محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۳ بهار ۸۹، صفحهٔ ۱۰۷-۱۲۰

ارزیابی ریسک محیط زیستی خطوط لوله انتقال گاز به روش تلفیقی AHP

چکیده

امروزه ارزیابی ریسک محیطزیستی به عنوان ابزاری کارآمد در مطالعات مدیریت ریسک محیطزیستی پروژه‌هایی که از نیروی تخریب بالایی برخوردارند، مطرح است. احداث خطوط لولهٔ انتقال گاز غالباً بهترین گزینهٔ انتقال این مواد همراه با توجیه فنی و اقتصادی است لیکن با توجه به ریسک‌پذیری بالا می‌توانند آثار چشمگیری بر محیطزیست برجای گذارد، بنابراین نیازمند مطالعات مستمر است. در این تحقیق به منظور ارزیابی ریسک محیطزیستی خطوط انتقال گاز، تلفیقی از روش سامانهٔ شاخص‌گذاری و فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) پیشنهاد شد. سامانهٔ شاخص‌گذاری روشی جامع و کاربردی است که بر اساس تعیین شاخص اثر و امتیازدهی بنیان‌گذاری شده است. با یاری از این روش می‌توان انواع ریسک‌های محیطزیستی موجود در خطوط لوله را بر اساس شاخص‌ها و معیارهای تعیین‌شده طبقه‌بندی کمّی و اولویت‌بندی کرد. در روش مذکور شاخص مخاطرات، معرّف احتمال وقوع خطر و شاخص آثار، مبین شدت اثر است. نمرهٔ نهایی ریسک محیطزیستی در این روش از حاصل ضرب امتیاز نهایی احتمال وقوع در شدت اثر حاصل می‌شود. نظر به این که میزان تأثیرگذاری تمام شاخص‌ها در سطح نهایی ریسک یکسان نیست، از فرایند(AHP) نیز برای وزن‌دهی به شاخص‌ها استفاده شد. به منظور آزمون نتایج این پژوهش، ارزیابی ریسک محیطزیستی خط لوله انتقال گاز ۲۴ اینچ"تسوج- سلماس" به طول تقریبی ۴۲ کیلومتر به مثابهٔ مطالعهٔ موردی به انجام رسید. با بهره‌گیری از توانایی‌های سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، ریسک‌های شناسایی شده در طول مسیر خط لوله پهنه‌بندی شد. مهم‌ترین عوامل مولّد ریسک شناسایی شده در این پروژه به ریسک‌های ناشی از پتانسیل تخریب عوامل ثالث و پتانسیل‌های طبیعی (جابه‌جایی خاک) مربوط می‌شود.

کلید واژه

ارزیابی ریسک محیطزیستی، خطوط لوله انتقال گاز، سامانه شاخص‌گذاری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

سرآغاز

ارزیابی ریسک محیطزیستی فرایند تحلیل کمی و کیفی پتانسیل‌های خطر و پیش‌بینی بالفعل شدن ریسک‌پذیری بالقوه پروژه با در نظر گرفتن حساسیت، یا آسیب‌پذیری محیط پیرامونی آن است (Muhlbauer, 2004). گسترش شبکهٔ گازرسانی با توجه به برخورداری کشور از منابع عظیم گاز، همواره جزء سیاست‌های اصلی بخش انرژی بوده است. بررسی عملکرد بخش انرژی در خصوص احداث خطوط انتقال گاز طبیعی حاکی از حجم گسترده فعالیت‌های انجام شده در این مورد است. احداث خطوط انتقال گاز غالباً بهترین گزینه انتقال این مواد همراه با توجیه فنی و اقتصادی است، لیکن با توجه به ریسک‌پذیری بالا می‌تواند آثار چشمگیری بر محیط زیست تحت تأثیر خود بر جای گذارند(Brito, 2008). در زمینهٔ ارزیابی ریسک محیط زیستی خطوط لوله انتقال نفت و گاز، مطالعات مختلفی در دنیا به انجام رسیده است. از آن جمله می‌توان به مطالعات ارزیابی ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال گاز باس[1] درسال ۲۰۰۱ در استرالیا اشاره کرد. در این مطالعات که در قالب گزارش ارزیابی آثار محیط زیستی به انجام رسیده، ابتدا فرایند شناسایی خطرات[2] پروژه مورد بررسی قرار گرفته و ارزیابی ریسک محیط زیستی به روش

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۹۱۲۶۱۹۴۶۷۶

E-mail: sajozi@yahoo.com

کمّی[۳] انجام شده است. ارزیابی ریسک خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی در سال ۲۰۰۰ در جنوب مکزیک از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه است. در این پروژه ریسک‌های ناشی از فعالیت احداث این خطوط لوله بر محدودهٔ 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 سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی توان ریسک در مسیر خط لوله پهنه‌بندی شده است (Lina, 2000).

مطالعات دیگری با عنوان ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیطی برای خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی ۲۰ اینچ شمال آرژانتین – سواحل شیلی در حد فاصل سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ به 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 کمّی ریسک به طور ابتدایی رتبه‌بندی شده است. در این تحقیق با استفاده از تحلیل‌های هزینه- منفعت، نسبت به انتخاب مطلوب‌ترین اقدامات کنترل ریسک (مانند برنامه‌های پایش، نوسازی تقاطع‌ها با رودخانه‌ها و احتراز از زمین لغزش با استفاده از عملیات[۴] در اماکن با سطح ریسک بالا، اقدام شده است (Porter, et al, 2006).

از دیگر روش‌های متداول در ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیطزیستی ناشی از خطوط انتقال، حامل‌های انرژی رویکرد ماتریسی ارزیابی ریسک[۵] است. این شیوه شامل طرح‌ریزی ماتریسی است که هر قطعه ۱۰۰ متری از خط لوله را همراه ۳۰عامل مولد ریسک محیط پذیرنده آن حوزهٔ جغرافیایی نشان می‌دهد. این عوامل از حالات شکست[۶]، پیامدهای متعاقب یک شکست، آسیب‌های فردی، تأثیرات جغرافیایی ریسک و اثر بر ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ریسک ناشی می‌شوند. این رویکرد، روشی نرم‌افزاری، دقیق و با حداقل خطای انسانی بوده، لیکن نیازمند نظر کارشناسی خبره است (Henselwood, et al., 2004).

در ایران نیز مطالعاتی در خصوص ارزیابی ریسک پروژه‌های انتقال گاز به انجام رسیده است که از این میان می‌توان به ارزیابی ریسک با روش مطالعهٔ عملیات و خطر[۷] در فازهای ۷،۶ و ۸ منطقهٔ پارس جنوبی اشاره کرد (Foster Wheeler Consultants, 2001). از جمله ویژگی‌های این روش، در کنار نتایج دقیق و قابل استناد، رویکرد کمرنگ آن به مسائل محیط زیستی است.

به‌طورکلی روش‌های ارزیابی ریسک پروژه‌های طولی را می‌توان به سه گروه عمدهٔ ذیل طبقه‌بندی کرد:

الف) روش‌های کیفی مانند روش‌های HAZOP، تجزیه و تحلیل درخت خطا [۸] و ارزیابی ریسک گزینه‌ای[۹]؛

ب) روش‌های کمّی همچون تئوری رضامندی چند گزینه‌ای[۱۰] و روش ارزیابی کمّی ریسک موسوم به روشQRA و

ج) روش‌های نیمه‌کمّی مثل روش شاخص‌گذاری (Brito, 2008).

