نقش سنجش از دور و روش‌های هوایی درکشف نشت از خطوط لوله گاز طبیعی

مهندس مژده ابراهیمی کیا
کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری، دانشگاه تهران

مهندس حمید عنایتی
کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

امروزه میزان مصرف انرژی در کشور ایران بطور چشمگیری افزایش یافته است. انرژی گاز یکی از مهمترین آنها بشمار می‌آید. مصرف گاز تا سال‌های آینده بطور فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت و خطوط انتقال آن نیز بسرعت رو به گسترش است.

طول این خطوط در شبکه گاز رسانی به هزاران مایل نیز می‌رسد و اطمینان یابی و کشف بموقع نقص هر بخش از خطوط لوله مهم و ضروری است. این مقاله مروری بر تکنولوژی کنونی کشف نشت از خطوط لوله گاز دارد و نقش سنجش از دور و استفاده از روش‌های هوایی را در کشف این مهم خاطر نشان می‌نماید.

در بخش اول روش‌های متفاوت کشف نشت که در خطوط لوله گاز بکار می‌رود بطور مختصر مرور می‌شود و در بخش دوم به روش‌های نوری و استفاده از سنجش از دور و روش‌های هوایی جهت کاهش هزینه و سرعت انجام نشت یابی مناطق وسیع پرداخته می‌شود. در پایان، ضمن جمع‌بندی، روش‌های کشف نشت با هم مقایسه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: شبکه گازرسانی، روش‌های هوایی، سنجش از دور، نشت در خطوط لوله گاز.

روش‌های کشف نشت گاز

روش‌های متفاوتی جهت کشف نشت‌های خط لوله گاز از جستجو و تفسیر دستی با استفاده از سگ‌های آموزش دیده تا تصویربرداری فراطیفی ماهواره‌ای وجود دارد[۱] ، [۲].

روش‌های متفاوت بطور کلی می‌توانند به دو دسته روش‌های غیرنوری و روش‌های نوری تقسیم شوند.

روش‌های غیرنوری اولیه شامل:

مراقبت صوتی[۳] ، [٤]
نمونه‌برداری از گاز [٥]
مراقبت خاکی [٦]
مراقبت جریان [۸] ، [۷]
مدل‌سازی دینامیک بر مبنای نرم‌افزار [۹] ، [۱۰]

روش مراقبت صوتی:

در این روش از سنسورهای نشر صوتی برای شناسایی نشت‌ها بر مبنای تغییرات در پترن نویزی پس زمینه استفاده می‌شود. بنابراین نشت گاز که بطور معمول در رنج صوتی ۲۵ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز منتشر می‌شود به آسانی در رنج صوتی محیط پس‌زمینه که بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز است شناسایی می‌شود. سیستم‌های مورد استفاده در این روش با اینکه قادر به شناسایی غلظت گاز نیستند اما با توجه به نرخ صوت میزان نرخ یا سرعت نشت که به دو عامل فشار و اندازه نشت بستگی دارد، اندازه‌گیری می‌شود. کارکرد این سیستم‌ها در محیط باز تحت شرایط آب و هوایی است و ممکن است گاز منتشر شده توسط باد قبل از برخورد به دیتکتورهای دستگاه و اعلام هشدار پراکنده شوند. مزایای این سیستم شامل کشف موقعیت نشت‌ها و عدم تماس لوله می‌باشد. این تکنولوژی قادر به شناسایی نشت‌های کوچکی که نشرهای صوتی بلندتر از نویز پس‌زمینه تولید نمی‌کنند نمی‌باشد و تلاش‌ها برای شناسایی این نشت‌ها منجر به اعلام هشدارهای اشتباه زیادی می‌شود [۱۱].

نگاره ۱: نمونه‌ای از ابزار صوتی کشف نشت گاز [۱۲]

روش‌های نمونه‌برداری گاز :

در این روش نمونه‌برداری گاز جهت کشف متان یا اتان با استفاده از یک دیتکتور یونیزاسیون شعله انجام می‌شود که قابلیت جابجایی دستی و یا قرارگیری بر اتومبیل را دارد. نخستین مزیت روش‌های نمونه‌برداری گازی این است که حساسیت بالایی به مقادیر بسیار کم گاز دارند.

