

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره سه، پاییز ۹۳

ارایه الگوی ارزیابی ریسک زیست محیطی پروژه‌های انتقال گاز

به روش‌های سامانه شاخص گذاری و AHP

(مطالعه موردی: پروژه انتقال گاز ۲۴ اینچ تسوج - سلماس)

سحر رضایان^{۱*}

s_rezaian@yahoo.com

مهدی ایرانخواهی^۲

سید علی جوزی^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۵

تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: انتقال حامل‌های انرژی از طریق خطوط لوله یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های انتقال گاز طبیعی، نفت و فرآورده‌های نفتی می‌باشد که انتقال آن‌ها از طریق ناوگان حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی با مخاطرات زیادی همراه است. انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی گامی در جهت شناسایی، تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل مؤد خطر و در نتیجه کاهش احتمال وقوع پیامدهای نامطلوب و کنترل خطرات بالقوه این گونه طرح‌ها در راستای حفاظت از محیط‌زیست است. این مطالعه با هدف ارایه الگوی جهت ارزیابی ریسک زیست محیطی پروژه‌های انتقال گاز به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق به منظور نیل به هدف، تلفیقی از روش سامانه شاخص‌گذاری و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پیشنهاد شد. با استفاده از این روش ادغام شده می‌توان انواع ریسک‌های محیط‌زیستی موجود در پروژه‌های خطوط لوله انتقال گاز را بر اساس شاخص‌ها و معیارهای تعیین شده طبقه‌بندی، کمی و اولویت‌بندی نمود. به منظور آزمون نتایج حاصل از به‌کارگیری روش پیشنهادی، ارزیابی خط لوله انتقال گاز ۲۴ اینچ تسوج - سلماس به طول ۴۲ کیلومتر به عنوان مطالعه موردی به انجام رسید.

۱- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی - محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود* (مسئول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری محیط‌زیست، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان - واحد علوم و تحقیقات - دانشگاه آزاد اسلامی - تهران - ایران

۳- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی - محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد که: ۴۶٪ از طول مسیر خط انتقال گاز "تسوج- سلماس" دارای سطح ریسک بالا (۶۰۵۴- ۵۴۶۷ امتیاز)، ۴۸٪ از طول مسیر واجد سطح ریسک متوسط (۶۶۴۱- ۶۰۵۵ امتیاز) و ۲٪ با ریسک کم (۷۲۲۸-۶۶۴۲ امتیاز) بوده و ریسک ناچیز با امتیاز (<۷۲۲۸) نیز ۴٪ از کل مسیر می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌تواند ضمن برطرف نمودن خلأ روش سامانه شاخص‌گذاری در اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مورد ارزیابی، باعث افزایش دقت آن در برآورد سطح نهایی ریسک شود. لذا، روش تلفیقی ارائه شده می‌تواند به عنوان الگویی در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های خطوط لوله انتقال گاز مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک زیست‌محیطی، سامانه شاخص‌گذاری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، خطوط لوله انتقال گاز، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

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 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 کمی 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 HDD^۳) در اماکن با سطح ریسک بالا، اقدام شده است (۴).

از دیگر روش‌های متداول در ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیطی 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 به همراه ۳۰ عامل مؤد خطر محیط پذیرنده آن حوزه جغرافیایی نشان می‌دهد. این عوامل از حالات شکست^۵، پیامدهای متعاقب یک شکست، آسیب‌های فردی، تأثیرات جغرافیایی خطر و اثر بر

علی‌رغم این که احداث خطوط انتقال گاز غالباً بهترین گزینه انتقال این مواد همراه با توجیه فنی و اقتصادی است، لیکن با توجه به خطرپذیری بالا می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر محیط‌زیست تحت تأثیر خود بر جای گذارد (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) در سال 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 مورد بررسی قرار گرفته و ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش کمی (QRA)^۲ انجام یافته است (۲). ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال گاز طبیعی در سال ۲۰۰۰ در جنوب مکزیک از دیگر مطالعات انجام گرفته 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 لرزه خیزی و لغزش به عنوان شاخص‌های واجد پتانسیل بالا مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پتانسیل خطر در مسیر خط لوله پهنه‌بندی گردیده است (۳).

