مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۵، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷/ ص ۲۱۶-۱۹۹
DOI: 10.22059/jhsci.2018.265826.405

تأثیر مخاطرات ژئومورفولوژیک آبراهه‌ای بر خطوط انتقال انرژی با استفاده از مدل محور ریسک خط لوله (مطالعهٔ موردی: خط لولهٔ گاز نهم سراسری)[1]

منصور جعفربیگلو*
دانشیار، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
ابراهیم مقیمی
استاد، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
مهران مقصودی
دانشیار، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
نولبرتو مونیر
استاد، دانشگاه پلی‌تکنیک والنسیا، اسپانیا
امیر احمدی
دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۵/۲۹ – تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۷/۱۵)

چکیده

در سال‌های اخیر تجارب ارزشمندی دربارهٔ چالش‌های محیطی و همچنین مدیریت ریسک خطوط لوله در آمریکا و اروپا، در زمینهٔ طراحی و پایدارسازی خطوط لوله به‌دست آمده است؛ در این میان دانش مخاطرات ژئومورفولوژیکی، به‌ویژه مخاطرات فرسایش آبراهه‌ای، کمک شایانی به کاهش ریسک و شناسایی پاسخ و واکنش رودخانه‌ها کرده است. در این مقاله با استفاده از ماتریکس ریسک خط لوله (Pipeline Risk Screening Matrix) به بررسی مخاطرات آبراهه‌ای در خط لولهٔ گاز نهم سراسری در محدودهٔ استان خوزستان پرداخته شده است. به این منظور از هفت دادهٔ هیدروژئومورفولوژی شامل مقیاس، حساسیت چشم‌انداز، نوع آبراهه، کرانهٔ رودخانه، ویژگی‌های دیواره، ویژگی‌های بستر و رژیم هیدرولوژی برای برآورد ریسک (کم- متوسط- زیاد) استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که معیار نوع آبراهه در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک کم – متوسط؛ سه معیار کرانهٔ رودخانه، ویژگی‌های بستر و رژیم هیدرولوژی در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک متوسط؛ و ویژگی‌های دیواره و مقیاس در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک متوسط – زیاد؛ و حساسیت چشم‌انداز در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک زیاد قرار دارد. در نتیجه به‌طور کلی، وضعیت خط لولهٔ گاز نهم سراسری در منطقهٔ تحقیق از نظر ریسک واکنش آبراهه‌ای، در وضعیت ریسک متوسط – زیاد قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: خط لولهٔ گاز، خوزستان، ژئومورفولوژی، فرسایش آبراهه‌ای، ماتریکس ریسک خط لوله، مخاطرات.

---

۱. این مقاله از رسالهٔ دکتری امیر احمدی و طرح تحقیق ایشان و تحت حمایت مالی و پشتیبانی مشاورهٔ صنعتی "شرکت مهندسی توسعهٔ گاز ایران" استخراج گردیده، بدین وسیله از حمایت آن‌ها قدردانی می‌شود.

* نویسندهٔ مسئول Email: mjbeglou@ut.ac.ir

مقدمه

در جهان بیشترین پژوهش‌ها در زمینهٔ مخاطرات خط لوله (لوله‌های نفت و گاز) به‌ترتیب در آمریکا، کانادا و روسیه انجام گرفته است. کشورهای اروپای غربی به‌ویژه انگلستان نیز در این زمینه تحقیقاتی داشته‌اند. شرکت بین‌المللی BP[1] کنفرانسی را در لندن با موضوع "چالش‌های سرزمینی و زمین – مخاطرهٔ لوله‌های نفت و گاز در بخش خشکی" برگزار کرد [۱۳]. افزایش دانش زمین– مخاطرات خطوط لوله‌های نفت و گاز و کاهش ریسک خطوط لوله، از اهداف اصلی کنفرانس بود. در بیشتر کارهای معرفی‌شده در زمینهٔ زمین– مخاطرات، دو موضوع اساسی یعنی زمین‌شناسی و هیدرولوژی به چشم می‌خورد. دربارهٔ نقش رودخانه‌ها به‌واسطهٔ فرایندهای هیدرولیکی مانند سیلاب، قدرت جریان، فرسایش یا نیروی تنش برشی بحث شده است [۱۰،۱۱،۲۱،۲۵]. مطالعات تا کنون بیشتر در زمینهٔ تأثیر اکولوژیکی رودخانه و زیست‌محیطی یا مهندسی آن بوده است [۲۶، ۲۱]. در ایران همه‌ساله شاهد شکست یا آسیب‌دیدگی خط لوله بر اثر فرسایش آبراهه‌ای هستیم؛ از جمله خط لولهٔ نفت رفسنجان – نائین – اصفهان در سال ۱۳۸۹، خط لولهٔ نفت ۳۰ اینچ در اردل چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۵، خط لولهٔ ۱۴ و ۱۶ اینچی ری – تبریز سال ۱۳۹۶ و همچنین خط لولهٔ نفت ۱۰ اینچ تبریز – میاندوآب سال ۱۳۹۵ [۶]. در زمینهٔ زمین – مخاطرات و خطوط لوله، ایالات متحده و مؤسسات بررسی‌های دولتی آن، نخستین تحقیقات را برای پروژه‌هایی مانند خط لولهٔ ترنس– آلاسکا[2] و گاز شمال آلاسکا با طول بیش از ۱۲۰۰ کیلومتر در بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۷ انجام دادند. آنها مطالعات هیدرولوژیکی و رودخانه‌ای کامل را برای این منظور ضروری دانسته‌اند که این اسناد و مطالعات مهندسی، اولین از نوع خود در تاریخ خط لوله است [۲۷]. تورن[3] و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان "ماتریکس خطر ریسک پروژه برای مدیریت و بازسازی آبراهه‌ها" به بحث دربارهٔ خط لوله و آبراهه‌ها پرداخته‌اند. این ماتریکس برای برآورد خطر ریسک خطوط لوله در مسیر آبراهه‌ها طراحی شده است [۱۹]. در زمینهٔ ریسک و مدیریت ریسک پروژه‌ها مونیر[4] کارهای ارزشمندی انجام داده است که کاربرد زیادی در شناسایی، کلاس‌بندی و دسته‌بندی ریسک پروژه‌ها داشته است [۲۳].