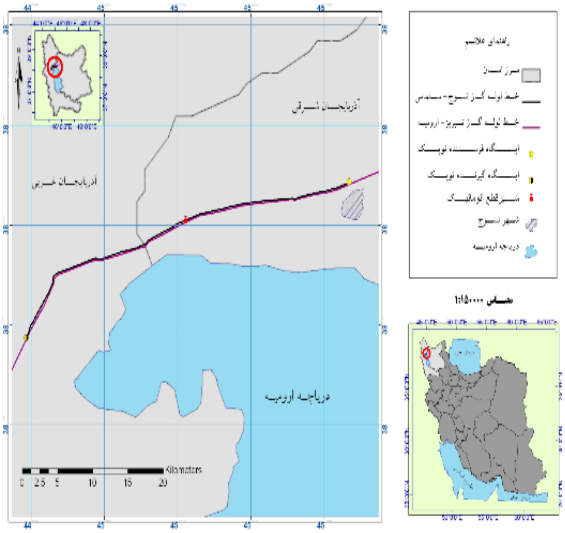
در انتخاب روش مناسب باید توجه داشت که عوامل مختلفی از جمله میزان داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، پیچیدگی فرایند مورد سنجش، توانایی دسترسی به اطلاعات و تخصص مورد نیاز نقش مهمی ایفا می‌کنند (منوری، ۱۳۸۴).

در تحقیق حاضر از روش سامانهٔ شاخص‌گذاری استفاده شد. این سامانه روشی جامع و کاربردی است که بر پایهٔ امتیازدهی ذهنی[۱۱] بنیانگذاری شده و دارای ویژگی‌هایی نظیر انعطاف‌پذیری، سرعت بالا و مقرون‌به‌صرفه‌بودن است. با استفاده از این روش می‌توان انواع ریسک‌های موجود در خط لوله را بر اساس شاخص‌ها و معیارهای تعیین‌شده طبقه‌بندی کمّی و اولویت‌بندی کرد (Muhlbauer, 1999).

خط لوله انتقال گاز ۲۴ اینچ تسوج- سلماس در شمال شهر تسوج واقع در استان آذربایجان شرقی و در نقطه‌ای 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 حدود ۴۲ کیلومتر طی مسیر به موازات آن، در جنوب‌شرقی سلماس واقع در استان آذربایجان غربی در نقطه‌ای به مختصات ″۴۵، ′۱۱، °۳۸ عرض شمالی و ″۲۵، ′۵۶، °۴۴ طول شرقی به پایان می‌رسد. این خط لوله در مسیر خود از دشت‌های واقع در شبستر می‌گذرد و قسمت انتهایی آن از شوره‌زارهای استان آذربایجان غربی عبور می‌کنند. هدف اصلی از احداث این خط لوله تقویت فشار گاز خط لوله ۲۰ اینچ تبریز- ارومیه، بویژه جلوگیری از افت فشار در ماههای سرد سال است.

قطر خط لوله در تمام طول مسیر ۲۴ اینچ است ولی ضخامت آن در حوزهٔ استحفاظی شهرها، یا در مجاورت با مناطق مسکونی، مجاورت ایستگاهها و در تقاطع با جاده آسفالته و ریل راه آهن، به منظور حصول به ضریب ایمنی استاندارد متفاوت است. جنس لوله‌ها فولادی و از نوع API-5LX 60 بوده و با پوشش پلی‌اتیلن سه لایه عایق‌کاری شده است. خط لوله مذکور دارای یک ایستگاه فرستنده توپک در ابتدا و یک ایستگاه گیرندهٔ توپک در انتهای مسیر و همچنین یک ایستگاه شیر قطع اتوماتیک در کیلومتر ۲۰ خط لوله است

(مهندسان مشاور هامون گستر صنعت، ۱۳۸۶). در شکل شمارهٔ (۱) موقعیت جغرافیایی خط لوله تسوج- سلماس نمایش داده شده است:



شکل شمارهٔ (۱): موقعیت جغرافیایی خط لوله ۲۴ اینچ تسوج- سلماس

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا کار شناسایی ویژگی‌های فنّی پروژه و محیط زیست تحت تأثیر آن به انجام رسید. در ادامه، مخاطرات احتمالی ناشی از مرحلهٔ ساختمانی پروژه بر محیط پیرامونی پیش‌بینی شد. در این بخش با توجه به روش مورد استفاده و ویژگی‌های محیط زیست منطقهٔ (توپوگرافی، عوارض طبیعی و انسان‌ساخت)، محدودهٔ مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی مشخص شد و سپس تحقیق در قالب این محدوده‌ها به انجام رسید.

برای تلفیق داده‌های مکانی و توصیفی، تجزیه و تحلیل و پهنه‌بندی ریسک محیط‌زیستی در طول مسیر خط لوله از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 *استفاده* شد.

به منظور وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر در برآورد سطح ریسک از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و از نرم افزارExpert C0e9 بهره‌گیری شد. شایان ذکر است که در مرحلهٔ شناسایی این تحقیق ریسک‌های محتمل در قالب آثار پروژه بر محیط و نیز محیط بر پروژه متقابلاً مطالعه شدند. مواردی چون پتانسیل‌های طبیعی منطقه تحت بررسی مانند گسل، لرزه‌خیزی، روانگرایی، لغزش و رانش از جمله عوامل محیطی محسوب می‌شوند که می‌توانند باعث افزایش احتمال وقوع مخاطرات بر خط لوله و تحمیل ریسک از جانب محیط زیست بر پروژه و سرمایه‌گذاری انجام شده محسوب شوند. در مقابل، 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 سامانهٔ انتقال گاز، محیط زیست تحت تأثیر را تهدید می‌کنند.

