اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

ارزیابی ریسک خطوط انتقال گاز با استفاده از روش سامانه شاخص‌گذاری در محیط GIS

فریده رضایی نوده[1*]، محمد کریمی[2] ، موسی جباری قره باغ[3]، امیرحسین عسگریان[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
۲- استادیار گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
۳- استادیار گروه ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE) دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۴- رئیس سیستم جامع خطوط (GIS & PIMS) لوله شرکت انتقال گاز ایران

چکیده :

رشد بی‌سابقه‌ی شهرها، سبب بالاتر رفتن میزان مصرف گاز و در نتیجه، افزایش تراکم شبکه‌ی خط لوله‌ی گاز شده است. با گسترش و متراکم‌تر شدن شبکه‌ی خط لوله، سوانح ناشی از نشت گاز نیز افزایش می‌یابد. بنابراین خطوط لوله عامل خطری برای محیط و جامعه‌ی پیرامون خود می‌باشند. برای برآورد ریسک خطوط لوله‌ی گاز معمولاً از روش سامانه شاخص‌گذاری استفاده می‌شود. این روش به برآورد ریسک با استفاده از دو شاخص مخاطرات کل و شاخص اثرات نشتی می‌پردازد. هریک از شاخص‌ها متشکل از چندین زیرشاخص است که نشان‌دهنده‌ی عوامل عمده‌ی بروز خرابی در شبکه‌ی خط لوله‌ی گاز می‌باشند. با به کارگیری تحلیل‌های مکانی می‌توان موقعیت، وضعیت و نحوه‌ی تغییرات مکانی هر فاکتور را در مجاورت خط لوله بررسی نمود و برآورد ریسک خط لوله‌ی گاز را ارتقا داد. در این تحقیق، برای افزایش دقت مطالعات، سامانه شاخص‌گذاری با توانایی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکپارچه شده است. همچنین از GIS، به عنوان یک موتور محاسباتی برای تولید امتیاز برای هر شاخص استفاده شده است. مدل توسعه داده شده بر روی قسمتی از خط لوله‌ی پنجم سراسری گاز، به عنوان بزرگ‌ترین خط لوله‌ی انتقال گاز ترش ایران، به طول ۵۰ کیلومتر، پیاده‌سازی شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از GIS سبب افزایش دقت فرآیند برآورد ریسک شده است.

واژه‌های کلیدی : خط لوله گاز، شاخص مخاطرات کل، شاخص اثرات نشتی، تحلیل‌های مکانی، خط لوله پنجم سراسری.

نویسنده مکاتبه کننده : فریده رضایی نوده
آدرس پستی : تهران، میدان سپاه، خیابان برادران باباخانلو، کوچه میناسرشت
تلفن : ۰۹۱۱۳۷۱۵۰۱۲
آدرس پست الکترونیک : faride.rezaee68@gmail.com

۱- مقدمه

همزمان با رشد بی‌سابقه‌ی شهرها و توسعه‌ی صنعت، گاز یکی از پر مصرف‌ترین منابع انرژی گشته و در نتیجه شبکه‌ی خط لوله‌ی گاز متراکم‌تر شده است. با گسترش و متراکم‌تر شدن شبکه‌ی خط لوله، سوانح ناشی از نشت گاز نیز افزایش یافته، از این جهت در سال‌های اخیر مساله‌ی امنیت و ریسک خط لوله بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اگر خط لوله دچار سانحه‌ای شود، پیامدهایی از قبیل آتش‌سوزی، انفجار و انتشار گازهای سمی را در پی خواهد داشت، که تهدیدی برای امنیت انسان‌ها، صنایع، زیرساخت‌ها، املاک و محیط زیست می‌باشند. واضح است که پیشگیری بهتر از درمان است. بنابراین، به منظور جلوگیری و کاهش خسارات ناشی از این گونه حوادث، ارائه یک روش تجزیه و تحلیل ریسک ضروری است. چنین روشی به شناسایی مناطق با احتمال وقوع حوادث گاز بالا و افراد تحت تاثیر این حوادث کمک می‌نماید [۱].

عموما ریسک به صورت احتمال ایجاد ضرر توسط یک رویداد و مقدار بالقوه‌ی آن ضرر، تعریف می‌شود [۲]. بر طبق این تعریف، ریسک زمانی افزایش می‌یابد که احتمال آن رویداد و یا میزان ضرر ناشی از آن، افزایش می‌یابد. در مدل-سازی ریسک خط لوله، معمولاً دو دیدگاه برآورد ریسک در دو مرحله‌ی طراحی و بهره‌برداری خط لوله لحاظ می‌شود. در دیدگاه اول آنالیز ریسک پایه و اساس علمی برنامه‌ریزی ایمن برای طراحی خط لوله‌ی جدید می‌باشد و هدف حفظ فاصله‌ی ایمنی بین خط لوله‌ی گاز و مناطق حساس، در جهت به حداقل رساندن میزان ریسک می‌باشد. در دیدگاه دوم، شبکه‌ی انتقال گاز یک زیرساخت درحال بهره‌برداری است که تغییر ساختار آن دشوار است. از طرفی مشخصات خط لوله و محیط اطراف در طی زمان در حال تغییر است، بنابراین بهره برداران باید درجهت پایش خطوط لوله اقدام کنند و نحوه‌ی تغییرات فاکتورهای تاثیرگذار در بروز سوانح خط لوله را، در گذر زمان بررسی نمایند [۳]. در این تحقیق دیدگاه دوم مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر برای ارزیابی ریسک خطوط لوله‌ی گاز، دو روش کیفی و کمی بیشتر مورد توجه می‌باشد. روش کمی به برآورد ریسک با استفاده از شبیه‌سازی عددی، شامل محاسبات کمی احتمالات وقوع سوانح مختلف و پیامدهای آن‌ها می‌پردازد. نتایج این روش دقیق‌تر است ولی محاسبات مقادیر ریسک زمان‌برتر است. در روش کیفی مقدار عددی ریسک، با استفاده از یک سیستم شاخص مبتنی بر داده‌های اولیه‌ی خط لوله برآورد می‌شود. منظور از داده‌های اولیه، طول خط لوله، قطر، مداخلات خارجی، مشخصات گاز دورن خط لوله و غیره می‌باشد. خروجی این روش مقدار کیفی ریسک می‌باشد. این روش عوامل شکستگی بیشتری را مد نظر می‌گیرد و نیاز به داده‌های اولیه‌ی بیشتری نیز دارد [۴]. در این تحقیق روش کیفی مورد توجه قرار گرفته است. برای ارزیابی کیفی ریسک خطوط، روش‌های متعددی از جمله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۵]، منطق فازی [۶، ۷]، مدل درخت خطا (FTM) [۸]و تحلیل پوششی داده‌ها [۹] پیشنهاد شده است. با این حال، این روش‌ها بیشتر بر روی شناسایی عوامل نشت گاز متمرکز است و برای ارزیابی ریسک قابل استفاده نمی باشند.