3- Horizontal Direct Drilling

4- Matrix-Based Risk Assessment Approach

5- Failure Mode

1- Hazard Identification

2- Quantitative Risk Assessment

(۷). در نقشه ۱ موقعیت جغرافیایی خط لوله تسوج- سلماس نمایش داده شده است.

این مطالعه با هدف ارایه الگوی جهت ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های انتقال گاز به انجام رسیده است. به این منظور، تلفیقی از روش سامانه شاخص‌گذاری و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پیشنهاد شده است. با استفاده از روش مذکور می‌توان انواع ریسک‌های محیط‌زیستی موجود در پروژه‌های خطوط لوله انتقال گاز را بر اساس شاخص‌ها و معیارهای تعیین شده طبقه‌بندی، کمی و اولویت‌بندی نمود.

ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی خطر ناشی می‌شوند. این رویکرد روشی نرم افزاری، دقیق و با حداقل خطای انسانی بوده لیکن نیازمند نظر کارشناسی خبره است (۵).

به طور کلی روش‌های ارزیابی ریسک پروژه‌های طولی را می‌توان به سه گروه عمده ذیل طبقه‌بندی نمود:

الف- روش‌های کیفی: مانند روش‌های HAZOP، تجزیه و تحلیل درخت خطا FTA^۱ و ارزیابی ریسک گزینه‌ای^۲.

ب- روش‌های کمی همچون: نظریه مطلوبیت چند گزینه‌ای (MAUT)^۳ و روش ارزیابی کمی ریسک موسوم به روش QRA و ج- روش‌های نیمه کمی مثل: روش شاخص‌گذاری.

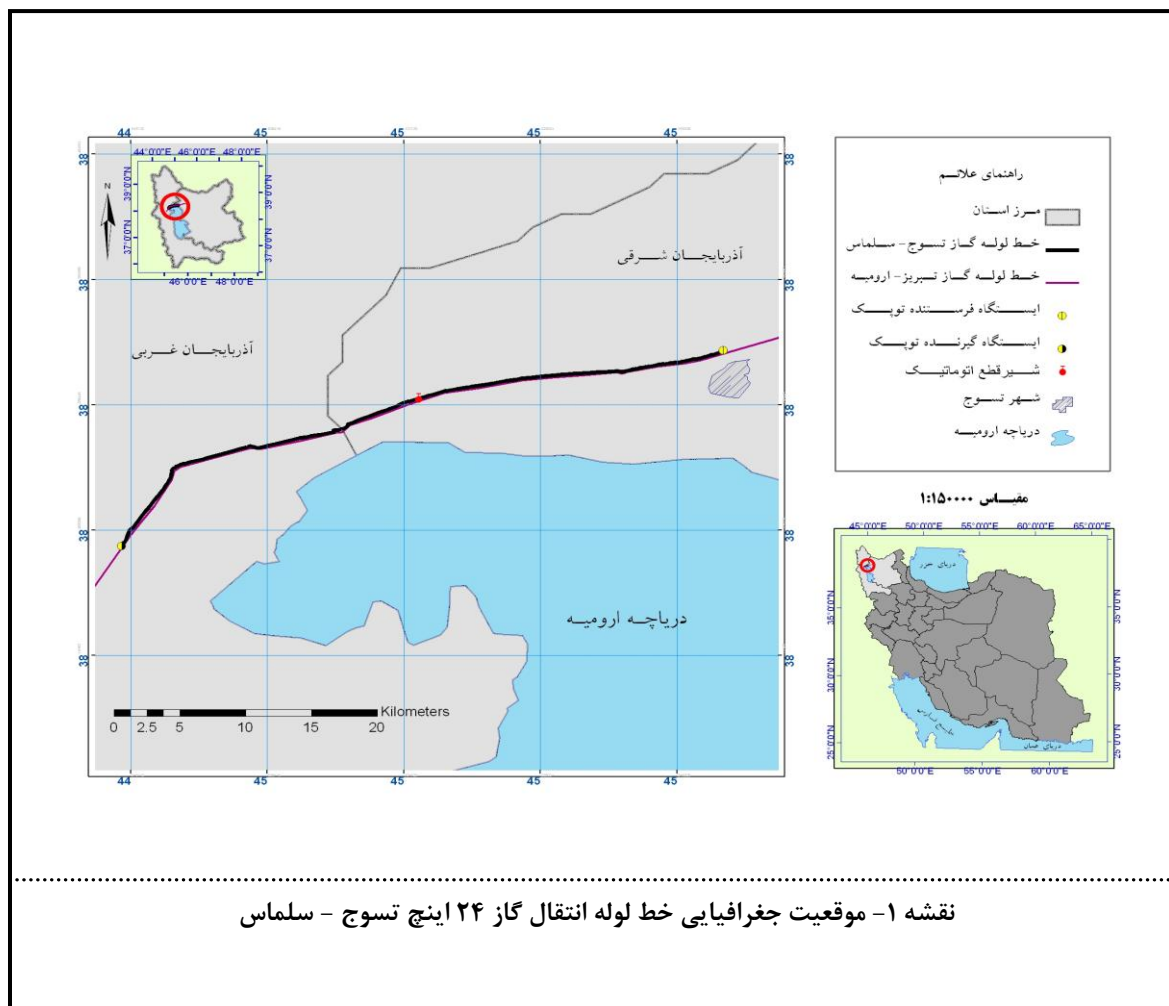
در انتخاب روش مناسب باید توجه داشت که عوامل مختلفی از جمله میزان داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، پیچیدگی فرآیند مورد سنجش، قابلیت دسترسی به اطلاعات و تخصص مورد نیاز نقش مهمی ایفا می‌کنند (۶).

