فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

۶۷-۷۴

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی پروژه‌های انتقال گاز (مطالعه موردی: خط لوله ۲۴ اینچ تسوج - سلماس)

سحر رضایان[۱*]، سیدعلی جوزی[۲] و مهدی ایران‌خواهی[۳]

[۱]استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
[۲]دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
[۳]دانشجوی دکتری محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۲

چکیده

به منظورارزیابی ریسک محیط‌زیستی خطوط انتقال گاز، تلفیقی از روش سامانه شاخص‌گذاری و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در این تحقیق پیشنهاد شد. با استفاده روش ادغام شده انواع خطرهای زیست‌محیطی موجود در خطوط لوله براساس شاخص‌ها و معیارهای تعیین شده طبقه‌بندی، کمی و اولویت‌بندی گردید. در این بین از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جهت تعیین وزن یا درجه اهمیت مولفه‌های تاثیرگذار در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی خطوط انتقال گاز استفاده گردید. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، خطرهای شناسایی شده در طول مسیر خط لوله مورد نظر شناسائی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که ۴۶٪ از طول مسیر دارای سطح ریسک بالا (۶۰۵۴-۵۴۶۷ امتیاز)، ۴۸٪ از طول مسیر واجد سطح ریسک متوسط (۶۶۴۱-۶۰۵۵ امتیاز)، ۲٪ با پتانسیل ریسک کم (۷۲۲۸-۶۶۴۲ امتیاز) و ریسک ناچیز با امتیاز (<۷۲۲۸)، ۴٪ می‌باشد. نزدیکی بخش جنوبی مسیر خط لوله با پارک ملی دریاچه ارومیه مهم‌ترین حساسیت این مسیر معرفی گردید.

کلمات‌کلیدی: ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، سامانه شاخص‌گذاری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، خطوط لوله انتقال گاز.

The Presentation of Environmental Risk Assessment Pattern for Gas Pipeline Project by Using of Indexing System and AHP Methods (Case Study: Transportation Pipelines 24 inches, Tasuj-Salmas Project)

Sahar Rezaian[1]*, Seyed Ali Jozi[2] & Mehdi Irankhahi[3]

[1]*Assistant Prof., Department of Environment, Islamic Azad University, Shahrood Branch*
[2]*Associate Prof., Department of Environment, Faculty of Technical and Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch*
[3]*PhD. Student in Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Tehran Sciences & Researches University*

Abstract

In this study for purpose of environmental risk assessment for gas transportation pipelines, combined the indexing system method and AHP. Indexing System is a compulsive and applicable method that was based at the basis of characterizing index effect and ranking. For the purpose of weighting the criteria's, the AHP was used and for the purpose of weighting the digital layers of information's related to the criteria's, Ordered Weight Analysis method was used. Via usage of GIS abilities, the identified risks and risk zonation in the path of pipelines. Results showed that 46% of gas pipeline, has a high risk (5467- 6054 grade), 48% of it, has a medium risk (6055- 6641 grade), 2% of it, has a low risk (6642-7228 grade) and 4% of it, has a little risk (7228< grade). Adjacency of southern zone of pipelines path with Orumieh lake national park, is an important ecological sensitivity that is under investigation. 15 kilometer of pipeline path (kilometer 18+220 to 33+220) is aligned with 5 kilometer of biosphere reserved.

Keywords: Environmental Risk Assessment, Indexing System, Analytical Hierarchy Process, Gas Pipelines.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: s_rezaian@yahoo.com