مالبایر[1] در سال ۲۰۰۴ روش سامانه‌ی شاخص‌گذاری را برای برآورد ریسک خطوط لوله‌ی انتقال گاز ارائه نمود که خروجی آن نمره‌ی ریسک نسبی می‌باشد. در این روش، ابتدا پتانسیل شکستگی خط لوله در قالب دو فاکتور مخاطرات کل و فاکتور اثرات نشتی برآورد شده است. هر یک از فاکتورها دارای چندین زیرفاکتور می‌باشند که به هر کدام، یک مقدار عددی طبق نظر کارشناس نسبت داده می‌شود. مقدار نهایی ریسک از تقسیم نمایه‌ی مخاطرات کل بر نمایه‌ی اثرات نشتی محاسبه می شود. ضعف این روش نمره‌دهی ذهنی توسط کارشناس خبره می‌باشد [۲]. جباری و همکارانش در سال ۲۰۰۸ از روش نمایه سازی برای برآورد ریسک خطوط لوله‌ی کلر ماهشهر استفاده نمودند [۱۰] جمشیدی و همکارانش یک سیستم استنتاج فازی را برای برآورد ریسک خط لوله‌ی گاز، توسعه دادند. هدف آن‌ها،

[1] . Muhlbauer

ارائه‌ی یک روش جدید بر اساس ترکیب روش‌های امتیاز خطر نسبی و سیستم استنتاج فازی، به منظور ایجاد یک مدل مطمئن و دقیق‌تر برای کنترل ریسک خط لوله می‌باشد[۷].

در اکثر تحقیقات گذشته فاکتورهای موثر در ریسک با توجه به نظریات خبرگی امتیازدهی شده‌اند و فقط یک عدد ثابت که حاکی از ارزش آن فاکتور در میزان ریسک می‌باشد، به هر قسمت از خط لوله نسبت داده شده است. در واقع مقدار دهی بصورت کریسپ بوده و نحوه‌ی تغییرات فاکتورهای مکانی با افزایش فاصله از خط لوله بررسی نشده است. فاکتورهای موثر در ریسک خطوط لوله‌ی گاز، جابجایی زمین، بهره برداری نادرست، خوردگی، نقص ساختاری و مداخلات شخص ثالث می‌باشند، که ماهیت مکانی دارند. از این رو با به کارگیری تحلیل‌های مکانی می‌توان موقعیت، وضعیت و نحوه‌ی تغییرات مکانی هر فاکتور را در مجاورت خط لوله بررسی نمود و برآورد ریسک خط لوله‌ی گاز را ارتقا داد. همچنین با استفاده از GIS می‌توان خطوط پر خطر را مشخص نمود و فواصل ایمن در مجاورت خط لوله را در قالب نمودار و نقشه نمایش داد و در جهت پیشگیری از آسیب‌های جدی و بررسی کاربری زمین استفاده نمود. بدین‌ترتیب امکان شناسایی مناطق با ریسک بالا و مدیریت بهتر تاسیسات خط لوله میسر می‌گردد [۳].

در این تحقیق، برای افزایش دقت مطالعات، سامانه شاخص گذاری با توانایی های سامانه اطلاعات جغرافیایی یکپارچه شده است. همچنین از GIS، به عنوان یک موتور محاسباتی برای تولید امتیاز برای هر شاخص استفاده شده است. مدل توسعه داده شده بر روی قسمتی از خط لوله پنجم سراسری گاز که به عنوان بزرگ‌ترین خط لوله انتقال گاز ترش ایران به طول ۵۰ کیلومتر پیاده سازی شد.

در این مطالعه ابتدا به مبانی نظری برآورد نسبی ریسک پرداخته شده است. در این خصوص پس از بررسی منطقه مورد مطالعه، روش سامانه شاخص‌گذاری و دو شاخص مخاطرات کل و اثرات نشتی با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است. سپس در بخش سوم مراحل پیاده‌سازی بر روی قسمتی از خط لوله‌ی انتقال گاز سراسری تشریح شده و در انتها نتایج تحقیق آورده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

ارزیابی کیفی ریسک، فرآیند تحلیل نسبی پتانسیل‌های ایجاد خرابی در خط لوله و میزان بالفعل شدن ریسک‌های موجود در پروژه و همچنین حساسیت‌سنجی و بررسی میزان آسیب‌پذیری محیط پیرامون می‌باشد. این روش شامل شناسایی محیط زیست تحت تاثیر نشت گاز، شبیه‌سازی زمانی و مکانی پخش شدن گاز، بررسی و ارزیابی اجزای مهم اکولوژیک با در نظر گرفتن حساسیت‌های محیط زیستی، تضمین کمیت ریسک بر طبق استانداردهای موجود و شناسایی اقدامات کاهش پتانسیل خرابی خط لوله می‌باشد. در ادامه به مبانی روش سامانه شاخص‌گذاری پرداخته شده است [۲، ۴].

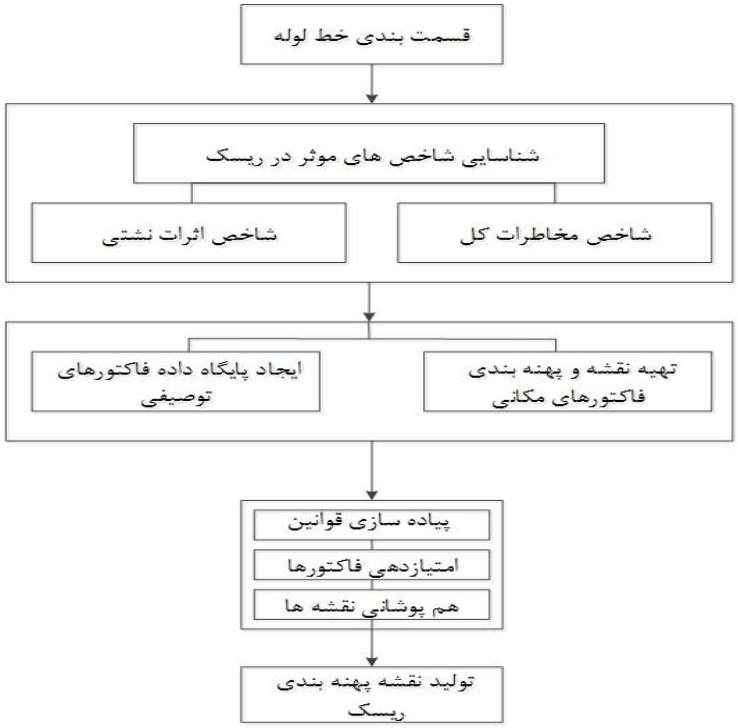
۲-۱- مبانی روش سامانه شاخص‌گذاری در برآورد ریسک خط لوله

مرحله‌ی نخست در ارزیابی ریسک با استفاده از روش سامانه شاخص‌گذاری، شناسایی عوامل خرابی خط لوله می‌باشد. پتانسیل خرابی خط لوله را می‌توان در چند گروه شاخص دسته‌بندی نمود. عوامل مرتبط با ویژگی‌ها و مشخصات طراحی، پارامترهایی از قبیل فشار، قطر و ضخامت دیواره‌ها می‌باشند که سبب نقص ساختاری خط لوله می‌گردند. این عوامل در قالب شاخص طراحی و بهره‌برداری نادرست قرار گرفته‌اند. همچنین گروه عوامل بیرونی و محیطی شامل پارامترهایی از قبیل کاربری زمین، تراکم جمعیت و عوامل موثر در خودگی در قالب شاخص مداخلات شخص ثالث و خوردگی قرار داده شده است. هر یک از شاخص‌ها از چندین زیرشاخص تشکیل شده است. برای هر زیرشاخص یک بازه‌ی امتیازدهی طبق نظر کارشناسی اختصاص داده شده است. امتیازات نسبت داده شده به هر زیرشاخص بیانگر میزان اثرگذاری آن در بروز سوانح در هر قسمت از خط لوله می‌باشد. خروجی این روش مقدار عددی ریسک نسبی

برای هر قسمت از خط لوله می‌باشد[۲، ۱۱]. در این روش هر قسمت از خط لوله، نتایج برآورد ریسک مخصوص به خود را خواهد داشت. از این رو قسمت‌بندی خط لوله نیاز ضروری در فرآیند برآورد ریسک می‌باشد، که در بخش ۲-۲-۱ به آن پرداخته شده است.