کتاب *طراحی زمین – زیست‌محیطی خط لوله و مدیریت زمین – مخاطرات*، اثر ریزکالا (۲۰۰۸)، تنها کتاب مرجع بین‌المللی دربارهٔ زمین – مخاطرات خطوط لوله است. در فصل سوم

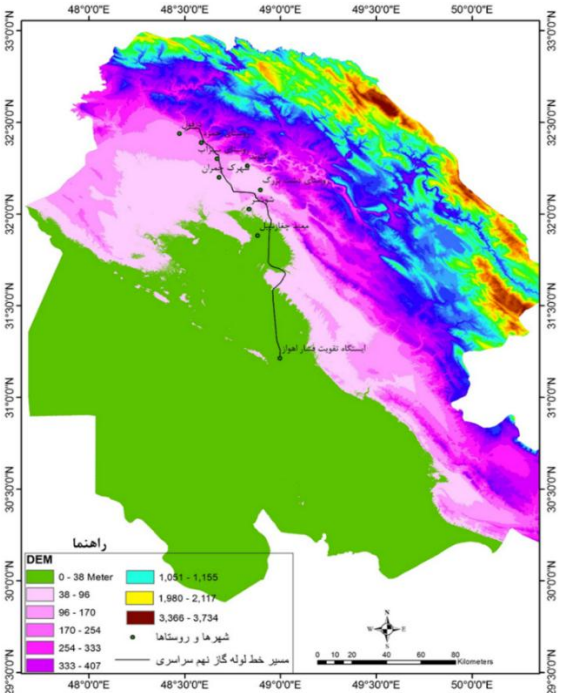
1. British petroleum
2. Trans-Alaska
3. Thorne
4. Munier

کتاب، به‌طور مفصل دربارهٔ مخاطرات رودخانه‌ای خطوط لوله و همچنین راهکارهای مدیریتی مخاطرات رودخانه همراه با طراحی مسیر بهینهٔ خط لوله از رودخانه و سیستم‌های آبراهه‌ای توضیح داده شده است [۲۵]. گروه مرکزی پژوهش‌های مشترک (JRC) اروپا (۲۰۱۵) در ایتالیا به بررسی زمین – مخاطرات خطوط لوله‌های نفت شامل زمین‌شناسی، هیدرولوژی، هواشناسی و اقلیم‌شناسی در اتحادیهٔ اروپا پرداخته است. آنها ۶۵ درصد مخاطرات رخداده را مربوط به زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و ۲۰ درصد دیگر را مربوط به هیدرولوژی شامل سیلاب، سیل ناگهانی، فرسایش رودخانه‌ای، نوسان توفان و سونامی دانسته‌اند [۲]. در ایران، فقط احمدی (۱۳۹۳) در زمینهٔ مخاطرات ژئومورفیک خط لوله از دیدگاه فرایند فرونشست تحقیقی انجام داده است [۳]. البته در رشته‌های مهندسی عمران، به بررسی خط لوله و زلزله از دیدگاه آسیب‌شناسی نیروها و تنش‌های ایجادشده بر خط لوله پرداخته شده[۷و۲۳ ۲] یا موضوع آبشویی و شست‌وشوی خط لوله [۱۱، ۱۰، ۵]، در حوزهٔ فنی و مهندسی کارهای بررسی شده است، ولی از دیدگاه ژئومورفیک به‌ویژه شبکه‌های زهکشی، تحقیقی انجام نگرفته است. ماتریکس ریسک خط لوله ابتدا توسط کاسترو[1] و همکاران (۲۰۱۰) [۱۴] برای داده‌های هزاران رودخانه از شرق آمریکا به‌کار گرفته شد؛ سپس نسخهٔ به‌روزشدهٔ آن توسط تورن و همکاران (۲۰۱۵) [۱۹] معرفی شد. برای شناسایی، دسته‌بندی و کلاس‌بندی ریسک و مخاطرات پروژه‌ها از کارهای مونیر استفاده شده است. در ایران، تحقیق جامع و مدونی دربارهٔ تأثیر ژئومورفولوژیکی مخاطرات فرسایش آبراهه‌ای به‌واسطهٔ آسیب‌هایی که برای خطوط لوله با توجه به پیشینهٔ صنعت نفت و گاز (بیش از ۱۱۰ سال) ایجاد می‌کنند انجام نگرفته است. هدف این مقاله، شناسایی و برآورد واکنش و پاسخ آبراهه‌ها به خط لوله و همچنین برآورد وضعیت ریسک آن با استفاده از محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها از ماتریکس ریسک خط لوله است.

منطقهٔ تحقیق

خط لولهٔ گاز نهم سراسری ۵۶ اینچ عسلویه (استان بوشهر)- دهگلان (استان کردستان) به طول ۱۲۰۰ کیلومتر از فازهای ۱۹، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ عسلویه برای تأمین بخشی از نیازهای گاز شمال کشور و همچنین صادرات گاز به اروپا از طریق ترکیه و مرز بازرگان است. منطقهٔ تحت مطالعهٔ این خط لوله به‌موازات کوه‌های زاگرس در استان خوزستان از شهرستان‌های بهبهان، امیدیه، رامشیر، اهواز، باوی، شوشتر، گتوند و دزفول با طول تقریبی ۱۷۰ کیلومتر (اهواز – دزفول) است (شکل ۱).

1. Castro



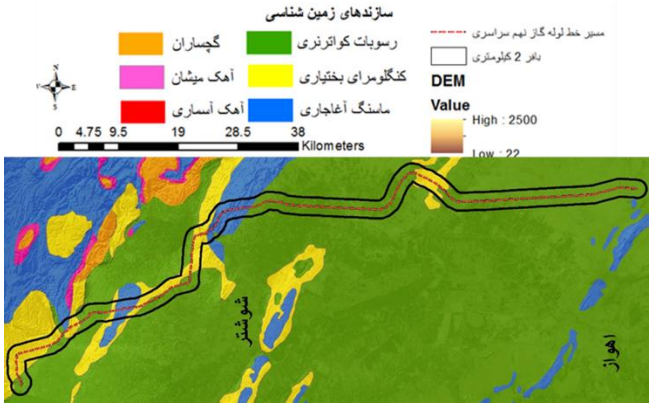
شکل ۱. خط لولهٔ گاز سراسری عسلویه – دهگلان و منطقهٔ تحقیق

این خط لوله در استان خوزستان از اهواز تا دزفول با رودخانه‌های کارون (شاخهٔ گرگر)، کارون بزرگ، رودسر گتوند – سبزآب، سنگ‌سرا و رودخانهٔ دز برخورد دارد. مسیر منطقهٔ تحقیق، اهواز- باوی- شوشتر- گتوند- دزفول به طول ۱۷۰ کیلومتر است.

زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

سازندهای واقع در مسیر خط لولهٔ گاز نهم سراسری شامل گروه سازند فارس (ماسه‌سنگ آغاجاری و کنگلومرای بختیاری) است. ماسه‌سنگ آغاجاری از لایه‌های ماسه‌سنگی آهکی با ضخامت ۲ تا ۵ متر همراه با میان‌لایه‌های مارنی فرسایش‌پذیر تشکیل شده است [۱۲، ۹، ۸، ۲، ۱]. سازند کنگلومرای بختیاری به‌طور دگرشیب این سازند را پوشانده است [۴]. رسوبات کواترنری مانند ماسهٔ بادی، رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای و مخروط‌ها نیز دیده می‌شوند (شکل ۲). در مسیر خط لولهٔ گاز نهم سراسری از اهواز تا دزفول، بیشترین پهنهٔ سازندی، رسوبات کواترنری عهد حاضر مانند رسوبات بادی- آبرفتی هستند که گسترهٔ غالب با رسوبات آبرفتی ازجمله رسوبات دشت سیلابی، مخروط‌افکنه‌ها و بستر دره‌هاست. به‌طوری که مسیر خط لوله

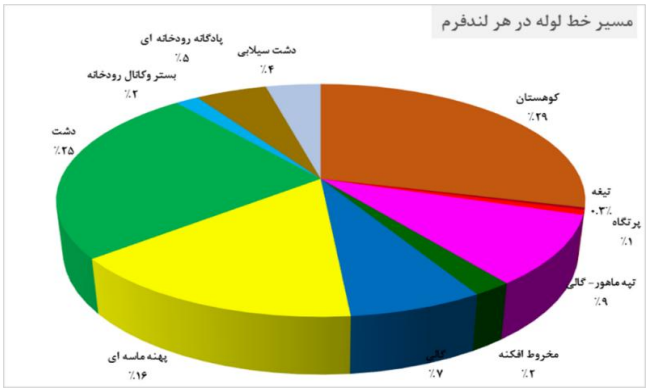
۵۰ درصد در پهنهٔ رسوبات کواترنری عهد حاضر واقع شده است. دومین سازند از نظر گسترهٔ فراوانی در مسیر خط لولهٔ گاز نهم سراسری، سازند کنگلومرای بختیاری است که در مجموع در حدود ۴۰ درصد از مسیر خط لوله را اشغال کرده است. سومین سازند در مسیر خط لوله، سازند ماسه‌سنگی آغاجاری است که در مجموع ۵ درصد کل مسیر است.



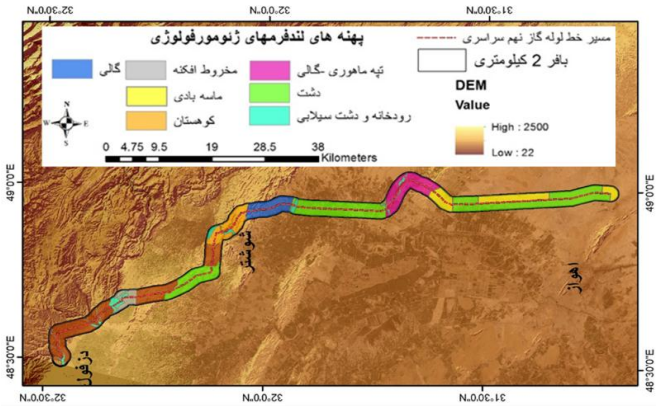
شکل ۲. سازندهای زمین‌شناسی منطقهٔ تحقیق

در مسیر خط لولهٔ گاز نهم سراسری از اهواز تا دزفول سه واحد ژئومورفولوژیکی کوهستانی (۵۱/۳ درصد)، تپه‌ماهوری (۱۸/۵ درصد) و دشت (۲۹/۸ درصد) دیده می‌شود. در منطقهٔ تحقیق مناطق کوهستانی در بخش شمالی واقع‌اند که از سازندهای ماسه‌سنگ آغاجاری و کنگلومرای بختیاری تشکیل شده‌اند. در واحد کوهستان سه زیرواحد (کوهستان، تیغه و پرتگاه) دیده می‌شود. واحد دشت شامل تلماسه، دشت سیلابی و بستر و پادگانه‌های رودخانه‌ای است (شکل ۳). بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده (شکل ۴)، واحد دشت در بخش جنوبی و مرکزی خط لوله دیده می‌شود. بخش تپه‌ماهور در مسیر خط لوله در شرق شهرستان شوشتر واقع است. بخش تپه‌ماهور در سازند مارن‌های سازند آغاجاری واقع است. این بخش دارای شیب بسیار کمی است و در بین تپه‌ها آبراهه‌های زیادی وجود دارد.

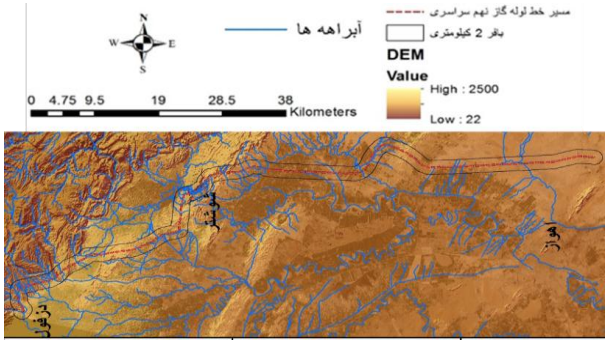
عمده رودخانه‌هایی که در مسیر خط لولهٔ گاز مورد مطالعه با جهت شمال شرقی – جنوب غربی است (شکل ۵)، در مسیر خط لولهٔ گاز منطقهٔ تحقیق در مجموع ۳۰ آبراهه و رودخانه بررسی شد. این رودخانه‌ها در فصل گرم سال به‌صورت خشک‌رود ظاهر می‌شوند که نشان از رژیم هیدرولوژی بارانی و رگباری دارد. تنها رودخانه‌های کارون، گرگر و دز دارای جریان آب دائمی هستند.



شکل ۳. درصد زیرواحدهای ژئومورفولوژیکی در مسیر خط لوله



شکل ۴. واحدهای عمدهٔ ژئومورفولوژیکی منطقهٔ تحقیق



شکل ۵. موقعیت آبراهه‌ها در مسیر خط لوله و روند عمومی جهت شمال شرقی – جنوب غربی

روش پژوهش و تحلیل

ماتریکس نمایش ریسک پروژه نخستین گام در به‌کارگیری تحلیل ابزاری مجدد رودخانه (River RAT) است. این ماتریکس برای تصمیم‌گیری در پروژه‌ها بسیار مفید است. محور ماتریکس ریسک به واکنش و پاسخ رودخانه و آبراهه‌ها و همچنین وضعیت ریسک آبراهه‌ها در مسیر خط لوله می‌پردازد (شکل ۶). هدف ماتریکس ریسک خط لوله کمک به ارزیابی ریسک پروژه‌ها و طرح‌ها و همچنین وضعیت ریسک آبراهه‌ها و رودخانه در زمینه‌های هیدرولوژی، هیدرولیک و ژئومورفولوژی است. وضعیت واکنش و پاسخ آبراهه‌ها و محور ریسک نسبت به خط لوله به‌شرح زیر است (شکل ۶):

۱. مقیاس؛ ۲. حساسیت چشم‌انداز؛ ۳. نوع آبراهه؛ ۴. وضعیت ساحلی رودخانه؛ ۵. ویژگی‌های دیوارهٔ رودخانه؛ ۶. ویژگی‌های بستر رودخانه؛ ۷. رژیم هیدرولوژیکی غالب رودخانه.