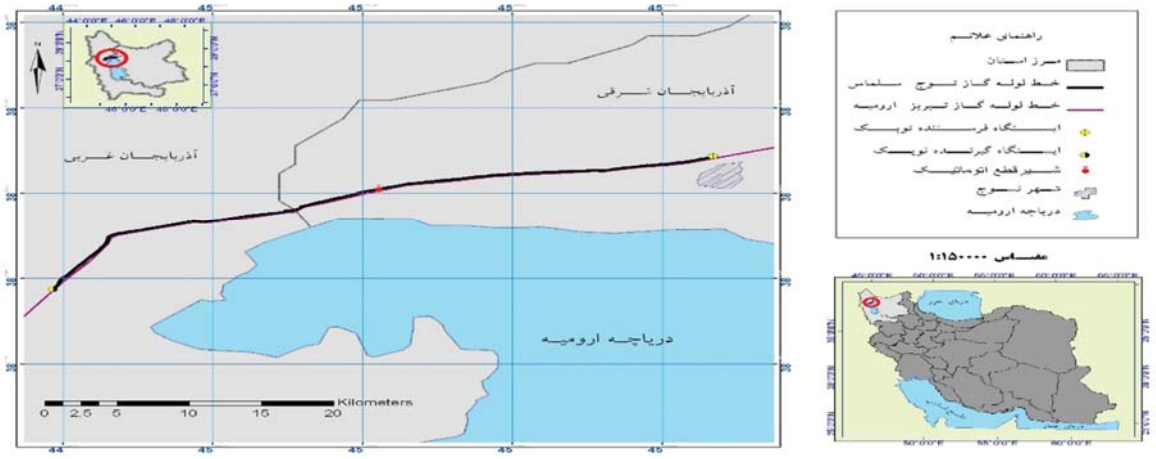
۱- مقدمه

علی‌رغم اینکه احداث خطوط انتقال گاز غالباً بهترین گزینه انتقال این مواد همراه با توجیه فنی و اقتصادی است، لیکن با توجه به ریسک‌پذیری بالا اثرات قابل توجه‌ای بر محیط تحت تاثیر دارد [۱] در زمینه ارزیابی ریسک محیط‌زیستی خطوط لوله انتقال نفت و گاز مطالعات مختلفی در دنیا به انجام رسیده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی خط لوله انتقال گاز باس (Bass) درسال ۲۰۰۱ در استرالیا اشاره نمود. در این مطالعات که در قالب گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی به انجام رسیده، ابتدا فرآیند شناسایی خطرات (HAZID)[۱] پروژه بررسی و ریسک محیط‌زیستی به روش کمی (QRA)[۲] ارزیابی قرارگرفته است[۲]. ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال گاز طبیعی در سال ۲۰۰۰ در جنوب مکزیک از دیگرمطالعات انجام شده در این زمینه می‌باشد. در این پروژه ریسک‌های ناشی از فعالیت احداث این خطوط لوله بر محدوده اجرای پروژه همچون خوردگی محیطی، وجود مناطق با خطر لرزه‌خیزی و لغزش به عنوان شاخص‌های واجد پتانسیل بالا مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پتانسیل ریسک در مسیر خط لوله پهنه‌بندی گردیده است [۳]. مطالعات دیگری با عنوان ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیطی برای خطوط لوله انتقال گاز طبیعی ۲۰ اینچ شمال آرژانتین- سواحل شیلی در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ انجام رسیده است. در این مطالعات به منظور شناسایی مخاطرات طبیعی از تفسیر عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی استفاده شده و طول مسیر خط لوله با استفاده از برآوردهای نیمه کمی ریسک به طور ابتدایی رتبه‌بندی شده است. در این تحقیق با استفاده از تحلیل های هزینه- منفعت، مطلوب‌ترین اقدامات کنترل ریسک (نسبت به انتخاب برنامه‌های پایش، نوسازی تقاطع‌ها با رودخانه‌ها و احتراز از زمین لغزش با استفاده از عملیات HDD[۳] در اماکن با سطح ریسک بالا)، اقدام شده است [۴]. از دیگر روش‌های متداول در ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از خطوط انتقال حامل‌های انرژی رویکرد ماتریسی ارزیابی ریسک[۴] است. این شیوه شامل طرح‌ریزی ماتریسی است که هر قطعه ۱۰۰ متری از خط لوله را همراه ۳۰ فاکتور مولد ریسک محیط پذیرنده آن حوزه جغرافیایی نشان می‌دهد. این فاکتورها از حالات شکست[۵]، پیامدهای متعاقب یک شکست، آسیب‌های فردی، تاثیرات جغرافیایی ریسک و اثر بر ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ریسک ناشی می گردد. این رویکرد روشی نرم افزاری، دقیق و با حداقل خطای انسانی بوده لیکن نیازمند نظر کارشناسی خبره است [۵]. بطور کلی روش‌های ارزیابی ریسک پروژه‌های طولی را می توان به سه گروه عمده ذیل طبقه‌بندی نمود: الف) روش‌های کیفی: روش‌های HAZOP، تجزیه و تحلیل درخت خطا FTA[۶] و ارزیابی ریسک گزینه‌ای[۷]، ب) روش‌های کمی: تئوری مطلوبیت چندگزینه‌ای (MAUT)[۸] و روش ارزیابی کمی ریسک موسوم به روشQRA و ج) روش‌های نیمه کمی: روش شاخص‌گذاری داده‌ها. در انتخاب روش مناسب باید توجه داشت که عوامل مختلفی از جمله میزان و اطلاعات مورد نیاز، پیچیدگی فرآیند مورد سنجش، قابلیت دسترسی به اطلاعات و تخصص مورد نیاز نقش مهمی ایفا می‌نماید[۶].

خط لوله انتقال گاز ۲۴ اینچ تسوج- سلماس در شمال شهر تسوج واقع در استان آذربایجان شرقی به مختصات جغرافیایی ″۱۵ ′۲۰ °۳۸ عرض شمالی و ″۵۸ ′۲۰ °۴۵ طول شرقی از خط لوله گاز موجود تبریز- ارومیه منشعب شده و پس از ۴۲ کیلومتر طی مسیر به موازات آن، در جنوب‌شرقی شهر سلماس واقع در استان آذربایجان غربی به مختصات ″۴۵ ′۱۱ °۳۸ عرض شمالی و ″۲۵ ′۵۶ °۴۴ طول شرق قراردارد. قطر خط لوله در تمام طول مسیر ۲۴ اینچ است ولی ضخامت آن در حوزه استحفاظی شهرها یا در مجاورت با مناطق مسکونی، مجاورت ایستگاه‌ها و در تقاطع با جاده آسفالته و ریل راه آهن، حصول به ضریب ایمنی استاندارد متفاوت است. خط لوله مذکوردارای یک ایستگاه فرستنده توپک در ابتدا و یک ایستگاه گیرنده توپک در انتهای مسیر و هم‌چنین یک ایستگاه شیر قطع اتوماتیک درکیلومتر ۲۰ خط لوله می‌باشد [۷]. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی خط لوله تسوج- سلماس نمایش داده شده است:

۲- مواد و روش‌ها

با توجه به روش مورد استفاده و ویژگی‌های محیط‌زیست منطقه مطالعاتی، محدوده ارزیابی ریسک محیط‌زیست مشخص و سپس تحقیق در قالب این محدوده‌ها به انجام رسید. جهت تلفیق داده‌های مکانی و توصیفی، تجزیه و تحلیل و پهنه‌بندی ریسک محیط‌زیست در طول مسیر خط لوله از نرم افزارArc GIS 9.2 استفاده شد. به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر در برآورد سطح ریسک از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم افزار Expert Choice 9 بهره‌گیری شد.

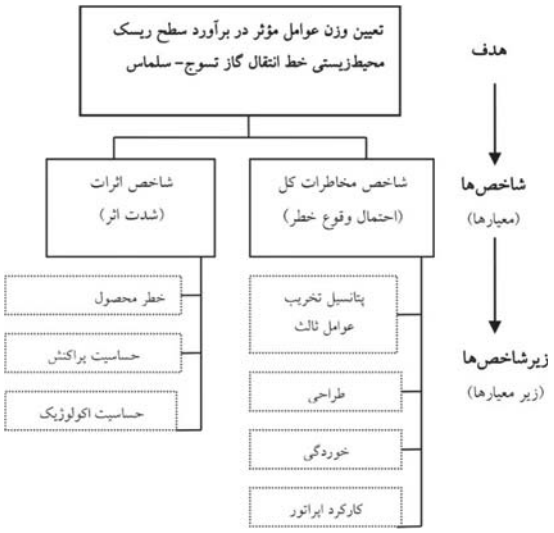


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی خط لوله ۲۴ اینچ تسوج - سلماس

در مرحله شناسایی این تحقیق ریسک‌های محتمل درقالب اثرات پروژه بر محیط و نیز محیط بر پروژه مطالعه گردیدند. مواردی چون: پتانسیل‌های طبیعی منطقه تحت بررسی مانند: گسل، لرزه‌خیزی، روانگرایی، لغزش و رانش از جمله عوامل محیطی هستندکه می‌توانند باعث افزایش احتمال وقوع مخاطرات بر خط لوله و تحمیل ریسک از جانب محیط‌زیست بر پروژه و سرمایه‌گذاری انجام شده، گردند. شاخص‌هایی چون: خوردگی لوله‌ها ناشی از گاز عبوری، از بین رفتن عایق‌های بیرونی یا درونی و انفجار از جمله مخاطرات احتمالی هستند که از جانب سامانه انتقال گاز، محیط‌زیست تحت‌تأثیر را تهدید می‌کنند. این مخاطرات در صورت وقوع می‌توانند خسارات زیادی بر محیط‌زیست تحت اثر تحمیل نمایند. در ادامه تخمین و کمی‌سازی ریسک‌های شناسایی شده در دو محور اصلی شاخص مخاطرات کل و شاخص اثرات به انجام رسید. شاخص مخاطرات کل شامل کلیه عواملی است که در افزایش احتمال بروز حادثه یا خطر در مسیر خط لوله مؤثرند. این شاخص دارای چهار زیر شاخص: پتانسیل تخریب عوامل ثالث، خوردگی، طراحی و کارکرد ناصحیح اپراتور است. شاخص اثرات نیز به کلیه عواملی که در شدت یا ضعف وقوع ریسک محیط‌زیستی مؤثرند اتلاق می‌شود. این شاخص نیز دارای سه زیر شاخص: خطر محصول، حساسیت پراکنش و حساسیت اکولوژیک است. در ادامه، کار رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی (شاخص‌های ارزیابی) و در نتیجه پهنه‌بندی ریسک در طول مسیر خط لوله انجام شد. با تلفیق نقشه‌های زیر شاخص‌های مؤلفه مخاطرات کل و شاخص اثرات و با لحاظ کردن اهمیت وزنی هر یک و امتیازات کسب شده، نقشه نهایی شاخص مخاطرات کل که مبین احتمال وقوع خطر و نقشه نهایی شاخص اثرات که معرف شدت اثر است تولید گردید. لازم به ذکر است در مواردی که زیرشاخص مورد بررسی قابلیت نمایش و پهنه‌بندی نداشت (مانند کارکرد اپراتور و یا خطر محصول) امتیاز محاسبه شده در این مرحله به صورت عدد ثابت در طول مسیر خط لوله لحاظ شد. در جدول۱ معیار امتیازدهی و کمی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مورد بررسی مطابق با روش سامانه شاخص‌گذاری ارائه شده است. به منظور تعیین میزان اهمیت و تأثیر هر یک از زیرشاخص‌های این دو مؤلفه، زیرشاخص‌ها به صورت دو به دو موردمقایسه قرارگرفته و بر این اساس ارجحیت هر یک بر دیگری تعیین گردید. در ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی، عدد "n" نشان دهنده‌ی اهمیت گزینه A نسبت به گزینه B و عدد "1/n" نیز گویای اهمیت گزینه B نسبت به گزینه A می باشد بنابراین اگر اهمیت یک عامل در مقابل دیگری مشخص باشد، عکس این رابطه نیز قابل تشخیص خواهد بود [۸]. در شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن عوامل مورد ارزیابی بر اساس سامانه شاخص‌گذاری ارائه شده است.