۲-۲- مدلسازی برآورد ریسک خط لوله

بر اساس بررسی‌های انجام شده، تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی ریسک شامل ۳ مرحله‌ی اصلی است که به اختصار در شکل (۱) آورده شده است. ابتدا خط لوله قسمت‌بندی شده و عوامل خرابی خط لوله شناسایی می‌شوند. این عوامل در دو گروه مخاطرات کل و اثرات نشتی دسته‌بندی می‌شوند. سپس با توجه به نوع فاکتور مکانی و یا توصیفی، قوانین امتیازدهی بر روی آن پیاده‌سازی می‌شود و نقشه‌ی پهنه‌بندی ریسک تولید می‌شود.



شکل ۱. فلوچارت روش سامانه شاخص‌گذاری

مراحل اصلی روش برآورد کیفی ریسک با جزئیات بیشتر، به شرح ذیل بررسی شده است.

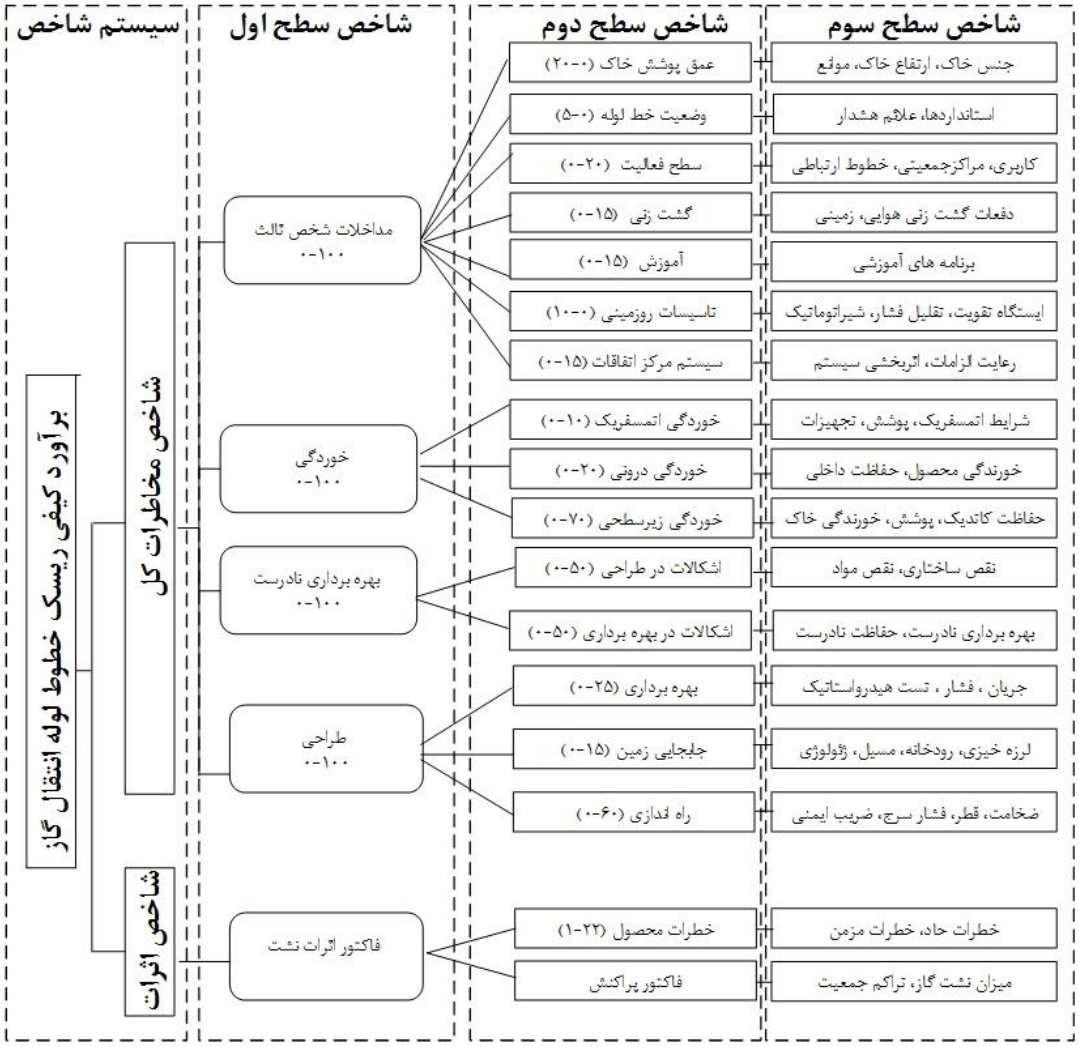
۲-۲-۱- قسمت‌بندی خط لوله

برخلاف اکثر تاسیسات دیگر، معمولا خط لوله پتانسیل خطر ثابتی در طول کل مسیر خود ندارد و با تغییر شرایط در طی مسیر خط لوله، میزان ریسک نیز متغیر است. بنابراین در برآورد ریسک، بهتر است یک خط لوله‌ی طولانی را به بخش‌های کوتاه‌تر قسمت‌بندی نمود. از این رو اتخاذ یک استراتژی مناسب به منظور تقسیم‌بندی خط لوله برای محاسبه‌ی دقیق‌تر ریسک، ضروری است. بدین ترتیب نتایج برآورد ریسک در هر بخش متفاوت خواهد بود و برای هر بخش تکرار می‌شود. روش‌های مختلفی از قبیل قسمت‌بندی طول ثابت، دستی و پویا وجود دارد [۲].

۲-۲-۲- شناسایی شاخص‌ها

پس از قسمت‌بندی خط لوله نوبت به امتیازدهی شاخص‌های موثر در ریسک می‌رسد. همانطور که در بخش ۲-۲ گفته شد، پتانسیل خرابی خط لوله را می‌توان در چند گروه شاخص طبقه‌بندی نمود. انتخاب شاخص‌ها بر اساس پایگاه داده‌ی سوانح خط لوله در گذشته و شرایط منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این روش عوامل خرابی خط لوله، در قالب یک سیستم شاخص در سه سطح طبقه‌بندی شده است، که جزئیات بیشتر آن در شکل (۲) آورده شده است. بر اساس شکل (۲)، شاخص مخاطرات کل و شاخص اثرات نشتی، شاخص‌های سطح اول می‌باشند. شاخص‌ها به منظور توصیف فاکتورهای موثر در احتمالات وقوع سوانح و پیامدهای آن‌ها بر خط لوله استفاده می‌شوند [۲].