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 جنوب شرقی شهر سلماس واقع در استان آذربایجان غربی در نقطه‌ای به مختصات ۴۵°، ۱۱'، ۳۸° عرض شمالی و ۲۵°، ۵۶'، ۴۴° طول شرقی به پایان می‌رسد.

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 آسفالتی و ریل راه آهن به منظور حصول به ضریب ایمنی استاندارد متفاوت است.

خط لوله مذکور دارای یک ایستگاه فرستنده توپک در ابتدا و یک ایستگاه گیرنده توپک در انتهای مسیر و همچنین یک ایستگاه شیر قطع اتوماتیک در ۲۰ کیلومتر خط لوله می‌باشد

- 1- Fault Tree Analysis
- 2- Scenario Based
- 3- Multi Attribute Utility Theory



مواد و روش‌ها

جمله عوامل محیطی محسوب می‌شوند که می‌توانند باعث افزایش احتمال وقوع مخاطرات بر خط لوله و تحمیل خطر از جانب محیط‌زیست بر پروژه و سرمایه‌گذاری انجام یافته محسوب 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 تحت تأثیر 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

با توجه به روش مورد استفاده و ویژگی‌های محیط‌زیست منطقه مطالعاتی، محدوده ارزیابی ریسک محیط‌زیستی مشخص و سپس تحقیق در قالب این محدوده به انجام رسید. جهت تلفیق داده‌های مکانی و توصیفی، تجزیه و تحلیل و پهنه‌بندی ریسک در طول مسیر خط لوله از نرم افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد. به منظور وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر در برآورد سطح ریسک از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم افزار Expert Choice بهره‌گیری شد. در مرحله شناسایی این تحقیق خطرهای محتمل در قالب اثرات پروژه بر محیط و نیز محیط بر پروژه مطالعه گردید. مواردی چون: پتانسیل‌های طبیعی منطقه تحت بررسی مانند: گسل، لرزه‌خیزی، روانگرایی، لغزش و رانش از

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 جدول ۱ معیار امتیازدهی و کمتی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مورد بررسی مطابق با روش سامانه شاخص گذاری ارایه شده است.

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 گردید. در ماتریس‌های مقایسه زوجی، عدد "n" نشان دهنده اهمیت گزینه A نسبت به گزینه B و عدد "1/n" نیز گویای اهمیت گزینه B نسبت به گزینه A می‌باشد. بنابراین اگر اهمیت یک عامل در مقابل دیگری مشخص باشد، عکس این رابطه نیز قابل تشخیص خواهد بود (۹).