بنابراین حتی نشت‌های بسیار جزئی با این روش قابل شناسایی هستند. این روش همچنین مصون از هشدارهای اشتباه است. اما از معایب این روش کندی و محدود بودن به نواحی محلی است که میله جستجوگر آن در آن نواحی حرکت داده می‌شود و بنابراین هزینه مراقبت خطوط لوله بزرگ بدین روش بسیار بالا است [۱۱].

نگاره۲: نمونه‌هایی از ابزارهای نمونه‌برداری گاز[۱۲]

روش مراقبت خاکی:

در روش مراقبت خاکی، خط لوله ابتدا با مقدار اندکی از ماده شیمیایی ردیاب آغشته می‌شود. این ماده در محل نشت تراوش می‌کند و این مورد با کشیدن یک ابزار در طول سطح بالای خط لوله شناسایی می‌شود. مزیّت این روش شامل احتمال خطای بسیار کم در شناسایی و حساسیت بالا می‌باشد. ولی در این روش نگهداری از آنجا که مواد ردیاب باید بطور پیوسته استفاده شود بسیار هزینه بر است. بعلاوه نمی‌تواند برای کشف نشت‌های حاصل از انفجار بکار رود.

روش مراقبت جریان:

وسایل مراقبت جریان نرخ تغییرات فشار یا جریان ماده را در مقاطع متفاوت از خط لوله اندازه‌گیری می‌کنند. اگر نرخ تغییرات در دو موقعیت لوله بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد یک نشت بالقوه را نشان می‌دهد. مزایای اصلی این سیستم شامل هزینه پایین و عدم تماس لوله است و معایب آن شامل عدم توانایی در شناسایی موقعیت نقطه‌ای محل نشت و نرخ بالای هشدارهای اشتباه می‌باشد.

نگاره ۳: نمونه‌ای از دستگاه کشف نشت گاز براساس اندازه‌گیری جریان گاز [۱۲]

روش مدل‌سازی دینامیک:

این روش بر مبنای نرم‌افزار پارامترهای جریان متفاوتی را در موقعیت‌های متفاوتی از خط لوله کنترل می‌کند. این پارامترها سپس جهت تعیین نشت‌های گاز طبیعی در خط لوله به یک مدل داده معرفی می‌شوند. مزایای اصلی این سیستم شامل قدرت آن در نگهداری پیوسته و عدم تماس لوله است. به هرحال روش‌های مدل‌سازی دینامیک نرخ هشدارهای اشتباه بالایی دارند و برای نگهداری شبکه بزرگی از خطوط، گران قیمت هستند[۱۱].

روش‌های نوری کشف نشت گاز

روش‌های نوری کشف نشت به دو دسته فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند. روش‌های فعال ناحیه بالای خط لوله را با لیزر یا منبع انرژی پهن باند روشن می‌کند. جذب یا پراکنشی که بوسیله مولکول‌های گاز بالای سطح ایجاد می‌شود بوسیله یک آرایه‌ای از سنسورها در طول موج‌های مشخص کنترل می‌شود اگر جذب یا پراکنش مهمی بالای یک خط لوله وجود داشته باشد احتمال نشت داده می‌شود.

روش‌های اصلی مراقبت فعال نوری شامل طیف سنجی جذب لیزر دیود قابل تنظیم[۱](TDLAS)، فلورسنس تهییج شده لیزر[۲](LIF)، طیف سنجی Anti-Raman منسجم[۳](CARS)، طیف سنجی فراسرخ تبدیل فوریه [۴](FTIR) و سنجش محوشوندگی.

روش‌های مراقبت فعال نشت گاز با سیستم‌های زیر قابل دستیابی هستند [۱۱]:

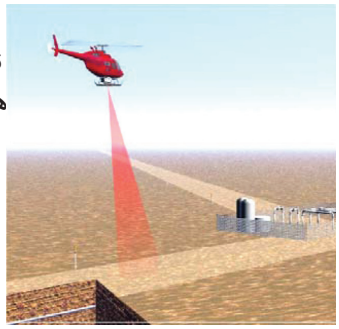
- سیستم‌های لیدار
- جذب لیزر دیودی
- جذب پهن باند
- سنجش محو شوندگی
- سیستم‌های رادار
- تصویربرداری پس پراکنش

سیستم‌های لیدار و جذب لیزر دیودی :

