ارائهٔ راهکارهای کاهش انتشار در تأسیسات انتقال گاز ایران و اولویت‌بندی فنی و اقتصادی آن‌ها

کاظم کاشفی[1]*، سیدشایان سیف[2]، محمدصادق یوسف‌زادگان[2]، فاطمه گودرزوند چگینی[1]، حمید بنیاد[3]، سعید پاکسرشت[3]

۱- ایران، تهران، پژوهشگاه صنعت نفت

۲- ایران، تهران، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران

۳- ایران، تهران، شرکت ملی گاز ایران

نویسندهٔ مسئول

ایمیل: kashefik@ripi.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۹**

چکیده

در این مقاله ۲۳ راهکار منطبق با تجارب روز جهانی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از تأسیسات انتقال گاز ارائه شده است که در ارزیابی آنها جنبهٔ عملیاتی بودن و ارزش اقتصادی و سرمایه‌گذاری به عنوان پارامترهای اساسی لحاظ شده‌اند. هریک از این راهکارها از نظر فنی مورد ارزیابی قرار گرفته و همهٔ محاسبات مربوط به میزان کاهش انتشار، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه و هزینهٔ عملیات جاری آنها با تعریف چهار معیار در سه سطح انجام شده است. تحلیل نهایی با توجه به مجموع حاصلضرب امتیازات و ضرایب وزنی برای هر چهار معیار انجام شده است. نتایج نشان دادند که بالاترین اولویت در بین راهکارهای کاهش نشر به اجرای روش بازرسی و تعمیرات مستقیم۱ (DI&M) برای شیرهای بین راهی اختصاص یافته است. همچنین، اجرای این روش برای لانچر-رسیورها و خطوط لوله به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته است. کمترین امتیاز نیز به استفاده از فناوری ANG۲ برای جذب گازهای خروجی استارترهای توربین تعلق یافت.

1. Directed Inspection and Maintenance
2. Adsorbed Natural Gas

کلمات کلیدی: کاهش انتشار، گازهای گلخانه‌ای، مکانیسم توسعهٔ پاک، انتقال گاز

۱- مقدمه

برخورداری از یک زندگی اجتماعی هدفمند به همراه اقتصاد پویا و محیط زیست سالم یک حق همگانی است که لازمهٔ آن توسعهٔ پایدار است. با درنظرگرفتن ارکان توسعهٔ پایدار، رشد اقتصادی به همراه پایداری منابع تجدیدناپذیر، آینده‌ای مطلوب را برای جوامع بشری می‌توان متصور شد [۱-۳]. در عین حال، انتشار آلاینده‌های زیست محیطی باعث بروز تغییرات زیست محیطی گرم شدن کرهٔ زمین شده است [۴]. این امر سبب تصویب پروتکل کیوتو شد که تعیین مقدار مشخصی برای انتشار گازهای گلخانه‌ای را برای کشورهای توسعه یافته لازم دانسته است. بدین منظور، پروتکل کیوتو جهت ایجاد ساختار مبتنی بر بازار سه بستر شامل مکانیسم توسعهٔ پاک (MDC)، اجرای مشترک[1] (IJ) و تجارت انتشار[2] (TE) را تعبیه نموده است. مکانیسم توسعهٔ پاک تنها مکانیسمی است که کشورهای درحال توسعه می‌توانند در آن مشارکت داشته باشند [۵]، و بر اساس دو هدف پایه‌گذاری شده است: کمک به کشورهای درحال توسعه جهت دستیابی به توسعهٔ پایدار و کمک به کشورهای توسعه یافته در جهت عمل به تعهدات کاهش انتشار پروتکل. طبق این مکانیسم کشورهای توسعه یافته می‌توانند از گواهی‌های کاهش انتشار[3](REC) حاصل از این پروژه‌ها

1. Joint Implementation
2. Emission Trading
3. Certified Emission Reduction

برای عمل به تعهدات خود در قبال پروتکل کیوتو استفاده کنند؛ به‌طوری که برای کاهش هر یک تن معادل CO_2، یک CER اختصاص می‌یابد. در مقابل، کشورهای درحال توسعه از فروش گواهی‌های کاهش انتشار و همچنین از انتقال تکنولوژی حاصل از انجام این پروژه‌ها توسط کشورهای توسعه یافته به کشور خود نفع خواهند برد [۶و۷]. از سوی دیگر تخمین زده شده است که کشورهای درحال توسعه منشأ حدود ۷۰ درصد از افزایش انتشار جهانی دی اکسید کربن در دورهٔ زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۳۰ خواهند بود و این امر سبب به وجودآمدن انگیزه‌های جهانی در جهت انجام پروژه‌های MDC می‌شود [۸و۹].

جمهوری اسلامی ایران به عنوان یک کشور درحال توسعه در سال ۱۳۷۵ به عضویت کنوانسیون تغییرات آب و هوا درآمد. قانون الحاق ایران به پروتکل کیوتو نیز در سال ۱۳۸۴ به تأیید شورای نگهبان رسید. کشور ایران به دلیل نفت‌خیزبودن آن می‌تواند بازار مناسبی برای کشورهای توسعه‌یافته جهت رسیدن به اهداف پروتکل باشد. یکی از مهمترین پتانسیل‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (متان و دیاکسید کربن) در ایران، صنعت گاز و به ویژه بخش انتقال گاز می‌باشد. در این مقاله، راهکارهای مختلف کاهش انتشار مناسب با منابع انتشار مختلف و شدت انتشار آنها در این صنعت معرفی شده‌اند. همچنین، هریک از این راهکارها از نظر فنی مورد ارزیابی قرار گرفته و کلیهٔ محاسبات مربوط به میزان کاهش انتشار، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه و هزینهٔ عملیات جاری آنها بررسی شده‌اند. سپس مزایا و معایب راهکارهای کاهش انتشار مورد مطالعه قرار گرفته و با تعریف چهار معیار در سه سطح، کلیهٔ راهکارها اولویت‌بندی شده‌اند.

۲- فناوری‌های کاهش انتشار

فناوری‌های کاهش انتشار به‌فراخور موارد کاربردی آن‌ها در تأسیسات و تجهیزات مختلف، به سه گروه خطوط لوله، ایستگاه‌ها و ابزار دقیق دسته‌بندی شده و در ادامه به توضیح هریک از این فناوری‌ها پرداخته شده است.

۲-۱- فناوری‌های کاهش انتشار در خطوط لولهٔ انتقال گاز

استفاده از تکنیک پمپ گاز به خط لولهٔ فشار پایین با استفاده از کمپرسور سیار قبل از مراحل تعمیر می‌تواند موجب افزایش بازدهی و صرفهٔ اقتصادی شده و هدررفت را کاهش دهد. استفاده از کمپرسورهای برخط[1] با توجه به عدم نیاز به هزینه‌های سرمایه‌گذاری راه‌حلی مناسب به نظر می‌رسد. با استفاده از این روش می‌توان ۹۰ درصد گاز خط لوله را بازیابی کرد. در سال ۲۰۰۴، شرکت‌های گازی با بازیابی ۰/۷۱میلیارد مترمکعب گاز نزدیک به ۸۲ میلیون دلار سودآوری داشته‌اند [۱۰].

یکی دیگر از روش‌های جلوگیری از انتشار شدید گاز متان به هنگام از سرویس خارج‌کردن خط لوله، استفاده از توپک و گاز ورودی خنثی به‌منظور پرج خط لوله می‌باشد. به‌طور معمول، توپک‌ها برای حذف آب و هیدروکربن‌های مایع‌شده و نیز گرفتگی‌های جدارهٔ داخلی لوله استفاده می‌شوند تا از افت فشار و کاهش دبی گاز جلوگیری کنند. با توجه به گزارش‌های ارائه‌شده در برنامهٔ کاهش نشر گاز متان، یکی از شرکت‌های زیرمجموعه در بررسی روی این روش توانسته است در یک خط لوله با قطر ۱۰ اینچ و طول ۲ مایل سالانه ۱۵/۳ میلیون مترمکعب از نشر گاز طبیعی جلوگیری کند [۱۱].

پوشش کامپوزیتی می‌تواند بدون خارج‌کردن لوله از خط عملیاتی مورد استفاده قرار گرفته و برای خوردگی‌های خارجی و عیوب غیرنشتی نظیر حفره‌ها و دندانه‌ها مناسب باشد. در این روش نیاز به قطع‌کردن جریان و خارج‌کردن لوله از خط از بین رفته و در نتیجه گاز طبیعی نیز به اتمسفر تخلیه نمی‌شود. پوشش کامپوزیتی، تنش حلقوی در مناطق معیوب لوله را به یک لایهٔ پرکننده با قدرت فشرده‌سازی بالا که دور لوله چسبیده شده منتقل می‌کند. پوشش‌های کامپوزیتی نیازی به پیچ‌شدن یا جوش داده‌شدن ندارند [۱۲].

