مختلف صنعتی، خانگی، تجاری و درصد کمی کشاورزی وارد منابع محیطی می‌شوند و سبب برهم خوردن تعادل چرخه‌های مواد در اکوسیستم های طبیعی شده و اثرات نامطلوبی بر محیط‌زیست دارند (Akhondian and MirHasanNia , ۲۰۱۷).

این مسأله باعث شده است تا دفراتیکا (Defratyka et al, ۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی کمیت و منشأ نشت گاز در شهر پاریس بپردازند؛ در این خصوص ضمن بررسی و اندازه‌گیری‌های انجام شده، منبع حدود ۶۳ درصد از گاز متان موجود، ناشی از نشت در شبکه توزیع گاز شهری می‌باشد؛ همچنین بررسی نوع سرویس مورد استفاده گاز در شهر (خانگی، صنعتی و تجاری) بسیار مورد توجه قرار گرفته است؛ نکته مهم در این پژوهش تأکید بر مطالعه متغیرهایی چون نوع و سن خطوط و اتصالات شبکه توزیع است که به دلیل فقدان اطلاعات در پاریس باعث ایجاد عدم قطعیت در نتایج شده است. بنابراین در شناسایی متغیرها و عوامل نشت گاز همچنین نقش عواملی مانند: نوع سرویس علمک (خانگی، صنعتی و تجاری) و ناحیه شهری نیز به عنوان دو متغیر مورد بحث و تمرکز قرار می‌گیرد.

قسمت اصلی گرمایش جهانی در ۵۰ سال گذشته به دلیل انتشار گاز دی اکسید کربن و متان ناشی از فعالیت های انسانی بوده است ولی همچنان سرانه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای توسعه یافته ۲ تا ۴ برابر بیشتر از میزان مورد نیاز بر ثبات گازهای گلخانه‌ای در جو می باشد. همچنین جاپای اکولوژیکی در این کشورها ۴ تا ۹ برابر ظرفیت بیولوژیکی زمین است (Mohammadi Ashnani et al, ۲۰۲۰).

در بررسی های بیشتر محققان مختلف، یکی از مسائل حساس و تأثیرگذار بر میزان نشتی گاز متان از شکه توزیع گاز شهری، متغیر فصول سال است؛ اندازه‌گیری میزان نشت در فصول مختلف سال مانند تابستان و زمستان قادر است میزان نشت از سیستم‌های گرمایشی و میزان نشت از شبکه توزیع شهری را به تفکیک بیان کند(Defratyka et al,۲۰۲۰ ; Moriizumi et al, ۱۹۹۸; Gioli et al, ۲۰۱۲; Zazzeri et al, ۲۰۱۷). شاید یک تصور عمومی بر این باشد که میزان نشت گاز از خطوط توزیع شهری در زمستان به دلیل تقاضای بالای مصرف گاز بیشتر باشد در حالی که چنین نیست؛ بدین صورت که در فصول سرد سال به دلیل افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان گاز با افت فشار و کاهش میزان نشت مواجه خواهیم بود.

بررسی مطالعات انجام گرفته در سوابق نشان داد که مطالعه‌ای که به طور خاص بر علل نشت از خطوط توزیع گاز شهری (متان) در ایران صورت گرفته باشد و متغیرهای تأثیرگذار بر آن را مورد بررسی تجزیه و تحلیل قرار داده باشد، به وضوح مشاهده نشد؛ این پژوهش که با هدف شناسایی و بررسی ابعاد مختلف نشت گاز شهری (متان) و تجزیه و تحلیل علل آن در شهر مشهد صورت گرفته است، سهم هر یک از متغیرهای مسئله و سهم آن در آلودگی هوا مشخص شده است و راهکارهای اجرایی به منظور کاهش میزان نشت ارائه خواهد شد؛ در حقیقت این پژوهش یک نگاه موشکافانه به

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

موضوع نشتی گاز از علمک‌های شبکه توزیع شهری به عنوان یکی از مهمترین منابع آلودگی هوا و گرمایش اقلیمی علاوه بر نتایج منفی اقتصادی و هدر رفت منابع، داشته است؛ بنابراین اهداف پژوهش حاضر شامل موارد ذیل می باشد:

- بررسی میزان نشتی در خطوط توزیع گاز شهری شهر مشهد
- بررسی رابطه میان نشتی گاز از خطوط توزیع گاز شهری و تجهیزات/اتصالات علمک
- بررسی رابطه میان نشتی گاز از خطوط توزیع گاز شهری و ناحیه شهری
- بررسی جنبه های اقتصادی- زیست محیطی

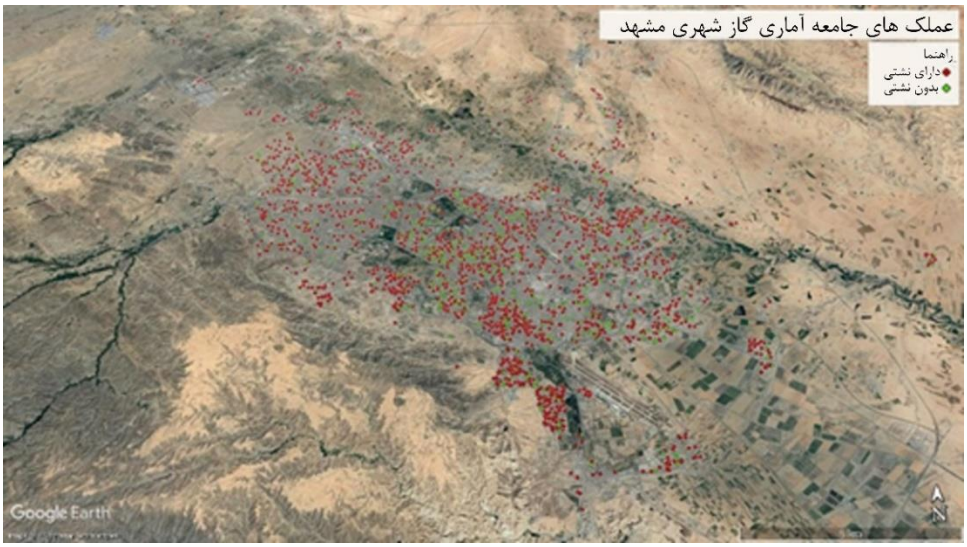
داده ها و روش کار

مطالعه حاضر از نوع مقطعی و با هدف توصیفی- تحلیلی در تمام مناطق ۸ گانه گازی شهر مشهد (در سال ۱۳۹۹) انجام شد. شهر مشهد به عنوان دومین شهر پر جمعیت ایران به دلیل شرایط جمعیتی، مسائل فرهنگی و اجتماعی حائز اهمیت است؛ بنابراین به منظور نیل به اهداف پژوهش، گام های ذیل طی شد؛ در گام اول تعداد کل علمک ها و موارد دارای نشتی شناسایی شده و تحلیل کلی بر آن انجام گردید؛ در گام دوم، پس از تعیین حجم نمونه و روش نمونه گیری، تعدادی از علمک ها برای مطالعه جامع‌تر انتخاب شد؛ در گام سوم، اندازه‌گیری‌های مد نظر پژوهش مطابق اهداف تعیین شده و تجزیه و تحلیل آن مد نظر قرار گرفت.

گام اول: تعداد کل علمک ها و موارد دارای نشتی

الف: روش تعیین تعداد علمک های گازی شهر مشهد

با استفاده از سیستم بیلینگ[۱] و مستندات فنی شرکت گاز استان خراسان رضوی، تعداد علمک های گازی شهری مشهد ، ۳۵۰۰۰۰ مورد تعیین گردید؛ در شکل شماره (۱)، پراکندگی تعداد علمک های گازی و موارد دارای نشتی مشخص شده است.



شکل ۱. موقعیت علمک های شهری جامعه آماری مشهد

[۱] Billing

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

ب: شناسایی علمک های دارای نشتی

با استفاده از دستگاه گازسنج GT™ Series کلیه علمک‌های جامعه آماری گازسنجی شده و وضعیت آنها از نظر وجود، محل و مقدار غلظت گاز در محل نشتی مشخص و ثبت گردید. میزان دقیق نشتی متان از علمک های دارای نشتی، براساس Volume/ Mass Flow Rate و با استفاده از دستگاه گازسنج Hi-Flow Sampler *S.2002*. Made in Haryana/ India. With ISO۹۰۰۱ Certification صورت گرفت (Wever et al, ۲۰۰۲).