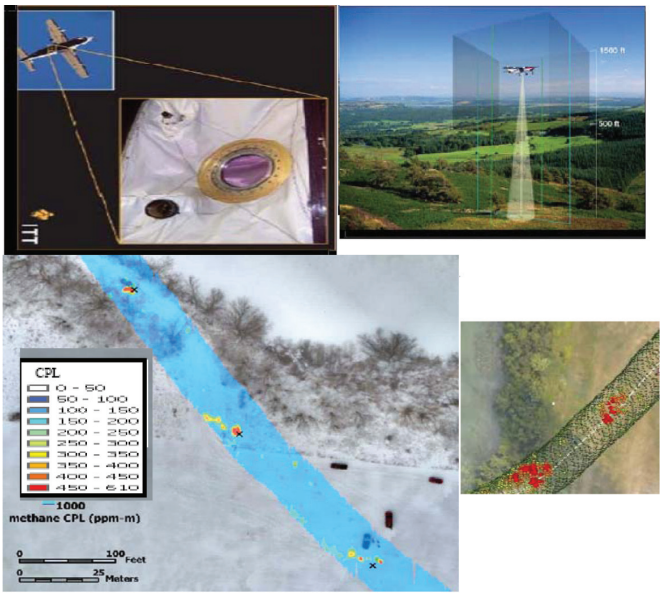
سیستم‌های لیدار از یک لیزر پالس ارسالی بعنوان منبع روشنایی استفاده می‌کنند. جذب انرژی لیزر در طول مسیر با استفاده از یک دیتکتور کنترل می‌شود. در جذب لیزر دیودی نیز تکنولوژی یکسانی بکار می‌رود، با این اختلاف که لیزرهای دیودی بجای لیزرهای پالس بسیار گرانقیمت استفاده می‌شوند. اگر در این سیستم‌ها تنها یک طول موج استفاده شود سیستم، مستعد اعلام هشدارهای اشتباه می‌باشد زیرا لیزر بخوبی بوسیله ذرات گرد و غبار جذب می‌شود. این سیستم‌ها بصورت هوابرد و یا دستی قابل استفاده هستند[۱۳] که در حالت هوابرد امکان برداشت مقاطع زیادی از خطوط لوله وجود دارد. طول موج مورد استفاده می بایست در محدوده جذب و واکنش مولکول‌های ماده مورد نظر (متان) باشد. گاز متان دارای دو طول جذب عمده ۳/۳ و ۷/۶ میکرومتر می‌باشد [۱۳] و بنابراین از محدوده مادون قرمز موج با طول موج مناسب جذب این گاز استفاده می‌شود. به عنوان مثال در تهیه نوعی (PRMD)[۵] یا وسیله کشف قابل حمل گاز متان که از لیزرهای دیودی استفاده می‌کند با توجه به آنکه امکان ساخت این لیزرها با طول موج بالای ۲/۲ میکرومتر مشکل است از محدوده دیگر طول موج (۱/۶۵میکرومتر)که جذب قوی توسط مولکول‌ها دارد استفاده می‌شود [۱۳]. در استفاده از لیزر در کشف‌های هوایی شرکت‌های مختلفی اقدام به بکارگیری سیستم‌های لیزری بر هلیکوپتر و یا هواپیما کرده‌اند از جمله این شرکت‌ها خدمات‌دهنده می‌توان به LaSen ALPIS , ITT,Aviation Technology Services (ATS) Pergam–Suisse، اشاره کرد. در سیستم کشف هوایی [۶](ALPIS) نور لیزر مادون قرمز میانه از لیزر نصب شده برروی هلیکوپتر به سمت پایین بر روی خطوط لوله مدفون شده فرستاده می‌شود و نور منعکس شده از زمین توسط گیرنده دریافت می‌شود، در صورت وجود گاز این نور تضعیف شده است. میزان نور جذب شده توسط مولکول‌های گاز منتشر شده بیانگر میزان نشت و وجود نشت در محل ارسال نور لیزر است. در استفاده از این سیستم هلیکوپتر در ارتفاع ۱۵۰ تا ۵۰۰ فوت بالای سطح زمین و با سرعت بالای ۶۰ مایل در ساعت پرواز می‌کند و همچنین پهنای اشعه لیزر۴۰ درجه می‌باشد. نور لیزر در دستگاه‌های نصب شده به هلیکوپتر می‌تواند به زمین ارسال

شود (نگاره ۵) و یا در سیستم‌های ATS داخل یک لوله که در زیر هلیکوپتر نصب است از میان هوای منطقه عبور داده شود.