استفاده از پلاگ هوشمند از خارج‌شدن مقدار زیادی گاز در مواقع اضطراری در بخش‌های طولانی خط لوله (هر بخش به طول تقریبی ۳۰ کیلومتر) جلوگیری کرده و از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌کند. به‌علاوه با استفاده از این روش خط لوله تحت فشار باقی مانده و طول عمر مفید آن افزایش می‌یابد. این سیستم از راه دور کنترل شده و در هر دو حالت خط لوله‌ها در خشکی و زیر آب کارایی دارد. پس از واردشدن پلاگ به خط لوله توسط جریان پرفشار آب یا نیتروژن، مقصد انتهایی برای توقف پلاگ در داخل خط را پس از ناحیهٔ نیازمند تعویض یا تعمیر قرار می‌دهند. پلاگ توسط وسیلهٔ هدایتگر در نقطهٔ مقصد متوقف شده و تغییر شکل مکانیکی موجب بسته‌شدن کامل خط لوله می‌شود. این امر موجب کاهش فشار در ناحیهٔ پشت پلاگ می‌شود. با خارج‌کردن آب یا گاز نیتروژن، انجام تعمیرات و تعویض تجهیزات در خط ممکن می‌شود [۱۳].

1. In-Line Compressors

۲-۲- فناوری‌های کاهش انتشار در ایستگاه‌های تقویت فشار

شرکت‌های گازی جایگزینی نشت‌بندهای تر را با نشت‌بندهای خشک به‌منظور کاهش نشر متان و هزینه‌های عملیاتی در کمپرسورها پیشنهاد کرده‌اند. به‌طوری که یکی از این شرکت‌ها توانسته است از این طریق تا ۹۷ درصد نشر گاز را کاهش داده و تنها از فروش گاز ۱۸۷۰۰۰ دلار در سال درآمد داشته باشد. نشر متان از نشت‌بندهای روغنی مابین ۲۸/۳-۵/۶۶MMCM در سال بوده که بیشتر این هدررفت از طریق دفع گاز جذب‌شده در روغن پرفشار اتفاق می‌افتد [۱۴].

بازیابی عملیات گاز از کمپرسور با نشت‌بند تر به‌جای روش جایگزینی با نشت‌بند خشک نیز پیشنهاد شده است. با اندازه‌گیری‌های به‌عمل‌آمده روی کمپرسورهای سانتریفیوژی مشخص شده است که می‌توان تا ۹۹درصد از گاز موجود در روغن نشت‌بندی که به‌طور معمول به اتمسفر تخلیه می‌شود را بازیابی کرد. استفاده از نشت‌بند خشک در کمپرسورهای جدید بسیار رایج‌تر از قبل بوده و از سیستم نشت‌بند تر ارزان‌تر می‌باشد. با این حال، استفاده از آن‌ها روی کمپرسورهای قدیمی همچنان بسیار هزینه‌بر (۵۲۰ هزار تا ۱میلیون دلار) می‌باشد [۱۶-۱۵].

وصل‌کردن شیر بلودان به جریان سوخت مصرفی از دیگر راهکارهای کاهش نشر متان و افزایش بهره‌وری می‌باشد. در این فرایند می‌بایست فشار کمپرسور آفلاین با فشار خط لولهٔ گازی برابر شود. هزینه‌های سرمایه‌گذاری به‌منظور ارتقای تجهیزات می‌تواند از ۲۰۰۰-۱۰۰۰ دلار به قیمت تمام‌شدهٔ هر کمپرسور اضافه کند. با به‌کارگیری این روش، نشر گاز متان تا ۹۰ درصد کاهش می‌یابد [۱۷].

گازهای درون کمپرسورها و لوله‌ها در هنگام آفلاین‌بودن و خارج‌شدن از خط به‌طور دستی و اتوماتیک به اتمسفر تخلیه می‌شوند. یکی از شرکت‌ها استفاده از دریچه‌های یال را به‌عنوان یک جایگزین اقتصادی در فرایندهای خاموشی اضطراری معرفی کرده که موجب کاهش نشر متان نیز می‌شود. دریچهٔ یال با یک شیر سوزنی به سرلوله پیچ شده و توانایی کاهش فشار در مواقع خاموشی اضطراری را دارد. این دریچه‌ها تا فشار ۵۰۰۰psi را تحمل کرده و دارای سایزهای مختلف می‌باشد [۸۱].

تکنولوژی ANG، بر پایهٔ جذب گاز طبیعی به‌وسیلهٔ جاذب‌هایی با خلل و فرج بالا تا فشار ۷۵۰psi، برای به‌دام‌اندازی و ذخیرهٔ گاز تخلیه‌شده به محیط، قادر به جلوگیری از نشر بیشترین میزان گاز دی‌اکسید کربن در مقایسه با روش‌های دیگری نظیر فشرده‌سازی مجدد و فلرکردن می‌باشد. گاز به‌دام‌افتاده از ایستگاه‌های کمپرسور می‌تواند مجدداً به‌منظور سوخت گازی برای گرم‌کردن آب، تولید برق در مقیاس کوچک، ژنراتورهای کمکی، جریان گاز ابتدایی به‌منظور استارت‌زدن کمپرسور و... به کار رود [۱۹].

ایجاد یک رویهٔ برنامه‌ریزی‌شده به‌منظور بازرسی مستقیم و نگهداری (DI&M) این اجزا، یک راه‌حل ساده، اثبات‌شده و مؤثر برای کاهش نشر متان می‌باشد. پیاده‌سازی این روش روی ۱۳ ایستگاه کمپرسور در آمریکا توانسته است به‌طور میانگین به‌ازای هر ایستگاه در هر سال حدود ۸۸۰۰۰ دلار سود از فروش گاز طبیعی داشته باشد که در این میان ۲۶۰۰۰ دلار به‌ازای هر ایستگاه هزینه شده است. روش بازرسی مستقیم و نگهداری بر پایهٔ بررسی همهٔ اجزای تجهیزات در ایستگاه کمپرسور در سیستم انتقال انجام می‌شود. اپراتورها ابتدا اجزای دارای نشتی را شناسایی کرده و میزان نشر آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند. هزینهٔ تعمیر برای هر نشتی با توجه به میزان گاز حفظ‌شدهٔ موردانتظار و دورهٔ بازگشت سرمایه ارزیابی می‌شود. نتایج حاصل از این بررسی‌ها و ارزیابی‌ها به‌منظور ایجاد برنامهٔ نظارت و نگهداری استفاده می‌شود [۲۰].

با توجه به پتانسیل گرمایش زمین گاز متان (۵۲ برابر دی‌اکسید کربن) پیشنهاد شده است تا با سوزاندن این گازها در فلر به‌جای تخلیه‌کردن به اتمسفر از میزان انتشار گاز متان به هوا جلوگیری شود. از یک یا دو پیلوت کوچک برای حذف گازهای مخزن، بلودان کمپرسور، جداکنندهٔ فشار پایین، شیرهای اطمینان و دیگر جریان‌ها می‌توان استفاده کرد. اگر ارزش حرارتی جریان کمتر از ۱۰۶۰۰Btu/SCM باشد، می‌بایست از جریان کمکی سوخت استفاده شود. میانگین مصرف گاز یک پیلوت ۲SCM/hr می‌باشد [۲۱].

نشر متان از نشتی‌ها یا تخلیهٔ گاز طبیعی سوخته‌نشده از یک فلر خاموش اتفاق می‌افتد. نشتی می‌تواند از میان شیر اطمینان اضطراری و شیرهای بلودان متصل به فلر رخ دهد. تکنولوژی جدید پیلوت‌های جرقه‌ای الکتریکی شبیه به گازهای خانگی جایگزین پیلوت‌های فلر مشتعل دائم یا متناوب می‌باشد. این پیلوت‌ها نیاز به قدرت الکتریکی پایینی دارند که در سایت‌های دور از دسترس توسط باتری‌های خورشیدی فراهم می‌شود، ازاین‌رو، نیاز به استفاده از سوخت گازی نیز کاهش می‌یابد [۲۲].

سیستم کنترل اتوماتیک نسبت هوا به سوخت[1] (AFR)، پارامترهای عملیاتی برای موتورهای احتراق داخلی گازی را به‌منظور کاهش مصرف سوخت و نشر گاز تنظیم و بهینه‌سازی می‌کند. این پارامترها شامل فشار و دمای هوا و میزان سوخت انتقالی به محفظهٔ احتراق می‌باشد. از جمله دیگر مزیت‌های کنترلر AFR، خطای کمتر در استارت‌ها، دمای احتراق پایین‌تر، طول عمر بالاتر موتور، هزینهٔ سوخت و نگهداری کمتر و ایمنی بالاتر می‌باشد [۲۳].

گاز جمع‌شده در کلاهک تخلیهٔ کمپرسور به‌طور معمول به اتمسفر وارد شده تا کمپرسور قبل از استارت موتور از گاز خالی باشد. گاز استفاده‌شده برای توربین استارتر نیز تخلیه می‌شود. گاز استارتر می‌تواند در مخزن پرفشار و لوله‌ها ذخیره شده یا به استارتر منتقل شود. در موارد دیگر، گاز استارتر و کلاهک به بیرون تخلیه می‌شود. کاهش تعداد دفعات استارت‌زدن موجب کاهش تخلیهٔ حجم قابل‌توجهی از گاز به اتمسفر می‌شود. سیستم‌های جرقه‌زنی ضعیف موجب افزایش تعداد دفعات استارت ناموفق در موتور شده و از به‌کارافتادن کمپرسور زمانی که پر از گاز است جلوگیری می‌کند. ازاین‌رو می‌بایست کمپرسور تخلیه شده و فرایند استارت مجدداً از ابتدا به کار گرفته شود. برنامهٔ منظم تعمیر و نگهداری می‌تواند از تعداد دفعات خاموشی و شروع به کار کمپرسور بکاهد [۲۴].

طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده، جایگزین‌کردن گاز طبیعی با هوای فشرده یا نیتروژن به‌منظور ازبین‌بردن خطرات نشر گاز طبیعی در موتورهای احتراق داخلی پیشنهاد شده است. این فرایند نیاز به یک تانک هوای فشرده یا نیتروژن داشته تا گاز موردنیاز جهت شروع حرکت موتور را فراهم کند. به‌غیر از اتصالات مخزن پرفشار، در این روش تجهیزات دیگر مانند فرایند استفاده از گاز طبیعی بوده و نیازمند تعویض نمی‌باشند [۲۵].

بهینه‌سازی فرایند انتقال گاز با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی نظیر الگوریتم ژنتیک به‌منظور حداقل‌کردن مقدار سوخت استفاده‌شده در ایستگاه‌های کمپرسور انجام می‌شود. در این بهینه‌سازی مبنای محاسبات حداکثر توان کمپرسورها در انتقال گاز بوده که با تغییردادن آن می‌توان الگویی مناسب به‌منظور خارج‌کردن برخی از ایستگاه‌ها از خط انتقال گاز به‌ازای کارکرد دیگر ایستگاه‌ها با حداکثر توان به دست آورد. تابع هدفی که در فرایند بهینه‌سازی تعریف و کمینه شده است، میزان انرژی مصرفی سیستم انتقال شامل سوخت مصرفی در توربین‌ها و برق مصرفی در کولرهای هوایی است. پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری نیز شامل نسبت فشار کمپرسورها (و به‌دنبال آن فشار گاز در ورود و خروج از ایستگاه)، دمای خروجی از کولرها و وضعیت (باز یا بسته بودن) شیرهای مسیر انتقال در نظر گرفته شده است. محدودیت‌ها گام‌به‌گام به مسئله اضافه شده و متغیربودن وضعیت شیرها در پایان به آن اضافه شده است [۲۶].

در پژوهش دیگری آرایش متعارف ایستگاه کمپرسور از ۱+۳ به ۱+۱+۲ تغییر داده شده است. در این آرایش، یکی از توربین‌های گاز حذف و به‌جای آن از توربین بخار استفاده می‌شود. بخار موردنیاز، از بازیافت حرارت خروجی از دو توربین در حال کار تأمین خواهد شد و در مصرف سوخت گازی صرفه‌جویی خواهد شد [۲۷].

۲-۳- فناوری‌های کاهش انتشار در ابزارهای کنترلی

ابزار نیوماتیک قدرت خود را از گاز طبیعی فشرده به دست آورده و در سال بالغ بر ۰/۴BCM در بخش انتقال گاز نشر متان دارند که یکی از عظیم‌ترین منابع تخلیهٔ متان به اتمسفر می‌باشند. جای‌گذاری انواع نشر بالای این ابزار با نمونه‌های نشر پایین یا بدون نشر کنونی آن می‌تواند میزان قابل‌ملاحظه‌ای از انتشار گاز جلوگیری کند. تجربیات میدانی نشان داده است که بیش از ۸۰ درصد ابزار نشر بالا می‌توانند با تجهیزات نشر پایین جایگزین شوند. به‌دلیل بالابردن دقت، کنترلرهایی که سریع‌تر فعالیت می‌کنند، گاز بیشتری را نسبت به ابزار کندتر به اتمسفر منتقل می‌کنند. با این حال، در مواردی توصیه شده است که ابزار نشر بالا، در فرایند استفاده شود [۲۸].

طرح جایگزینی کنترلرهای نیوماتیک از دیگر راهکارهای کاهش نشر متان می‌باشد. در بررسی‌های به‌عمل‌آمده استفاده از کنترلر مکانیکی به‌جای کنترلر نیوماتیک پیشنهاد شده است. متداول‌ترین ابزار کنترل مکانیکی، کنترلر سطح بوده که برای تعیین سطح سیال، ارتباط مکانیکی را بین شناور و شیر تخلیهٔ مایع برقرار می‌کند. در این روش، اطمینان‌پذیری بالا بوده و هیچ گازی نیز استفاده نمی‌شود [۲۹].

یکی دیگر از راهکارهای کاهش نشر متان در خطوط انتقال گاز ارائه‌شده توسط شرکت‌های فعال در زمینهٔ کاهش نشر گاز طبیعی، جایگزین‌کردن هوای ابزار دقیق به‌جای روند معمول استفاده از گاز طبیعی پرفشار می‌باشد که با این روش توانسته‌اند سالانه 1/98MMcm گاز طبیعی را حفظ کنند. استفاده از این راهکار در بدترین حالت، موجب بازگشت سرمایه‌گذاری‌ها در کمتر از یک سال شده و اقتصادی گزارش شده است[۳۰].

1. Air to Fuel ratio

۳- روش ارزیابی اقتصادی راهکارهای کاهش انتشار

با بررسی فنی هریک از راهکارها و با به‌دست‌آوردن میزان کاهش انتشار حاصل از اجرای هریک از این راهکارها، می‌توان شاخص‌های مهم اقتصادی اجرای هریک از آن‌ها را محاسبه نمود که عبارت‌اند از: ارزش خالص فعلی[1] (NPV) و نرخ بازده داخلی[2] (IRR).

۳-۱- ارزش خالص فعلی (NPV)

ارزش خالص فعلی (NPV) عبارت است از مجموع ارزش فعلی جریان‌های نقدی ورودی منهای ارزش فعلی کل وجوهی که در زمان حال سرمایه‌گذاری می‌شود. ارزش خالص فعلی یکی از بهترین معیارهایی است که بدان وسیله طرح‌های سرمایه‌ای را ارزیابی می‌کنند و در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش، جریان نقدینگی (درآمدها و هزینه‌ها) بر پایهٔ زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزیل می‌شود. بدین ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به‌دست‌آمدن درآمد نیز لحاظ می‌گردد. ارزش خالص فعلی در محاسبات اقتصادی و مباحث اقتصاد خرد و اقتصاد کلان، تجارت و صنعت به‌طور گسترده‌ای به کار می‌رود.

۳-۲- نرخ بازده داخلی (IRR)

نرخ بازده داخلی (IRR) معادل نرخ سودی است که سرمایه‌گذار می‌تواند با سرمایه‌گذاری در یک طرح به دست آورد. در واقع، طرح مشابه یک بانک عمل نموده و به سرمایه‌گذاری که در آن سپرده‌گذاری می‌نماید، با یک نرخ سود که همان IRR است از محل درآمد سالیانه سود ارائه می‌نماید. شاخص IRR از جمله پرکاربردترین شاخص‌های مالی است که می‌توان با استفاده از آن توجیه‌پذیری مالی طرح را در مقایسه با شرایط معمول سرمایه‌گذاری در کشور و آن صنعت خاص به دست آورد. محاسبهٔ شاخص IRR برای یک طرح در ارتباط تنگاتنگ با فرمول محاسبهٔ شاخص NPV می‌باشد. بر اساس نمودار NPV نسبت به نرخ تنزیل، شاخص نرخ بازده داخلی محل تلاقی نمودار با محور افقی می‌باشد. لذا شاخص IRR نرخ تنزیلی است که به‌ازای آن نرخ تنزیل، شاخص NPV طرح معادل صفر گردد.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- تطبیق فناوری‌های کاهش نشر با منابع نشر در انتقال گاز

ارزیابی فنی و اقتصادی راهکارهای کاهش نشر با توجه به این امر باید انجام شود که هدف از اجرای هریک از روش‌های موردنظر، کاهش انتشار از چه منبع و به چه میزان خواهد بود. بنابراین، تمامی منابع انتشار شناسایی شده و تمامی فناوری‌های کاهش انتشار مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت تا مشخص شود هریک از منابع انتشار توسط کدام‌یک از فناوری‌های کاهش انتشار قابل حذف یا محدودشدن می‌باشد. جدول ۱ منابع انتشار مناسب برای هریک از فناوری‌ها و میزان کاهش انتشار موردانتظار را ارائه می‌دهد. به‌علاوه، در این جدول مشخص شده است که هریک از راهکارها مربوط به کدام‌یک از تأسیسات انتقال گاز (خطوط لوله، ایستگاه‌ها، ابزار دقیق) می‌باشد. لازم به ذکر است که برخی از راهکارها برای بیش از یک منبع انتشار مناسب بوده و برای هریک از منابع قابلیت کاهش انتشار متفاوتی دارد. به همین دلیل در موارد این‌چنین، محاسبات اقتصادی اجرای راهکارها برای هریک از منابع انتشار به‌طور جداگانه محاسبه شده است.