Hi-Flow Sampler یک ابزار قابل حمل، ذاتا ایمن و با باتری است که برای تعیین میزان نشت گاز در اطراف اتصالات لوله های مختلف، ولوها و کمپرسورها موجود در انتقال، ذخیره سازی، پردازش، جمع آوری گاز، تولید و شبکه توزیع گاز طبیعی طراحی شده است. میزان نشتی یک قطعه با نمونه برداری با دبی بالا اندازه گیری می شود تا تمام گاز نشت شده از قطعه به همراه مقدار معینی از هوای اطراف را جذب کند. با اندازه گیری دقیق دبی جریان نمونه برداری و غلظت گاز طبیعی در آن جریان، میزان نشت گاز را می توان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه نمود. این ابزار به طور خودکار مقادیر مختلف وزن مخصوص هوا و گاز طبیعی را در نظر می گیرد، بنابر این محاسبات دقیق نرخ جریان را تضمین می کند (Bacharach INC, ۲۰۱۵; Connolly et al,۲۰۱۹).

$$Leak = Flow \times \left(Gas_{sample} - Gas_{background}\right) \times ۱۰^{-۲}$$ **رابطه ۱**

$Leak$ = میزان نشت گاز از منبع (cfm)

$Flow$ = دبی جریان نمونه (cfm)

Gas_{sample} = غلظت گاز از منبع نشت (%)

$Gas_{background}$ = غلظت گاز پس زمینه (%)

گام دوم: تعیین حجم نمونه و روش نمونه گیری

حجم نمونه با استفاده از رابطه (۲) (معادله کوکران[۱]) با سطح خطای ۵ درصد به دست آمد. پس از تعیین حجم نمونه، نمونه گیری به دو صورت تصادفی ساده و تصادفی طبقه‌ای انجام گرفت (Khorasan Razavi Gas Company, ۲۰۱۹).

$$n = \frac{Z^{۲} \times S^{۲}}{d^{۲}}$$ **رابطه ۲**

n = تعداد حجم نمونه نهایی

Z = مقدار متغیر نرمال با سطح اطمینان $۱ - \alpha$

S = انحراف معیار

d = سطح قابل قبول اشتباه

[۱] Cochran Formula

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

ابزار تجزیه و تحلیل

اطلاعات جمع‌آوری شده در این پژوهش با استفاده از نرم افزار Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) V.۲۶ مورد آزمون و تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ آزمون‌های مورد استفاده در این نرم افزار شامل: اتا، وی کرامر و پیرسون می‌باشد.

گام سوم: تعیین میزان هزینه های اقتصادی ناشی از نشت متان

هزینه های اقتصادی از دو جنبه مورد بررسی قرار گرفتند؛ ۱- هزینه های مستقیم؛ و ۲- هزینه های غیرمستقیم.

الف: هزینه های مستقیم

متوسط قیمت متان در جهان ۸۰ سنت آمریکا در هر متر مکعب است. با این حال ، تفاوت قابل توجهی در این قیمت ها در بین کشورها وجود دارد. به عنوان یک قاعده کلی ، کشورهای ثروتمند قیمت بالاتری دارند در حالی که کشورهای فقیرتر و کشورهایی که نفت تولید و صادر می کنند، قیمت های بسیار پایین تری دارند. یک استثنا قابل توجه ایالات متحده است که از نظر اقتصادی کشوری پیشرفته است اما قیمت گاز پایینی دارد. تفاوت قیمت ها در کشورهای مختلف به دلیل مالیات ها و یارانه های مختلف بنزین است. همه کشورها به قیمت های یکسان نفت در بازارهای بین المللی دسترسی دارند اما تصمیم می گیرند مالیات های متفاوتی وضع کنند. در نتیجه، قیمت خرده فروشی متان متفاوت است (Globalpetrolprices, ۲۰۲۱).

ب: هزینه های غیرمستقیم

جنبه های زیست محیطی نیز به صورت کیفی و از دو جنبه مستقیم و غیرمستقیم بررسی شد. بدین منظور محققان با تشکیل کارگروه های تخصصی و استفاده از نظرات خبرگان (اساتید دانشگاه و پیشکسوتان صنعت) اقدام به جمع آوری اطلاعات کردند؛ ملاک انتخاب خبرگان، سوابق پژوهشی و سوابق کاری در حیطه مذکور بود. درمجموع با ۱۰ خبره مصاحبه به عمل آمد. مصاحبه با ۲ خبره شروع شد؛ این عمل با شیوه ***گلوله برفی*** تا رسیدن به اشباع داده ها ادامه پیدا کرد (Jafari, ۲۰۱۶).