شکل ۶. وضعیت ریسک و واکنش و پاسخ آبراهه‌ها به خط لوله (برگرفته از تورن و همکاران، ۲۰۱۵ با کمی تغییر)

محور ماتریکس ریسک آبراهه‌ها و رودخانه‌ها نیز از نظر ریسک به سه دستهٔ ریسک کم، ریسک متوسط و ریسک زیاد تقسیم می‌شود (شکل ۶).

به‌منظور مشخص شدن وضعیت ریسک و واکنش و پاسخ آبراهه‌ها به خط لوله، به توضیح هر کدام از اجزا و کلمات مهم محور پرداخته می‌شود.

منظور از مقیاس در محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها و ریسک به خط لوله، مقیاس حوضهٔ آبریز هر رودخانه یا آبراهه‌ای است که با خط لوله برخورد دارد و به چهار دستهٔ مقیاس نقطه، ناحیه، چند ناحیه و حوضه تقسیم می‌شود [۲۴].

پتانسیل برای واکنش مورفولوژیکی به یک آبراهه در ناحیهٔ سرچشمه (کوه رفت و سنگ بستر) کمتر، در ناحیهٔ انتقالی (حوضچه‌ها و آبشارها) متوسط و در ناحیهٔ واکنشی (بستر هموار، تندآب – حوضه و تپه‌های برآمده) بیشتر است. شیب آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، فاکتور تعیین‌کنندهٔ نوع آبراهه، منشأ (شیب ۱۰٪<) انتقالی (شیب ۱۰٪>-۳٪<) واکنشی (شیب ۳٪>) است [۲۲، ۲۴].

نوع آبراهه در محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها و ریسک به خط لوله با توجه به نوع جنس رسوبات بستر رودخانه و آبراهه است که به پنج دستهٔ سنگ بستر، کوه‌رفت، آبرفت، کانال گیسویی و مخروط‌افکنه تقسیم می‌شود.

کرانهٔ رودخانه بخشی از رودخانه است که در حد میان کانال رودخانه و بخش بیرون کانال است. این بخش جزو دشت سیلابی است. کرانهٔ رودخانه با توجه به وضعیت و مورفولوژی آن به چهار دستهٔ پیوسته – پهن (دارای ریسک کم)، نیمه‌پیوسته – پهن (ریسک کم تا متوسط)، ناپیوسته – باریک (ریسک متوسط تا زیاد) و منطقهٔ شهری یا خاکریز دشت سیلابی محدود شده (ریسک زیاد) است [۲۴].

دیوارهٔ رودخانه با توجه به وضعیت فرسایش‌پذیری به سه دسته تقسیم می‌شود: دیواره‌های فرسایش‌ناپذیر (مانند صخره‌ها، دیواره‌های با پوشش گیاهی و رس‌های چسبنده و مقاوم)، دیواره‌های مقاوم به فرسایش (مانند دیواره‌های برهنه و بدون پوشش گیاهی) و دیواره‌های فرسایش‌پذیر یا سنگ‌چین‌شده برای جلوگیری از فرسایش (همان).

منظور از مشخصات بستر در محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها، نوع رسوب بستر است. کانال‌های با رسوبات فرسایش‌پذیر مانند ماسه به دلایل تأثیرپذیری شدید از وضعیت آشوب در کانال، دارای بیشترین نرخ فرسایش در رودخانه‌ها هستند. رسوبات سخت و بدون حرکت مانند بولدر یا تخته‌سنگ‌ها، دارای ریسک کمتر و همچنین وضعیت پایدارتری از نظر فرسایشی و شست‌وشو هستند.

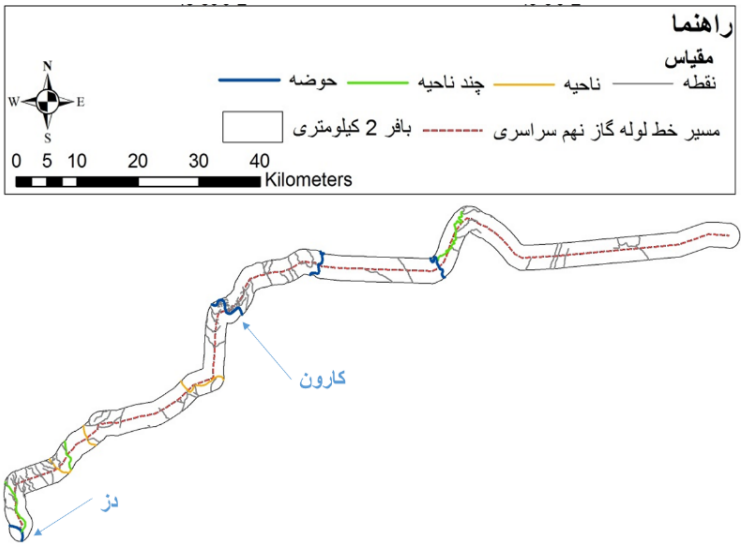
در منطقهٔ تحقیق از ۳۰ آبراهه و رودخانهٔ موجود نمونه‌گیری خطی شد و سپس میانگین اندازهٔ ذرات در الک‌ها به‌دست آمد. بدین صورت که بستر آبراهه به سه بخش کناری، میانی و کناری تقسیم و سپس به‌اندازهٔ ۱ متر مربع از رسوبات سطحی با بیلچه جمع‌آوری شد (A ۱۰)، سپس سه بخش کناری و میانی بر روی هم جمع‌آوری و مخلوط شدند و از هر کدام به‌طور تقریبی ۱ کیلوگرم نمونه گرفته شد. نمونه‌های رسوبی که بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر طول داشتند،

به‌دلیل شرایط سخت حمل‌ونقل، در محل نمونه‌گیری با دستگاه کولیس اندازه‌گیری شدند و از آوردن آنها به آزمایشگاه خودداری شد.

ویژگی‌های جریان تابعی از اقلیم و هیدرولوژی حوضه است. رژیم هیدرولوژی در محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها به پنج دستهٔ رژیم با تغذیهٔ چشمه (ریسک کم)، رژیم ذوب برف (ریسک کم تا متوسط)، رژیم بارندگی (ریسک متوسط)، رژیم برف و باران (ریسک متوسط تا زیاد) و رژیم رگباری (ریسک زیاد) تقسیم می‌شود.

نتایج و بحث

در منطقهٔ تحقیق براساس محور ریسک خط لوله، مقیاس رودخانه‌هایی که با خط لوله تقاطع دارند به چهار دستهٔ نقطه‌ای، ناحیه‌ای، چندناحیه‌ای و حوضه تقسیم شده‌اند (شکل ۷). براساس داده‌های میدانی شمار پنجاه رودخانه با مقیاس نقطه‌ای (ریسک کم)، دو رودخانه با مقیاس ناحیه‌ای (ریسک کم متوسط)، چهار رودخانه با مقیاس چند ناحیهٔ ریسک متوسط) و چهار رودخانه (رودخانهٔ دز در شمال منطقهٔ تحقیق در دزفول، کارون در شمال شوشتر، و کارون شاخهٔ گرگر در دو نقطه) با مقیاس حوضه‌ای (ریسک زیاد) دیده می‌شود.