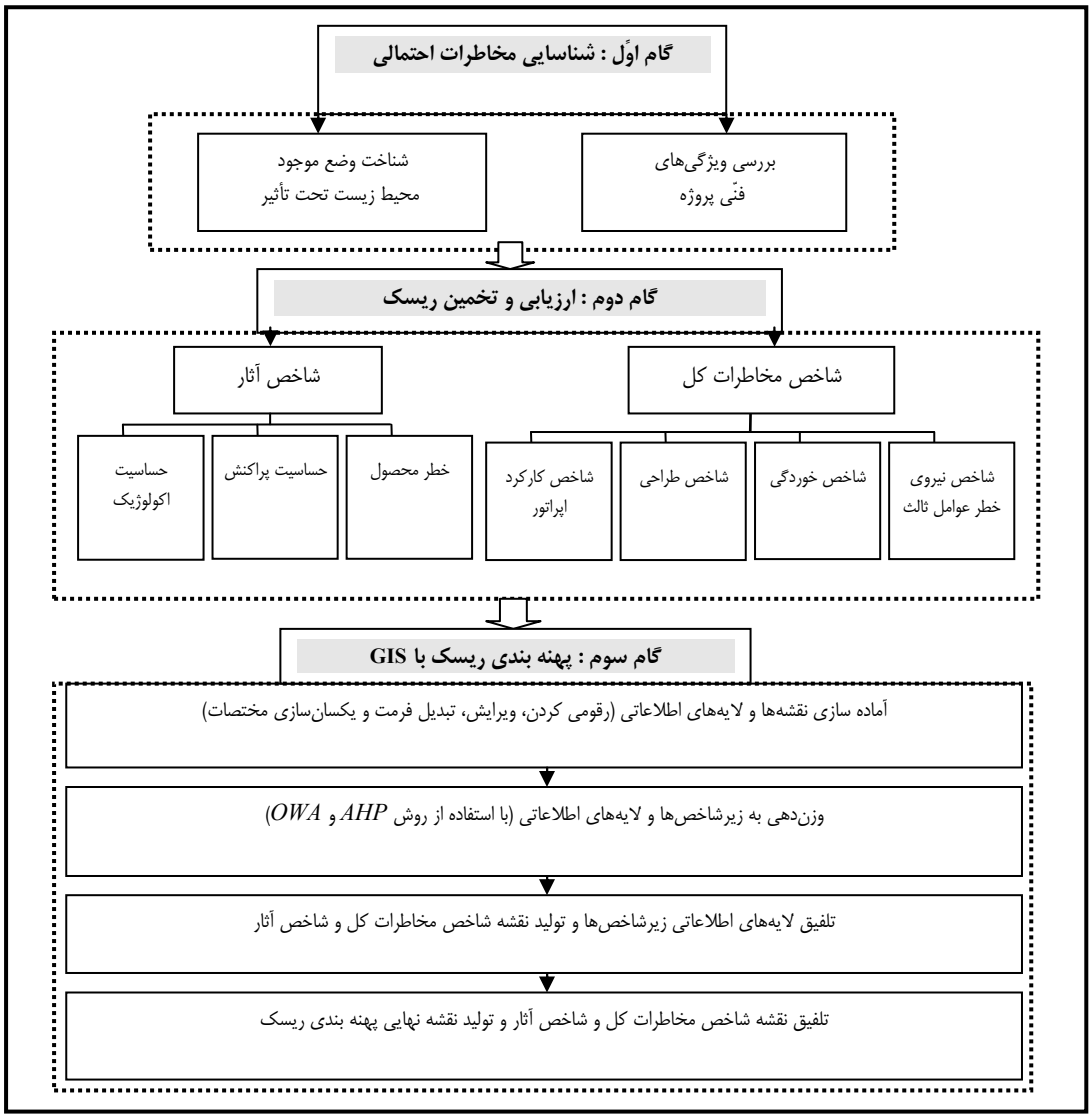
این مخاطرات در صورت وقوع می‌توانند خسارات زیادی بر محیط زیست تحت اثر تحمیل کنند. در ادامه، تخمین و کمّی‌سازی ریسک‌های شناسایی شده در دو محور اصلی شاخص مخاطرات کل و شاخص آثار به انجام رسید.

شاخص مخاطرات کل شامل کلیهٔ عواملی است که در افزایش احتمال بالفعل شدن حادثه یا خطر در مسیر خط لوله مؤثرند. این شاخص خود دارای چهار زیرشاخص پتانسیل تخریب عوامل ثالث، خوردگی، طراحی و کارکرد ناصحیح اپراتور است. شاخص آثار نیز به کلیهٔ عواملی که در شدت، یا ضعف وقوع ریسک محیط زیستی مؤثرند اطلاق 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 گرفت. با تلفیق نقشه‌های زیرشاخص‌های مؤلفه مخاطرات کل و شاخص آثار و با لحاظ کردن اهمیت وزنی هر یک و امتیازات کسب شده، نقشهٔ نهایی شاخص مخاطرات کل که مبین احتمال وقوع خطر و نقشه نهایی شاخص اثرات که معرّف شدت اثر است تولید شد. قابل ذکر است در مواردی که زیرشاخص مورد بررسی توانایی نمایش و پهنه‌بندی نداشت (مانند کارکرد اپراتور، یا خطر محصول) امتیاز محاسبه شده در این مرحله به صورت عدد ثابت در طول مسیر خط لوله لحاظ شد.

در نمودار شمارهٔ (۱) مراحل انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط زیستی در این تحقیق و در جدول شمارهٔ (۱) معیار امتیازدهی و کمّی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مورد بررسی مطابق با روش سامانهٔ شاخص‌گذاری ارائه شده است:

از آنجایی که در این مطالعه هر یک از دو مؤلفه شاخص مخاطرات کل و شاخص آثار دارای اهمیت یکسانی از نظر برآورد سطح ریسک هستند، میزان اهمیت هر یک ۵۰٪ درنظر گرفته شد. به منظور تعیین میزان اهمیت و تأثیر هر یک از زیرشاخص‌های این دو مؤلفه، زیرشاخص‌ها به صورت دو به دو مورد مقایسه قرار گرفته و بر این اساس ارجحیت هر یک بر دیگری تعیین شد.



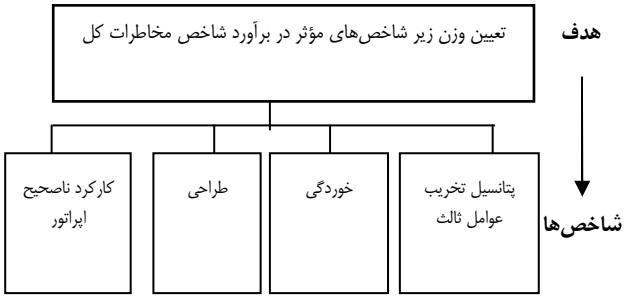
نمودار شمارهٔ (۱): مراحل انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال گاز تسوج– سلماس

این فرایند با اعمال مقیاس ارجحیت که به‌صورت عددی است انجام شد. مقیاس ارجحیت استاندارد که در فرایند AHP مورد استفاده قرار می‌گیرد، بازه‌ای از ۱ تا ۹ است که عبارت‌است از برابری اهمیت دو عنصر (عدد۱) تا مرجح بودن صد در صد یک عنصر نسبت به دیگری (عدد ۹). برای اهمیتی مابین این مقادیر نیز معمولاً از اعداد ۱ تا ۵ استفاده می‌شود. در ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی، عدد "n" نشان دهندهٔ اهمیت عنصر A نسبت به عنصر B و عدد "1/n" نیز گویای اهمیت عنصر B نسبت به A است، بنابراین اگر اهمیت یک عامل در مقابل دیگری مشخص باشد، عکس این رابطه نیز قابل تشخیص خواهد بود (Sarkis, & Talluri, 2004). بدین ترتیب وزن‌ها و همچنین نرخ ناسازگاری[۱۲] ($I.R.$) محاسبه شد. نتایج این محاسبه نشان داد ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به معنای قابل قبول بودن وزن‌های محاسبه شده است.

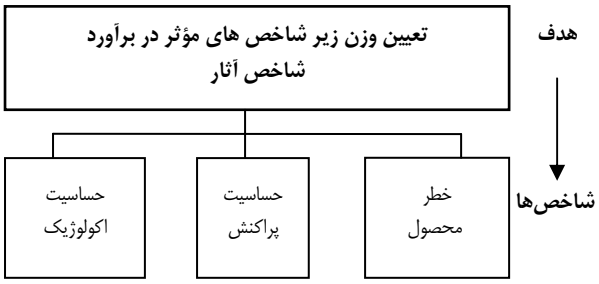
درصورتی‌که نرخ ناسازگاری از ۰/۱ بزرگتر باشد می‌باید با اعمال تغییراتی مکرر در ماتریس مقایسهٔ زوجی .I.R را در حدّ قابل قبول تنظیم کرد (Eastman, 2006). در شکل‌های شمارهٔ (۲ و۳) ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن زیرشاخص‌های مورد ارزیابی بر اساس سامانهٔ شاخص‌گذاری ارائه شده است.