نگاره۴: نمونه‌ای از یک دستگاه کشف لیزری قابل حمل گاز متان[۱۳]



نگاره ۵: سیستم لیزری هوایی(ALPIS)[۱۵]



نگاره ۶: سیستم لیزری نصب بر روی هواپیما (ITT)- نگاره پایین سه محل نشت با نرخ ۴ $SCFM^{۷}$ است که توسط این سیستم درنیویورک

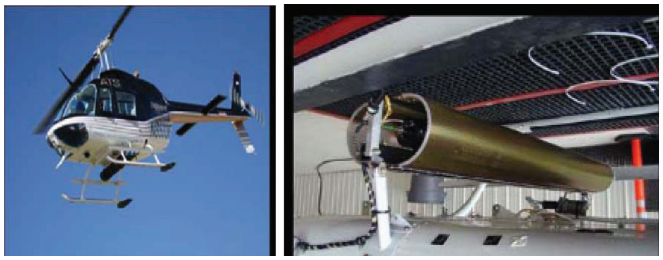
در استفاده از این سیستم هلیکوپتر ۲۵ تا ۵۰ فوت بالای سطح زمین و با سرعت ۵۰ مایل در ساعت پرواز می‌کند (نگاره۷). همچنین سیستم لیزری می‌تواند بر زیر هواپیما نصب شود که شرکت ارائه کننده آن (ITT) در کنار سیستم لیزر و سیستم تعیین موقعیت از یک دوربین ویدئو و یک دوربین تصویربرداری فتوگرامتری با قدرت تفکیک بالا جهت شناسایی بهتر منطقه و نواحی نشت استفاده کرده است. در این سیستم هواپیما با سرعت بالای ۱۰۰ مایل در ساعت بر بالای خطوط لوله پرواز می‌کند [۱۴] و پهنای اشعه لیزر ۱۰۰ درجه است. داده‌های جمع آوری شده سپس پردازش می‌شوند و هشدارهای اشتباه تا حد امکان کسر شده و فرمبرداری و GIS Ready مکان‌های نشت بدست می‌آید. همچنین با استفاده از نرم‌افزارهای فتوگرامتری تصاویر اخذ شده ارتو و موزاییک می‌شوند و نقاط نشت بر روی آنها مشخص می‌شوند[۱۴]. از سیستم‌های هوایی دیگر، استفاده از نمونه‌بردارهای گازی است که بر هلیکوپتر نصب می‌شوند و جهت نمونه‌برداری می‌بایست حدود ۲۵ تا ۵۰ فوت بالای محل نشت پرواز شود[۱۵] در این روش محفظه‌ای لوله مانند به زیر هلیکوپتر متصل می‌شود تا نمونه‌های گاز وارد این محفظه شود. سپس با گذر نور لیزر از آن و تغییرات جذب مقدار وغلظت گاز حاصل می‌شود.

سیستم‌های جذب پهن باند:

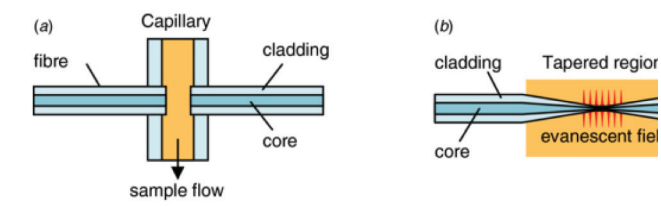
این سیستم‌ها از لامپ‌های ارزان قیمتی بعنوان منبع روشنایی استفاده می‌کنند که بطور عمده هزینه سیستم‌های فعال را کاهش می‌دهد. بعلاوه عمل کنترل نشت در چندین طول موج قابل دستیابی است و بنابراین، این سیستم کمتر دچار اعلام هشدارهای اشتباه است.

سنجش محو شوندگی:

در این روش یک فیبر نوری در طول لوله قرار می‌گیرد وقتی گاز طبیعی خارج شود تغییرات محلی در فشار یا غلظت، تغییری را در ارسال نوری فیبر ایجاد می‌کند. این تغییر در خصوصیات ارسال بوسیله لیزر و دیتکتورهای نوری کنترل می‌شود[۱۱].