گام چهارم: بررسی جنبه های زیست محیطی نشت گاز

جنبه های زیست محیطی نیز به صورت کیفی و از دو جنبه مستقیم و غیرمستقیم بررسی شد. بدین منظور محققان با تشکیل کارگروه های تخصصی و استفاده از نظرات خبرگان (اساتید دانشگاه و پیشکسوتان صنعت) اقدام به جمع آوری اطلاعات کردند؛ ملاک انتخاب خبرگان، سوابق پژوهشی و سوابق کاری در حیطه مذکور بود. درمجموع با ۱۰ خبره مصاحبه به عمل آمد. مصاحبه با ۲ خبره شروع شد؛ این عمل با شیوه ***گلوله برفی*** تا رسیدن به اشباع داده ها ادامه پیدا کرد (Jafari, ۲۰۱۶).

شرح و تفسیر نتایج

به منظور نیل به اهداف تعیین شده پژوهش، در ابتدا اطلاعات استخراج شده از نمونه ها بصورت کلی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول شماره (۱) ارائه شد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

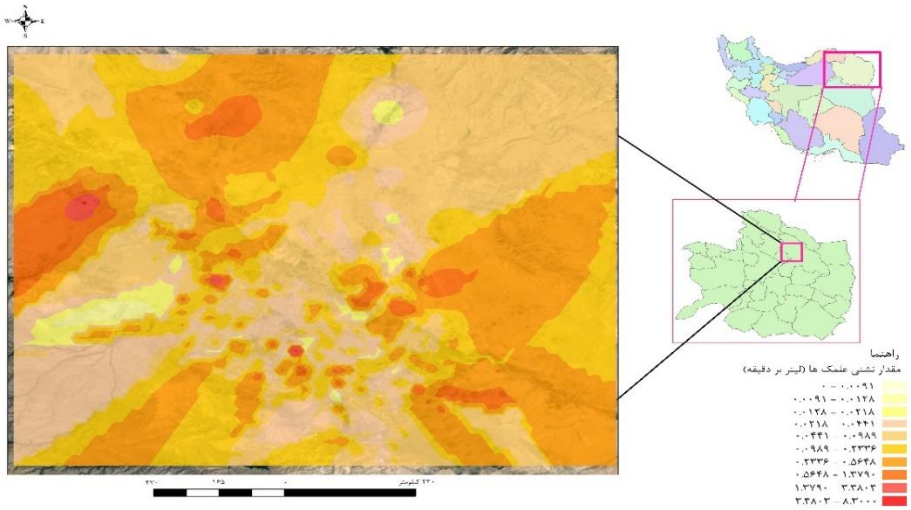
جدول ۱. خلاصه اطلاعات استخراج شده پژوهش حاضر

ردیف	شهر	تعداد کل علمک	تعداد نمونه	میانگین نشت (لیتر بر دقیقه)	تعداد علمک دارای نشتی	درصد نشتی نسبت به کل
۱	مشهد	۳۵۰۰۰۰	۳۲۵۱	۰.۱۸۵	۲۶۸۵	۸۲.۵۹

در شکل شماره (۲)، مقدار نشتی علمک ها بر اساس تراکم علمکهای جامعه آماری و نیز با توجه به میزان نشت اندازه گیری شده، بصورت نمودار تراکم و پراکندگی نشتی در سطح جامعه آماری مشخص شده است.

رابطه بین نشتی با تجهیزات/اتصالات علمک در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. نتیجه آزمون نشان می دهد میانگین نشتی با محل های نشتی مختلف، اختلاف معنی داری با هم دارند.