جدول شمارهٔ (۱): شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد بررسی و معیارهای امتیازدهی در روش سامانهٔ شاخص‌گذاری (Muhlbauer, 2004)

شاخص‌ها	زیر شاخص‌ها		محدوده امتیازات	معیارهای امتیازدهی
شاخص مخاطرات کل	**پتانسیل تخریب عوامل ثالث**	حداقل ارتفاع پوشش	۰–۲۴	۳ / ارتفاع پوشش بر حسب اینچ
		سطح فعالیت‌های منطقه	۰–۲۵	مراکز جمعیتی، خطوط ارتباطی، پروژه‌های در حال احداث، فعالیت‌های حساس و خطرزا، خطوط انتقال آب و پروژه های در حال احداث
		حریم خط لوله	۰–۶	عالی، خوب، متوسط، زیر متوسط، ضعیف
		تأسیسات رو زمینی	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
		خوردگی زیر سطحی – حفاظت کاتدیک	۰–۲۵	کارایی، توانایی درونی
		خوردگی زیر سطحی – عایق‌کاری	۰–۲۵	توانایی، شرایط
	طراحی	ضریب ایمنی لوله	۰–۲۵	نسبت میزان فشار قابل تحمل به فشار طراحی (شاخص ریسک)
		ضریب ایمنی سامانهٔ انتقال گاز	۰–۲۵	مقاوم به فشار های مکانیکی
		فشار *Surge* (فشار مکانیکی ناشی از توقف ناگهانی سیال درون لوله)	۰–۲۰	احتمال بالای ایجاد فشار*surge* (۰)، احتمال متوسط (۱۰) و غیر ممکن(۲۰)
		جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت – لغزش	۰–۷	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)
		جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت – روانگرایی	۰–۷	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)
		جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت – لرزه خیزی	۰–۹	فاقد پتانسیل (۹)، نیروی کم (۶)، پتانسیل متوسط (۴)، پتانسیل زیاد (۰)
		جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت – 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)، سامانه‌های 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	برنامه‌های ایمنی (۴)، سیستم‌های کنترل از راه دور(SCADA) ؛ (۶ امتیاز)، برنامه‌های تعمیر و بازسازی (۸)، آموزش (۱۲)، تجهیزات جلوگیری از خطاهای مکانیکی (۱۰)
شاخص آثار	**خطر محصول**	خطرهای حاد	۰–۱۲	توانایی اشتعال(۴–۰)، واکنش پذیری (۴–۰)، میزان سمیت (۴–۰)
		خطرهای مزمن	۰–۱۰	سمی‌بودن در محیط آبی، سمی‌بودن برای پستانداران، توانایی آتش‌گیری و واکنش پذیری، نیروی سرطانزایی، اسیدیته و خورندگی
	حساسیت پراکنش	میزان نشت	۰–۶	امتیاز نهایی شاخص حساسیت پراکنش: (۶–۰) حاصل تقسیم امتیاز میزان نشت به تراکم جمعیت است
		تراکم جمعیت	۰–۴	
	حساسیت اکولوژیک	رودخانه‌های با اهمیت	۰–۴	تقاطع، یا مجاورت با رودخانه‌های 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)
		زیستگاهها و رویشگاههای ویژه	۰–۴	حضور در طول مسیر (۰) و در غیر این صورت (۴)
نحوهٔ محاسبه (امتیاز) سطح ریسک				امتیاز نهایی شاخص مخاطرات کل (مجموع زیر شاخص‌ها) × امتیاز نهایی شاخص آثار (مجموع زیر شاخص ها)

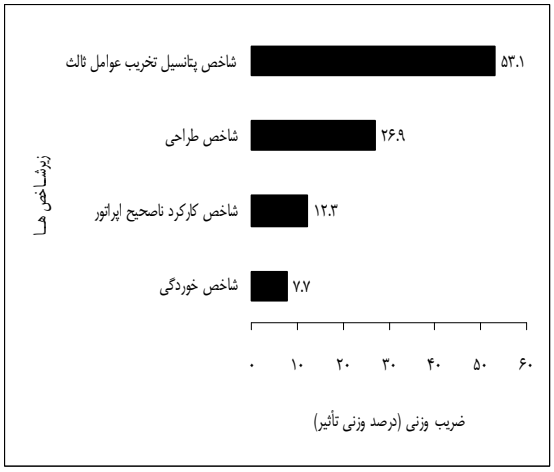


شکل شمارهٔ (۲): ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن زیر شاخص‌های شاخص مخاطرات کل



شکل شمارهٔ (۳): ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن زیر شاخص‌های شاخص آثار

در نمودارهای شمارهٔ (۲و۳) اوزان نهایی هر یک از زیر شاخص‌های مؤلفه مخاطرات کل و آثار به صورت مقایسه‌ای به ترتیب ذیل نمایش داده شده است:



نمودار شمارهٔ (۲): مقایسهٔ وزن نهایی زیرشاخص‌های مؤلفه مخاطرات کل

نمودار شمارهٔ (۳): مقایسهٔ وزن نهایی زیرشاخص‌های مؤلفه آثار

با عنایت به این‌که هر یک از زیرشاخص‌ها نیز از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی متعدد (عوامل ریسک) به دست می‌آید که نسبت به یکدیگر از درجه اهمیت متفاوتی برخوردارند، برای وزن‌دهی به هر یک از این عوامل که به صورت لایه‌های رقومی تهیه شدند از روش OWA[13] بهره‌گیری شد. روش مذکور این قدرت را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که عوامل مهم‌تری را که از نظر او سطح ریسک پروژه را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند با همان اهمیت در مسئله قرار دهد (Malczewski, 1999). استخراج این اوزان می‌تواند از طریق آرای کارشناسی منتج شود (متکان و دیگران، ۱۳۸۷).

در این بخش از مطالعه با بهره‌گیری از تجربیات متخصصان و نظرهای خبرگی برای هر یک از عوامل مورد ارزیابی ضریب وزنی در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که نقشه‌های هر یک از زیر شاخص‌های مورد بررسی در نتیجهٔ تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوط و با لحاظ کردن ضرایب وزنی مشخص شده به دست آمد. در جدول شمارهٔ (۲) اوزان نهایی شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مورد ارزیابی در این مطالعه ارائه شده است.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی محیط‌زیست تحت‌تأثیر در مرحلهٔ شناسایی مخاطرات احتمالی نشان داد که بیشتر خط لوله انتقال گاز تسوج-سلماس در مسیر خود از دشت‌های واقع در شهرستان شبستر عبور کرده و در قسمت انتهایی آن از شوره‌زارهای استان آذربایجان غربی می‌گذرد.