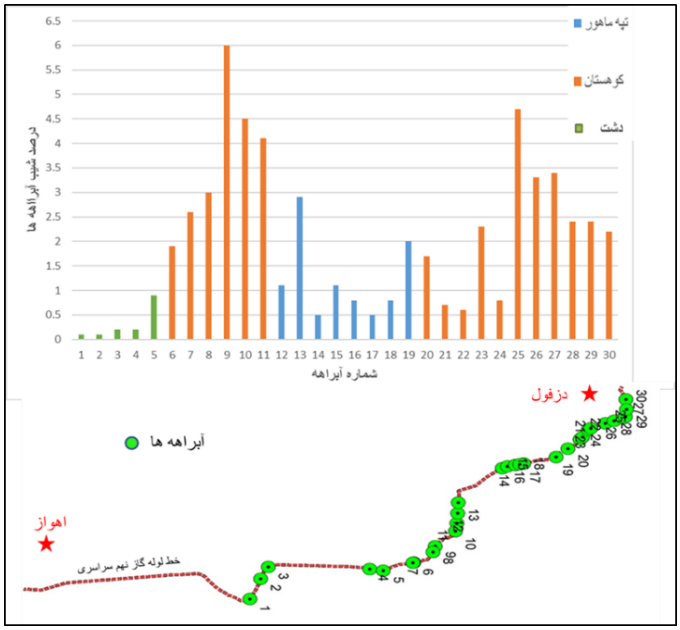


شکل ۷. مقیاس رودخانه‌های متقاطع با خط لولهٔ گاز نهم سراسری

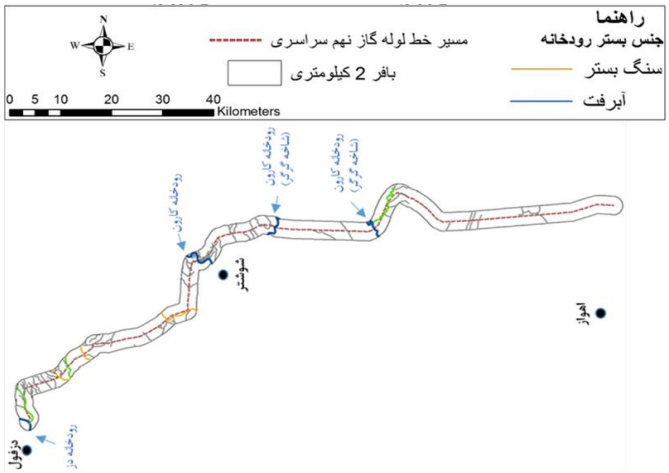
در محور ریسک خط لوله، حساسیت چشم‌انداز را درصد شیب آبراهه مشخص می‌کند. در ۳۰ آبراههٔ تحت مطالعه، میانگین شیب آبراهه‌ها در سه واحد ژئومورفولوژی، دشت ۰/۳ درصد، تپه‌ماهور ۱/۲ درصد و کوهستان ۲/۷ درصد است؛ به‌طوری که در واحد ژئومورفولوژی دشت و تپه‌ماهور درصد شیب آبراهه به کمتر از ۰/۵ درصد می‌رسد و در مناطق کوهستانی حداکثر ۶ درصد افزایش پیدا می‌کند (شکل ۸). از این‌رو رودخانه‌های منطقهٔ تحقیق در گروه رودخانه‌های واکنشی با ریسک زیاد قرار دارند.

نوع (جنس) آبراهه

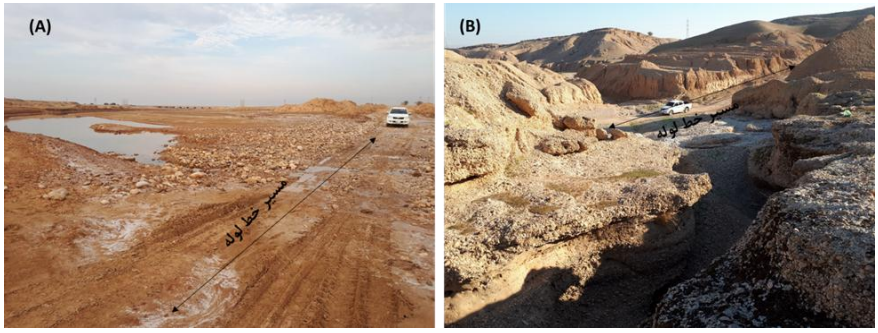
جنس بستر آبراهه‌های مطالعه‌شده بر اساس داده‌ها از دو طیف آبرفت و سنگ بستر تشکیل شده است (شکل ۹). در بخش جنوبی و مرکزی، جنس بستر کانال آبراهه‌ها از رسوبات آبرفتی (شکل A ۱۰) و در بخش شمالی که در کنگلومرای بختیاری واقع است از سنگ بستر (کنگلومرا) است (شکل B ۱۰). رسوبات آبرفتی بیشتر از ۶۵ درصد مسیر خط لوله را اشغال کرده است. از این‌رو از نظر واکنش پاسخ آبراهه‌ای و وضعیت ریسک، کل مسیر خط به‌طور میانگین در محدودهٔ ریسک کم تا متوسط و واکنش کم تا متوسط است.



شکل ۸. نمودار درصد شیب آبراهه‌ها در منطقهٔ تحقیق در سه واحد دشت، کوهستان و تپه‌ماهور



شکل ۹. نقشهٔ جنس رسوبات بستر آبراهه‌ها در منطقهٔ تحقیق

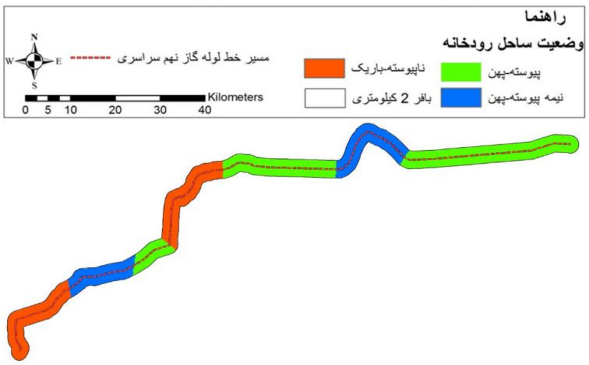


شکل ۱۰. نوع (جنس) آبراهه. شکل A بیانگر جنس آبرفتی بستر رودخانه (نگاه منظر رو به جنوب شرق) و شکل B بستر سنگی سازند کنگلومرای بختیاری (نگاه منظر رو به شمال)

از نظر مورفولوژی کرانهٔ رودخانه در منطقهٔ تحقیق به سه نوع ساحل: ۱. پیوسته – پهن، ۲. نیمه‌پیوسته – پهن و ۳. ناپیوسته – باریک تقسیم شده است.