1. Net Present Value
2. Internal Rate of Return

ردیف	راهکار کاهش انتشار	تأسیسات	منبع انتشار مناسب	کاهش انتشار (m^3/year)
۱	تکنیک پمپ گاز به خط لولهٔ فشار پایین (کمپرسور موبایل)	خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۳۸,۵۴۰,۲۱۶
۲	استفاده از گازهای خنثی و توپک‌ها برای پرج خط لوله	خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۴۲,۸۲۲,۴۶۳
۳	عایق کامپوزیتی برای عیوب غیرنشتی خط لوله	خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۴,۲۸۲,۲۴۶
۴	استفاده از پلاگ هوشمند (پیگ پلاگ) به‌منظور کاهش فشار خط لوله	خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۳۶,۸۲۷,۳۱۸
۵	جایگزینی نشت‌بند تر با نشت‌بند خشک در کمپرسورهای سانتریفیوژی	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۵۷,۶۷۲,۴۴۵
۶	استفاده از گاز موجود در نشت‌بند روغنی کمپرسور به‌عنوان گاز سوختی	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۶۷,۰۳۷,۹۱۱
۷	کاهش نشر در زمان خارج‌شدن توربوکمپرسور از مدار	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (تخلیهٔ توربین‌ها)	۱۱۱,۲۵۰
۸	بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	ایستگاه	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۱,۶۵۵,۴۴۸
۹			فرار نرمال شیرهای بین‌راهی	۶۹۱,۳۴۹,۶۳۶
۱۰			فرار نرمال لانچر-رسیورها	۳۷۷,۹۵۸,۳۰۰
۱۱			فرار نرمال خطوط لوله	۲۲۲,۵۹۵,۵۴۰
۱۲	نصب فلر و ابزار احتراق الکتریکی آن در ایستگاه‌های تقویت فشار	ایستگاه	فرار نرمال ایستگاه‌ها (استک‌ها)	۲,۰۶۸,۱۴۳
۱۳	طراحی مجدد سیستم‌های بلودان و خاموشی اضطراری	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (تخلیهٔ توربین‌ها)	۶۱,۸۰۶
۱۴	نصب کنترل اتوماتیک نسبت هوا به سوخت	ایستگاه	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (متان)	۲,۵۰۴,۸۵۶
۱۵	کاهش تخلیهٔ گاز با کاهش دفعات راه‌اندازی کمپرسور و بهبود احتراق	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۵,۳۸۲,۷۰۷
۱۶	جایگزینی گاز در استارترها با نیتروژن و هوا	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۱۳,۴۵۶,۷۶۹
۱۷	تکنولوژی جذب گاز طبیعی (ANG)	ایستگاه	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۳۹,۳۸۴,۵۶۶
۱۸			تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۲,۶۹۱,۳۵۴
۱۹	افزایش راندمان خطوط/ شبکه‌های انتقال گاز و کاهش مصرف سوخت در ایستگاه‌ها	ایستگاه	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (دی‌اکسید کربن)	۱۱,۴۶۳,۳۹۹
۲۰	بهبود طراحی شبکهٔ سوخت در ایستگاه‌های کمپرسور	ایستگاه	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (دی‌اکسید کربن)	۶۸,۷۸۰,۳۹۶
۲۱	استفاده از ابزار نیوماتیک با نشر پایین	ابزار دقیق	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۴۶۳,۵۲۵
۲۲	تبدیل کنترلر نیوماتیک با مکانیکی	ابزار دقیق	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۵۷۹,۴۰۷
۲۳	تبدیل گاز کنترلر نیوماتیک به هوای ابزار دقیق	ابزار دقیق	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۵۷۹,۴۰۷

جدول ۱- راهکارهای کاهش انتشار و منابع انتشار مناسب برای هریک از آن‌ها

۴-۲- محاسبات کاهش انتشار و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی

با توجه به اینکه داده‌های اقتصادی برای برخی از راهکارها از روی تجارب شرکت‌های مختلف در دنیا و به‌خصوص مجموعه‌های شرکت‌کننده در برنامهٔ استار تحت پوشش سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا تهیه گردیده است، تلاش شده است تا محاسبات و اطلاعات از بررسی‌های مختلف ارائه‌شده توسط شرکت‌های مختلف جمع‌آوری شوند. در بررسی‌های به‌عمل‌آمده هزینه‌ها از طریق ضریب قیمتی IHS برای سال ۲۰۱۴ به‌روزرسانی‌شده و برآوردهای اقتصادی موجود برای این روش‌ها اصلاح‌شده می‌باشند. همچنین، در برخی موارد استعلام قیمت از شرکت‌های سازنده انجام شده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری با توجه به فناوری‌های در دسترس در ایران و رویه‌های شرکت انتقال گاز برآورد شده‌اند.

همچنین لازم به ذکر است که این هزینه‌های به‌روزشده ابتدا با توجه به نسبت هزینه به کاهش انتشار (دلار بر مترمکعب متان) در مرجع محاسبه شده و سپس با توجه به میزان کاهش انتشار در صورت اجرا در ایران اصلاح شده‌اند. در محاسبات اقتصادی قیمت هر مترمکعب گاز معادل ۵۷۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. همچنین نرخ برابری ارز برابر با ۲۷۰۰۰ ریال برای هر دلار آمریکا در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، ۲۳ ردیف راهکار کاهش انتشار به دست آمده است که در این بخش برای هریک از این ردیف‌ها محاسبات زیر انجام شده است:

- میزان کاهش انتشار در صورت اجرای راهکار
- هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه
- هزینهٔ بهره‌برداری از راهکار کاهش انتشار (هزینهٔ عملیاتی/ جاری)

۴-۲-۱- راهکار ۱

می‌توان با این روش از ۹۰ درصد انتشار ناشی از تعمیرات خطوط لوله پیشگیری نمود، بنابراین کاهش انتشار سالانه برابر با ۳۸۵۴۰۲۱۶ مترمکعب را می‌توان انتظار داشت. با توجه به قیمت‌های دریافت‌شده از شرکت سازنده هزینهٔ خرید ۱۲ دستگاه کمپرسور موبایل برابر با ۸۴۰ میلیارد ریال می‌باشد. همچنین، با توجه به برآورد واحد بهره‌برداری شرکت انتقال گاز هزینهٔ بهره‌برداری از ۱۲ دستگاه کمپرسور (شامل هزینه‌های پرسنلی و نگهداری) سالیانه برابر با ۹میلیارد ریال می‌باشد.

۴-۲-۲- راهکار ۲

با توجه به اینکه این روش قابلیت پیشگیری از انتشار تمامی منبع نشر موردنظر را دارد، فرض می‌شود تمامی انتشار تعمیرات خطوط لوله با استفاده از این روش حذف شود که برابر با ۴۲۸۲۲۴۶۳ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیهٔ این روش ناچیز بوده و هزینهٔ جاری مربوط به دریافت خدمات تأمین و تزریق گاز خنثی (مانند نیتروژن) می‌باشد.

۴-۲-۳- راهکار ۳

با توجه به اینکه مشخص نیست کدام‌یک از تعمیراتی که بر روی خطوط لوله در سال مبنا (۱۳۹۲) انجام شده‌اند به‌دلیل رفع نشتی جزئی یا پیشگیری از نشتی بوده‌اند، نمی‌توان درصد دقیق میزان انتشار مربوط به آن‌ها را تعیین کرد. با این حال، فرض می‌شود که ۱۰ درصد انتشار ناشی از تعمیرات خطوط لوله به‌دلیل رفع نشتی یا پیشگیری از نشتی بوده است و لذا میزان کاهش انتشار در صورت استفاده از روش عایق کامپوزیتی برابر با ۴۲۸۲۲۴۶ مترمکعب در سال خواهد بود. این روش هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه نداشته و هزینهٔ جاری اجرای این روش مربوط به عایق‌های مصرفی و هزینه‌های پرسنلی می‌باشد.

۴-۲-۴- راهکار ۴

با توجه به اینکه حداکثر قطر پلاگ هوشمند (با تأمین شرکت TDW) ۴۲ اینچ می‌باشد، برای تعمیرات خطوط لوله با قطر بالاتر کارایی نداشته و تنها خطوط لوله با قطر ۲۴ اینچ یا کمتر را پوشش می‌دهد. بنابراین میزان کاهش انتشار در صورت استفاده از این فناوری حداکثر برابر با انتشار تعمیرات خطوط لوله با قطرهای ۲۴ اینچ یا کمتر خواهد بود. با توجه به برآوردهای انجام‌شده، میزان انتشار ناشی از تعمیرات خطوط لولهٔ ۴۸ و ۵۶ اینچ برابر با ۱۴ درصد از کل انتشار بوده است. بنابراین می‌توان انتظار داشت که به‌طور تقریبی ۶۸درصد از انتشار عملیات تعمیرات سالیانهٔ خطوط لوله در کل مناطق مربوط به خطوط لوله با قطرهای ۴۲ اینچ و کمتر بوده و این مقدار برابر با ۳۶۸۲۷۳۱۸ مترمکعب می‌باشد.

۴-۲-۵- راهکار ۵

تفاضل مقدار تخلیهٔ نشت‌بندهای تر موجود با مقدار تخلیه در صورتی که نشت‌بند خشک برای آن‌ها استفاده شود در اینجا منظور شده است. تعداد کمپرسورهای با سیل روغنی برابر با ۷۳ دستگاه می‌باشد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، این کمپرسورها سالانه ۷۴۴۸۶۵۶۸ مترمکعب گاز متان منتشر

می‌کنند. در صورتی که این کمپرسورها با نوعی دیگری جایگزین شوند که دارای نشت‌بند خشک باشند و با توجه به اینکه ضریب نشر نشت‌بند تر ۴۳/۴ برابر نشت‌بند خشک برآورد شده است، انتشار سالانهٔ این ۷۳ کمپرسور از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

انتشار نشت‌بندهای خشک:

$$\frac{74486568}{4.43} = 16814123 \ \frac{m^3}{yr}$$

میزان کاهش انتشار:

$$74486568 - 16814123 = 57672445 \ \frac{m^3}{yr}$$

هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیهٔ این راهکار مربوط به تهیه و نصب نشت‌بندهای خشک به‌جای تر بوده و هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار پس از نصب و راه‌اندازی ناچیز می‌باشد.