جدول۱- شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد بررسی و معیارهای امتیازدهی در روش سامانه شاخص‌گذاری

شاخص ها		زیر شاخص ها	محدوده امتیازات		معیارهای امتیازدهی
شاخص مخاطرات کل	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	حداقل ارتفاع پوشش	۰-۲۴		۳ / ارتفاع پوشش بر حسب اینچ
		سطح فعالیت های منطقه	۰-۲۵		مراکز جمعیتی، خطوط ارتباطی، پروژه های در حال احداث، فعالیت های حساس و خطرزا، خطوط انتقال آب و پروژه های در حال احداث
		حریم خط لوله	۰-۶		عالی، خوب، متوسط، زیر متوسط، ضعیف
		تأسیسات روزمینی	۰-۱۱		عدم وجود تأسیسات زیربنایی سطحی امتیاز ۱۱ در غیر این صورت امتیاز ۰
		تواتر گشت و بازرسی	۰-۱۷		روزانه- ۴، ۳، ۲ یا ۱ روز در هفته- کمتر از ۴ بار در ماه، کمتر از یکبار در ماه، هیچ وقت
		برنامه آموزش همگانی	۰-۱۷		آموزش غیر حضوری، ملاقات با نمایندگان رسمی مردم و پیمانکاران، انتشار آگهی، برخورد مستقیم و برنامه های آموزش منظم گروهی
	خوردگی	خوردگی ناشی از عوامل جوی	۰-۱۰		در معرض هوا قرار داشتن، شرایط جوّی، عایق
		خوردگی درونی	۰-۲۰		خوردگی محصول، موانع
		خوردگی زیر سطحی	محیط زیرزمینی	۰-۲۰	خورندگی خاک، خوردگی مکانیکی
			حفاظت کاتدیک	۰-۲۵	کارایی، قابلیت درونی
			عایقکاری	۰-۲۵	قابلیت، شرایط
	طراحی	ضریب ایمنی لوله	۰-۲۵		نسبت میزان فشار قابل تحمل به فشار طراحی (فاکتور ریسک)
		ضریب ایمنی سامانه انتقال گاز	۰-۲۵		مقاوم به فشار های مکانیکی
		فشار Surge (فشار مکانیکی ناشی از توقف ناگهانی سیّال درون لوله)	۰-۲۰		احتمال بالای ایجاد فشارsurge (۰)، احتمال متوسط (۱۰) و غیر ممکن(۲۰)
		جابجایی خاک و عوامل زمین ساخت	لغزش	۰-۷	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)
			روانگرایی	۰-۷	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)
			لرزه خیزی	۰-۹	فاقد پتانسیل (۹)، پتانسیل کم (۶)، پتانسیل متوسط (۴)، پتانسیل زیاد (۰)
			نشست زمین	۰-۷	فاقد پتانسیل (۷)، سایر موارد (۰)
	کارکرد ناصحیح اپراتور	فاز طراحی	۰-۳۵		شناسایی خطر (۵)، حداکثر فشار قابل تحمل (۱۵)، سامانه های ایمنی (۱۲)، کنترل (۳)
		فاز ساختمانی	۰-۲۵		بازرسی کیفی (۱۲)، بررسی اتصالات (۳)، استفاده از پوشش مناسب (۲)، مواد و تجهیزات مصرفی (۲)، حفاری (۲)، کارگزاری لوله (۲)، بررسی عایق لوله (۲)
		فاز بهره برداری	۰-۴۰		برنامه های ایمنی (۴)، سیستم های کنترل از راه دور(SCADA) ؛ (۶ امتیاز)، برنامه های تعمیر و بازسازی (۸)، آموزش (۱۲)، تجهیزات جلوگیری از خطاهای مکانیکی (۱۰)
شاخص اثرات	خطر محصول	خطرات حاد	۰-۱۲		قابلیت اشتعال(۴-۰)، واکنش پذیری (۴-۰)، میزان سمیّت (۴-۰)
		خطرات مزمن	۰-۱۰		سمیّت در محیط آبی، سمیّت برای پستانداران، قابلیت آتش گیری و واکنش پذیری، پتانسیل سرطانزایی، اسیدیته و خورندگی
	حساسیت پراکنش	میزان نشت	۰-۶		حجم نشت و مدل انتشار
		تراکم جمعیت	۰-۴		تا شعاع ۲ کیلومتر از خط لوله
	حساسیت اکولوژیک	رودخانه های با اهمیت	۰-۴		تقاطع یا مجاورت با رودخانه های مهم از نظراکولوژیکی (۰) و در غیر این صورت (۴)
		مناطق چهارگانه تحت مدیریت	۰-۴		تا شعاع ۵ کیلومتر ؛ حضور مناطق در طول مسیر (۰) و در غیر این صورت (۴)
		زیستگاه ها و رویشگاه های ویژه	۰-۴		حضور در طول مسیر (۰) و در غیر این صورت (۴)
سطح ریسک	نحوه محاسبه (امتیاز)	امتیاز نهایی شاخص مخاطرات کل (مجموع زیر شاخص ها) * امتیاز نهایی شاخص اثرات (مجموع زیر شاخص ها)			