همان‌طور که در شکل ۱۱ دیده می‌شود ساحل پیوسته – پهن در بخش جنوبی و منطبق بر واحد دشت در منطقهٔ تحقیق دیده می‌شود. این نوع ساحل به‌دلیل وجود رسوبات نرم کواترنری و هموار بودن دشت‌ها، ساحل رودخانه منطبق بر زمین‌های پیرامون و بدون عارضه است (A ۱۲). این نوع ساحل دارای ریسک و پاسخ کم آبراهه‌ای است. در ساحل نیمه‌پیوسته – پهن که منطبق بر واحد تپه‌ماهور است، به‌طور معمول ساحل به‌صورت بریده‌بریده و دیوارهٔ ساحل مسلط به کانال

رودخانه است (B ۱۲). ساحل ناپیوسته – باریک در بخش مناطق کوهستانی منطقهٔ تحقیق دیده می‌شود و دارای ریسک و پاسخ متوسط - زیاد آبراهه‌ای است. دیواره این نوع سواحل از جنس سنگ یکپارچه و به‌صورت دیوارهٔ عمودی مسلط بر کانال رودخانه است. به‌طور معمول، عرض بستر این نوع رودخانه‌ها کمتر از دو نوع ساحل پیشین است (C ۱۲).



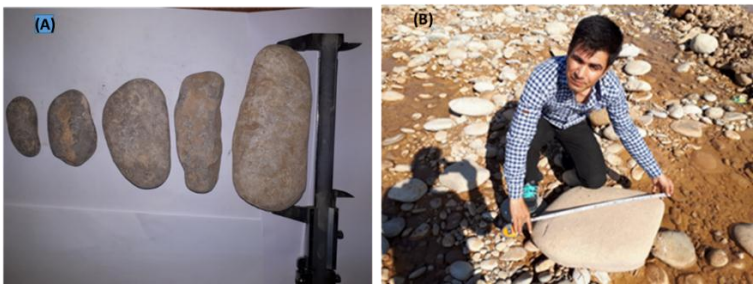
شکل ۱۱. نوع ساحل رودخانه در منطقهٔ تحقیق: ۱. پیوسته – پهن؛ ۲. نیمه‌پیوسته – پهن؛ ۳. ناپیوسته – باریک

شکل ۱۲. نوع ساحل رودخانه در منطقهٔ تحقیق. (A): ساحل پیوسته – پهن در واحد دشت (نگاه ناظر رو به شرق). (B): ساحل نیمه‌پیوسته – پهن در واحد تپه‌ماهوری (نگاه ناظر رو به شمال) و شکل (C): ساحل نیمه‌پیوسته – باریک در واحد کوهستانی (نگاه ناظر رو به شرق)

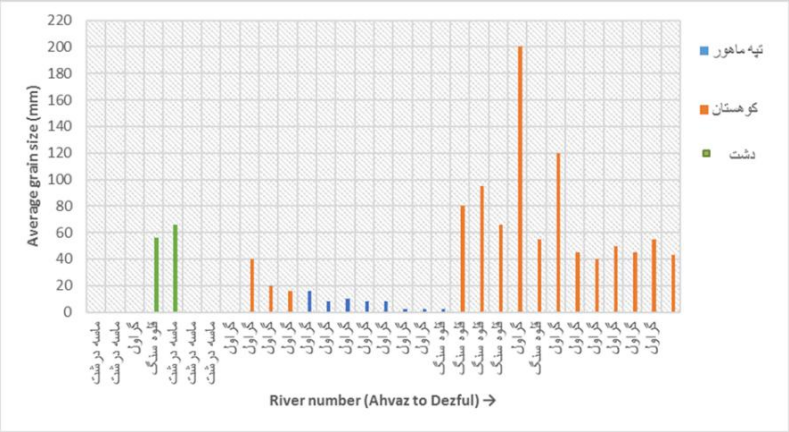
براساس محور ریسک خط لوله، ویژگی‌های دیوارهٔ رودخانه یکی از سه حالت فرسایش‌ناپذیر، مقاوم در برابر فرسایش و خیلی فرسایش پذیر را دارد که در منطقهٔ تحقیق دو ویژگی دیواره‌های مقاوم در برابر فرسایش و دیواره‌های خیلی فرسایش‌پذیر دیده می‌شود. دیواره‌های مقاوم در برابر فرسایش (ریسک و واکنش آبراهه‌ای متوسط) در بخش کوهستانی و منطبق بر سازند کنگلومرای بختیاری و دیواره‌های فرسایش‌پذیر (ریسک و واکنش آبراهه‌ای زیاد) در بخش دشت و تپه‌ماهوری (رسوبات آبرفتی و مارنی) دیده می‌شوند.

از نظر اندازهٔ دانه‌های رسوبی، شمال منطقهٔ تحقیق، مانند رودخانهٔ سبز آب، تخته‌سنگ‌هایی تا طول ۷۰۰ میلی‌متر دیده شده است که بیانگر سیلابی بودن رژیم هیدرولوژی رودخانه است. وضعیت اندازهٔ رسوبات بررسی‌شده نشان از افزایش میانگین اندازهٔ رسوبات بستر در بخش کوهستانی و شمال منطقهٔ تحقیق دارد (A,B ۱۳). اندازهٔ رسوبات در واحد دشت ماسه درشت است که در این بین تعداد دو رودخانه با اندازه‌های رسوبی بیشتر از ۴۵ میلی‌متر دیده می‌شود که مربوط به رودخانهٔ گرگر است. در شکل ۱۴ نیز نمودار نوع رسوب در هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی مشخص شده است. در این نمودار، تا آبراههٔ شمارهٔ ۱۹، نوع رسوب، ماسهٔ درشت و گراول و در ۱۱ آبراههٔ پایانی (بخش شمالی منطقهٔ تحقیق) از نوع قلوه‌سنگ و گراول است.

رسوبات واحد دشت در منطقهٔ تحقیق ماسهٔ درشت و گراول و همچنین واحد تپه‌ماهور گراول هستند که در بخش جنوبی و میانی منطقه را پوشش می‌دهند. این بخش دارای ریسک و واکنش آبراهه‌ای زیاد در واحد دشت و بخش جنوبی منطقه و ریسک و واکنش آبراهه‌ای متوسط در واحد تپه‌ماهوری و بخش میانی منطقهٔ تحقیق است. میانگین رسوبات بخش شمالی و کوهستانی در اندازه‌های گراول و قلوه‌سنگ (تا ۲۰۰ میلی‌متر) هستند که دارای ریسک و پاسخ آبراهه‌ای کم است.