۴-۲-۶- راهکار ۶

با توجه به راهکار موردنظر، میزان کاهش انتشار حداکثر برابر با ۹۰ درصد انتشار از کمپرسورهای با نشت‌بند تر (روغنی) در حال حاضر است. انتشار متان از سیل مجموع کمپرسورها برابر با ۱۹۶۹۲۲۸۳۱ مترمکعب در سال می‌باشد که ۷۴۴۸۶۵۶۸ مترمکعب از این مقدار سهم نشت‌بندهای تر مربوط به ۳۷ کمپرسور می‌باشد. بنابراین ۹۰ درصد این مقدار برابر با ۶۷۰۳۷۹۱۱ خواهد بود. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیهٔ این راهکار مربوط به طراحی، خرید تجهیزات و نصب و راه‌اندازی سیستم‌های گازسوز در ایستگاه‌ها و استفاده از گاز نشت‌بندها در آن‌ها می‌باشد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار ناچیز است.

۴-۲-۷- راهکار ۷

با توجه به راهکار موردنظر، میزان کاهش انتشار حداکثر برابر با ۹۰ درصد انتشار ناشی از تخلیهٔ توربین‌ها در حال حاضر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تخلیهٔ توربین‌ها ۹درصد انتشار تخلیهٔ تعمیرات ایستگاه‌ها را شامل می‌شوند. بنابراین کاهش ۱۱۱۲۵۰ مترمکعب در سال انتشار گاز بدین روش قابل‌دستیابی است. با توجه به اینکه ماهیت این راهکار از نوع تغییر در دستورالعمل‌های بهره‌برداری و رویه‌های جاری است، نیازی به سرمایه‌گذاری نداشته و هزینهٔ جاری نیز ندارد.

۴-۲-۸- راهکار ۸

با استفاده از روش DI&M کل نشر فرار از منبع مربوطه حذف می‌شود که برابر با ۱۶۵۵۴۴۸ مترمکعب در سال است. هزینهٔ اولیهٔ موردنیاز برای اجرای این راهکار مربوط به تأمین ۱۰ دستگاه اندازه‌گیری شدت‌جریان نشتی (Hi-Flow Sam-pler) از تنها شرکت سازندهٔ این دستگاه در خارج از کشور می‌باشد که با توجه به استعلام قیمت انجام‌شده (هر دستگاه ۱/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال) هزینهٔ خرید، گمرک و واردات این دستگاه‌ها برابر با ۱۰ میلیارد ریال می‌باشد. هزینه‌های جاری اجرای این راهکار مربوط به هزینه‌های پرسنلی و خدماتی است که برای ده منطقهٔ عملیاتی سالانه ۲ میلیارد ریال می‌باشد.

۴-۲-۹- راهکار ۹

با استفاده از روش DI&M کل نشر فرار از منبع مربوطه حذف می‌شود که برابر با ۶۹۱۳۴۹۶۳۶ مترمکعب در سال است. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه‌ای متوجه اجرای این راهکار نمی‌باشد. هزینهٔ جاری اجرای این راهکار مربوط به خرید کیسه‌های کالیبره‌شدهٔ آنتی‌استاتیک و هزینه‌های پرسنلی می‌باشد. با توجه به قیمت تولید داخل (هر کیسه ۱۰۰/۰۰۰ ریال) و تعداد شیرهای بین‌راهی (۱۸۸۰)، هزینهٔ خرید سالانه بالغ بر ۱۸۸ میلیون ریال بوده و با توجه به هزینه‌های پرسنلی، هزینهٔ جاری اجرای این راهکار سالانه ۲/۸۸۱/۰۰۰/۰۰۰ ریال برآورد می‌شود.

۴-۲-۱۰- راهکار ۱۰

با استفاده از روش DI&M کل نشر فرار از منبع مربوطه حذف می‌شود که برابر با ۳۷۷۹۵۸۳۰۰ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه‌ای متوجه اجرای این راهکار نمی‌باشد. هزینهٔ جاری اجرای این راهکار نیز مربوط به خرید کیسه‌های کالیبره‌شدهٔ آنتی‌استاتیک و هزینه‌های پرسنلی می‌باشد. با توجه به قیمت تولید داخل (هر کیسه ۱۰۰/۰۰۰ ریال) و تعداد شیرهای بین‌راهی (۲۲۶)، هزینهٔ خرید سالانه بالغ بر ۲۶میلیون ریال بوده و با توجه به هزینه‌های پرسنلی، هزینهٔ جاری اجرای این راهکار سالانه ۲/۰۶۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال برآورد می‌شود.

۴-۲-۱۱- راهکار ۱۱

با استفاده از روش DI&M کل نشر فرار از منبع مربوطه حذف می‌شود که برابر با ۲۲۲۵۹۵۵۴۰ مترمکعب در سال می‌باشد.

هزینهٔ اولیهٔ موردنیاز برای اجرای این راهکار مربوط به تأمین ۱۰ دستگاه اندازه‌گیری شدت‌جریان نشتی از تنها شرکت سازندهٔ این دستگاه در خارج از کشور می‌باشد که با توجه به استعلام قیمت انجام‌شده (هر دستگاه ۱/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال) هزینهٔ خرید، گمرک و واردات این دستگاه‌ها برابر با ۰۱میلیارد ریال می‌باشد. هزینه‌های جاری اجرای این راهکار مربوط به هزینه‌های پرسنلی و خدمات اجرایی می‌باشد که برای کل ۰۱ منطقهٔ عملیاتی سالانه ۲میلیارد ریال می‌باشد.

۴-۲-۱۲- راهکار ۱۲

فرض می‌شود که با استفاده از سیستم فلر کل نشر تخلیه از استک‌ها حذف شده و نشر احتراقی آن‌ها در مقابل انتشار متان ناچیز می‌باشد. بنابراین ۲۰۶۸۱۴۳ مترمکعب در سال کاهش انتشار خواهیم داشت. هزینه‌های سرمایه‌گذاری اجرای این راهکار مربوط به خرید و نصب فلر و ابزار احتراقی در ایستگاه می‌باشد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار ناچیز است.

۴-۲-۱۳- راهکار ۱۳

با توجه به اینکه میزان کاهش انتشار بستگی زیادی به قطر و تعداد دریچه‌های یال نصب‌شده و طراحی مجدد سیستم‌های بلودان داشته و پارامترهای متعددی بر این امر اثرگذارند، فرض می‌شود که نشر تخلیه ناشی از تخلیهٔ توربین‌ها با استفاده از این روش‌ها تا ۵۰ درصد کاهش یابد. تخلیهٔ توربین‌ها ۹درصد انتشار تخلیهٔ تعمیرات ایستگاه‌ها را شامل می‌شوند، بنابراین میزان کاهش انتشار برابر با ۶۰۸۱۶ مترمکعب خواهد بود. هزینهٔ اولیهٔ اجرای این راهکار مربوط به خرید و نصب دریچه‌های یال بوده و هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار ناچیز می‌باشد.

۴-۲-۱۴- راهکار ۱۴

کل متان سوخته‌نشده بعد از نصب این سیستم می‌سوزد و نشر احتراقی متان حذف می‌شود که برابر با ۶۵۸۴۰۵۲ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ اجرای این راهکار مربوط به خرید و نصب کنترلر اتوماتیک نسبت هوا به سوخت بوده و هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار ناچیز است.

۴-۲-۱۵- راهکار ۱۵

نتایج استفاده از این روش نشان داده است که به‌طور متوسط برای هر توربین سالانه ۲۳۰۰۰ مترمکعب کاهش انتشار به دست می‌آید. همچنین نتایج تجربی به‌دست‌آمده از انتشار ناشی از استارت توربین‌ها در ایران نشان داده است که هر توربین به‌طور متوسط ۵۸۰۰۰ مترمکعب در سال به‌دلیل استارت‌شدن منتشر می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این روش حدود ۴۰ درصد نشر تخلیه ناشی از استارت توربین‌ها را کاهش می‌دهد که این مقدار برابر با ۵۳۸۲۷۰۷ مترمکعب در سال خواهد بود. با توجه به ماهیت این راهکار که از نوع تغییر در دستورالعمل‌ها می‌باشد، هزینهٔ سرمایه‌گذاری نیاز ندارد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری نیز متوجه این راهکار نمی‌باشد.

۴-۲-۱۶- راهکار ۱۶

با استفاده از نیتروژن و هوا کل نشر تخلیه ناشی از استارتر توربین‌ها حذف می‌شود که برابر با ۱۳۴۵۶۷۶۹ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیهٔ این راهکار مربوط به طراحی مجدد سیستم راه‌اندازی توربین، تأمین تجهیزات و نصب آن‌ها می‌باشد. هزینهٔ جاری نیز مربوط به تأمین نیتروژن و هوا در فشار بالا برای راه‌اندازی توربین است.

۴-۲-۱۷- راهکار ۱۷

فناوری ANG در مراحل ابتدایی صنعتی‌شدن است و بنابراین نتایج مشخصی از میزان کاهش انتشار با استفاده از آن در دسترس نیست. با این حال، فرض می‌شود که ۰۲درصد نشر تخلیه از سیل کمپرسورها را می‌توان بدین روش کاهش داد که برابر با ۶۶۵۴۸۳۹۳ مترمکعب در سال می‌باشد.

۴-۲-۱۸-راهکار ۱۸

فناوری ANG نیز در مراحل ابتدایی صنعتی‌شدن است و بنابراین نتایج مشخصی از میزان کاهش انتشار با استفاده از آن در دسترس نیست. با این حال، فرض می‌شود که ۲۰ درصد نشر تخلیه از استارتر توربین‌ها را می‌توان بدین روش کاهش داد که برابر با ۲۶۹۱۳۵۴ مترمکعب در سال می‌باشد.