میانگین مقدار نشتی در محل های مختلف در شکل (۳) نیز نشان داده شده است. در این نمودار، مواردی که تعداد معدودی برای آنها به ثبت رسیده است را برای خوانایی بهتر نمودار حذف کرده‌ایم. این موارد شامل بدنه رگولاتور، رزوه بالای رگولاتور، رزوه پایین رگولاتور، رزوه قبل از شیر قفل شونده بوده است که تعداد ثبت شده برای هر کدام انگشت‌شمار و در مجموع ۲۰ مورد برای کل آنها به ثبت رسیده است. اما براساس نمودار فوق، ۷۲۴ مورد (معادل ۲۷ درصد) از محل‌های نشتی گزارش شده در شهر مشهد مربوط به "آسیایی" بوده است. کمترین موارد گزارش شده (به جز چهار مورد استثنا شده) مربوط به "زانویی" است که ۶۴ مورد معادل ۳ درصد برای آن ثبت شده است. در کل ترتیب فراوانی موارد ثبت شده از زیاد به کم به ترتیب زیر است: آسیایی (۷۲۴ مورد)، اهرم قطع فشار بالا (۵۴۲ مورد)، کوپلینگ (۳۷۰ مورد)، اهرم قطع فشار پایین (۳۶۹ مورد)، ونت رگولاتور (۲۱۹ مورد)، بدنه شیر قفل شونده (۱۹۲ مورد)، سه راهی (۹۸ مورد)، نیپل (۸۷ مورد)، زانویی (۶۴ مورد)، بدنه رگولاتور (۷ مورد)، رزوه پایین رگولاتور (۶ مورد)، رزوه قبل از شیر قفل شونده (۶ مورد) و رزوه بالای رگولاتور (۱ مورد).



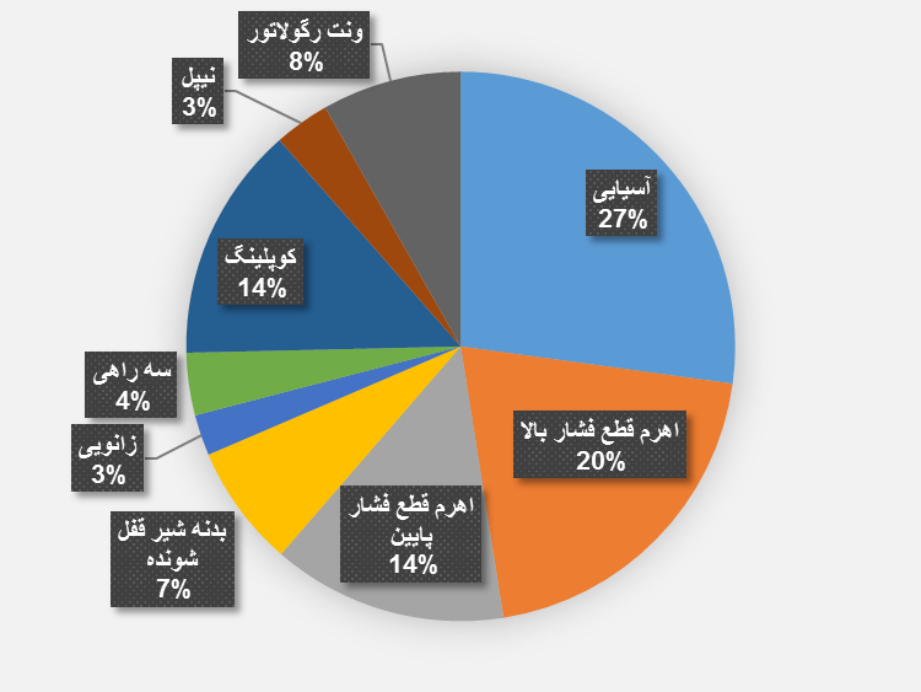
شکل ۲. مقدار نشتی بر حسب لیتر بر دقیقه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

جدول ۲. مقایسه میانگین نشتی در محل های مختلف نشتی

	میانگین نرخ نشتی	تعداد	انحراف استاندارد
بدنه رگولاتور	۰.۷	۷	۱.۶۸۲۲۶
اهرم قطع فشار بالا	۰.۴۵۸۳	۵۴۲	۱.۲۵۷۰۷
اهرم قطع فشار پایین	۰.۲۵۳۱	۳۶۹	۱.۰۰۲۹۳
رزوه قبل از شیر قفل شونده	۰.۲۵	۶	۰.۲۰۷۳۶
ونت رگولاتور	۰.۲۰۱۴	۲۱۹	۱.۰۷۸۱۲
کوپلینگ	۰.۱۵۸۹	۳۷۰	۰.۶۷۷۰۶
رزوه پایین رگولاتور	۰.۱۵	۶	۰.۳۲۰۹۴
سه راهی	۰.۱۴۵۹	۹۸	۰.۸۲۰۸۸
نیپل	۰.۱۲۷۶	۸۷	۰.۴۳۲۳۲
آسیایی	۰.۱۲۷۱	۷۲۴	۰.۵۸۰۴۲
بدنه شیر قفل شونده	۰.۰۸۴۹	۱۹۲	۰.۴۳۰۷۶
زانویی	۰.۰۳۵۹	۶۴	۰.۱۲۸۹۴
رزوه بالای رگولاتور	۰	۱	.
کل:	۰.۲۰۷۱	۲۶۸۵	۰.۷۱۸۲