شاخص مخاطرات کل نشان‌دهنده‌ی علت وقوع حوادث بر روی خط لوله و چگونگی آن می‌باشد. احتمال شکستگی خط لوله با توجه به شرایط محیطی متفاوت در طول خط لوله متغیر است. بنابراین شاخص‌های سطح دوم این شاخص شامل فاکتورهایی از قبیل مداخلات خارجی، خوردگی، بهره‌برداری نادرست و نقص در طراحی می‌باشد[۲].



شکل ۲. چهارچوب روش سامانه شاخص‌گذاری برای برآورد ریسک خط لوله

در قسمت دوم شاخص دیگری با نام اثرات نشتی، در نظر گرفته می‌شود که شامل فاکتورهای خطرات بالقوه محصول، میزان نشت، پراکنش گاز رها شده و محیط اطراف می‌باشد. این شاخص جهت اندازه‌گیری میزان نسبی پیامدهای ناشی

از خرابی خط لوله بر جمعیت و محیط اطراف آن تنظیم شده است. در این قسمت، تجزیه و تحلیل بسیار دقیقی از اثرات بالقوه و پیامدهای هر یک از عیوب رخ داده در خط لوله انجام می‌گیرد. خصوصیات محصول، شرایط عملیاتی و موقعیت مکانی خط لوله در دستیابی به فاکتور پیامد مورد توجه قرار می‌گیرد و در نهایت مقدار این فاکتور با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود.

$$LIF = PH \times L \times D \times R \qquad (۱)$$

در رابطه بالا، PH خطر محصول، L حجم نشتی، D شاخص پراکنش و R دریافت کننده‌های موجود در اطراف خط هستند.

پس از انتخاب شاخص‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها، اقدام به تخمین و کمی‌سازی ریسک‌های شناسایی شده در دو محور اصلی شاخص مخاطرات کل و شاخص اثرات نشت می‌شود. در این راستا، مقادیر عددی (امتیاز) به شرایط مهم و فعالیت‌هایی در سیستم خط لوله که در ریسک مشارکت دارند، نسبت داده می‌شود. امتیازدهی بر اساس یک سری قوانین برای هر شاخص انجام می‌شود. قوانین امتیازدهی از اطلاعات پایگاه داده‌ی حوادث تاریخی، خصوصا تجزیه و تحلیل چگونگی اتفاق افتادن حوادث و پیامدهای ناشی از آن‌ها، استانداردهای موجود، تجارب فنی و مهندسی کارشناس خبره بدست آمده‌اند [۲].

تفاوت در بازه‌ی امتیازی در نظر گرفته شده برای هر زیر شاخص حاکی از تفاوت در میزان اثرگذاری آن شاخص در مقدار نهایی ریسک می‌باشد و به نوعی وزن آن زیر شاخص را نشان می‌دهد. در این روش امتیاز عددی یکسانی برای دو شاخص سطح اول مخاطرات کل و اثرات نشتی در نظرگرفته شده است که حاکی از برابری اهمیت آن‌ها می‌باشد [۱۲]. لازم به ذکر است که نقشه‌های هر یک از زیرشاخص‌های مورد بررسی در نتیجه‌ی تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوطه بدست می‌آید.

۲-۳- محاسبه ریسک نسبی

در مرحله‌ی بعد، کار روی هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی و در نتیجه پهنه‌بندی ریسک در طول مسیر خط لوله انجام می‌شود. با تلفیق نقشه‌های زیرشاخص‌های مولفه مخاطرات کل و شاخص اثرات، نقشه‌ی نهایی شاخص مخاطرات کل که نشان دهنده‌ی احتمال وقوع خطر و شاخص اثرات که مبین شدت اثرات نشت گاز است، تولید می‌شود. پس از تولید نقشه‌ی فاکتور نهایی برای دو شاخص سطح اول، امتیاز ریسک نسبی با استفاده از رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌گردد.

$$RRS = \frac{IS}{LIF} \qquad (۲)$$

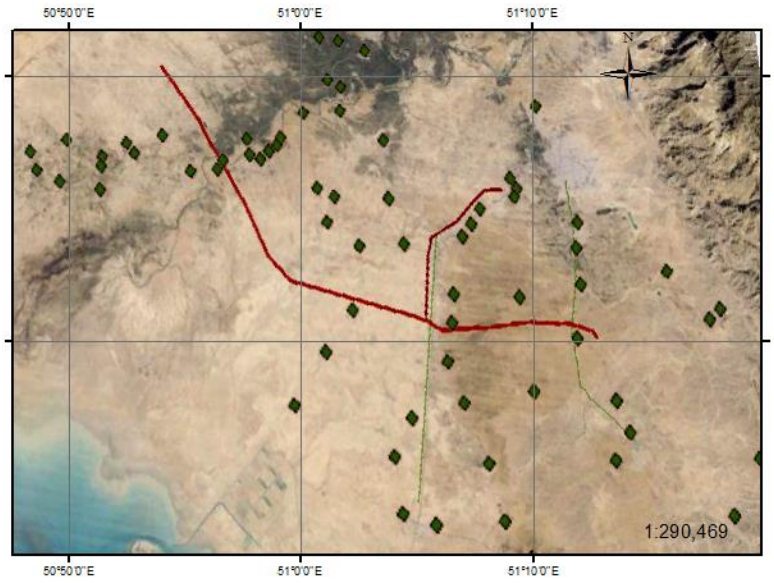
در این رابطه IS مجموع امتیازات شاخص‌های مخاطرات کل و LIF امتیاز بدست آمده از شاخص اثرات نشتی می‌باشد. بدین ترتیب با استفاده از رابطه (۲) نقشه‌ی پهنه‌بندی ریسک بدست می‌آید. نمره‌ی نهایی نسبی ریسک از بالاترین نمره‌ی آن یعنی ایمن‌ترین حالت (۲۰۰۰ امتیاز) تا پایین‌ترین حالت آن، یعنی ناایمن‌ترین شرایط (۰ امتیاز)، متغیر است. این روش برای هر قطعه از خط لوله تکرار می‌گردد. نتیجه نهایی این روش، مقدار عددی ریسک نسبی در هر پیکسل از مسیر خط لوله برای هر یک از بخش‌های خط لوله خواهد بود. سپس در مرحله‌ی بعد، بخش‌های مختلف خط لوله بر اساس امتیازات نسبی به منظور الویت‌بندی برای تعمیرات، بازرسی و دیگر اقدامات کاهش ریسک، رتبه-بندی می‌شوند.

۳- پیاده‌سازی

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

خط لوله‌ی پنجم سراسری گاز به عنوان بزرگ‌ترین خط لوله انتقال گاز ترش ایران شامل دو بخش است که بخش اول به طول ۵۰۴ کیلومتر، گاز ترش فازهای ۶ تا ۸ پارس جنوبی را در مسیر عسلویه ـ بوشهر ـ اهواز به منطقه آغاجاری منتقل خواهد کرد. این مطالعه بر روی ۴۰ کیلومتر از این بخش با قطر ۵۶ اینچ و ۱۰ کیلومتر دیگر با قطر ۱۲ اینچ انجام شده است. این خط ۵ ایستگاه تقویت فشار خواهد داشت که شامل دو ایستگاه واقع در عسلویه، ایستگاه سردشت، ایستگاه خورموج و ایستگاه آب‌پخش است. همچنین تعداد ۲۴ ایستگاه تقلیل فشار در طی مسیر خط لوله وجود دارد.