نگاره ۷: استفاده از نمونه‌بردارهای گازی در سیستم های هوا ATS[۱۵] کشف شده است[۱۶]



نگاره ۸: a) در معرض جریان گاز قرار گرفتن فیبر نوری b) تغییر ایجاد شده در فیبر نوری[۱۷]

سیستم‌های رادار:

از آنجا که متان بسیار سبک‌تر از هوا است این اختلاف چگالی با تغییر ضریب شکست نور همراه می‌باشد [۱۸].در سیستم های رادار با طول موج میلی‌متری یک علامت راداری بالای خطوط لوله، علامتی جهت کشف نشت است.

تصویربرداری پس پراکنش:

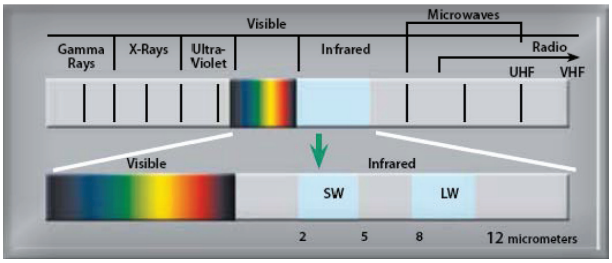
این روش از یک لیزر دی‌اکسیدکربن برای روشن نمودن ناحیه‌رویی خط لوله استفاده می‌کند. گاز طبیعی نور لیزر را بشدت پخش می‌کند و این پخش شدگی با استفاده از یک تصویربرداری فروسرخ یا یک دیتکتور فروسرخ اسکنر تصویربرداری می‌شود. سیستم‌های فعالی که از یک منبع انرژی جهت عکس‌برداری استفاده می‌کنند را می‌توان بر روی وسایل نقلیه متحرک و یا هواپیما قرار داد. مزیّت این سیستم‌ها این است که توان پایش نشت منطقه وسیع حتی در غیاب اختلاف حرارت میان گاز و محیط پیرامون را دارند. بعلاوه این تکنیک‌ها رزولوشن مکانی و حساسیت بالایی حتی در شرایط خاص دارند. دو عیب عمده این روش‌ها هزینه بالای بکارگیری و احتمال بالای اعلام هشدار اشتباه می‌باشد. بعضاً این سیستم‌ها به اپراتور مجرب نیاز دارد و بنابرآنکه از لیزرهای قوی استفاده می‌شود نمی‌توان بدون نظارت از آن استفاده کرد.

مراقبت نشت گاز طبیعی براساس تکنیک‌های غیرفعال مشابه روش‌های فعال در بسیاری جهات است. تفاوت اساسی میان روش‌های فعال و غیرفعال آن است که روش‌های غیرفعال به منبعی احتیاج ندارند و نور بازتابی از گاز طبیعی و یا نور حاصل از محیط اطراف منبع انرژی محسوب می‌شود و از این لحاظ ارزان‌ترند. ولی از آنجا که منبع تابشی قوی در این نوع سیستم‌ها وجود ندارد به دیتکتورها و تصویربردارهای بس گران‌تری احتیاج است.

دو نوع عمده از سیستم‌های غیرفعال که برای مراقبت از نشت گاز از خطوط لوله بکار می‌روند تصویربرداری حرارتی و تصویربرداری چند طیفی می‌باشد.

تصویربرداری حرارتی نشت گاز طبیعی از خطوط لوله بسبب اختلاف دما میان گاز طبیعی و محیط اطرافش شناسایی می‌شود و این روش قابل استفاده از وسایل نقلیه متحرک، هلیکوپتر است که توان پوشش صدها مایل از خطوط لوله را هر روز دارند. معمولاً تصویربردارهای گران‌قیمت حرارتی نیاز به برداشت اختلاف دمای کوچک میان گاز منتشر شده و محیطش را دارند. چشم تنها محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس را می‌بیند در حالی که بخش مادون قرمز که ناشی از گرما یا حرارت اجسام است توسط لامسه حس می‌شود و هر شیئی که بالای صفر مطلق دما دارد تابشی در این محدوده دارد و هر قدر جسم گرم‌تر باشد تابش بیشتری در این محدوده دارد[۱۹].