شکل ۱۳. اندازه‌گیری نمونه‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر با استفاده از کولیس (A). و وجود قلوه‌سنگ‌هایی تا اندازهٔ ۷۰۰ میلی‌متر (B)



شکل ۱۴. نوع رسوب در هر واحد ژئومورفولوژی منطقهٔ تحقیق

بر اساس محور ریسک خط لوله، رژیم هیدرولوژی در پنج کلاس چشمه، ذوب برف، بارندگی، برف و باران و رگباری است. در منطقهٔ تحقیق، رژیم غالب هیدرولوژی بارندگی در فصل زمستان و رگباری (بهار و پاییز) است، به‌طوری که در شوشتر (مسیر خط لوله) میزان بارندگی‌های روزانه در طی دورهٔ آماری ده‌ساله ۱۳۹۶ – ۱۳۸۷، بارش روزانه تا بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر، در گتوند ۷۴ و در دزفول ۵۶ میلی‌متر دیده شده است.

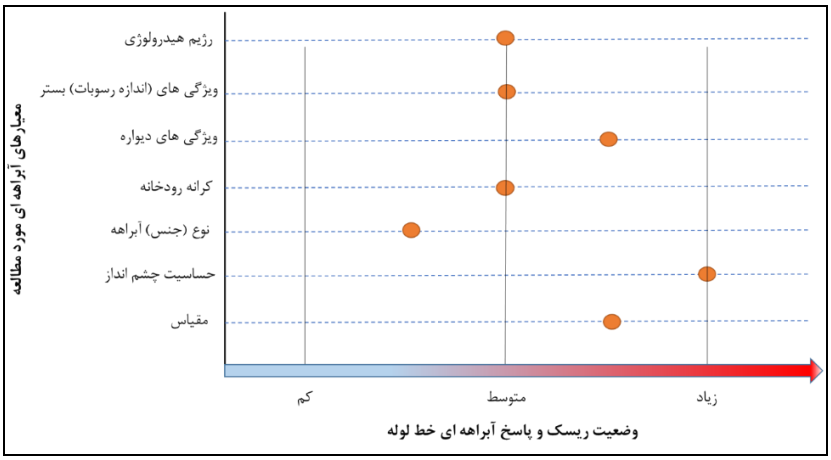
نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از داده‌های موجود براساس محور واکنش و پاسخ آبراهه‌ها و ریسک خط لوله برای منطقهٔ تحقیق به‌شرح زیر است:

از نظر مقیاس، هشت رودخانه در تقاطع با خط لوله از نظر افزایش واکنش و پاسخ آبراهه‌های و همچنین وضعیت ریسک، در سطح متوسط تا زیاد دیده می‌شود. از دیدگاه حساسیت چشم‌انداز (شیب آبراهه‌ها) در ۳۰ آبراههٔ تحت مطالعه برای برآورد شیب رودخانه، میانگین شیب آبراهه‌ها در سه واحد ژئومورفولوژی، دشت ۰/۳ درصد، تپه‌ماهور ۱/۲ درصد و کوهستان ۲/۷ درصد است. از این‌رو رودخانه‌های منطقهٔ تحقیق در گروه رودخانه‌های واکنشی با ریسک زیاد قرار دارند. از نظر جنس بستر آبراهه‌ها در منطقهٔ تحقیق، دو گروه رودخانه‌ها و آبراهه‌های با جنس رسوبات آبرفتی که در بخش جنوبی و مرکزی منطقهٔ تحقیق و منطبق بر واحد دشت و تپه‌ماهوری واقع‌اند. این بخش بیشتر از ۶۵ درصد مسیر خط لوله را اشغال کرده است. گروه دوم آبراهه‌های با جنس بستر سنگ بسترند که در بخش کوهستانی و در بخش

شمال مسیر خط لوله واقع‌اند. از این‌رو از نظر واکنش پاسخ آبراهه‌ای و وضعیت ریسک، در محدودهٔ ریسک کم تا متوسط و واکنش کم تا متوسط هستند. از دید کرانهٔ رودخانه‌ای، ساحل پیوسته – پهن در بخش جنوبی و منطبق بر واحد دشت و دارای رسوبات نرم کواترنری از نظر وضعیت ریسک، دارای ریسک و پاسخ کم آبراهه‌ای است. در ساحل نیمه‌پیوسته – پهن که منطبق بر واحد تپه‌ماهور است، به‌طور معمول ساحل به‌صورت بریده‌بریده و دیوارهٔ ساحل مسلط به کانال رودخانه دارای ریسک کم – متوسط است و ساحل ناپیوسته – باریک در بخش مناطق کوهستانی منطقه دارای ریسک و پاسخ متوسط – زیاد آبراهه‌ای است. دیوارهٔ این نوع سواحل از جنس سنگ یکپارچه است که به‌صورت دیوارهٔ عمودی مسلط بر کانال رودخانه است. در منطقهٔ تحقیق دو ویژگی دیواره‌های مقام در برابر فرسایش در بخش کوهستانی و منطبق بر سازند کنگلومرای بختیاری (ریسک و واکنش آبراهه‌ای متوسط) و دیواره‌های فرسایش‌پذیر در بخش دشت و تپه‌ماهوری در رسوبات آبرفتی و مارنی (ریسک و واکنش آبراهه‌ای زیاد) دیده می‌شود. از نظر ویژگی‌های بستر (رسوبات) رسوبات واحد دشت در منطقهٔ تحقیق، ماسهٔ درشت و گراول و همچنین واحد تپه‌ماهور گراول هستند که در بخش جنوبی و میانی، منطقه را پوشش می‌دهند. این بخش دارای ریسک و واکنش آبراهه‌ای زیاد در واحد دشت و بخش جنوبی منطقه، و ریسک و واکنش آبراهه‌ای متوسط در واحد تپه‌ماهوری و بخش میانی منطقهٔ تحقیق است. میانگین رسوبات بخش شمالی و کوهستانی در اندازه‌های گراول و قلوه‌سنگ (تا ۲۰۰ میلی‌متر) هستند که ریسک و پاسخ آبراهه‌ای کم دارند. از دیدگاه رژیم هیدرولوژی منطقه، دارای رژیم بارندگی در فصل زمستان و وضعیت ریسک و پاسخ آبراهه‌ای متوسط و رژیم رگباری (بهار و پاییز) دارای ریسک و پاسخ آبراهه‌ای زیاد است.

از هفت معیار آبراهه‌ای بررسی‌شده، یک معیار (نوع آبراهه) در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک کم – متوسط؛ سه معیار (کرانهٔ رودخانه، ویژگی‌های بستر و رژیم هیدرولوژی) در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک متوسط؛ دو معیار (ویژگی‌های دیواره و مقیاس) در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک متوسط – زیاد؛ و معیار حساسیت چشم‌انداز در وضعیت واکنش آبراهه‌ای و ریسک زیاد قرار دارد (شکل ۱۵). در نتیجه به‌طور کلی، وضعیت خط لولهٔ گاز نهم سراسری در منطقهٔ تحقیق از نظر ریسک واکنش آبراهه‌ای، در وضعیت ریسک متوسط – زیاد قرار دارد که نیازمند اقدامات مدیریتی – مهندسی خط لوله در زمینهٔ فرسایش آبراهه‌ای و بازبینی طرح از دید مخاطرات ژئومورفولوژی فرسایش و رودخانه است.