این خط لوله در طول مسیر خود از نظر زمین شناسی بیشتر از ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع عبور می‌نماید و از نظر اقلیمی در منطقه‌ی خشک واقع شده است. چندین منطقه‌ی حفاظت شده و حیات وحش در مجاورت مسیر خط لوله وجود دارد. از نظر نوع خاک نیز بیشتر از نوع آریدیسول و آنتی سول می‌باشد. با توجه به وضعیت زمین‌شناسی منطقه، خط لوله تقاطعی با گسل‌های منطقه ندارد و فاصله‌ی آن از نزدیکترین گسل منطقه ۷ کیلومتر می‌باشد. از طرف دیگر منطقه از نظر عوارض توپوگرافی بیشتر به بصورت دشت می‌باشد و تغییرات شیب زیادی مشاهده نمی‌شود. از نظر پتانسیل لرزه‌خیزی مسیر خط لوله بیشتر در منطقه‌ی پتانسیل کم و پتانسیل متوسط قرار گرفته است.شکل منطقه مورد مطالعه که در نزدیکی شهر برازجان قرار دارد و پراکندگی روستاهای اطراف خط لوله را نشان می‌دهد.



شکل ۳. موقعیت خط لوله‌ی مورد مطالعه در استان بوشهر

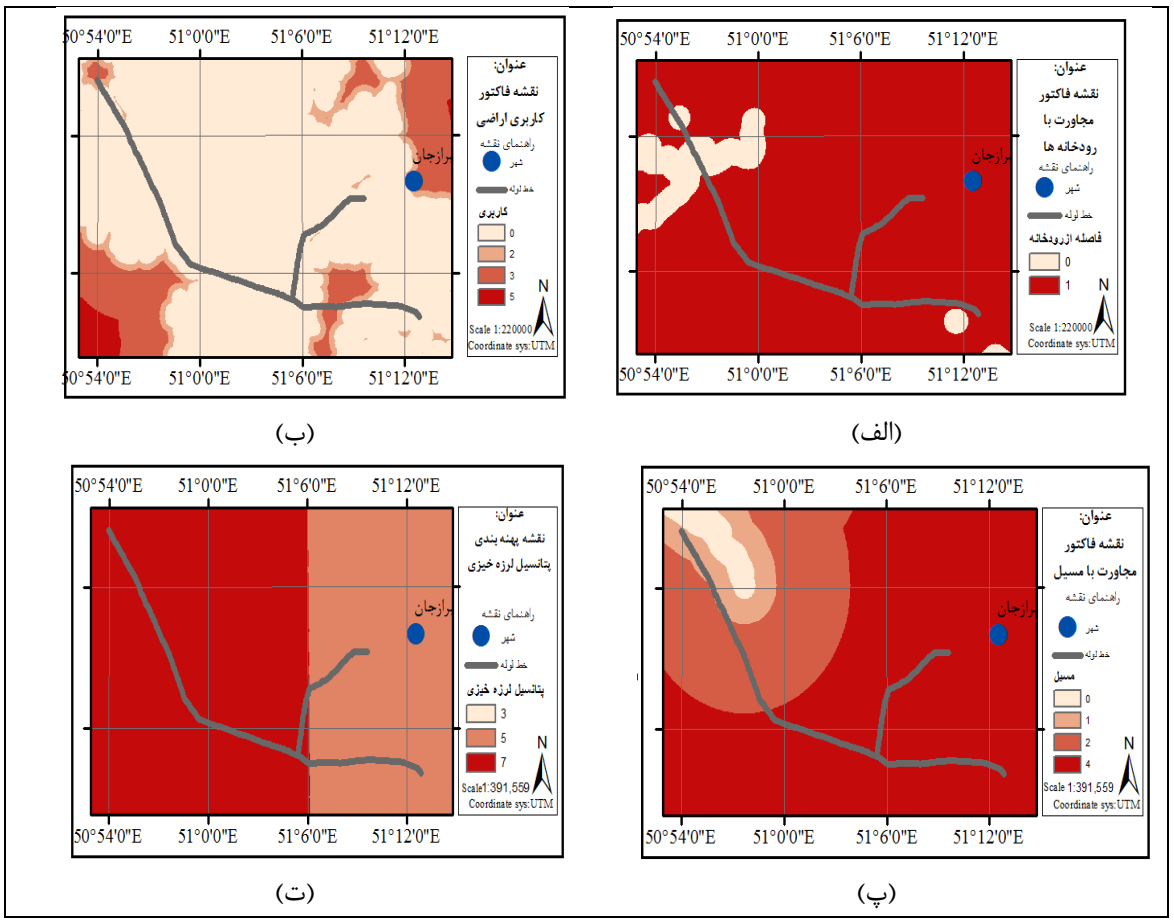
۳-۲- امتیازدهی شاخص‌ها و تهیه نقشه‌ی فاکتور

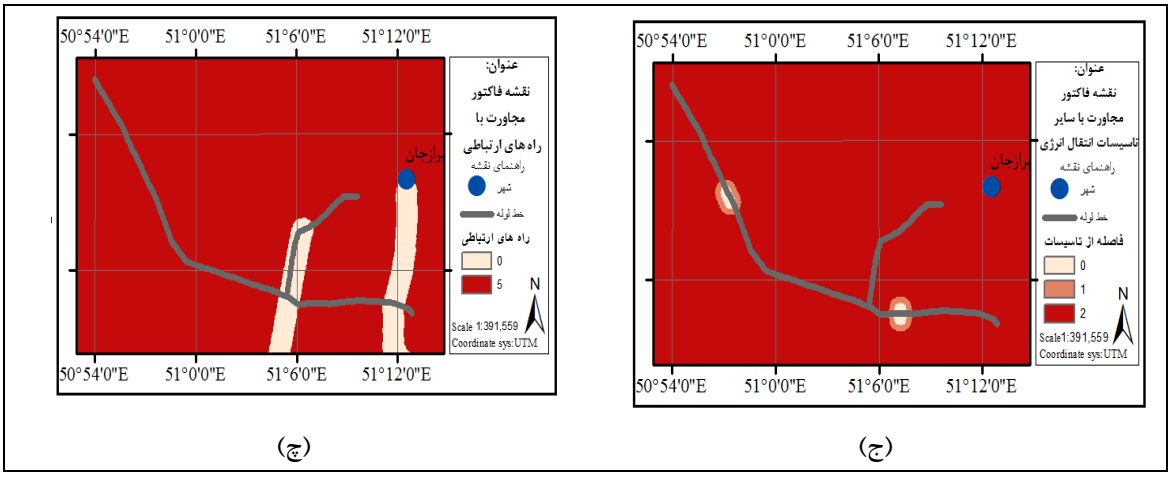
برای پیاده‌سازی روش سامانه شاخص‌گذاری، ابتدا خط لوله‌ی انتخاب شده به پنجاه قسمت با طول ثابت ۱۰۰۰ متر تقسیم شده و سپس فرآیند برآورد ریسک برای هر قسمت از خط لوله انجام شده است. پس از شناسایی فاکتورهای موثر و انتخاب شاخص‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه، نوبت به امتیازدهی هر یک از فاکتورها می‌رسد. امتیازدهی بر طبق مقررات حریم خطوط لوله‌ی گاز، مصوب شرکت ملی گاز ایران و با استفاده از تجربیات متخصصین امر و نظریات خبرگی صورت پذیرفته است. در این مطالعه شاخص‌ها در دو دسته‌ی شاخص‌های مکانی و توصیفی دسته‌بندی شده است که در مجموع از ۱۲ شاخص مکانی و ۴۲ شاخص توصیفی استفاده شده است. برای شاخص‌های توصیفی که

توانایی نمایش و پهنه‌بندی نداشتند، امتیاز نسبی با استفاده از فرمول و استانداردهای مربوط به آن شاخص محاسبه شده و به صورت عدد ثابت به کل قسمت مورد نظر از خط لوله نسبت داده شده است.