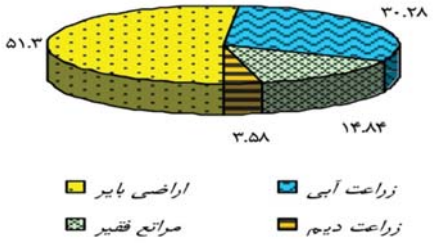


شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن عوامل مورد ارزیابی

۳- نتایج و بحث

جهت وزن‌دهی هر یک از عوامل که به صورت لایه‌های رقومی تهیه شده بودند از روش OWA بهره‌گیری شد. روش مذکور این قدرت را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که عوامل مهم‌تری که از نظر او سطح ریسک پروژه را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند را با همان درجه از اهمیت در مسأله قرار دهد [۹]. استخراج این اوزان می‌تواند از طریق نظرات کارشناسی منتج شود[۱۰]. با استفاده از تجربیات متخصصین امر و نظرات خبرگی برای هر یک از عوامل مورد ارزیابی ضریب وزنی در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که نقشه‌های هر یک از زیرشاخص های مورد بررسی در نتیجه تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوطه و با لحاظ کردن ضرایب وزنی مشخص شده به دست آمد. در جدول ۲ اوزان نهایی شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مورد ارزیابی در این مطالعه ارائه شده است.

غالب مسیرخط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس در مسیر خود از دشت‌های واقع در شهرستان شبستر عبور کرده و در قسمت انتهایی آن از شوره زارهای استان آذربایجان غربی می‌گذرد. هم‌چنین خط لوله مذکور از محدوده شمال غربی شهر تسوج و ۱۷ آبادی در طول مسیر عبور می‌کند. از میان مراکز جمعیتی محدوده مورد مطالعه، شهر تسوج با جمعیتی بالغ بر ۷۳۳۲ نفر و روستای قره قشلاق با ۲۱۲۶ نفرجمعیت، پرجمعیت‌ترین و هم‌چنین آبادی چوپانلوی سفلی با ۱۵۹ و قزلجه با ۲۳۱ نفر، کم جمعیت‌ترین آبادی محدوده مسیر محسوب می‌شوند [۱۱]. این خط لوله در طول مسیر، ۱۰ تقاطع با جاده آسفالته، ۱ تقاطع با راه شوسه و ۱ تقاطع با راه آهن را طی می‌کند. هم‌چنین در طول مسیر ۶ تقاطع با مسیل و آبراهه (بیشتر در دشت تسوج) و ۱ تقاطع با رودخانه فصلی زولاچای با عرض بستر ۶۱ متر در دشت سلماس وجود دارد. ازکل مسیر ۵۱/۳۰٪خط لوله مورد بررسی از اراضی بایر، ۱۴/۸۴٪ آن مراتع فقیر، ۳۰/۲۸٪ اراضی با کاربری زراعت آبی و ۳/۵۸٪ ،اراضی با کاربری زراعت دیم عبور می‌کند (شکل۳).



شکل۳- انواع و نسبت کاربری‌های اراضی موجود در مسیر خط لوله تسوج- سلماس

جنس گیاهی غالب مراتع مسیر خط لوله از جنس گون می‌باشد. نزدیکی به مراکز جمعیتی، تقاطع با راه‌های ارتباطی و گذر از اراضی کشاورزی از جمله عواملی هستند که باعث بالا رفتن سطح پتانسیل ریسک حاصل از عوامل ثالث می‌شوند. هم‌چنین مجاورت و تقاطع با خطوط انتقال برق فشار قوی و مجاورت با خط لوله انتقال گاز تبریز- ارومیه به‌عنوان فعالیت‌های حساس و خطرزائی است که در زمان وقوع حوادث احتمالی می‌توانند اثر تشدیدکننده بر سامانه انتقال گاز برجای گذارند. دو گسل در نزدیکی خط لوله واقع است. گسل اول، گسل فعال تسوج، از انواع گسل‌های اصلی با روند تقریبی شرقی- غربی است که به موازات خط لوله (با حداقل فاصله ۷۰۰ متر و حداکثر ۴ کیلومتر) در شمال خط لوله واقع شده است. در ادامه، این گسل به سمت شمال غربی کشیده شده و به انتهای گسل دوم یعنی گسل شکریازی- مافی کندی می‌پیوندد. ادامه گسل شمال تبریز از ۱۶ کیلومتری شمال شهرستان سلماس عبور کرده و عامل اصلی تشکیل دریاچه تکتونیکی ارومیه می‌باشد. پدیده لغزش و ریزش نیز در کیلومترهای ۰+۰۰ تا ۱+۲۸۰، ۳۰+۰۰ تا ۸+۱۵۰ ، ۱۳+۲۸۰ تا ۲۱ و ۳۴+۰۳۲ تا ۴۱+۷۴۰ با توجه به نزدیکی به گسل تسوج و واقع شدن در مناطق بین کوه و دشت و مجاورت با رسوبات رسی و مارنی دارای پتانسیل متوسط تا زیاد می‌باشد. در قسمت انتهایی مسیر نیز، گذر از شوره‌زارها با رسوبات سست مارنی، برپتانسیل نشست زمین را افزایش داده است. در