۴-۲-۱۹- راهکار ۱۹

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش میدانی انجام‌شده در ایران، با استفاده از راهکار موردنظر میزان کاهش انتشار حداکثر تا ۵ درصد انتشار احتراقی (دی‌اکسید کربن) خواهد بود که برابر با ۱۱۴۶۳۳۹۹ مترمکعب در سال می‌باشد. با توجه به ماهیت این راهکار که از نوع تغییر در روش‌های بهره‌برداری ایستگاه‌ها می‌باشد، هزینهٔ سرمایه‌گذاری نیاز ندارد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار نیز ناچیز می‌باشد.

۴-۲-۲۰- راهکار ۲۰

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش میدانی انجام‌شده در ایران، با استفاده از راهکار موردنظر میزان کاهش انتشار حداکثر برابر با ۳۰ درصد انتشار احتراقی (دی‌اکسید کربن) خواهد بود که برابر با ۶۸۷۸۰۳۹۶ مترمکعب در سال می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در این زمینه، هزینهٔ سرمایه‌گذاری این راهکار به‌منظور کاهش ۴۰ میلیون مترمکعب گاز در سال برابر با ۷۷۰ میلیارد ریال و هزینهٔ عملیاتی آن سالانه ۳۰ میلیارد ریال می‌باشد. با توجه به پتانسیل کاهش انتشار ۶۹ میلیون مترمکعب گاز با استفاده از این راهکار در ایران، برآورد می‌شود که هزینهٔ سرمایه‌گذاری آن در حدود ۱۳۲۸ میلیارد ریال و هزینهٔ عملیاتی آن سالانه ۵۲ میلیارد ریال باشد.

۴-۲-۲۱- راهکار ۲۱

با توجه به نتایج اندازه‌گیری تجربی شدت نشر فرار در ایستگاه‌های تقویت فشار مشخص گردید که ۵۳درصد نشر فرار در ایستگاه‌ها ناشی از تجهیزات نیوماتیک است. با توجه به اینکه تقریباً ۸۰ درصد تجهیزات را می‌توان جایگزین نمود، با استفاده از روش جایگزینی تجهیزات با نشر بالا با تجهیزات با نشر پایین می‌توان در حدود ۸۰ درصد این نشر را حذف نمود که برابر با ۴۶۳۵۲۵ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری این راهکار مربوط به خرید و جایگزینی تجهیزات با نشر پایین در ایستگاه می‌باشد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار ناچیز است.

۴-۲-۲۲- راهکار ۲۲

با توجه به نتایج اندازه‌گیری تجربی شدت نشر فرار در ایستگاه‌های تقویت فشار مشخص گردید که ۵۳درصد نشر فرار در ایستگاه‌ها ناشی از تجهیزات نیوماتیک است. با استفاده از روش جایگزینی تجهیزات نیوماتیکی با تجهیزات مکانیکی می‌توان ۱۰۰ درصد این نشر را حذف نمود که برابر با ۷۰۴۹۷۵ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری این راهکار مربوط به خرید و جایگزینی کنترلرهای نیوماتیکی در ایستگاه می‌باشد. هزینهٔ عملیات بهره‌برداری این راهکار نیز ناچیز می‌باشد.

۴-۲-۲۳- راهکار ۲۳

با توجه به نتایج اندازه‌گیری تجربی شدت نشر فرار در ایستگاه‌های تقویت فشار مشخص گردید که ۵۳درصد نشر فرار در ایستگاه‌ها ناشی از تجهیزات نیوماتیک است. با استفاده از روش جایگزینی هوای ابزار دقیق به‌جای متان جهت عملکردهای کنترلی می‌توان ۱۰۰ درصد این نشر را حذف نمود که برابر با ۷۰۴۹۷۵ مترمکعب در سال می‌باشد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری این راهکار مربوط به خرید و جایگزینی تجهیزات کنترلر نیوماتیک ابزار دقیقی در ایستگاه بوده و هزینهٔ بهره‌برداری این راهکار ناچیز می‌باشد.

۴-۳- نتایج ارزیابی اقتصادی راهکارهای کاهش انتشار

با توجه به مطالب ذکرشده در خصوص هریک از راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش یا حذف منابع انتشار شناسایی‌شده و با توجه به ارزیابی‌های اقتصادی صورت‌گرفته، می‌توان شاخص‌های مهم اقتصادی اجرای هریک از آن‌ها را محاسبه نمود که عبارت‌اند از: ارزش خالص فعلی (NPV) و نرخ بازده داخلی (IRR). جدول ۲ اطلاعات مهمی را در خصوص ارزیابی اقتصادی هریک از ردیف‌های ۳۲گانه در جدول ۱ ارائه می‌دهد. این جدول ارزش صرفه‌جویی اقتصادی (به‌دست‌آمده از فروش گاز ناشی از کاهش انتشار)، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)، هزینهٔ بهره‌برداری (ریال در سال)، شاخص‌های NPV و IRR و نهایتاً زمان بازگشت سرمایه (سال) را برای هریک از ردیف‌ها ارائه می‌دهد.

ردیف	راهکار کاهش انتشار	ارزش اقتصادی صرفه‌جویی (ریال)	هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)	هزینهٔ بهره‌برداری (ریال در سال)	NPV	IRR	زمان بازگشت سرمایه
۱	تکنیک پمپ گاز به خط لولهٔ فشار پایین (کمپرسور موبایل)	۲۱۹,۶۷۹,۰۰۰,۰۰۰	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۸۲,۲۸۳,۵۱۷,۵۸۷	۲۴درصد	چهار سال
۲	استفاده از گازهای خنثی و توپک‌ها برای پرج خط لوله	۲۴۴,۰۸۸,۰۰۰,۰۰۰	۰	۳۱۲,۱۷۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۸۸,۹۷۲,۴۳۳,۳۱۳	NP	توجیه اقتصادی ندارد
۳	عایق کامپوزیتی برای عیوب غیرنشتی خط لوله	۲۴,۴۰۸,۰۰۰,۰۰۰	۰	۷,۸۴۵,۰۰۰,۰۰۰	۷۰,۲۹۵,۸۴۹,۸۱۰	NP	سرمایه‌گذاری لازم نیست
۴	استفاده از پلاگ هوشمند (پیگ پلاگ) به‌منظور کاهش فشار خط لوله	۲۰۹,۹۱۵,۰۰۰,۰۰۰	NA	NA	NP	NP	اطلاعات اقتصادی در دسترس نیست
۵	جایگزینی نشت‌بند تر با نشت‌بند خشک در کمپرسورهای سانتریفیوژی	۳۲۸,۷۳۲,۰۰۰,۰۰۰	۵۳۵,۲۷۲,۰۰۰,۰۰۰	۰	۹۴۱,۵۶۱,۳۴۶,۹۱۲	۶۱درصد	دو سال
۶	استفاده از گاز موجود در نشت‌بند روغنی کمپرسور به‌عنوان گاز سوختی	۳۸۲,۱۱۶,۰۰۰,۰۰۰	۱۷۰,۹۴۶,۰۰۰,۰۰۰	۰	۱,۴۷۶,۸۷۶,۴۶۳,۴۰۹	۲۲۴درصد	یک سال
۷	کاهش نشر در زمان خارج‌شدن توربوکمپرسور از مدار	۶۳۴,۰۰۰,۰۰۰	۰	۰	۲,۶۹۱,۳۰۲,۵۵۲	NP	سرمایه‌گذاری لازم نیست
۸	بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	۹,۴۳۶,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۳,۰۸۴,۹۲۷,۰۲۷	NP	یک سال
۹		۳,۹۴۰,۶۹۲,۰۰۰,۰۰۰	۰	۲,۱۸۸,۰۰۰,۰۰۰	۱۶,۷۱۵,۴۸۷,۲۵۴,۸۰۸	NP	
۱۰		۲,۱۵۴,۳۶۲,۰۰۰,۰۰۰	۰	۲,۰۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۹,۱۳۴,۶۲۹,۱۳۳,۲۸۰	NP	
۱۱		۱,۲۶۸,۷۹۴,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۳۶۷,۹۵۳,۵۴۱,۸۰۳	NP	
۱۲	نصب فلر و ابزار احتراق الکتریکی آن در ایستگاه‌های تقویت فشار	۱۱,۷۸۸,۰۰۰,۰۰۰	۲۷,۹۱۹,۰۰۰,۰۰۰	۰	۲۶,۳۷۰,۴۸۹,۴۴۰	۴۲درصد	سه سال
۱۳	طراحی مجدد سیستم‌های بلودان و خاموشی اضطراری	۳۵۲,۰۰۰,۰۰۰	۳۵۹,۰۰۰,۰۰۰	۰	۱,۱۹۰,۱۵۴,۲۱۰	۹۸درصد	دو سال
۱۴	نصب کنترل اتوماتیک نسبت هوا به سوخت	۱۴,۲۷۷,۰۰۰,۰۰۰	۷۲,۲۶۸,۰۰۰,۰۰۰	۰	۶۴۸,۴۵۶,۰۸۰	۱۸درصد	پنج سال
۱۵	کاهش تخلیهٔ گاز با کاهش دفعات راه‌اندازی کمپرسور و بهبود احتراق	۳۰,۶۸۱,۰۰۰,۰۰۰	۰	۰	۱۳۰,۲۱۵,۶۶۸,۱۷۷	NP	سرمایه‌گذاری لازم نیست
۱۶	جایگزینی گاز در استارترها با نیتروژن و هوا	۷۶,۷۰۳,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۵,۵۸۹,۰۰۰,۰۰۰	۲۹۶,۶۸۳,۸۸۳,۰۹۹	۱۱۷۴درصد	یک سال
۱۷	تکنولوژی جذب گاز طبیعی (ANG)	۲۲۴,۴۹۲,۰۰۰,۰۰۰	NA	NA	NP	NP	اطلاعات اقتصادی در دسترس نیست
۱۸		۱۵,۳۴۰,۰۰۰,۰۰۰	NA	NA	NP	NP	اطلاعات اقتصادی در دسترس نیست
۱۹	افزایش راندمان خطوط/ شبکه‌های انتقال گاز و کاهش مصرف سوخت در ایستگاه‌ها	۶۵,۳۴۱,۰۰۰,۰۰۰	۰	۰	۲۷۷,۳۱۶,۶۲۹,۰۴۲	NP	سرمایه‌گذاری لازم نیست
۲۰	بهبود طراحی شبکهٔ سوخت در ایستگاه‌های کمپرسور	۳۹۲,۰۴۸,۰۰۰,۰۰۰	۱,۳۲۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۱۷,۷۸۱,۸۵۷,۳۶۷	۲۴درصد	چهار سال
۲۱	استفاده از ابزار نیوماتیک با نشر پایین	۲,۶۴۲,۰۰۰,۰۰۰	۴,۲۲۸,۰۰۰,۰۰۰	۰	۷,۶۳۰,۲۲۲,۱۳۴	۶۲درصد	دو سال
۲۲	تبدیل کنترلر نیوماتیک با مکانیکی	۳,۳۰۲,۰۰۰,۰۰۰	۹,۶۲۷,۰۰۰,۰۰۰	۰	۵,۸۵۸,۱۸۰,۹۱۶	۳۴درصد	سه سال
۲۳	تبدیل گاز کنترلر نیوماتیک به هوای ابزار دقیق	۳,۳۰۲,۰۰۰,۰۰۰	۱,۶۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۰	۱۲,۶۱۳,۷۹۲,۴۲۷	۱۹۹درصد	یک سال