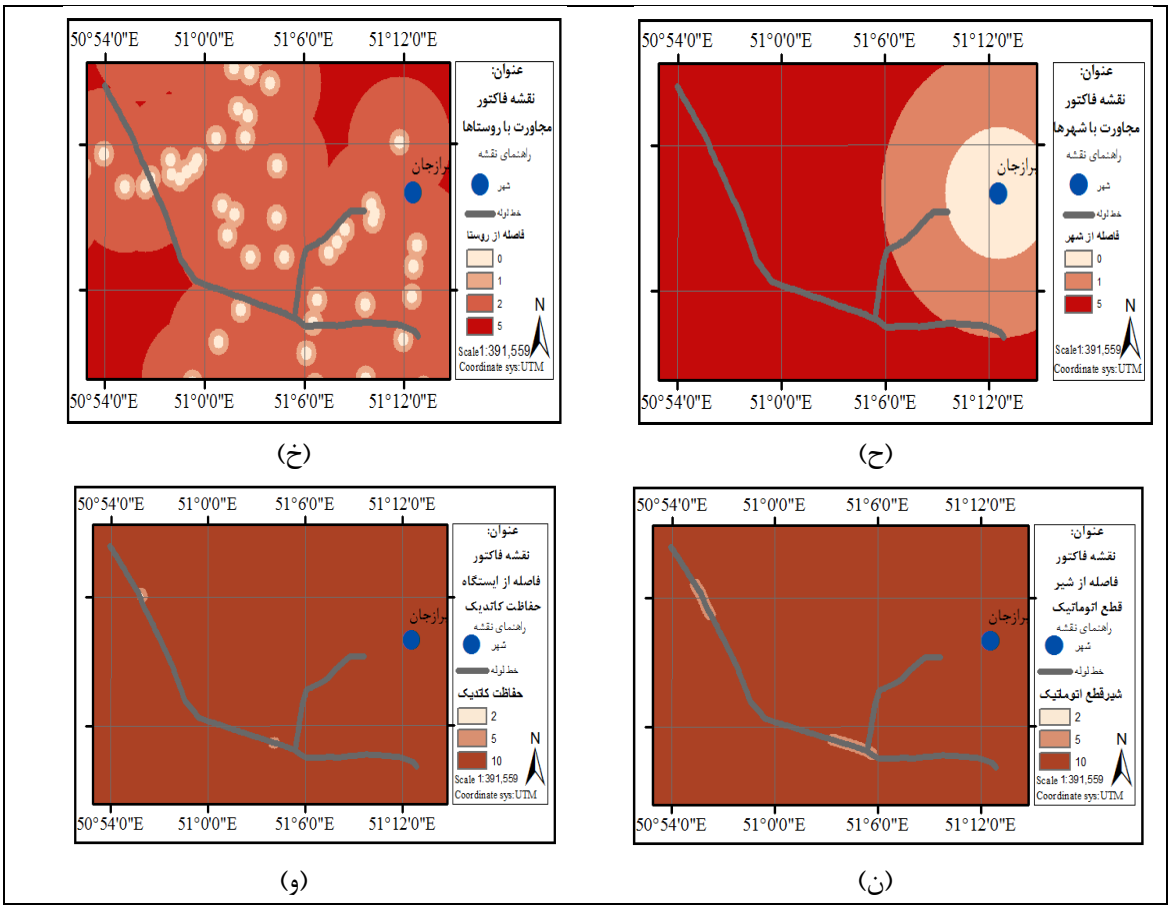
برای تولید نقشه‌های مورد نیاز مربوط به شاخص‌های مکانی و همچنین تشریح وضعیت موجود منابع محیط زیستی منطقه‌ی مورد مطالعه از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. برای هر شاخص مکانی لایه‌ای حاوی عوارض آن شاخص در نرم‌افزار ArcGIS تولید می‌شود. سپس برای هر شاخص نقشه‌ی پهنه‌بندی تهیه شده است. برای این منظور از آنالیز distance بر روی عارضه‌ی مورد نظر با اندازه پیکسل ۵۰ متر استفاده شده است. پس از پهنه‌بندی هر متغیر موثر در ریسک، با استفاده از تابع reclassify به هر بازه از نقشه‌ی پهنه‌بندی مقدار امتیاز آن شاخص در آن بازه، طبق نظر کارشناسی نسبت داده می‌شود. بنابراین نقشه‌ی رستری بدست آمده دارای ارزش پیکسل مطابق با امتیاز هر شاخص در هر پهنه می‌باشد. با استفاده از این روش تغییرات فاکتورهای مکانی با جزئیاتی بیشتری بررسی شده و سبب افزایش دقت در امتیازدهی هر شاخص شده است.

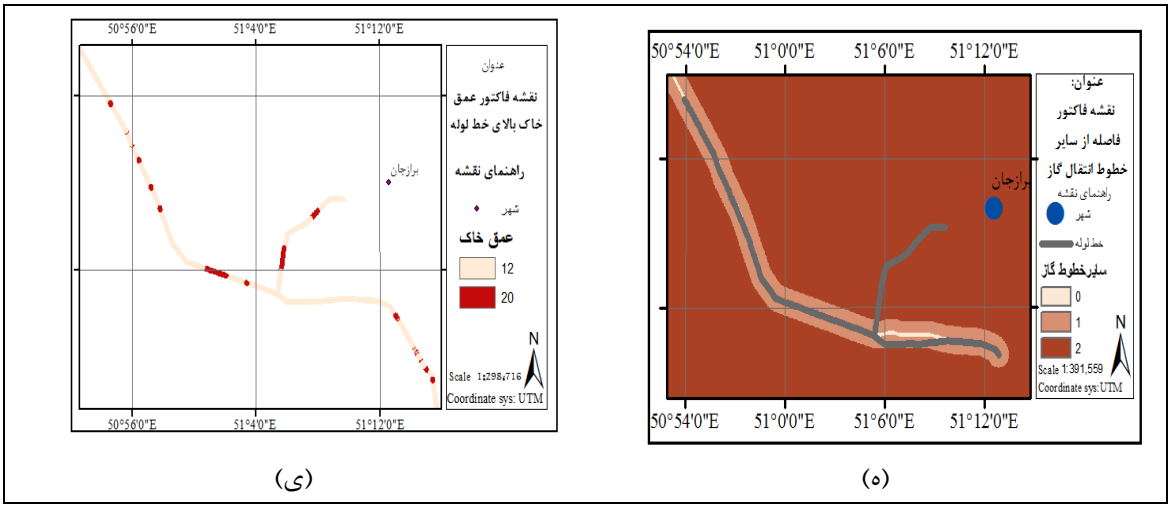
همانطور که در شکل (۴) و (۵) نشان داده شده است، وضعیت خط لوله از لحاظ مجاورت و نزدیکی با رودخانه و کاربری زمین‌های اطراف خط لوله و سایر فاکتورهای موثر، بررسی و امتیازدهی شده است. در ادامه‌ی کار روی هم گذاری لایه‌ها با استفاده از تابع Raster calculator انجام یافت. بدین ترتیب همانطور که در شکل (۶) نسان داده شده است، نقشه‌ی امتیاز نمایه‌ی مخاطرات کل و نقشه‌ی فاکتورهای اثرات نشتی نیز تهیه شد.