خصوص حساسیت زیست‌محیطی محدوده پذیرنده تنها حساسیت مورد بررسی، پارک ملی دریاچه ارومیه می‌باشد که در جنوب مسیر خط لوله واقع شده و کمترین فاصله خط لوله از حاشیه شمالی دریاچه ارومیه ۱/۸۳۰ کیلومتر پیش بینی می‌شود. با توجه به روش منتخب، حریم ۵ کیلومتری از دریاچه ارومیه به عنوان شعاع ریسک درنظر گرفته شد. نتیجه بررسی‌های مکانی حاکی از آن است که ۱۵ کیلومتر از مسیر خط لوله (از کیلومتر ۲۲۰+۱۸ تا ۲۲۰+۳۳) در این شعاع واقع شده و در نتیجه در صورت وقوع حادثه در فاز بهره‌برداری پیش‌بینی می‌شود که در محدوده مذکور بسته به نوع و وسعت حادثه دریاچه ارومیه را تحت تأثیر قرار دهد .لذا این محدوده از لحاظ حساسیت اکولوژیک، محدوده با ریسک زیاد در نظر گرفته شد. مهم‌ترین عوامل تحت تاثیر شناسایی شده، جمعیت، فعالیت‌های انسانی مرتبط با اراضی و دریاچه ارومیه پیش‌بینی گردید، هم‌چنین بیشترین میزان ریسک پروژه نیز ناشی از ریسک‌های پتانسیل تخریب عوامل ثالث و پتانسیل های طبیعی (جابجایی خاک) می باشد. پس از شناسایی مخاطرات احتمالی در گام اول، امتیازدهی و کمی سازی شاخص‌ها و زیرشاخص های ارزیابی با استفاده از معیارهای موجوداقدام گردید. در سامانه انتقال مورد بررسی، سیال از نوع گاز طبیعی شیرین با ترکیب ۸۸ درصد متان و ۱۲ درصد اتان است. وضعیت خط لوله مذکور از نظر این شاخص در تمام طول مسیر یکسان ارزیابی و در نتیجه امتیاز محاسبه شده به صورت عدد ثابت برای کل مسیر لحاظ گردید.

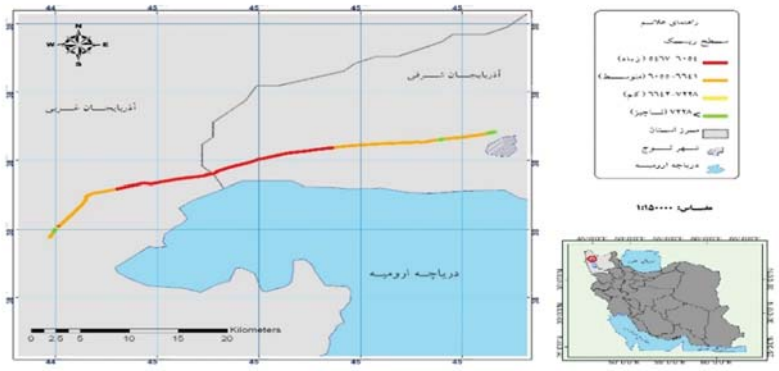
پس از مشخص شدن امتیاز شاخص‌های ارزیابی و برآورد میزان اهمیت هر یک از آن‌ها (بر حسب ضریب وزنی) نقشه‌های لایه‌های مورد ارزیابی تولید و استانداردگردید. سپس در محیط GIS نقشه‌های پتانسیل تخریب عوامل ثالث، شاخص خوردگی (پتانسیل خورندگی خاک) و شاخص طراحی با اعمال ضرایب وزنی وبهره‌گیری ازتابع Raster Calculator، از سری توابع تحلیل‌گرفضایی، به‌صورت WLC با یکدیگر تلفیق و نقشه نهایی شاخص مخاطرات کل تولیدگردید. نقشه نهایی شاخص اثرات نیز از تلفیق نقشه‌های تراکم جمعیت و حساسیت اکولوژیک حاصل شد.

جدول۲- اوزان نهایی شاخص‌ها، زیر شاخص‌ها و عوامل ریسک مورد بررسی خط انتقال گاز تسوج- سلماس