جدول ۲- ارزیابی اقتصادی راهکارهای کاهش انتشار مناسب برای هریک از منابع انتشار

NA: Not Available (اطلاعات در دسترس نیست)

NP: Not Practicable (اطلاعات قابل‌تعریف نیست)

۴-۴- اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار

در این بخش هریک از راهکارهای کاهش انتشار مناسب با منابع نشر که در جدول ۱ ارائه شدند، بر اساس چهار معیار ارزیابی شده‌اند که عبارت‌اند از:

دردسترس‌بودن فناوری

میزان کاهش انتشار در صورت اجرا

هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه

مدت‌زمان بازگشت سرمایه

این دسته‌بندی امکان ارزیابی سریع هریک از راهکارها را در تصمیم‌گیری‌های آتی تسهیل می‌نماید. همچنین، برای هریک از راهکارهای مناسب با منابع نشر مختلف امتیازی بین صفر تا هزار در نظر گرفته شده است. محدودهٔ امتیازات هریک از سطوح به‌ترتیب (۰-۳۰۰)، (۳۰۱-۷۰۰) و (۷۰۱-۱۰۰۰) می‌باشند. همچنین، ضریب وزنی مشخصی به هریک از معیارها نسبت داده شده تا اهمیت و تأثیرگذاری متفاوت این چهار معیار در تحلیل نهایی لحاظ گردد. تحلیل نهایی با توجه به مجموع حاصل‌ضرب امتیازات و ضرایب وزنی برای هر چهار معیار انجام شده است. تعاریف هریک از این سطوح و معیارهای ذکرشدهٔ آن‌ها به شرح جدول ۳ است. نتایج این سطح‌بندی‌ها پس از اولویت‌بندی نهایی بر اساس مجموع امتیازات وزنی در جدول ۴ ارائه شده است.

دردسترس‌بودن تکنولوژی	میزان کاهش انتشار (مترمکعب در سال)	هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)	زمان بازگشت سرمایه (سال)
وزن: ۲۷درصد	وزن: ۳۳درصد	وزن: ۲۳درصد	وزن: ۱۷درصد
لزوم خرید تجهیزات و یا فناوری خارجی	کمتر از یک‌میلیون مترمکعب در سال	بیشتر از صدمیلیارد ریال	بیشتر از سه سال
امکان پیاده‌سازی با تکنولوژی داخلی	بین یک تا ده میلیون مترمکعب در سال	بین ده تا صد میلیارد ریال	کمتر از سه سال
امکان پیاده‌سازی در سازمان	بیشتر از ده‌میلیون مترمکعب در سال	کمتر از ده‌میلیارد ریال	کمتر از یک سال

جدول ۳- تعاریف سطوح معیارهای اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار

اولویت	راهکار کاهش انتشار	منبع انتشار مناسب	دردسترس‌بودن تکنولوژی	کاهش انتشار (مترمکعب در سال)	سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)	زمان بازگشت سرمایه	مجموع امتیازات وزنی
۱	۸- بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	فرار نرمال شیرهای بین‌راهی	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۹۸۳
۲	۸- بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	فرار نرمال لانچر- رسیورها	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۹۸۳
۳	۸- بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	فرار نرمال خطوط لوله	۷۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۸۷۹
۴	۱۵- افزایش راندمان خطوط/ شبکه‌های انتقال گاز و کاهش مصرف سوخت در ایستگاه‌ها	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (دی‌اکسید کربن)	۷۰۰	۷۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۸۲۰
۵	۱۲- کاهش تخلیهٔ گاز با کاهش دفعات راه‌اندازی کمپرسور و بهبود احتراق	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۹۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۸۰۸
۶	۶- استفاده از گاز موجود در نشت‌بند روغنی کمپرسور به‌عنوان گاز سوختی	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۷۰۰	۹۰۰	۳۰۰	۹۰۰	۷۰۸
۷	۷- کاهش نشر در زمان خارج‌شدن توربوکمپرسور از مدار	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (تخلیهٔ توربین‌ها)	۹۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۶۷۶
۸	۸- بازرسی مستقیم و نگهداری در ایستگاه‌های تقویت فشار (DI&M)	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۷۰۰	۳۵۰	۹۰۰	۹۰۰	۶۶۴.۵
۹	۱۳- جایگزینی گاز در استارترها با نیتروژن و هوا	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۳۰۰	۷۰۰	۸۵۰	۹۰۰	۶۶۰.۵
۱۰	۳- عایق کامپوزیتی برای عیوب غیرنشتی خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۳۰۰	۵۰۰	۸۵۰	۱۰۰۰	۶۱۱.۵
۱۱	۱۰- طراحی مجدد سیستم‌های بلودان و خاموشی اضطراری	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (تخلیهٔ توربین‌ها)	۹۰۰	۵۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۷۴.۵

اولویت	راهکار کاهش انتشار	منبع انتشار مناسب	دردسترس‌بودن تکنولوژی	کاهش انتشار (مترمکعب در سال)	سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)	زمان بازگشت سرمایه	مجموع امتیازات وزنی
۱۲	۱۶- بهبود طراحی شبکهٔ سوخت در ایستگاه‌های کمپرسور	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (دی‌اکسید کربن)	۷۰۰	۸۰۰	۱۰۰	۳۰۰	۵۲۷
۱۳	۹- نصب فلر و ابزار احتراق الکتریکی آن در ایستگاه‌های تقویت فشار	فرار نرمال ایستگاه‌ها (استک‌ها)	۷۰۰	۳۵۰	۶۵۰	۳۵۰	۵۱۳.۵
۱۴	۱۹- تبدیل گاز کنترلر نیوماتیک به هوای ابزار دقیق	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۳۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۴۹۷
۱۵	۵- جایگزینی نشت‌بند تر با نشت‌بند خشک در کمپرسورهای سانتریفیوژی	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۳۰۰	۸۵۰	۲۰۰	۵۰۰	۴۹۲.۵
۱۶	۱۴- تکنولوژی جذب گاز طبیعی (ANG)	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (سیل کمپرسورها)	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۴۵۱.۵
۱۷	۲- استفاده از گازهای خنثی و توپک‌ها برای پرج خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۶
۱۸	۱- تکنیک پمپ گاز به خط لولهٔ فشار پایین (کمپرسور موبایل)	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۳۰۰	۸۰۰	۱۰۰	۳۰۰	۴۱۹
۱۹	۱۱- نصب کنترل اتوماتیک نسبت هوا به سوخت	احتراقی نرمال ایستگاه‌ها (متان)	۶۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۲۵۰	۴۱۴
۲۰	۱۷- استفاده از ابزار نیوماتیک با نشر پایین	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۳۰۰	۱۰۰	۸۵۰	۵۰۰	۳۹۴.۵
۲۱	۴- استفاده از پلاگ هوشمند (پیگ پلاگ) به‌منظور کاهش فشار خط لوله	تخلیهٔ تعمیرات خطوط لوله	۱۵۰	۸۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۹۰
۲۲	۱۸- تبدیل کنترلر نیوماتیک با مکانیکی	فرار نرمال ایستگاه‌ها (تجهیزات)	۳۰۰	۱۰۰	۷۵۰	۳۵۰	۳۴۶
۲۳	۱۴- تکنولوژی جذب گاز طبیعی (ANG)	تخلیهٔ نرمال ایستگاه‌ها (استارتر توربین‌ها)	۲۵۰	۳۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۳