شکل ۱۵. وضعیت ریسک و پاسخ آبراهه‌ای خط لولهٔ گاز نهم سراسری در منطقهٔ تحقیق

این مقاله از رسالهٔ دکتری آقای امیر احمدی و طرح تحقیق ایشان که تحت حمایت مالی و پشتیبانی شرکت مهندسی و توسعهٔ گاز ایران قرار داشت استخراج شده است.

منابع

[۱]. آقانباتی، سید علی (۱۳۸۳). *زمین‌شناسی ایران*، تهران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.

[۲]. احمدی، امیر (۱۳۹۱). مکانیسم شکل‌زای کواترنری بر روی ماسه‌سنگ آغاجاری در شمال غرب مسجدسلیمان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران.

[۳]. احمدی، علی حسین (۱۳۹۳). شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر مسیر خطوط انتقال نفت و گاز با تأکید بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مطالعهٔ موردی: محدودهٔ شمال غربی مسجدسلیمان)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، گروه جغرافیای طبیعی.

[۴]. تهرانی، خسرو (۱۳۸۴). *زمین‌شناسی ایران (مزوزوئیک و سنوزوئیک)*، کلیدر.

[۵]. حسینی، داریوش؛ حکیم‌زاده، حبیب؛ و یاثی، رضا (۱۳۸۵). «بررسی مسائل آب‌شستگی موضعی در اطراف خطوط لوله با استفاده از مدل های عددی و فیزیکی»، *نشریهٔ مهندسی دریا*، سال سوم، ش ۵.

[۶]. سایت شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران (۱۳۹۶). WWW.IOPTC.IR.

[۷]. گلبهار حقیقی، مهدی؛ و علی‌اکبر آقا کوچک (۱۳۸۵). «تحلیل خطوط لوله دریایی تحت بارگذاری ناشی از انتشار موج زلزله و حرکت گسل»، *نشریهٔ مهندسی دریا*، سال سوم، ش ۵.

[۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۹). *ژئومورفولوژی ایران*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۹]. مطیعی، همایون (۱۳۷۲). *زمین‌شناسی ایران: چینه شناسی زاگرس*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

[۱۰]. مرادی، سبحان؛ اسماعیلی، کاظم؛ اکبرزاده، محمدرضا؛ و خداشناسی سعید (۱۳۹۵). «بررسی تأثیر پیگیبک لاین بر آب‌شستگی موضعی زیر خطوط لولهٔ افقی»، *نشریهٔ پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک*، ج ۲۳، ش ۶.

[۱۱]. هدایت بهرامی، پریا؛ کاتورانی، سید ساسان؛ زاده دلیر، علی حسین؛ و فرسادی‌زاده، داود (۱۳۹۵). «مطالعهٔ آزمایشگاهی تأثیر زاویهٔ برخورد جریان در آب‌شستگی زیر لوله های مستغرق»، نشریهٔ دانش آب‌وخاک، ج ۲، ش ۴، ص ۱۳۳-۱۲۳.

[12]. Ahmadi, E. Moghimi, S. M. Zamanzadeh and R. Motamed. (2015) "The Effect of Sandstone Composition on Distribution of Tafoni Landforms in the Aghajari Sandstone, Northwest of Masjed Soleyman, Iran". Hindawi Publishing Corporation Advances in Geology. Volume 2015, Article ID 862714, 10 pages.

[13]. BP. (2005). "International conference on: Terrain and geohazard challenges facing onshore oil and gas pipelines". ISBN: 9780727732781.

[14]. Castro. J. M., (2010). "Pipelines & Stream Crossings: a new tool for determining relative risk". Presented at: Department of the Interior, Conference on the Environment, April 26th – 30th, 2010,

[15]. Castro. J.M., (2011). "Should I be concerned? Screening projects using RiverRAT". Presented at: Salmon Recovery Funding Board, Salmon Recovery Conference, April 26th – 27th, 2011, Grand Mound,Washington.

[16]. City of Portland. (2001). "Johnson Creek Restoration Plan. Bureau of Environmental Services". 1120 SW Fifth Ave., Portland, Oregon 97204, USA, 257p. Available at: http://www.portlandoregon.gov/bes/article/

[17]. Cluer. B, Thorne. C. R., (2013). "A Stream Evolution Model Integrating Habitat and Ecosystem Benefits". River Science and Applications, DOI: 10.1002/ rra.2631.

[18]. Cluer. B, Thorne. C. R, Castro. J.M., Pess G, Beechie T, Shea C, Skidmore. P., (2010)." Tools and Science Base for Evaluating Stream Engineering", Management, and Restoration Proposals, Proceedings of the Federal Interagency Sediment Conference 2010, Las Vegas, Nevada (June 2010).

[19]. C. Thorne., J. Castro., B. Cluer., P. Skidmore and C. Shea., (2015). "Project risk screening matrix for river management and restoration". River research and applications. River Res. Applic. 31: 611–626.

[20]. Joint Research Centre. Serkan Girgin, Elisabeth Krausmann., (2015). "Lessons learned from oil pipeline natech accidents and recommendations for natech scenario development. Institute for the Protection and Security of the Citizen". Elisabeth Krausmann. Address: Joint Research Centre, Via E. Fermi 2749, 21027 Ispra (VA), Italy.

[21]. M. Glass, Kendra Hatcher, Meghan Betcher, and Evan Hansen., (2016). "Guidance for Monitoring Effects of Gas Pipeline Development on Surface Water and Groundwater Supplies". Published by downstream strategy.

[22]. Montgomery. D. R., and J. M. Buffington. (1998). "Channel processes, classification, and response". *In* R. J. Naiman and R. E. Bilby (eds.), River ecology and management: Lessons from the Pacific coastal ecoregion, p. 13–42. Springer, New York.

[23]. . Munier.,N (2014). Risk management for engineering projects. Springer, Pp. 220.

[24]. Peter B. Skidmore, Colin R. Thorne, Brian L. Cluer, George R. Pess, Janine M. Castro, Timothy J. Beechie, and Conor C. Shea. (2011). "Science Base and Tools for Evaluating Stream Engineering, Management, and Restoration Proposals". NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-112.

[25]. Rizkalla, M., (2008). "Pipeline geo-environmental design and geohazard management American Society of Mechanical Engineers (ASME)". New York, USA. pp 360.

[26]. Sakhalin Energy Investment Company LTD., (2003). "Comparative Environmental Analysis of the Piltun-Astokh Field Pipeline Route Options". BM Code: EP.17.03.07.03.

[27]. Veldman. W.M., (1983). "Arctic Pipeline River Crossings, Design Trends and Lessons Learned." Prepared for the American Society of Civil Engineers, Specialty Conference on Pipelines in Adverse Environments, San Diego, California.