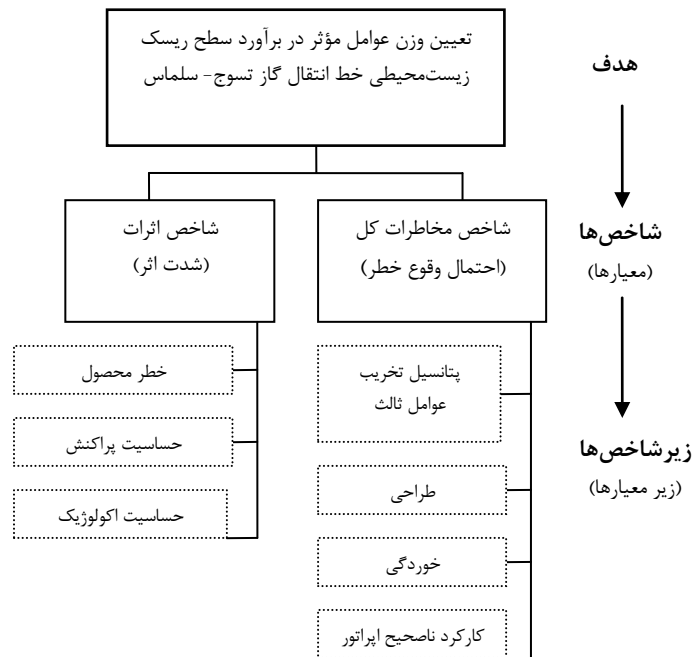
بروز حادثه یا خطر در مسیر خط لوله مؤثرند. این شاخص خود دارای چهار زیرشاخص: پتانسیل تخریب عوامل ثالث، خوردگی، طراحی و کارکرد ناصحیح اپراتور است. شاخص اثرات نیز به کلیه عواملی که در شدت یا ضعف وقوع خطر محیط‌زیستی مؤثرند اتلاق می‌شود. این شاخص نیز دارای سه زیرشاخص: خطر محصول، حساسیت پراکنش و حساسیت اکولوژیک است (۸).

در ادامه، کار روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی (شاخص‌های ارزیابی) و در نتیجه پهنه‌بندی ریسک در طول مسیر خط لوله انجام یافت. با تلفیق نقشه‌های زیرشاخص‌های 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

جدول ۱- شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد بررسی و معیارهای امتیازدهی در روش سامانه شاخص‌گذاری (۸).