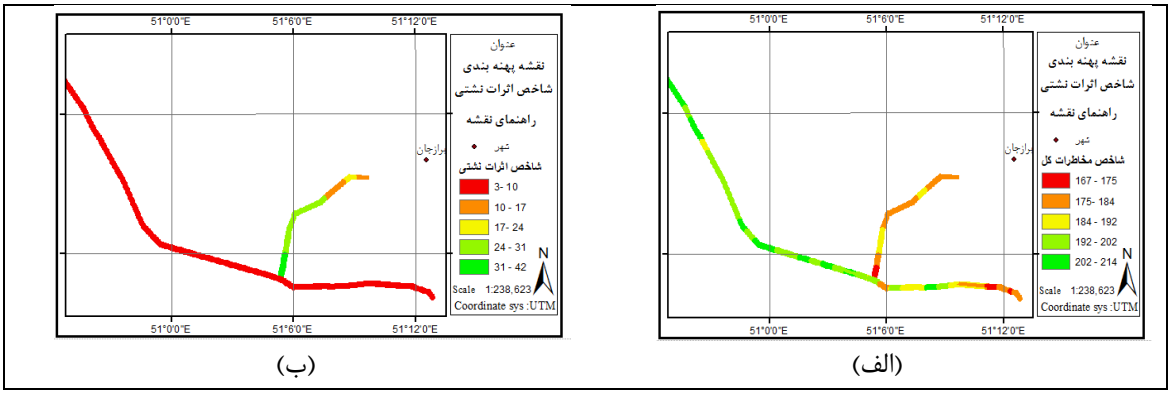


شکل ۴. (الف)نقشه فاکتور مجاورت با رودخانه‌ها، (ب) نقشه فاکتور کاربری اراضی، (پ) نقشه فاکتور مجاورت با مسیل، (ت) نقشه فاکتور پتانسیل لرزه خیزی، (ج) نقشه فاکتور مجاورت با سایر تاسیسات انتقال انرژی، (چ) نقشه فاکتور مجاورت با راه های ارتباطی





شکل ۵. (ح) نقشه فاکتور مجاورت با شهرها، (خ) نقشه فاکتور مجاورت با روستاها، (ن) نقشه فاکتور فاصله از شیرقطع اتوماتیک، (و) نقشه فاکتور فاصله از ایستگاه حفاظت کاتدیک، (ه) نقشه فاکتور فاصله از سایر خطوط انتقال گاز، (ی) نقشه فاکتور عمق خاک بالای خط لوله



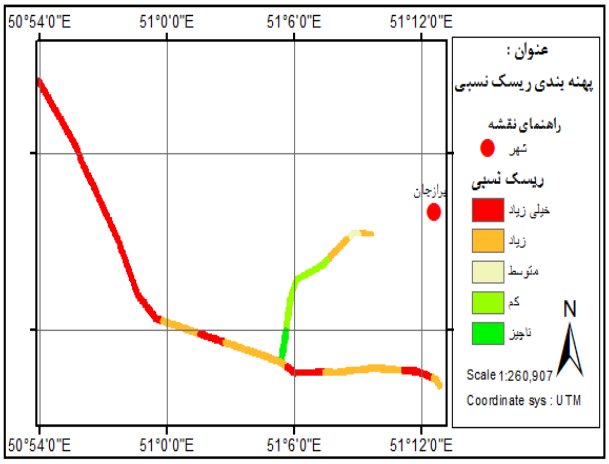
شکل ۶. (الف) نقشه پهنه بندی شاخص مخاطرات کل، (ب) نقشه پهنه بندی شاخص اثرات نشتی

در محاسبه‌ی فاکتور اثرات نشتی، خطر محصول با توجه به خطرات حاد (اشتعال‌پذیری، واکنش‌پذیری و سمیت) و خطرات مزمن ناشی از رها سازی ماده‌ی شیمیایی محاسبه گردید. برای محاسبه‌ی خطرات مزمن از مقیاس انجمن ملی حفاظت از حریق آمریکا استفاده شد. امتیاز حجم نشتی نیز بر اساس فشار و قطر خط لوله و جرم مولکولی گاز خروجی تعیین شد و برای محاسبه‌ی امتیاز میزان پراکنش از جرم مولکولی و مقدار ماده‌ی رهاسازی شده، استفاده شد. امتیاز دریافت کننده‌ها بر اساس میزان صدمه به جمعیت انسانی بر اساس طبقه‌بندی بخش حمل و نقل ایلات متحده‌ی تعیین گردید. مقادیر نهایی ریسک مطابق فرمول (۲) محاسبه گردید. جدول (۱) مقادیر امتیاز بدست آمده برای هر قسمت از خط لوله را نشان می‌دهد. مقادیر عددی بدست آمده برای هر پیکسل از خط لوله در پنج گروه مطابق شکل (۷) طبقه‌بندی شده است.

جدول ۱. مقادیر نهایی ریسک نسبی خطوط لوله

شماره	امتیاز	شماره	امتیاز	شماره	امتیاز	شماره	امتیاز	شماره	امتیاز
۱	۸/۰۹	۱۱	۴/۶	۲۱	۹	۳۱	۳/۲۳	۴۱	۳۸/۱۸
۲	۴/۲۳	۱۲	۴/۲۸	۲۲	۹/۳۶	۳۲	۳/۱۱	۴۲	۴۱/۱۳
۳	۷/۷۲	۱۳	۸/۹	۲۳	۵/۱۵	۳۳	۳/۴۶	۴۳	۲۸/۶۳
۴	۸/۳۶	۱۴	۸/۸۱	۲۴	۴/۹۵	۳۴	۵/۲۵	۴۴	۲۸/۶۳
۵	۸/۳۶	۱۵	۹/۱۸	۲۵	۵/۱۵	۳۵	۴/۹۲	۴۵	۲۷/۴۲

۶	۸/۵۹	۱۶	۸/۸۱	۲۶	۴/۹۵	۳۶	۵/۱۵	۴۶	۲۶/۸۱
۷	۸/۹۵	۱۷	۹/۶۸	۲۷	۴/۹۵	۳۷	۵/۱۲	۴۷	۲۷/۵۷
۸	۹/۴۵	۱۸	۴/۷۱	۲۸	۴/۹۲	۳۸	۵/۱۵	۴۸	۱۱/۲۵
۹	۸/۶۸	۱۹	۴/۹۲	۲۹	۴/۹	۳۹	۵/۰۷	۴۹	۱۰/۷۷
۱۰	۴/۵	۲۰	۹	۳۰	۴/۸۷	۴۰	۵	۵۰	۲۰/۶۸



شکل ۷. پهنه‌بندی ریسک نسبی خط لوله‌ی انتقال گاز

۴- نتایج و بحث

روش سامانه شاخص‌گذاری متشکل از یک سیستم شاخص می‌باشد که انتخاب شاخص‌ها بر مبنای آنالیز آماری داده-های سوانح گذشته و یا نظر کارشناسان خبره می‌باشد. مزیت بزرگ این روش در این است که، عوامل خرابی بیشتری را در نظر می‌گیرد. اشکال عمده‌ی این روش نمره‌دهی ذهنی آن می‌باشد و تلاش‌هایی زیادی برای ایجاد هماهنگی و سنخیت در نمره‌دهی به شاخص‌ها، باید صورت گیرد. برای حل این مساله، در این مطالعه، GIS به عنوان یک چهارچوب برای آنالیز تغییرات فاکتورهای مکانی در محیط اطراف خط لوله و امتیازدهی بر اساس این تغییرات، به کار گرفته‌شده که سبب افزایش دقت برآورد ریسک شده است.