جدول شمارهٔ (۲): اوزان نهایی شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و عوامل ریسک مورد بررسی در مطالعهٔ ارزیابی ریسک محیط زیستی خط انتقال گاز تسوج– سلماس

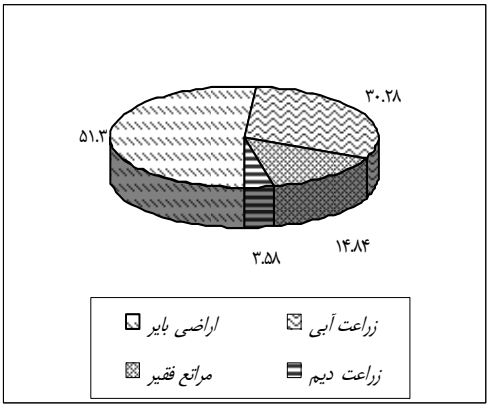
شاخص‌های ارزیابی	درصد اهمیت	زیرشاخص‌های ارزیابی	وزن نهایی	لایه‌های اطلاعاتی مورد ارزیابی (عوامل ریسک)	ضریب وزنی
شاخص مخاطرات کل	٪۵۰ (۰/۵۰)	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	۰/۵۳۱	مراکز جمعیتی (تا شعاع ۲ کیلومتر)	۰/۱۴
				خطوط ارتباطی (تا شعاع ۱ کیلومتر)	۰/۱۸
				خط لوله انتقال گاز موجود	۰/۲۱
				خطوط انتقال برق فشار قوی	۰/۱۷
				کاربری اراضی (فعالیت‌های زراعی و کشاورزی)	۰/۲۰
				تأسیسات رو زمینی	۰/۱۰
		کارکرد ناصحیح اپراتور	۰/۱۲۳۰	×	۱
		طراحی	۰/۲۶۹۰	جابه‌جایی خاک (حاصل تلفیق لایه‌های: لرزه خیزی، روانگرایی، لغزش و نشست زمین)	۱
		خوردگی	۰/۰۷۷۰	نیروی خورندگی خاک	۱
حاصل تلفیق لایه‌های فوق نقشهٔ شاخص مخاطرات کل است(شکل شمارهٔ ۴)					
شاخص آثار	٪۵۰ (۰/۵۰)	خطر محصول	۰/۱۱	×	۱
		حساسیت پراکنش	۰/۳۰۹	تراکم جمعیت (تا شعاع ۲ کیلومتر)	۱
		حساسیت اکولوژیک	۰/۵۸۱	پارک ملّی دریاچهٔ ارومیه (تا شعاع ۵ کیلومتر)	۱
حاصل تلفیق لایه‌های فوق نقشه شاخص آثار است(شکل شمارهٔ ۵)					

× لایه اطلاعاتی توانایی نمایش نداشته درنتیجه امتیاز محاسبه شده به صورت عدد ثابت برای کل مسیر لحاظ شده است.

همچنین خط لوله مذکور از محدودهٔ شمال‌غربی شهر تسوج و ۱۷ آبادی در طول مسیر عبور می‌کند. از میان مراکز جمعیتی محدودهٔ مورد مطالعه، شهر تسوج با جمعیتی بالغ بر ۷۳۳۲ نفر و روستای قره قشلاق با ۲۱۲۶ نفر جمعیت پرجمعیت‌ترین و همچنین آبادی چوپانلوی سفلی با ۱۵۹ و قزلجه با ۲۳۱ نفر کم جمعیت‌ترین آبادی‌های محدودهٔ مسیر محسوب می‌شوند (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵).

این خط لوله در طول مسیر، ۱۰ تقاطع با جاده آسفالته، ۱ تقاطع با راه شوسه و ۱ تقاطع با راه آهن (کیلومتر ۵۵۲+۲۴) را پشت سر می‌گذارد. همچنین در طول مسیر ۶ تقاطع با مسیل و آبراهه (بیشتر در دشت تسوج) و ۱ تقاطع با رودخانهٔ فصلی زولاچای با عرض بستر ۶۱ متر (در کیلومتر ۵۰۸+۳۵) در دشت سلماس وجود دارد. از کل مسیر خط لوله مورد بررسی ۵۱/۳۰٪ آن اراضی بایر، ۱۴/۸۴٪ مراتع فقیر، ۳۰/۲۸٪ اراضی با کاربری

زراعت آبی و ۳/۵۸٪ از طول مسیر از اراضی با کاربری زراعت دیم عبور می‌کند (نمودار شمارهٔ ۴).



نمودار شمارهٔ (۴): انواع و نسبت کاربری‌های اراضی موجود در مسیر خط لوله تسوج– سلماس

جنس گیاهی بیشتر مراتع مسیر خط لوله از جنس گون (*Astragalus sp.*) است که از لحاظ طبقه‌بندی اتحادیهٔ جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (*IUCN*) در زمرهٔ جنس‌های گیاهی با ریسک کم محسوب می‌شود. نزدیکی به مراکز جمعیتی، تقاطع با راههای ارتباطی و گذر از اراضی کشاورزی از جمله عواملی‌اند که باعث بالا رفتن سطح 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 به عنوان فعالیت‌های حساس و خطرزایی است که در زمان وقوع حوادث احتمالی می‌توانند اثر تشدیدکننده بر سامانه انتقال گاز بر جای گذارند.

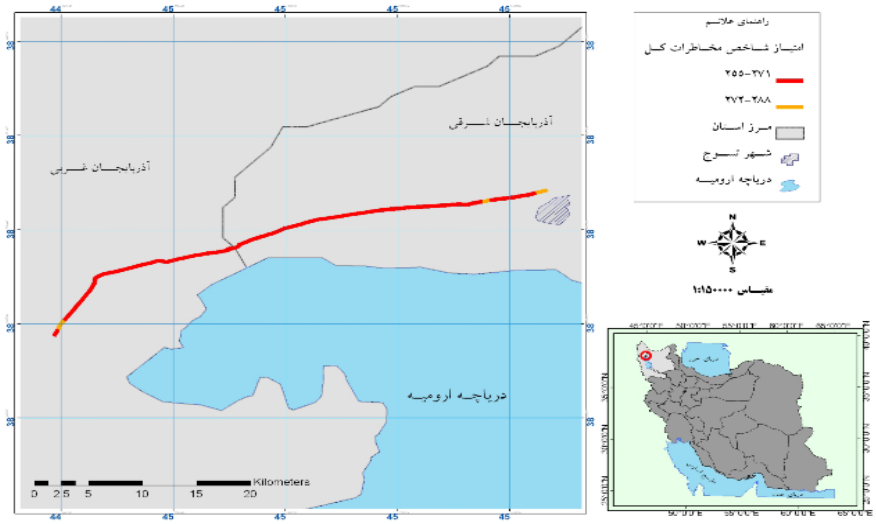
در رابطه با پتانسیل‌های طبیعی منطقهٔ مورد مطالعه، نتایج بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن‌است‌که دو گسل در نزدیکی خط لوله واقع است. گسل اوَل، گسل فعال تسوج، از انواع گسل‌های اصلی با روند تقریبی شرقی–غربی است که به موازات خط لوله (با حداقل فاصله ۷۰۰ متر و حداکثر ۴ کیلومتر) در شمال مسیر خط لوله واقع شده است. در ادامه، این گسل به سمت شمال غربی کشیده شده و به انتهای گسل دوم، یعنی گسل شکریازی– مافی کندی می‌پیوندد. این گسل نیز که ادامهٔ گسل شمال تبریز است از ۱۶ کیلومتری شمال شهرستان سلماس عبور کرده عامل اصلی تشکیل دریاچه تکتونیکی ارومیه است. با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌خیزی ایران، کل مسیر مورد مطالعه واجد قدرت لرزه‌خیزی بسیار زیاد است. بعلاوه توانایی روانگرایی طول مسیر، با توجه به وجود مناطق شیب‌دار ماسه‌ای، دانه‌بندی متوسط و حضور گسل تسوج در برخی از مناطق مسیر، متوسط ارزیابی می‌شود. از نظر پدیدهٔ لغزش و ریزش نیز کیلومترهای ۰۰+۰ تا ۲۸۰+۱، ۰۰+۳۰ تا ۱۵۰+۸ ، ۲۸۰+۱۳ تا ۲۱ و ۰۳۲+۳۴ تا ۷۴۰+۴۱، 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 هستند (مهندسان مشاور ژئوکاواندیش، ۱۳۸۵).