نتایج حاصل شده از این پژوهش به طور قابل ملاحظه ای با نتایج مطالعه ولر (Weller et al, ۲۰۲۰) مطابقت دارد؛ در این پژوهش ولر میزان نشتی گاز متان را تابعی از دو متغیر جنس لوله/اتصالات و سن تجهیزات در نظر گرفته است.



شکل ۳. میانگین نرخ نشتی در محل های نشتی مختلف

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

جدول ۳. رابطه بین مقدار نشتی و ناحیه شهری

	میانگین نرخ نشتی	تعداد	انحراف استاندارد
منطقه ۲	۰.۲۶۴۹	۶۱۸	۱.۰۳۶۲۴
منطقه ۵	۰.۲۳۱۶	۴۲۱	۰.۹۸۸۰۱
منطقه ۳	۰.۲۱۸۱	۴۴۱	۰.۷۹۸۳۷
منطقه ۷	۰.۱۵۰۶	۵۵۹	۰.۷۳۳۹۴
منطقه ۸	۰.۱۲۹۵	۲۱۰	۰.۵۹۶۰۷
منطقه ۱	۰.۱۲۷۷	۲۲۴	۰.۳۷۲۱۷
منطقه ۶	۰.۱۱۹۷	۵۷۳	۰.۷۰۵۹۸
منطقه ۴	۰.۱۰۷۳	۲۰۵	۰.۴۵۳۵۲
کل:	۰.۱۸۰۹	۳۲۵۱	۰.۸۰۳۲۱

رابطه بین مقدار نشتی علمک و ناحیه شهری مشهد، در جدول (۳) نشان داده شده است. نتیجه آزمون نشان می دهد میانگین نشتی با ناحیه شهری، اختلاف معنی داری با هم دارند.

علاوه بر مسائل فنی ناشی از نشت گاز متان در شبکه توزیع شهری و بروز مسائل زیست‌محیطی که نیاز به بررسی عمیق و تخصصی دارد، نگاه اقتصادی ناشی از آن بسیار حائز اهمیت است؛ با توجه به اینکه قیمت هر نرمال متر مکعب گاز متان ۸۰ سنت است؛ و مقدار نشت این گاز از علمک های شهری مشهد ۶۵۰۰ NM^3/hr است، هزینه سالانه نشت گاز در مشهد، مبلغ ۴۵۰۰۰۰۰۰ دلار محاسبه گردید.

هزینه های غیرمستقیم از جنبه های مختلفی بررسی شدند که مهمترین موارد آن به اختصار ذکر می‌شود؛ ۱- با نرخ های سالانه متدوال در مصرف، طی چند صد سال آینده، منابع فسیلی جهان تمام خواهد شد که این قضیه به نابودی نظام اقتصادی منجر خواهد شد. ۲- این مشکل به وسیله راهکارهای تدریجی که برای هزاران مشکل ارایه می شود، رفع نخواهد شد. ۳- تنها راه این مشکل، کاهش آنی رشد اقتصادی، رشد جمعیت و آلودگی است. ۴- پیش بینی میشود که جهان در معرض حوادث کم احتمال و پرخطر چون اثرات گلخانه ای می باشد که این حوادث به فروپاشی گسترده جریان تولید غذا خواهد انجامید (Robinson, ۱۹۷۳; Barney, ۱۹۸۰).

تأثیر مستقیم نشت متان بر محیط زیست را می توان آلودگی مستقیم محیط زیست (تغییر و تخریب اکوسیستم های گیاهی، جانوری، منابع زیستی و چرخه حیات) دانست. تغییرات اقتصادی، اجتماعی وفرهنگی، اثرات گلخانه ای، گرم شدن زمین، تغییرات آب وهوایی، باران های اسیدی، دود و مه غلیظ، انقراض گونه های جانوری، تخریب مصالح ساختمانی، مبتلا شدن انسان ها به انواع بیماری ها و... مهمترین اثرات غیرمستقیم آلودگی محیط زیست هستند.