به‌سبب آنکه مولکول‌های گاز متان انرژی در طول محدوده مادون قرمز را جذب می‌کند گاز نشت یافته بشکل دود در این تصاویر دیده می‌شود[۱۵]. دوربین های تصویر برداری حرارتی را می‌توان بر روی هلیکوپتر نصب کرد و از منطقه پرواز فیلم تهیه کرد (نگاره۱۱). در این سیستم‌ها تشخیص نشت گاز بر مبنای دید بصری اپراتور است[۱۵].



نگاره ۹: طیف الکترومغناطیس و محدوده مادون قرمز SW

نگاره ۱۰: تشخیص نشت گاز (محل فلش‌ها) با استفاده از دوربین‌های حرارتی

نگاره ۱۱: دوربین حرارتی بر روی هلیکوپتر

رزولوشن دوربین‌های حرارتی بطور قابل توجهی کمتر از دوربین‌های با تصویر مرئی و اکثراً دارای ۱۶۰*۱۲۰ پیکسل و یا ۳۲۰*۲۴۰پیکسل هستند. تصاویر این دوربین‌ها دارای یک کانل رنگی هستند زیرا طول موج‌های متفاوت محدوده مادون‌قرمز را برای ایجاد تصویر رنگی مجزا نمی‌کند اما برای تشخیص تفاوت دمایی نقاط مختلف با توجه به تغییرات دما می‌توان تصویر را به رنگ‌های سفید، قرمز، زرد تا مشکی برای سردترین ناحیه تقسیم بندی کرد[۲۰]. تصویربرداری چندطیفی یا فراطیفی می‌تواند در هر دو حالت جذب یا نشر انجام شود. برای بدست آوردن غلظت‌های گاز با استفاده از نشر چند طیفی دمای گاز می‌بایست از هوای اطرافش بیشتر باشد. از این اندازه‌گیری‌ها در گذشته برای بدست آوردن غلظت‌های نقطه‌ای محصولات داغ استفاده می‌شد. تصویربرداری جذب چند طیفی از جذب بازتابش پس‌زمینه در چندین طول موج برای آنکه مستقیماً غلظت گاز را حتی در غیاب اختلاف دما میان گاز و هوای اطراف تصویر کنند. این روش برای مراقبت نشت گاز در تنظیمات صنعتی با موفقیت استفاده شده است و نیاز به تشخیص طیفی دقیق گاز دارد تا از مواد اطرافش تمیز داده شود.

به هرحال تصویربرداری طیفی و یا فراطیفی نوعاً از تصویرگرهای بسیار حساس و گران‌قیمتی استفاده می‌کنند. در استفاده از تصویر به جهت آنکه تصاویر فراطیفی قدرت تفکیک طیفی بالاتری از تصاویر چند طیفی دارند جهت تشخیص نشت مواد هیدروکربنی بیشتر استفاده می‌شوند. در

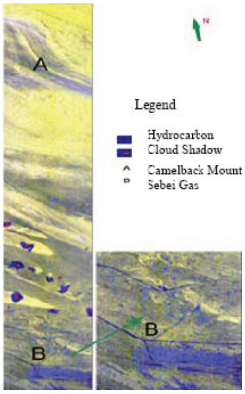
این روش جهت تشخیص نشت عمدتاً طول موج‌های۱۷۵۰nm-۱۷۲۰ و ۲۳۵۰nm-۲۳۱۰ که مواد هیدروکربنی جذب بالایی در آن دارند مورد توجه است و حتی جذب در محدوده ۲۳۵۰nm-۲۳۱۰ بیشتر است اما این محدوده با محدوده جذب مواد معدنی دیگر مثل کالکیت مشترک است[۲۱]. دانشگاه ویرجینیا آمریکا در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ با استفاده از تصاویر فراطیفی هوایی AVIRIS با ۲۲٤ باند توانست نشت‌های اندک و چندین میادین نفت و گاز را در کالیفرنیا تشخیص دهد[۲۲].

بزرگ‌ترین مزیّت روش‌های غیرفعال آن است که آنها می‌توانند از زمین، وسیله نقلیه، هواپیما و یا سکوهای ماهواره استفاده شوند. بنابراین مقاطع طولانی از خطوط لوله می‌توانند برای نشت‌های گاز نسبتاً به آسانی پایش شوند. بعلاوه سیستم‌های غیرفعال چند طیفی نسبتاً مصون از هشدارهای اشتباه هستند و می‌توانند جهت پایش از دور استفاده شوند.