در قسمت انتهایی مسیر نیز، گذر از شوره‌زارها با رسوبات سست مارنی، پتانسیل نشست زمین را افزایش داده است. قابل ذکر است که نقشه جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت در اثر تلفیق و روی‌هم‌گذاری نقشه‌های لرزه‌خیزی، روانگرایی، لغزش و ریزش و نشست زمین به دست آمد. در خصوص حساسیت اکولوژیک محیط پذیرنده تنها حساسیت مورد بررسی، پارک ملّی دریاچهٔ ارومیه است که در جنوب مسیر خط لوله واقع شده و کمترین فاصله خط لوله از حاشیهٔ شمالی دریاچه ارومیه ۱/۸۳۰ کیلومتر پیش‌بینی می‌شود. با توجه به روش منتخب، حریم ۵ کیلومتری از دریاچهٔ ارومیه به عنوان شعاع ریسک در نظر 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 محدودهٔ مذکور بسته به نوع و وسعت حادثه، دریاچهٔ ارومیه را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین این محدوده از لحاظ حساسیت اکولوژیک، محدوده با ریسک زیاد در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که به غیر از دریاچه ارومیه، حساسیت‌های اکولوژیکی دیگری اعم از رودخانه‌های با اهمیت و رویشگاههای ویژه در مجاورت، و یا در مسیر خط لوله وجود ندارد. مهم‌ترین عوامل تحت تأثیر شناسایی شده جمعیت، فعالیت‌های انسانی مرتبط با اراضی و دریاچهٔ ارومیه پیش‌بینی شد، همچنین بیشترین میزان ریسک پروژه نیز ناشی از ریسک‌های پتانسیل تخریب عوامل ثالث و پتانسیل‌های طبیعی (جابه‌جایی خاک) است. نتایج نمره‌دهی و کمّی‌سازی شاخص‌های ارزیابی بر اساس معیارهای موجود، به‌طور خلاصه در جدول شمارهٔ (۳) ارائه شده است. 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 استاندارد شد.

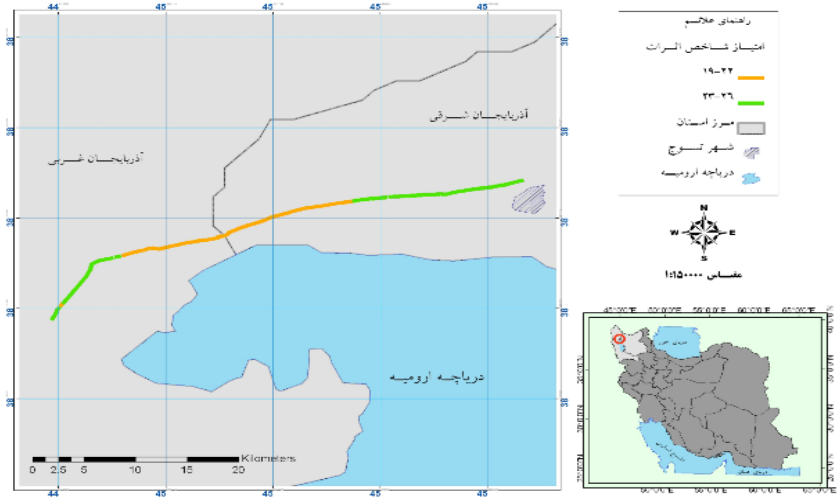
جدول شمارهٔ (۳): نتایج کمّی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های ارزیابی در مطالعهٔ ارزیابی ریسک محیط زیستی خط انتقال گاز تسوج – سلماس

شاخص ها	زیر شاخص‌ها			محدوده امتیازات	معیارهای امتیازدهی
شاخص مخاطرات کل	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	حداقل ارتفاع پوشش		۱۶	حداقل ارتفاع پوشش خاک روی لوله بر حسب اینچ ۴۸ می باشد در نتیجه امتیاز این قسمت (۱۶= ۳ / ۴۸) برآورد شده است.
		سطح فعالیت‌های منطقه		۰–۲۵	در بازه های 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 است.
		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 بررسی‌های صورت گرفته.
		برنامه آموزش همگانی		۱۵	با توجه به معیارها و بررسی‌های صورت گرفته.
	خوردگی	خوردگی ناشی از عوامل جوّی		۱۰	خط لوله در زیر زمین مدفون بوده و در معرض عوامل اتمسفری قرار نمی‌گیرد.
		خوردگی درونی		۲۰	گاز طبیعی فاقد پتانسیل خورندگی بوده، به‌علاوه تمهیدات مناسب در نظر گرفته شده است.
		خوردگی زیر سطحی	محیط زیرزمینی	۰–۲۰	در بازه های مختلف بسته به مقاومت الکتریکی خاک امتیاز دهی متفاوت است (کمتر از ۵۰۰ (امتیاز صفر)، بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ (امتیاز ۱۰) و بیش از ۱۰۰۰۰ (امتیاز ۲۰).
			حفاظت کاتدیک	۲۵	اجرای سیستم حفاظت کاتدیک طبق استاندارد و انجام آزمایش‌های مربوطه.
			عایقکاری	۲۵	طبق استانداردهای مهندسی و در حد مناسب.
	طراحی	ضریب ایمنی لوله و سامانه انتقال گاز		۱۰	نسبت میزان فشار قابل تحمل به فشار طراحی (عامل ریسک) = ۱/۴۰ (با توجه به معیار در حدّ متوسط است)
		فشار Surge		۱۰	احتمال متوسط ایجاد فشار*surge*
		جابه‌جایی خاک و عوامل زمین ساخت	لغزش	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 می‌آید. 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.
			روانگرایی		
			لرزه‌خیزی		
			نشست زمین		
	کارکرد ناصحیح اپراتور	فاز طراحی		۲۳	با توجه به معیارها و بررسی‌های صورت گرفته (امتیاز این شاخص برای کل مسیر خط لوله لحاظ شده است).
		فاز ساختمانی		۲۵	
		فاز بهره برداری		۳۴	
شاخص آثار	خطر محصول	خطرهای حاد		۷	مجموع امتیازات توانایی اشتعال(۰)، واکنش پذیری (۴)، میزان سمی بودن (۳).
		خطرهای مزمن		۲	بر اساس معیارهای موجود میزان نشت قابل توجه برای گاز طبیعی (متان و اتان) برابر ۵۰۰۰ و در نتیجه امتیاز معادل ۲ است.
	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 ۲۶ تا ۱۰۴ (۴ امتیاز)، ۱۰۵ تا ۱۸۳ (۳ امتیاز)، ۱۸۴تا۲۶۲ (۲ امتیاز)، ۲۶۳ تا۳۴۰ (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 .
	حساسیت اکولوژیک	رودخانه‌های با اهمیت		۴	عدم تقاطع، یا مجاورت با رودخانه‌های مهم از نظراکولوژیکی در کل مسیر.
		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.