شاخص‌های ارزیابی	درصد اهمیت	زیرشاخص‌های ارزیابی	وزن نهایی	لایه‌های اطلاعاتی مورد ارزیابی (عوامل ریسک)	ضریب وزنی
شاخص مخاطرات کل	٪۵۰ (۰/۵۰)	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	۰/۵۳۱	مراکز جمعیتی (تا شعاع ۲ کیلومتر)	۰/۱۴
				خطوط ارتباطی (تا شعاع ۱ کیلومتر)	۰/۱۸
				خط لوله انتقال گاز موجود	۰/۲۱
				خطوط انتقال برق فشار قوی	۰/۱۷
				کاربری اراضی (فعالیت‌های زراعی و کشاورزی)	۰/۲۰
				تأسیسات روزمینی	۰/۱۰
		کارکرد ناصحیح اپراتور	۰/۱۲۳۰	*	
		طراحی	۰/۲۶۹۰	جابجایی خاک (حاصل تلفیق لایه‌های: لرزه‌خیزی، روان‌گرایی، لغزش و نشست زمین)	۱
		خوردگی	۰/۰۷۷۰	پتانسیل خورندگی خاک	۱
حاصل تلفیق لایه‌های فوق نقشه شاخص مخاطرات کل می باشد					
شاخص اثرات	٪۵۰ (۰/۵۰)	خطر محصول	۰/۱۱	*	
		حساسیت پراکنش	۰/۳۰۹	تراکم جمعیت (تا شعاع ۲ کیلومتر)	۱
		حساسیت اکولوژیک	۰/۵۸۱	پارک ملّی دریاچه ارومیه (تا شعاع ۵ کیلومتر)	۱
حاصل تلفیق لایه های فوق نقشه شاخص اثرات می باشد					

جدول۳- نتایج کمی‌سازی شاخص‌های ارزیابی در مطالعه ارزیابی ریسک محیط‌زیستی خط انتقال گاز تسوج- سلماس

شاخص ها		زیر شاخص‌ها		محدوده امتیازات	معیارهای امتیازدهی
شاخص مخاطرات کل	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	حداقل ارتفاع پوشش		۱۶	حداقل ارتفاع پوشش خاک‌روی لوله بر حسب اینچ ۴۸ می‌باشد در نتیجه امتیاز این قسمت (۱۶= ۳ / ۴۸) برآورد شده است.
		سطح فعالیت‌های منطقه		۰-۲۵	در بازه‌های مختلف بسته به تراکم نقاط جمعیتی، تقاطع با راه‌های ارتباطی، عبور از داخل اراضی کشاورزی، مجاورت و تقاطع با خط لوله انتقال گاز موجود و خطوط انتقال برق فشار قوی امتیازات متفاوت می‌باشد.
		حریم خط لوله		۰-۶	در محل تأسیسات سیستم انتقال گاز ۵ (عالی) و در سایر نقاط مسیر، امتیاز ۲ (متوسط).
		تأسیسات روزمینی		۰-۱۱	در نقاط ابتدا و انتهای مسیر و کیلومتر ۲۰، امتیاز (۰) و سایر نقاط (۱۱).
		تواتر گشت و بازرسی		۲	با توجه به معیارها و بررسی های صورت گرفته.
		برنامه آموزش همگانی		۱۵	با توجه به معیارها و بررسی های صورت گرفته.
		خوردگی ناشی از عوامل جوی		۱۰	خط لوله در زیر زمین مدفون بوده و در معرض عوامل اتمسفری قرار نمی گیرد.
		خوردگی درونی		۲۰	گاز طبیعی فاقد پتانسیل خورندگی بوده بعلاوه تمهیدات مناسب در نظر گرفته شده است.
	خوردگی	خوردگی زیر	محیط زیرزمینی	۰-۲۰	در بازه های مختلف بسته به مقاومت الکتریکی خاک امتیاز دهی متفاوت می باشد (کمتر از ۵۰۰ (امتیاز صفر)، بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ (امتیاز ۱۰) و بیش از ۱۰۰۰۰ (امتیاز ۲۰).
		سطحی	حفاظت کاتدیک	۲۵	اجرای سیستم حفاظت کاتدیک طبق استاندارد و انجام آزمایشات مربوطه.
			عایقکاری	۲۵	طبق استانداردهای مهندسی و در حد مناسب.
		ضریب ایمنی لوله و سامانه انتقال گاز		۱۰	نسبت میزان فشار قابل تحمل به فشار طراحی (فاکتور ریسک) = ۱/۴۰ (با توجه به معیار در حدّ متوسط است)
		فشار Surge		۱۰	احتمال متوسط ایجاد فشارsurge
	طراحی	جابجایی خاک و عوامل زمین ساخت	لغزش روانگرایی لرزه خیزی نشست زمین	۰-۳۰	نقشه پتانسیل جابجایی خاک در نتیجه روی‌هم گذاری لایه های لغزش، روانگرایی، لرزه خیزی و نشست زمین در طول مسیر خط لوله، به دست می آید. امتیاز این شاخص در نقاط مختلف بسته به امتیاز عوامل مؤثر مذکور، متفاوت است. دامنه امتیازات در مورد خط لوله گاز تسوج- سلماس ۱۷-۱۰ (پتانسیل متوسط) بوده است.
	کارکرد ناصحیح اپراتور	فاز طراحی		۲۳	با توجه به معیارها و بررسی های صورت گرفته (امتیاز این شاخص برای کل مسیر خط لوله لحاظ شده است).
		فاز ساختمانی		۲۵	
		فاز بهره برداری		۳۴	
	خطر محصول	خطرات حاد		۷	مجموع امتیازات قابلیت اشتعال(۰)، واکنش پذیری (۴)، میزان سمیّت (۳).
		خطرات مزمن		۲	بر اساس معیار CERCLA میزان نشت قابل توجه برای گاز طبیعی (متان و اتان) برابر ۵۰۰۰ و در نتیجه امتیاز معادل ۲ می باشد.
شاخص آثار	حساسیت پراکنش	میزان نشت		۵	بر اساس جرم مولکولی و نرخ نشت گاز طبیعی (متان و اتان).
		تراکم جمعیت		۰-۴	تا شعاع ۲ کیلومتر از محور خط لوله؛ تراکم ۱۰۴-۲۶ (۴ امتیاز)، ۱۸۳-۱۰۵ (۳ امتیاز)، ۲۶۲-۱۸۴ (۲ امتیاز)، ۳۴۰-۲۶۳ (۱ امتیاز).
		امتیاز نهایی حساسیت پراکنش (امتیازتراکم جمعیت/ امتیاز میزان نشت)		۰-۶	تراکم جمعیت (۴): ۱/۲۵ امتیاز — تراکم جمعیت (۳): ۱/۶۶ امتیاز — تراکم جمعیت (۲): ۲/۵ امتیاز — تراکم جمعیت (۱): ۵ امتیاز .
		رودخانه های با اهمیت		۴	عدم تقاطع یا مجاورت با رودخانه های مهم از نظراکولوژیکی در کل مسیر.
	حساسیت اکولوژیک	مناطق چهارگانه تحت مدیریت		۰-۴	مسیرهایی از خط لوله که در شعاع ۵ کیلومتری از پارک ملّی دریاچه ارومیه واقع شده اند (صفر امتیاز) و فواصل بیشتر (۴ امتیاز).
		زیستگاهها و رویشگاههای ویژه		۴	عدم وجود زیستگاه و رویشگاه ویژه در طول مسیر.