شاخص‌ها	زیر شاخص‌ها	محدوده امتیازات	معیارهای امتیازدهی		
شاخص مخاطرات کل	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	۰-۲۴	ارتفاع پوشش بر حسب اینچ تقسیم بر ۳		
		۰-۲۵	مراکز جمعیتی، خطوط ارتباطی، پروژه‌های در حال احداث، فعالیت‌های حساس و خطرزا، خطوط انتقال آب و پروژه‌های در حال احداث		
		۰-۶	عالی، خوب، متوسط، زیر متوسط، ضعیف		
		۰-۱۱	عدم وجود تأسیسات زیربنایی سطحی امتیاز ۱۱ در غیر این صورت امتیاز ۰		
		۰-۱۷	روزانه-۴، ۳، ۲ یا ۱ روز در هفته- کمتر از ۴ بار در ماه، کمتر از یکبار در ماه، هیچ وقت		
	خوردگی	۰-۱۷	برنامه آموزش همگانی	آموزش غیر حضوری، ملاقات با نمایندگان رسمی مردم و پیمانکاران، انتشار آگهی، برخورد مستقیم و برنامه‌های آموزش منظم گروهی	
		۰-۱۰	خوردگی ناشی از عوامل جوی	در معرض هوا قرار داشتن، شرایط جوی، عایق	
		زیر سطحی	۰-۲۰	خوردگی درونی	خوردگی محصول، موانع
			۰-۲۰	محیط زیرزمینی	خوردگی خاک، خوردگی مکانیکی
			۰-۲۵	حفاظت کاتدیک	کارایی، قابلیت درونی
۰-۲۵	عایقکاری	قابلیت، شرایط			
طراحی	ضریب ایمنی لوله	۰-۲۵	نسبت میزان فشار قابل تحمل به فشار طراحی (عامل خطر)		
		۰-۲۵	مقاوم به فشارهای مکانیکی		
		۰-۲۰	احتمال بالای ایجاد فشار surge (۰)، احتمال متوسط (۱۰) و غیر ممکن (۲۰)		
	جابجایی خاک و عوامل زمین‌ساخت	۰-۷	لغزش	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)	
		۰-۷	روانگرایی	فاقد پتانسیل (۷)، پتانسیل کم (۵)، پتانسیل متوسط (۳)، پتانسیل زیاد (۰)	
		۰-۹	لرزه خیزی	فاقد پتانسیل (۹)، پتانسیل کم (۶)، پتانسیل متوسط (۴)، پتانسیل زیاد (۰)	
		۰-۷	نشست زمین	فاقد پتانسیل (۷)، سایر موارد (۰)	
کارکرد ناصحیح اپراتور	۰-۳۵	فاز طراحی	شناسایی خطر (۵)، حداکثر فشار قابل تحمل (۱۵)، سامانه‌های ایمنی (۱۲)، کنترل (۳)		
	۰-۲۵	فاز ساختمانی	بازرسی کیفی (۱۲)، بررسی اتصالات (۳)، استفاده از پوشش مناسب (۲)، مواد و تجهیزات مصرفی (۲)، حفاری (۲)، کارگری لوله (۲)، بررسی عایق لوله (۲)		
	۰-۴۰	فاز بهره‌برداری	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 اثرات (۸)	خطر محصول	۰-۱۲	خطرات حاد	قابلیت اشتعال (۴-۰)، واکنش‌پذیری (۴-۰)، میزان سمیت (۴-۰)	
		۰-۱۰	خطرات مزمن	سمیت در محیط آبی، سمیت برای پستانداران، قابلیت آتش‌گیری و واکنش‌پذیری، پتانسیل سرطانزایی، اسیدیته و خوردگی	
	حساسیت پراکنش	۰-۶	میزان نشست	حجم نشست و مدل انتشار	
		۰-۴	تراکم جمعیت	تا شعاع ۲ کیلومتر از خط لوله	
	حساسیت اکولوژیک	۰-۴	رودخانه‌های با اهمیت	تقاطع یا مجاورت با رودخانه‌های مهم از نظر اکولوژیکی (۰) و در غیر این صورت (۴)	
		۰-۴	مناطق چهارگانه تحت مدیریت	تا شعاع ۵ کیلومتر؛ حضور مناطق در طول مسیر (۰) و در غیر این صورت (۴)	
		۰-۴	زیستگاه‌ها و رویشگاه‌های ویژه	حضور در طول مسیر (۰) و در غیر این صورت (۴)	
	نحوه محاسبه (امتیاز) سطح ریسک			امتیاز نهایی شاخص مخاطرات کل (مجموع زیرشاخص‌ها) * امتیاز نهایی شاخص اثرات (مجموع زیرشاخص‌ها)	

در نمودار ۱ ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن عوامل مورد ارزیابی بر اساس سامانه شاخص‌گذاری ارائه شده است.



نمودار ۱- ساختار سلسله مراتبی تعیین وزن عوامل مورد ارزیابی

نتایج

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 زیرشاخص‌های 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 ارایه شده است.

جهت وزندهی به هر یک از عوامل که به صورت لایه‌های رقومی تهیه شده بودند از روش OWA^1 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 مسأله قرار دهد (۱۰). استخراج این اوزان می‌تواند از طریق نظرات کارشناسی منتج شود (۱۱).

1- Ordered Weight Analysis

جدول ۲- اوزان نهایی شاخص‌ها، زیر شاخص‌ها و عوامل خطر مورد بررسی در مطالعه ارزیابی ریسک زیست‌محیطی خط