سپس در محیط Arc GIS 9.3 نقشه‌های پتانسیل تخریب عوامل ثالث، شاخص خوردگی و (پتانسیل خورندگی خاک) و شاخص طراحی با اعمال ضرایب وزنی و بهره‌گیری از تابع Raster Calculator، از سری توابع تحلیل‌گر فضایی[۱۴]، به صورت WLC[15] با یکدیگر تلفیق و نقشهٔ نهایی شاخص مخاطرات کل تولید شد (شکل شمارهٔ ۴). نقشهٔ نهایی شاخص آثار نیز از تلفیق نقشه‌های تراکم جمعیت و حساسیت اکولوژیک حاصل شد (شکل شمارهٔ ۵).



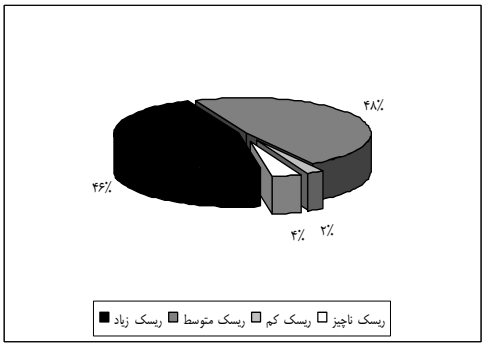
شکل شمارهٔ (۴): بازه بندی امتیازات شاخص مخاطرات کل در طول مسیر خط لوله تسوج– سلماس



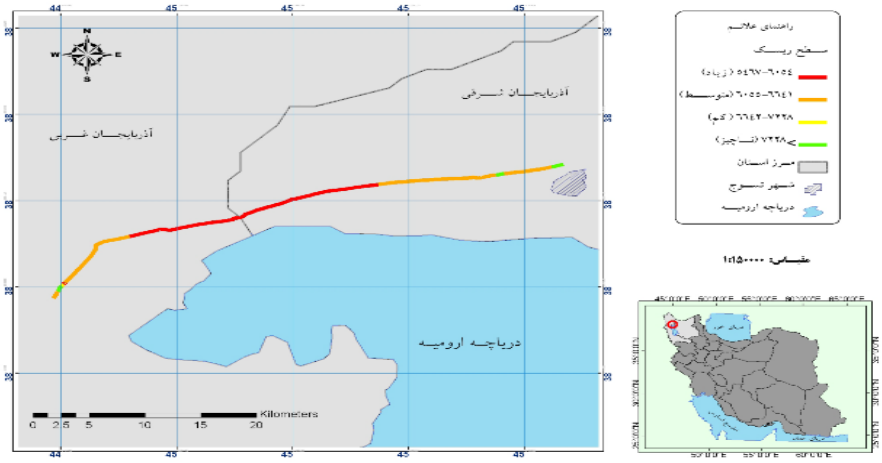
شکل شمارهٔ (۵): بازه بندی امتیازات شاخص آثار در طول مسیر خط لوله تسوج– سلماس

بحث و نتیجه‌گیری

با تولید نقشهٔ شاخص مخاطرات کل و شاخص آثار به عنوان دو مؤلفه اصلی در برآورد سطح ریسک، نقشه نهایی ریسک خط لوله از طریق تلفیق این دو نقشه با استفاده از توابع همپوشان به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشتر طول مسیر خط لوله واجد دو سطح ریسک متوسط و زیاد است. به طوری‌که ۴۶٪ از طول مسیر دارای ریسک بالا (۶۰۵۴- ۵۴۶۷ امتیاز)، ۴۸٪ ریسک متوسط (۶۶۴۱- ۶۰۵۵ امتیاز)، ۲٪ ریسک کم (۶۶۴۲- ۷۲۲۸ امتیاز) و ریسک ناچیز با امتیاز (>۷۲۲۸)، ۴٪ از طول مسیر را به خود اختصاص داده‌اند (نمودار شمارهٔ ۵). نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی ریسک محیط زیستی در طول مسیر خط لوله تسوج- سلماس در شکل شمارهٔ (۶) نمایش داده شده است. با توجه به این‌که نتایج حاصل از این مطالعه، مکان‌یابی ریسک‌های شناسایی‌شده در طول مسیر خط لوله است، بنابراین به منظور تهیهٔ 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. همان‌طورکه در نقشهٔ پهنه‌بندی ریسک شکل شمارهٔ (۶) مشاهده می‌شود؛ امتیاز پایین نشان‌دهندهٔ ریسک زیاد بوده و با افزایش امتیاز، سطح ریسک کاهش می‌یابد. منطقی است قطعاتی که دارای احتمال وقوع خطر، و یا شدت اثر بالاتری هستند بیشتر از لحاظ اقدامات کنترلی مورد توجه قرار گیرند. این بدان معنا نیست که سایر قطعات طولی دارای احتمال وقوع و یا شدت اثر کمتر، از الزامات کنترلی بی‌نیاز باشند زیرا امتیاز نهایی این محدوده‌ها از تلفیق امتیاز کلیهٔ شاخص‌های ارزیابی به وجود آمده است. با این هدف و به منظور کاهش سطح ریسک و پیامدهای سوء ناشی از آن در طول مسیر خط لوله مورد مطالعه، اقدامات کنترلی به صورت اجمالی در جدول شمارهٔ (۴) ارائه شده است.



نمودار شمارهٔ (۵): سهم سطوح مختلف ریسک در طول مسیر خط لوله تسوج- سلماس(بر حسب درصد)



شکل شمارهٔ (۶): نقشهٔ پهنه‌بندی ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس

جدول شمارهٔ (۴): اقدامات کنترل و کاهش ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال گاز تسوج– سلماس