نتیجه‌گیری

مسأله نشت گاز متان از شبکه توزیع گاز شهری (متان) یکی از عوامل اصلی بروز آلودگی هوا و نیز افزایش گازهای گلخانه‌ای در جهان شده است. در ایران و بسیاری از شهرها به دلایل مختلف این موضوع کاملاً مشهود است. در این

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

پژوهش مسأله نشت متان از شبکه توزیع شهری مشهد به عنوان دومین شهر پرجمعیت ایران مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ اگرچه شناسایی دقیق علت نشتی، کار بسیار پیچیده و مستلزم بررسی همه جانبه و زمان‌بر است اما با فرض نشتی در محل مصرف‌کنندگان نهایی، برخی از متغیرها و عوامل تأثیرگذار در میزان نشت گاز متان شناسایی شد که پنج مورد شایع شامل: تجهیزات/اتصالات علمک، سن کارکرد علمک، نوع سرویس علمک (خانگی، صنعتی و تجاری)، ناحیه شهری و فصول مختلف سال می‌شوند.

نگاه بلند مدت برای حل این مسأله مثل نهادینه شدن عادت استفاده از حمل ونقل عمومی، دور کردن کارخانه‌ها از فضای شهری برای همیشه، جا افتادن فرهنگ کاشت نهال و به کارگیری سبک سالم در زندگی، کمک زیادی به مقابله با این مشکل می‌کند. استفاده از دستگاه تصفیه‌ی هوا و ایجاد فضای گلخانه‌ای در محیط‌های بسته و صرفه جویی در مصرف انرژی می‌توانند راهکارهای کوتاه مدت مفیدی باشند. همه ما درباره زندگی نسل آینده مسئولیم.

منابع

Energy Information Administration (EIA) .۲۰۲۲ . Natural gas explained. https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/use-of-natural-gas.php#:~:text=The%۲۰United%۲۰States%۲۰used%۲۰about,of%۲۰U.S.%۲۰total%۲۰energy%۲۰consumption

Energy Information Administration (EIA). ۲۰۲۲. Natural Gas Consumption by End Use. https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_cons_sum_dcu_nus_a.html

IEA. ۲۰۲۰. Gas ۲۰۲۰. https://www.iea.org/reports/gas-۲۰۲۰/۲۰۲۱-۲۰۲۵-rebound-and-beyond

Cinq-Mars, TJ.; T. Kropotova, M. Morgunova, A. Tallipova, and S. Yunusov. ۲۰۲۰. Leak Detection and Repair in the Russian Federation and the United States: Possibilities for Convergence. *Stanford US-Russia Forum Journal*.

Weller, ZD.; DK. Yang, and JC. von Fischer. ۲۰۱۹. An open source algorithm to detect natural gas leaks from mobile methane survey data. *PLoS One,* **۱٤(۲)**:e۰۲۱۲۲۸۷.

SHAHEDI, AS.; MJ. ASSARIAN, O. KALATPOUR, E. ZAREI, and I. MOHAMMADFAM. ۲۰۱٦. Evaluation of consequence modeling of fire on methane storage tanks in a gas refinery.

Costello, KW. ۲۰۱٤. Lost and unaccounted-for gas: Challenges for public utility regulators. *Util Policy,* **۲۹**:۱۷–۲٤.

Arpino, F.; M. Dell'Isola, G. Ficco, and P. Vigo. ۲۰۱٤. Unaccounted for gas in natural gas transmission networks: Prediction model and analysis of the solutions. *Journal of Natural Gas Science and Engineering,* **۱۷**:٥۸–۷۰.

Weller, Z.D.; SP. Hamburg, and JC. von Fischer. ۲۰۲۰. A national estimate of methane leakage from pipeline mains in natural gas local distribution systems. *Environmental science & technology,* **٥٤(۱٤)**:۸۹٥۸-۸۹٦۷.

Meland, E.; NF. Thornhill, E. Lunde, and M. Rasmussen. ۲۰۱۲. Quantification of valve leakage rates. *AIChE journal,* **٥۸(٤)**:۱۱۸۱-۱۱۹۳.

Wagner, H. ۲۰۰٤. Innovative techniques to deal with leaking valves. *Technical Papers of ISA,* **٤٥٤**:۱۰٥-۱۱۷.

Kaewwaewnoi, W.; A. Prateepasen, and P. Kaewtrakulpong. ۲۰۱۰. Investigation of the relationship

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

between internal fluid leakage through a valve and the acoustic emission generated from the leakage. *Measurement*, **۴۳(۲)**:۲۷۴-۲۸۲.