در تصویربرداری حرارتی و چندطیفی برای تشخیص جذب مادون قرمز در سیستم‌های غیرفعال، دیتکتورها باید بسیار حساس باشند و این آرایه‌های مادون‌قرمز که اساس کار هستند بسیار گران می‌باشند و این بزرگ‌ترین عیب روش‌های فوق است[۱۱].

جدول۱: مقایسه روش‌های مختلف شناسایی نشت گاز

روش	خصوصیت	مزیت	عیب
سنسورهای صوتی	شناسایی نشت براساس نشر صوت	قابل حمل موقعیت تعریف شده، پایش پیوسته	هزینه بالا مستعد هشدارهای اشتباه نامناسب برای نشت های کوچک
نمونه‌برداری از گاز	از دیتکتور یونیزاسیون شعله استفاده می‌شود	بدون هشدار اشتباه بسیار حساس قابل حمل	زمانبر گران قیمت، کاربر
مراقبت خاکی	شناسایی مواد شیمیایی که به خط لوله اضافه شده است	بسیار حساس بدون هشدار اشتباه، قابل حمل	نیازمند مواد شیمیایی و در نتیجه گران قیمت، زمانبر
مراقبت جریان	پایش تغییر فشار و یا جریان ماده	هزینه کم پایش پیوسته، توسعه یافته	مستعد هشدارهای اشتباه ناتوان در مقابل نشت‌های نقطه‌ای
مدل‌سازی دینامیک	پارامترهای جریان مراقبت مدلسازی می‌شوند	قابل حمل پایش پیوسته	مستعد هشدارهای اشتباه گران قیمت
جذب لیدار	مراقبت جذب لیزر مادون قرمز ارسال شده	پایش از دور حساس قابل حمل	منابع گران قیمت تنظیم دشوار طول عمر کوتاه سیستم
جذب لیزر دیود	جذب لیزرهای دیود مراقبت می‌شوند	پایش از دور قابل حمل فاصله طولانی	مستعد هشدارهای اشتباه منابع گران طول عمر کوتاه سیستم
جذب پهن باند	پایش از طریق جذب لامپ‌های پهن باند	قابل حمل پایش از دور، فاصله طولانی	مستعد هشدارهای اشتباه طول عمر کوتاه سیستم
سنجش محو شوندگی	مراقبت از تغییرات در فیبر نوری مدفون	پایش راحت فواصل طولانی	مستعد هشدارهای اشتباه سیستم گران قیمت
سیستم رادار موج میلیمتری	شناسایی علائم رادار بالای خطوط لوله	پایش از دور، قابل حمل	گران قیمت
تصویربرداری پس پراکنش	گاز طبیعی با لیزر دی اکسید کربن روشن می‌شود	پایش از دور قابل حمل	گران قیمت
تصویربرداری حرارتی	پایش غیرفعال از اختلافات حرارتی	عدم نیاز به منبع انرژی قابل حمل، پایش از دور	دیتکتور گران نیازمند به اختلاف دما
تصویربرداری چند طیفی	پایش غیرفعال با استفاده از تصویربرداری چند طیفی	عدم نیاز به منبع انرژی قابل حمل پایش از دور امکان انتخاب سکوهای متفاوت	دیتکتورهای گران تفسیر داده دشوار



نگاره ۱۲: تشخیص نواحی تراوش مواد هیدروکربن(نواحی آبی رنگ) از تصویر فراطیفی Hyperion

جمع‌بندی

روش‌های مختلف و متنوعی برای شناسایی نشت گاز وجود دارد و هر روش مزایا و معایبی دارد که بطور کلی در جدول ۱ آمده است. اکثر روش‌های غیرنوری اگرچه دقت بالایی در کشف نشت دارند اما هزینه بر بوده و استفاده از آنها برای پایش طول‌های بلند خطوط لوله دشوار است. با توجه به محدوده گسترده خطوط لوله به منظور پایش مناطق به طریق سریع‌تر می‌توان از سیستم‌های هوابرد و استفاده از لیزر در محدوده مادون‌قرمز میانه و یا تصاویر هوایی و ماهواره‌ای فراطیفی و یا رادار استفاده کرد اما در شناسایی نشت گاز بطریق هوایی و استفاده از روش‌های غیر فعال همچون تصویربرداری علیرغم در نظر گرفتن شرایط مناسب جهت پرواز یعنی عدم وزش باد بسیار شدید و یا باران‌های شدید می‌بایست به تکنولوژی مورد استفاده و میزان باد در منطقه توجه کرد چنانکه سیستم‌های ITT در باد با سرعت کمتر از ۱۲ مایل در ساعت، در سیستم‌های ALPIS باد با سرعت بیش از ٤٥ مایل بر ساعت نتایج صحیح می‌دهند. در سیستم‌های تصویربرداری و از جمله حرارتی که براساس دید اپراتور است، از آنجا که باد به سرعت گاز نشت یافته را پخش می‌کند شناسایی گاز سخت و یا ناممکن می‌شود.