شاخص‌های ارزیابی	زیر شاخص‌ها	شاخص‌ها و عوامل ریسک	اقدامات پیشنهادی کنترل ریسک
شاخص مخاطرات کل	شاخص پتانسیل تخریب عوامل ثالث	فاصله از مراکز جمعیتی	– نصب مارکرهای خطوط لوله گاز طبیعی برای نمایش مسیر خط لوله – استفاده از غلاف بتنی در تقاطع‌ها – جلوگیری از وقوع خطرهای احتمالی در حفاری‌ها و ساخت و سازهای محلی – آموزش در زمینه نوع گاز، محل عبور کریدور اصلی، خطرها و ...
		تقاطع با خطوط ارتباطی و راهها	
		پروژه‌های در حال اجرا	
		تقاطع با خطوط انتقال نفت، گاز و برق فشار قوی	
		عبور از اراضی زراعی و تقاطع با خطوط انتقال آب	– جلوگیری از تخریب جادهٔ سرویس خط لوله در اثر بی‌توجهی در نحوه آبیاری اراضی کشاورزی همجوار – توجه به کریدور خط لوله در خصوص صدور مجوز احداث چاه، قنوات و سایر حفاری‌ها از سوی اداره امور آب منطقه‌ای
		تقاطع با رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها	استفاده از غلاف بتنی، یا غلاف لوله‌ای (*Casing Pipe*) در محل تقاطع
		تأسیسات طول مسیر	فنس‌کشی حریم تأسیسات و استفاده از علائم هشدار دهنده
		گشت زنی و بازرسی	گشت‌زنی و بازرسی در محدوده‌های پرخطر با تناوب زمانی کمتر
		برنامه آموزش همگانی	آموزش کارگران، کارکنان و ساکنان منطقه
	شاخص خوردگی	خوردگی درونی	مانیتورینگ داخلی خط لوله با استفاده از پیگ‌های هوشمند با هدف کنترل وضعیت کیفی خط لوله
		خوردگی زیر سطحی	– استفاده از پوشش با کیفیت مناسب – استفاده از سامانه حفاظت کاتدیک و اجرای برنامه های اصلاح نواقص احتمالی
	شاخص طراحی	تنش فشاری خط لوله و کل سامانه انتقال گاز	عامل ریسک (نسبت فشار قابل تحمل به فشار طراحی) محاسبه شده برابر با۱/۴۰ است که با توجه به معیارهای موجود از نظر مشخصه‌های ارزیابی ریسک، ایمنی سامانه خط لوله در حد متوسط قرار دارد بنابراین تمهیدات و اقدامات کنترلی جهت افزایش ایمنی آن ضروری می‌کنند
		فشار *Surge*	استفاده از تجهیزات کنترل فشار *Surge*، کنترل شیرآلات در بازدیدهای روزانه
		جابه‌جایی خاک	– استفاده از تجهیزات نگهدارنده (*Holder*) با توجه به توانایی لرزه خیزی بالا و پتانسیل جابه‌جایی خاک متوسط منطقه
	شاخص کارکرد ناصحیح اپراتور	مرحلهٔ طراحی	انجام مطالعات شناسایی خطرات احتمالی و ارزیابی ریسک، طراحی سیستم قطع جریان در هنگام افزایش فشار و ...
		مرحلهٔ ساختمانی	بازرسی از جوشکاری‌ها و تست رادیوگرافی، استفاده از پوشش خاک مناسب، بررسی عایق لوله قبل از نصب و اجرای هیدروتست
		مرحلهٔ بهره‌برداری	تهیه برنامهٔ کار ایمنی، استفاده از سیستم کنترل از راه دور (*SCADA*) و اجرای برنامه‌های آموزشی
شاخص آثار	خطر محصول	خطرها حاد	استفاده از تجهیزات ایمنی در صورت کار با شیر آلات، تعبیهٔ تجهیزات آتش نشانی در ایستگاههای فرستنده و گیرنده توپک و شیر قطع اتوماتیک
		خطرهای مزمن	
	شاخص پراکنش	نشت گاز	– تهیهٔ برنامه مدیریت بحران شامل کلیه اقدامات و برنامه‌ها در شرایط اضطراری و تعبیه سیستم‌های تلفن اضطراری (*One Call System*) که در صورت نشت به واحد عملیاتی اطلاع داده شود
		تراکم جمعیت	– به کار گذاشتن زنگ خطر هشدار دهنده برای جلب توجه عموم مردم در مواقع بروز حادثه (بخصوص در نقاط نزدیک به مراکز جمعیتی) – ایجاد پست نگهبانی در مناطق نزدیک به مراکز جمعیتی و ایستگاه راه آهن (در کیلومتر ۲۲ مسیر)

پیشنهادها

- نظر به این‌که ارزیابی ریسک محیط زیستی ابزاری کارامد و مؤثر در مدیریت ریسک محیط زیست است بنابراین پیشنهاد می‌شود در کلیه پروژه‌ها و طرح‌های صنعتی، عمرانی و به‌خصوص پروژه‌های طولی که از پتانسیل خطرزایی و ریسک‌های محیط زیستی بسیاری برخوردارند با در نظر گرفتن حساسیت‌های محیط تحت تأثیر، از این ابزار برای شناسایی هر چه بیشتر ریسک‌ها و خطرهای بالقوه ناشی از اجرای پروژه‌ها قبل از عملیاتی شدن آنها استفاده شود.
- با توجه به این‌که بررسی بسیاری از مسائل محیطی متکّی بر تحلیل‌های مکانی است، بهره‌گیری از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در انجام این گونه تحلیل‌ها می تواند علاوه بر افزایش دقت موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان شود، پس پیشنهاد می‌شود در ارزیابی ریسک پروژه‌های طولی مانند خطوط لوله انتقال گاز، به منظور مکاندار کردن ریسک‌های شناسایی شده از این سامانه استفاده شود.

تشکر و قدردانی

در پایان از استادان بزرگوار جناب آقای دکتر مجید مخدوم، جناب آقای دکتر سید محمود شریعت، جناب آقای دکتر علی رضا ایرانخواهی و سرکار خانم مهندس هانیه غفاری که در ارائه اطلاعات مهم و با ارزش خود، گروه مطالعاتی را یاری فرمودند صمیمانه تشکر به عمل می‌آید.

یادداشت‌ها

1- Bass
2- Hazard Identification
3- Quantitative Risk Assessment
4-.Horizontal Direct Drilling (HDD)
5- Matrix-Based Risk Assessment Approach
6- Failure Mode
7- Hazard and Operability Study
8- Fault Tree Analysis
9- Scenario Based
10- Multi Attribute Utility Theory
11- Subjective Scoring System
12- Inconsistency Ratio
13- Ordered Weight Analysis
14- Spatial Analyst
15- Weighted Linear Combination

منابع مورد استفاده

متکان، ع. ا.، شکیب، ع.ر.، پورعلی، س.ح. و نظم‌فر، ح.۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیهٔ مورد مطالعه: شهر تبریز)، فصلنامهٔ علوم محیطی، سال ششم، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۳۸۷.

مرکز آمار ایران. ۱۳۸۵. نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، درگاه ملّی مرکز آمار ایران.

منوّری، م. ۱۳۸۴. ارزیابی آثار زیست محیطی، نشر میترا.

مهندسان مشاور ژئو کاو اندیش. ۱۳۸۵. گزارش‌های فنی خاکشناسی و مطالعات ژئوتکنیک خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس.

مهندسان مشاور هامون گستر صنعت. ۱۳۸۶. گزارش ویژگی‌های فنی خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس.

Bass gas pipeline.2002. Environmental impact statement, Southeast Australia, (www.ogp.com).

Brito,A.J. and A.T. de Almeida. 2008. Multi attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines, Reliability Engineering & System Safety, Available online at (www.sciencedirect.com).

Eastman, J.R. 2006. IDRISI Andes, Guide to GIS and image processing, Clark labs, Clark University.

Foster Wheeler Consultants. 2001. Statement of "HAZOP Study" for South Pars Gas Fields Phases 6, 7 & 8.

Henselwood,F. and G.,Phillips. 2004. A matrix based risk assessment approach for addressing linear hazards such as pipelines, Available online at (www.elsevier.com).

Lina,H.B. 2000. Pipeline risk assessment assist safe transportation of energy resources, Southeastern Mexico, (www.eomonline.com)

Malczewski,J. 1999. GIS and multi criteria decision analysis, Newyork, John wiley & Sons Inc.

Muhlbauer,W.K. 2004. Pipeline risk management Manual, Gulf professional publishing, United State of America, third Ed: 572 PP.

Muhlbauer,W.K. 1999. Pipeline risk management manual, Gulf professional publishing, United State of America, Second Ed: 428 PP.

Porter,M.and et al. 2006. Geohazard risk management for the Norandino gas pipeline, Proceedings of IPC, 6th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada.

Sarkis,J. and S.,Talluri. 2004. Evaluating and Selecting e-Commerce Software and Communication Systems for a Supply Chain, European Journal of Operational Research, 159, 318-329.