جدول ۴- اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار بر اساس مجموع امتیازات وزنی

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بالاترین اولویت در بین راهکارهای کاهش نشر پیشنهادی به اجرای روش بازرسی و تعمیرات مستقیم (DI&M) برای شیرهای بین‌راهی (با ۹۸۳ امتیاز) اختصاص یافته است. همچنین، اجرای این روش برای لانچر-رسیورها و خطوط لوله به‌ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته است. کمترین امتیاز (۳۰۳) به استفاده از فناوری ANG برای جذب گازهای خروجی استارترهای توربین تعلق یافته و آن را در پایین‌ترین سطح اولویت قرار داده است. لازم به ذکر است اولویت‌بندی انجام‌شده در اینجا بر اساس هزینه‌ها و شرایط وضع موجود بوده، اما سطح‌بندی انجام‌شده از قطعیت بالاتر و پایداری بیشتری برخوردار است و امکان مقایسهٔ روش‌های مختلف از نقطه‌نظر چهار معیار ذکرشده را تسهیل می‌نماید.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله راهکارهایی جهت کاهش انتشار از هریک از منابع انتشار تأسیسات و تجهیزات انتقال گاز در ایران شناسایی و معرفی و در سه گروه مربوط به خطوط لوله، ایستگاه‌ها و ابزار دقیق دسته‌بندی شدند. در مجموع ۲۳ راهکار مختلف که با به‌کارگیری ۱۹ فناوری یا دستورالعمل مختلف که برای تأسیسات مختلف قابل به‌کارگیری هستند، شناسایی و ارزیابی شدند. بررسی راهکارهای جدید کاهش انتشار و انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌ها به‌منظور کاربرد در تأسیسات انتقال گاز و همچنین انجام مطالعات مقدماتی امکان‌سنجی فنی و اقتصادی هریک از این روش‌ها از دیگر مراحل محقق‌شده در این مقاله می‌باشد. هریک از این راهکارها بر اساس دردسترس‌بودن فناوری، میزان کاهش انتشار در صورت اجرا، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه و مدت‌زمان بازگشت سرمایه به سه سطح تقسیم‌بندی‌شده و بین صفر تا ۱۰۰۰ امتیازدهی شدند. تحلیل نهایی با توجه به مجموع حاصل‌ضرب امتیازات و ضرایب وزنی برای هر چهار معیار انجام شده است. نتایج نشان دادند که بالاترین اولویت در بین راهکارهای کاهش نشر به اجرای روش بازرسی و تعمیرات مستقیم (DI&M) برای شیرهای بین‌راهی اختصاص یافته است. همچنین، اجرای این روش برای لانچر-رسیورها و خطوط لوله به‌ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته است. کمترین امتیاز نیز به استفاده از فناوری ANG برای جذب گازهای خروجی استارترهای توربین تعلق یافت.

۷- مراجع

[1] United Nations, "Prototype Global Sustainable Development Report (Online unedited edition)", New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 2014.

[2] James, Paul, with Magee, Liam, Scerri, Andy, Steger, Manfred B., "Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability", London: Routledge, 2015.

[3] Circles of Sustainability Urban Profile Process and Scerri, Andy, James, Paul, "Accounting for Sustainability: Combining Qualitative and Quantitative Research in Developing 'Indicators' of Sustainability", International Journal of Social Research Methodology 13 (1): 41–53. DOI: 10.1080/13645570902864145, 2010.

[4] Ruddiman, W.F., "The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago", Climate Change 61 (3): 261–293, 2003.

[5] IPCC, "Glossary J-P. In (book section): Annex I. In: Climate Change 2007: Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (B. Metz et al. Eds.)", Cambridge University Press, Cambridge, U.K., and New York, N.Y., U.S.A. Retrieved 2010-04-23, 2007.

[6] Timilsina, G.R., Shrestha, R.M., "General Equilibrium Effects of a Supply Side GHG Mitigation Pption under the Clean Development Mechanism", Journal of Environmental Management, 80, 327–41, 2006.

[7] Dagoumas, A.S., Papagiannis, G.K., Dokopoulos, P.S., "An Economic Assessment of the Kyoto Protocol Application", Energy Policy, 34, 26–39, 2006.

[8] OECD, "Environment Directorate, Environment Policy Committee, Working Party on Global and Structural Policies, Environmental Benefits of Foreign Direct Investment: a Literature Review", OECD, Paris, 2002.

[9] Fecher, R.S., Winkler, H., Mwakasonda, S., "Energy and the World Summit on Sustainable Development: What Next?", Energy Policy, 33: 99–112, 2005.

[10] "Using Pipeline Pump-Down Techniques to Lower Gas Line Pressure before Maintenance", USA: Environmental Protection Agency, 2006.

[11] Hadick, C., Scherello, A., "Avoiding Climate-damaging Methane Emissions During Pipeline Repairs Open Grid Europe", 2011.

[12] "Composite Wrap for Non-Leaking Pipeline Defects", USA: Environmental Protection Agency, 2007.

[13] "Smart Solutions for Subsea Pipeline Blockages", vol. 2014, USA: Offshore Technology, 2012.

[14] "Replacing Wet Seals with Dry Seals in Centrifugal Compressors", USA: Environmental Protection Agency, 2006.

[15] Smith, R., "Routing Centrifugal Compressor Seal Oil De-gassing Emissions to Fuel Gas as an Alternative to Installing Dry Seals", Global Methane Initiative All-Partnership Meeting BP, 2011.

[16] Robinson, D., "US EPA's Natural Gas STAR International: An Overview of Emission Reduction Best Practices 1st Asia Pacific Global Methane Initiative Oil & Gas Sector Workshop", 2011.

[17] "Reducing Emissions When Taking Compressors Off-line", USA: Duke Energy Gas Transmission, 2004.

[18] "Yale closures", vol. 2014. USA: CVI solutions.

[19] Law, C.Y., Brown, M., Lam, Y.V., Judd. R., Briggs, I., "Alternatives to Venting of Natural Gas", International Gas Union Research Conference United Kingdom: GL Noble Denton, 2011.

[20] "Direct Inspection and Maintenance at Compressor Stations" USA: Environmental Protection Agency, 2004.

[21] "Install Flares", vol. PRO Fact, Sheet No. 904, USA: Environmental Protection Agency, 2006.

[22] "Install Electronic Flare Ignition Devices", vol. PRO Fact, Sheet No. 903, USA: Environment Protection Agency, 2006.

[23] "Install Automated Air/Fuel Ratio Controls", vol. PRO Fact, Sheet No. 104, USA: Environmental Protection Agency, 2006.

[24] "Reduce Natural Gas Venting with Fewer Compressor Engine Startups & Improved Engine Ignition", vol. PRO Fact, Sheet No. 102. USA: Environmental Protection Agency, 2006.

[25] "Replace Gas Starters with Air or Nitrogen", vol. PRO Fact, Sheet No. 101, USA:

Environmental Protection Agency, 2006.
[26] گلشن، ح.، بهبهانی، ر.، «افزایش راندمان و بهره‌وری شبکهٔ انتقال گاز»، دانشگاه صنعت نفت، ۱۹۳۱.
[27] بهبهانی، ر.، گلشن، ح.، بررسی توابع هدف اقتصادی، تست و راه‌اندازی موتور بهینه‌ساز و آزمایش بر روی ایستگاه نمونه، پروژهٔ پژوهشی شرکت ملی گاز ایران، ۱۹۳۱.
[28] "Options for Reducing Methane Emissions from Pneumatic Devices in the Natural Gas Industry", USA: Environmental Protection Agency, 2006.
[29] "Convert Pneumatics to Mechanical Controls", vol., Sheet No. 301, USA: Environmental Protection Agency, 2006.
[30] "Convert Gas Pneumatic Controls to Instrument Air", USA: Environmental Protection Agency, 2006.

Techno-economic Prioritization of Emission Reduction Methods in Iranian Gas Transmission Facilities

Kazem Kashefi [1] *, Seyyed Shayan Saif [2], Mohammad Sadegh Yousefzadegan [2], Fatemeh Goudarzond Chegini 1, Hamid Bonyad [3], Saeed Paxrarsh [3]

1- Iran, Tehran, Research Institute of Petroleum Industry,

2-Iran, Tehran, Academic Center of Education Culture & Research, Tehran Branch,

3-Iran, Tehran, Iranian National Gas Company, 4-Iran, Tehran, Iran Gas Transmission Company

Email: kashefik@ripi.ir

Abstract:

In this article, 23 methods for emission reduction in gas transmission facilities including compression stations, transmission pipelines and valve stations have been assessed based on operability, technical feasibility and cost-effectiveness. Emission reduction potential, payback period, capital and operating costs have been considered as the main criteria, based on which all methods have been categorized in three levels. Weight factors were considered for each criterion to quantify the ultimate analysis and prioritization based on total score. Net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and added value were also considered to precise the economic calculations. The results showed that Direct Inspection and Maintenance (DI&M) for valve stations possessed the highest priority, followed by DI&M for launcher-receivers and pipelines. The use of Absorbed Natural Gas (ANG) technique for turbine starter exhaust acquired the lowest score among other methods.

Keywords:
Emission Reduction, Greenhouse Gases, CDM, Gas Transmission.