بررسی یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که برای شاخص مخاطرات کل، اکثر قسمت‌های خط لوله‌ی ۵۶ اینچ، دارای امتیاز بین ۲۱۴-۱۹۲ می‌باشند و این امتیاز نشان دهنده‌ی ریسک کمتر در این قسمت از خط لوله می‌باشد. دلیل این امر بالاتر بودن امتیاز شاخص طراحی و خوردگی و مطابقت داشتن با استانداردهای ساخت و طراحی، در این قسمت از خط لوله می‌باشد. برای شاخص اثرات نشتی نیز این قسمت از خط لوله ریسک بالاتری را نشان می‌دهد که به علت فشار بالای گاز درون لوله و قطر خط لوله می‌باشد. از این رو شبیه‌سازی نشت گاز درون خط لوله، حجم ماده‌ی رها شده‌ی بیشتری را نشان می‌دهد. بالاترین امتیاز ریسک عدد ۴۲ و کمترین مقدار آن ۳ می‌باشد. تعداد ۱۰ قسمت از خط لوله ریسک نسبی متوسط و یا ناچیزی دارند و دلیل آن پایین بودن شاخص اثرات نشتی و مخاطرات کمتر پس از نشت گاز در این قسمت از خط لوله می‌باشد. تعداد ۴۰ قسمت از خط لوله دارای امتیاز نسبی کمتر از ۱۰ می‌باشند که این موضوع حاکی از وجود پتانسیل‌های خرابی خط لوله در آن‌ها می‌باشد. در این خصوص لازم است اقدامات در جهت کاهش ریسک صورت گیرد. با توجه به اینکه نتایج حاصل از این مطالعه، نقشه‌ی قسمت‌های دارای ریسک‌های بالقوه در طول مسیر خط لوله می‌باشد، لذا به منظور تهیه برنامه کنترل ریسک می‌توان با مراجعه به نقشه‌های تولید شده، مخاطرات کلی و پیامدهای حاصل از آن‌ها را شناسایی و بر حسب موقعیت مکانی آن‌ها در طول مسیر، برنامه پیش-گیری و کنترلی مناسب با شرایط و وضع موجود محیط اطراف خط لوله، ارائه نمود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت وپشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده است. لذا صمیمانه از همکاری و حمایت این نهاد کمال تشکر را دارم.

مراجع

[1] Ma, L., L. Cheng and M. Li, A. "Quantitative risk analysis of urban natural gas pipeline networks using geographical information systems. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 26(6), 1183-1192, 2013

[2] Muhlbauer, W. K. *Pipeline risk management manual: ideas, techniques, and resources*, USA: Gulf Professional Publishing, 2004

[3] Najafi, Mohammad, and Baosong Ma. "ICPTT 2009: Advances and Experiences with Pipelines and Trenchless Technology for Water, Sewer, Gas, and Oil Applications." ASCE, 2009.

[4] Han, Z. and W. Weng . "Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network." Journal of hazardous materials 189(1): 509-518, 2011

[5] E. Cagno, F. Caron, M. Mancini, F. Ruggeri, "Using AHP in determining the prior distributions on gas pipeline failures in a robust Bayesian approach", Reliab. Eng.Syst. Saf. 67, 275–284, 2000

[6] A.S. Markowski, M.S. Mannan, "Fuzzy logic for piping risk assessment", J. Loss Prev. Process Ind. 22, 921–927, 2009

[7] Jamshidi, A., A. Yazdani-Chamzini, S. H. Yakhchali and S. Khaleghi . "Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment". Journal of Loss Prevention in the Process Industries 26(1): 197-208, 2013

[8] Y. Dong, D. Yu, "Estimation of failure probability of oil and gas transmission pipelines by fuzzy fault tree analysis", J. Loss Prev. Process Ind. 18 , 83–88, 2005

[9] David Hawdon," Efficiency, performance and regulation of the international gas industry a bootstrap DEA approach", Energy Policy 31 , 1167–1178, 2003

[10] Gharabagh, M.J., Asilian, H., Mortasavi, S.B., Mogaddam, A.Z., Hajizadeh, E. and Khavanin, A. "Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines". Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(4), pp.533-539, 2009

[11] Montiel, H., J. A. Vílchez, J. Arnaldos and J. Casal . "Historical analysis of accidents in the transportation of natural gas." Journal of Hazardous Materials 51(1): 77-92, 1996

[12] Ma, Lei, Yongshu Li, Lei Liang, Manchun Li, and Liang Cheng. "A novel method of quantitative risk assessment based on grid difference of pipeline sections." Safety science 59: 219-226, 2013

Qualitative Risk Assessment of Gas Pipelines by Using of Indexing System Method in GIS environment

Rezaei Node, F. *[1], Karimi, M. [2].Jabari Gharebaq,M. [3]Asgarian,A [4]

1-Ms.c student of GIS in Department of Geomatics, KNT University of Engineering

2- Assistant professor in Department of Geomatics, KNT University of Engineering

3- Assistant professor in Department of HSE, Shahid Beheshti University of Medical Sciences

4-Head of GIS& PIMS department in national Iranian gas transmission company

Abstract

Nowadays the urbanization is developing rapidly, and it leads to growing demand for gas; so pipeline network is become denser. By increasing the pipeline network congestion, accidents will also increase. So Pipelines are a remarkable source of hazard for their adjacent society. Usually Indexing system method is used for pipe line risk assessment. This method assesses risk by using an index system, which includes a sum index and a leak impact index. Each index is made up of several sub factors which represent the major cause of failure in the network of gas pipelines. Using spatial analysis, changes in position, status and location of every factor in the vicinity of the pipeline can be checked and it helps to improved pipeline risk assessment.

To increase accuracy of result, in this research an Indexing system method, is integrated with abilities of GIS. GIS can also be used as a calculating engine for creating risk scores. The developed model is implemented on a part with length 50 km of greatest Iranian hydrogen sulfide pipeline. Outcomes demonstrate that the application of GIS technology helps strengthen the qualitative risk analysis framework and provides more accurate outcomes

.

Correspondence Address: GIS Group, Department of Geomatics, *KNT University of Engineering* g, Tehran, Iran. Tel: +98 9113715012.
Email: faride.rezaee68@gmail.com