انتقال گاز تسوج- سلماس

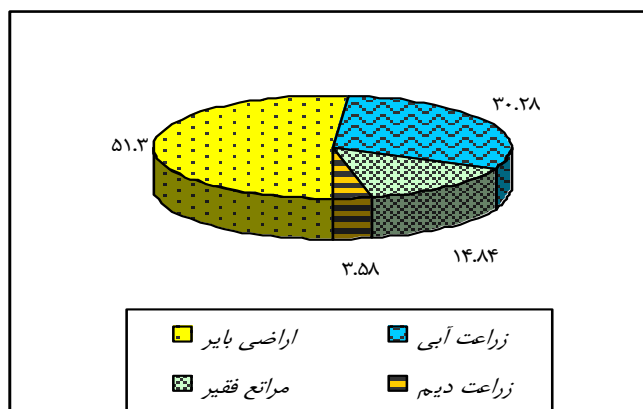
شاخص‌های ارزیابی	درصد اهمیت	زیر شاخص‌های ارزیابی	وزن نهایی	لایه‌های اطلاعاتی مورد ارزیابی (عوامل خطر)	ضریب وزنی		
شاخص مخاطرات کل	۵۰٪ (۰/۵۰)	پتانسیل تخریب عوامل ثالث	۰/۵۳۱	مراکز جمعیتی (تا شعاع ۲ کیلومتر)	۰/۱۴		
				خطوط ارتباطی (تا شعاع ۱ کیلومتر)	۰/۱۸		
				خط لوله انتقال گاز موجود	۰/۲۱		
				خطوط انتقال برق فشار قوی	۰/۱۷		
				کاربری اراضی (فعالیت های زراعی و کشاورزی)	۰/۲۰		
				تأسیسات روزمینی	۰/۱۰		
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 ملی دریاچه ارومیه (تا شعاع ۵ کیلومتر)	۱
				حاصل تلفیق لایه‌های فوق نقشه شاخص اثرات می‌باشد			
حاصل تلفیق لایه‌های فوق نقشه شاخص مخاطرات کل می‌باشد							
* لایه اطلاعاتی قابلیت نمایش نداشته، در نتیجه امتیاز محاسبه شده به صورت عدد ثابت برای کل مسیر لحاظ شده است.							

قرلجه با ۲۳۱ نفر کم جمعیت‌ترین آبادی‌های محدوده مسیر محسوب می‌شوند (۱۲). این خط لوله در طول مسیر، دارای ۱۰ تقاطع با جاده آسفالت، ۱ تقاطع با راه شوسه و ۱ تقاطع با راه‌آهن (کیلومتر ۲۴+۵۵۲) می‌باشد. 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 کیلومتر ۳۵+۵۰۸) در دشت سلماس وجود دارد. از کل مسیر خط لوله مورد بررسی ۵۱/۳۰٪ آن از اراضی بایر، ۱۴/۸۴٪ از مراتع فقیر،

غالب طول 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. 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 نفر جمعیت پرجمعیت‌ترین و همچنین آبادی چوپانلوی سفلی با ۱۵۹ و

کاربری زراعت دیم عبور می‌کند (نمودار ۲).

۳۰/۲۸٪ از اراضی با کاربری زراعت آبی و ۳/۵۸٪ از اراضی با



نمودار ۲- انواع و نسبت کاربری‌های اراضی موجود در مسیر خط لوله تسوج- سلماس

انتهایی مسیر نیز، گذر از شورزارها با رسوبات سست مارنی، پتانسیل 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 پیش‌بینی می‌شود. با توجه به روش منتخب، حریم ۵ کیلومتری از دریاچه 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 ۱۸+۲۲۰ تا ۳۳+۲۲۰) 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 تأثیر شناسایی شده جمعیت، فعالیت‌های انسانی مرتبط با اراضی و دریاچه ارومیه پیش‌بینی گردیدند، همچنین بیش‌ترین میزان ریسک پروژه نیز ناشی از خطرهای پتانسیل تخریب عوامل ثالث و پتانسیل‌های طبیعی (جابجایی خاک) می‌باشد. پس از شناسایی مخاطرات احتمالی در گام اول، نسبت به امتیازدهی و کمی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های ارزیابی با استفاده از معیارهای موجود اقدام گردید. در سامانه انتقال مورد بررسی، سیال از نوع گاز طبیعی

جنس گیاهی غالب مراعات مسیر خط لوله از جنس گون (*Astragalus sp.*) 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 به عنوان فعالیت‌های حساس و خطرناکی هستند که در زمان وقوع حوادث احتمالی می‌توانند اثر تشدید کننده بر سامانه انتقال گاز بر جای گذارند. دو گسل در نزدیکی خط لوله وجود دارد؛ 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 شکرپازی- مافی کندی می‌پیوندد. این گسل ادامه گسل شمال تبریز بوده و از ۱۶ کیلومتری شمال شهرستان سلماس عبور کرده و عامل اصلی تشکیل دریاچه نکتونیکی ارومیه محسوب می‌شود.