Zhu, SB.; ZL. Li, SM. Zhang, and HF. Zhang. ۲۰۱۹. Deep belief network-based internal valve leakage rate prediction approach. *Measurement*, **۱۳۳**:۱۸۲-۱۹۲.

Panahi, S.; A. Karimi, and R. Pourbabaki. ۲۰۲۰. Consequence modeling and analysis of explosion and fire hazards caused by methane emissions in a refinery in cold and hot seasons. *Journal of Health in the Field*.

Plant, G.; EA. Kort, C. Floerchinger, A. Gvakharia, I. Vimont, and C. Sweeney. ۲۰۱۹. Large fugitive methane emissions from urban centers along the US East Coast. *Geophysical research letters*, **۴۶(۱۴)**:۸۵۰۰–۸۵۰۷.

Akhondian, M.; S. MirHasanNia. ۲۰۱۷. Biodiversity of microalgae, a potential capacity in biological and environmental technologies. *Journal of Human Environment and Health Promotion*,**۴۱**:۳۹–۷۰.

Defratyka, SM.; JD. Paris, C. Yver-Kwok, JM. Fernandez, P. Korben, and P. Bousquet. ۲۰۲۱. Mapping urban methane sources in Paris, France. *Environmental Science & Technology*,**۵۵(۱۳)**:۸۵۸۳-۸۵۹۱.

Mohammadi Ashnani, M.; T. Miremadi, A. Danekar, M. Makhdoom Farkhonde, and V. Majed. ۲۰۲۰. The Policies of Learning Economy to Achieve Sustainable Development. *Journal of Environmental Science and Technology*,**۲۲(۲)**:۲۵۳–۲۷۴.

Gioli, B.; P. Toscano, E. Lugato, A. Matese, F. Miglietta, A. Zaldei, and FP. Vaccari. ۲۰۱۲. Methane and carbon dioxide fluxes and source partitioning in urban areas: The case study of Florence, Italy. *Environmental Pollution*,**۱۶۴**:۱۲۵-۱۳۱.

Moriizumi, J.; K. Nagamine, T. Iida, and Y. Ikebe. ۱۹۹۸. Carbon isotopic analysis of atmospheric methane in urban and suburban areas: fossil and non-fossil methane from local sources. *Atmospheric Environment*, **۳۲(۱۷)**:۲۹۴۷-۲۹۵۵.

Zazzeri, G.; D. Lowry, RE. Fisher, JL. France, M. Lanoisellé, CSB. Grimmond, and EG. Nisbet. ۲۰۱۷. Evaluating methane inventories by isotopic analysis in the London region. *Scientific reports*, **۷(۱)**:۱-۱۳.

Wever, JL.; GJL. Van Orizande, WB. Rademaker, and GJ. Van Schagen. ۲۰۰۲. Applicability of the Hi-Flow sampler in reducing methane emissions from a technical/economical point of view. Feasibility study; Toepasbaarheid Hi-Flow sampler bij reductie methaanemissie op technisch/economische gronden. *Haalbaarheidsstudie*.

Bacharach INC. ۲۰۱۵. Hi flowR sampler for natural gas leak rate measurement.

Connolly, JI.; RA. Robinson, and TD. Gardiner. ۲۰۱۹. Assessment of the Bacharach Hi Flow® Sampler characteristics and potential failure modes when measuring methane emissions. *Measurement*, **۱۴۵**:۲۲۶–۲۳۳.

Khorasan Razavi Gas Company. ۲۰۱۹. Determining the statistical population and sample size of field measurements to estimate normal emission inventory Greenhouse gases in the gas network of Khorasan Razavi province.

Globalpetrolprices. ۲۰۲۱. Natural gas prices. https://www.globalpetrolprices.com/natural_gas_prices/

Jafari, N. ۲۰۱۶. Assessing the social, cultural and economic impacts of the construction of the metro in the area of Hesarak Square in Karaj. *Alborz Discip Sci J*, **۴(۱۰)**:۱۱۵–۱۳۴

Robinson, WC. ۱۹۷۳. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. *JSTOR*.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]

Barney, GO. ۱۹۸۰. The Global ۲۰۰۰ Report to the President--entering the Twenty-first Century: The technical report. *US Government Printing Office*, **Vol.** ۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.3.6.6]