منابع و مآخذ

[1]Carlson B. N., 1993, "Selection and use of pipeline leak detection methods for liability management into the 21st century", Pipeline Infrastructure II, Proceedings of the International Conference of the American Society of Chemical Engineers, ASCE.

[2]Scott, S.L., and Barrufet, M.A., 2003, "Worldwide Assessment of Industry Leak Detection Capabilities for Single& Multiphase Pipelines," Project Report Prepared for the Minerals Management Service, OTRC Library Number: 8/03A120, University of Texas, Austin.

[3] Hough J.E., 1988, "Leak testing of pipelines uses pressure and acoustic velocity", Oil and Gas Journal, vol. 86, pp. 35-41.

[4]Klein W. R., 1993, "Acoustic leak detection", American Society of Mechanical Engineers, Petroleum Division, 1993, vol.55, pp. 57-61.

[5]Sperl J. L., 1991, "System pinpoints leaks on Point Arguello offshore line", Oil and Gas Journal, September Issue, pp. 47-52.

[6]Tracer Research Corporation, 2003, Patent Product described in the Website of Tracer Research Corporation, www.tracerresearch.com.

[7]Turner N. C., 1991, "Hardware and software techniques for pipeline integrity and leak detection monitoring", Proceedings of Offshore Europe 91, Aberdeen, Scotland.

[8]Bose J. R., and Olson M. K., 1993, "TAPS's leak detection seeks greater precision", Oil and Gas Journal, April Issue, pp. 43-47.

[9]Griebenow G., and Mears M., 1988, "Leak detection implementation: modelling and tuning methods", American Society of Mechanical Engineers, Petroleum Division, vol. 19, pp. 9-18.

[10]Liou J. C. P., and Tian J., 1994, "Leak detection: a transient flow simulation approach", American Society of Mechanical Engineers, Petroleum Division, vol.60, pp. 51-58.

[11]Natural Gas Leak Detection in Pipelines, Yudaya Sivathanu, U.S. Department of Energy.

[12]http://www.directindustry.com/prod/hans-schmidt-co/ultrasonic-leak-detectors-34081-445554.html

[13] Iseki T, Tai H and Kimura K 2000 A portable remote methane sensor using a tunable diode laser Meas. Sci. Technol. 11 594-602 .

[14] Airborne Natural Gas Emission LIDAR (ANGEL) Service,Jeff Wible,
Image Scientist, ITT Space Systems Division.

[15] Airborne Leak Detection, Comparing Technologies.

[16] ANGEL Service Airborne Natural Gas Emission LIDAR , Dan Brake, EPA Natural Gas STAR Program, Annual Implementation Workshop, Houston, Texas, 24 October 2006

[17] Optical gas sensing: a review,Jane Hodgkinson and Ralph P Tatam 2013 Meas. Sci. Technol. 24 012004

[18] Radar Detection and Monitoring of Gas Pipeline Leaks, Sami Gopalsami, Anuj Dron, Tom Elmer, and Paul Raptis, Energy Technology Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA, September 16 - 17, 2002.

[19]Thermal imaging cameras for optical gas imaging (OGI) and furnace inspections.

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera.

[21] Study on oil-gas reservoir detecting methods using hyperspectral remote sensing. Qingjiu Tian, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia

[22] Heather Freeman. Evaluation of the use of hyperspectral imagery for identification of microseeps near Santa Barbara, California[R/OL]. California,Sep.26, 2003.

پی‌نوشت

1- Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy
2- Laser Induced Fluorescence
3- Coherent Anti-Raman Spectroscopy
4- Fourier Transform Infrared Spectroscopy
5- Portable Remote Methane Detector
6- Airborne Lidar Pipeline Inspection Service
7- Standard Cubic Feet Per Minute