پدیده لغزش و ریزش نیز در کیلومترهای ۰+۰ تا ۱+۲۸۰، ۳۰+۰ تا ۸+۱۵۰، ۱۳+۲۸۰ تا ۲۱ و ۳۴+۰ تا ۳۲+۰ 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 (۱۳). در قسمت

وزنی و بهره‌گیری از تابع *Raster Calculator*، از سری توابع تحلیلگر فضایی^۱، به صورت *WLC*^۲ با یکدیگر تلفیق و نقشه نهایی شاخص مخاطرات کل تولید گردید. نقشه نهایی شاخص اثرات نیز از تلفیق نقشه‌های تراکم جمعیت و حساسیت اکولوژیک حاصل شد.

شیرین با ترکیب ۸۸٪ متان و ۱۲٪ اتان است. وضعیت خط لوله مذکور از نظر این شاخص در تمام طول مسیر یکسان ارزیابی شد 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 استاندارد گردید. سپس در محیط *GIS* نقشه‌های پتانسیل تخریب عوامل ثالث، شاخص خوردگی (پتانسیل خوردگی خاک) و شاخص طراحی با اعمال ضرایب

1- Spatial Analyst
2-Weighted Linear Combination

جدول ۳- نتایج کمی سازی شاخص ها و زیرشاخص های ارزیابی در مطالعه ارزیابی ریسک زیست محیطی خط انتقال گاز تسوج- سلماس