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی ریسک محیطزیستی خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غالب طول مسیر خط لوله واجد دو سطح ریسک متوسط و زیاد می‌باشد. به‌طوری که ۴۶٪ از طول مسیر دارای ریسک بالا (۶۰۵۴- ۵۴۶۷ امتیاز)، ۴۸٪ ریسک متوسط (۶۶۴۱- ۶۰۵۵ امتیاز)، ۲٪ ریسک کم (۷۲۲۸-۶۶۴۲ امتیاز) و ریسک ناچیز با امتیاز (<۷۲۲۸)، ۴٪ از طول مسیر را به خود اختصاص داده‌اند. نقشه نهایی پهنه‌بندی ریسک محیطزیستی در طول مسیر خط لوله تسوج- سلماس در شکل ۴ نمایش داده شده است.

با توجه به این که نتایج حاصل از این مطالعه مکان‌یابی ریسک‌های شناسایی شده در طول مسیر خط لوله می باشد، لذا به منظورتهیه برنامه کنترل ریسک می‌توان با مراجعه به نقشه‌های ریسک تولید شده، مخاطرات و پیامدهای حاصله را شناسایی و برحسب موقعیت جغرافیایی و مکانی آن‌ها در طول مسیر، برنامه کنترلی ارائه داد. همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی ریسک (شکل ۴) مشاهده می‌شود؛ امتیاز پایین نشان‌دهنده ریسک زیاد بوده و با افزایش امتیاز، سطح ریسک کاهش می‌یابد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Hazard Identification
[2] Quantitative Risk Assessment
[3] Horizontal Direct Drilling
[4] Matrix-Based Risk Assessment Approach
[5] Failure Mode
[6] Fault Tree Analysis
[7] Scenario Based
[8] Multi Attribute Utility Theory

منابع

[1] Brito A J, de Almeida A T. Multi attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines. Reliability engineering & System safety**; 2008**.p. 187-198.

[2] Bass gas pipeline . Environmental impact statement, Southeast Australia**;2002.**p. 753.

[3] Lina HB. Pipeline risk assessment assist safe transportation of energy resources. Southeastern Mexico**; 2000**.p. 154-168.

[4] Porter M, Marcuz G, Reale R, Savigny K W. Geohazard risk management for the Norandino gas pipeline, Proceedings of IPC, 6th International Pipeline Conference, Canada**; 2006.**

[5] Henselwood F, Phillips G. A matrix based risk assessment approach for addressing linear hazards such as pipelines**; 2004**.p.67-92.

[6] Monavari S M. Impact Assessment, Mitra, Inc.**; 2005. [In Persian]**

[7] Consulting Engineers Geo-minded inquiry . technical reports and studies, geotechnical soil gas pipeline Tasuj – Salamas; 2008**. [In Persian]**

[8] Sarkis J, Talluri S. Evaluating and Selecting e-Commerce Software and Communication Systems for a Supply Chain, European Journal of Operational Research**; 2004.**

[9] Malczewski J. GIS and multi criteria decision analysis, Newyork, John wiley & Sons Inc.**; 1999**.p.392.

[10] Motakan A A, Shakib AR, PourAli SH, Nazmfar H. locating suitable sites for landfill using GIS (study area: the city of Tabriz). Journal of Environmental Sciences **; 2008;6** (2):65-76 **. [In Persian]**

[11] Statistical Center of Iran. Population and Housing Census, National Statistical Center of Iran port, Inc.**; 2005. [In Persian]**