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

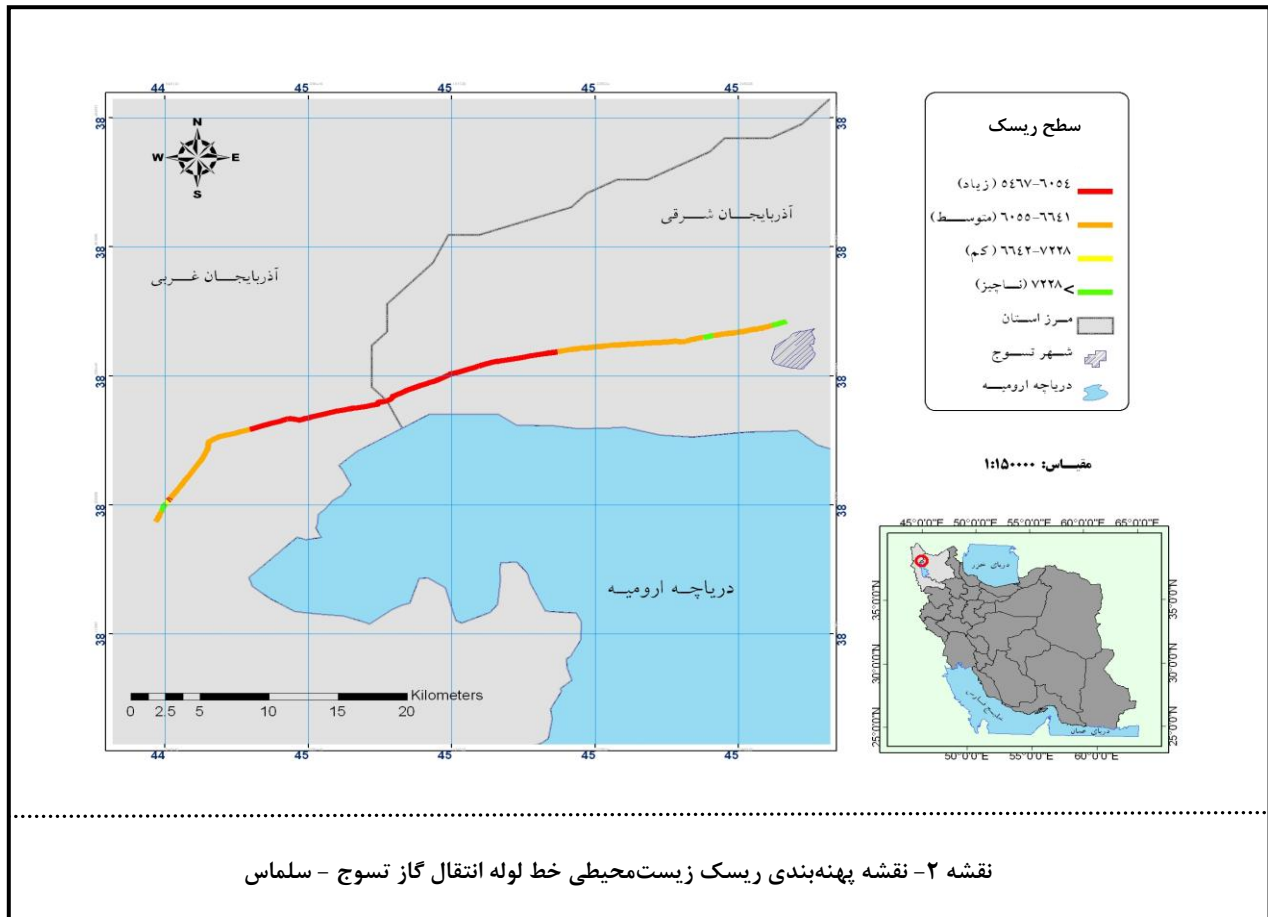
شاخص مخاطرات کل

شاخص اثرات

بحث و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غالب طول مسیر خط لوله واجد دو سطح ریسک متوسط و زیاد می‌باشد. به طوری که ۴۶٪ از طول مسیر دارای ریسک بالا (۶۰۵۴ - ۵۴۶۷ امتیاز)، ۴۸٪ ریسک متوسط (۶۶۴۱ - ۶۰۵۵ امتیاز)، ۲٪ ریسک کم

نیز ۴٪ از طول مسیر را به خود اختصاص داده است. نقشه نهایی پهنه‌بندی ریسک محیط‌زیستی در طول مسیر خط لوله تسوج-سلماس در نقشه ۲ نمایش داده شده است.



منابع

1. 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).
2. Bass gas pipeline, 2002, Environmental impact statement, Southeast Australia, (www.ogp.com).

با توجه به این که نتایج حاصل از این مطالعه مکان‌یابی ریسک‌های شناسایی شده در طول مسیر خط لوله می‌باشد، لذا به منظور تهیه برنامه کنترل ریسک می‌توان با مراجعه به نقشه‌های تولید شده، مخاطرات و پیامدهای حاصل را شناسایی و بر حسب موقعیت جغرافیایی و مکانی آنها در طول مسیر، برنامه کنترلی ارائه داد. همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی ریسک (نقشه ۲) مشاهده می‌شود؛ امتیاز پایین نشان‌دهنده ریسک (خطر احتمالی) زیاد بوده و با افزایش امتیاز، سطح ریسک کاهش می‌یابد.

- publishing, united state of America, Third Ed: 572 pp.
9. Sarkis, J. and Talluri, S., 2004, Evaluating and Selecting e-Commerce Software and Communication Systems for a Supply Chain, European Journal of Operational Research, 159 pp. 318-329.
 10. Malczewski, J., 1999, GIS and multi criteria decision analysis, Newyork, John wiley & Sons Inc.
 ۱۱. متکان، علی‌اکبر، علیرضا شکیب، پورعلی، سیدحسین و حسین نظم‌فر، ۱۳۸۷، مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (ناحیه مورد مطالعه: شهر تبریز)، فصلنامه علوم محیطی، سال ششم، شماره ۲، زمستان ۱۳۸۷.
 ۱۲. مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵، نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، درگاه ملی مرکز آمار ایران.
 ۱۳. مهندسین مشاور ژئو کاو اندیش، ۱۳۸۵، گزارشات فنی خاکشناسی و مطالعات ژئوتکنیک خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس.
 3. Lina, H.B., 2000, Pipeline risk assessment assist safe transportation of energy resources, Southeastern Mexico, (www.eomonline.com)
 4. Porter, M., G. Marcuz, R. Reale, K.W. Savigny, 2006, Geohazard risk management for the Norandino gas pipeline, Proceedings of IPC, 6th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada.
 5. 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).
 ۶. منوری، سید مسعود، ۱۳۸۴، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، نشر میترا.
 ۷. مهندسین مشاور هامون گستر صنعت، ۱۳۸۶، گزارش ویژگی‌های فنی خط لوله انتقال گاز تسوج- سلماس.
 8. Muhlbauer, W.K., 2004, Pipeline risk management manual, Gulf professional