



The Use of Different Models to Investigate the Threat of the Third Line of the Gas Transmission Network by Domain Instability

Maryam Bayati Khatibi¹ | Somayeh Hassanpour²

1. Corresponding Author, Department of Planning and Environment Sciences, Faculty of RS & GIS, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: m_bayati@tabrizu.ac.ir
2. Department of Planning and Environment Sciences, Faculty of RS & GIS, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 21 Nov 2023

Received in revised form:
03 Mar 2024

Accepted: 08 Mar 2024

Available online: 06 Apr 2024

Keywords:

Earthquake risk,
landslide,
Risk modeling,
Vulnerability,
Multilayer perceptron,
Fuzzy,
Random forest,
Fuzzy network analysis
process.

ABSTRACT

The area under study (Tehran gas line 3) is one of the most important and sensitive areas in terms of threats to gas supply due to the instability of domains and tectonic activities. In this research, to achieve the research objectives, different data from different sources and different criteria were used. For example, geology, height, distance from the slope fault, slope direction, distance from the river, land use, soil, distance from the road, precipitation, land cover, and height were used. Risk assessment using five fuzzy models, network analysis, Fuzzy network, multilayer perceptron, and random forest method were analyzed. Because the traditional methods of risk assessment are based on mathematical functions and need more knowledge of experts and are less practical, intelligent systems were used which, in addition to being easy to use and analyzing relationships, provided more appropriate results. The results of the investigations showed the comparison of landslide and earthquake risk with different models shows that the risk of landslide is higher with the RF model. Still, with the use of the ANP model, the studied area shows relatively higher risk. In the Fuzzy model, the highest percentage belongs to the low-risk class and the lowest percentage belongs to the medium-risk class. In the fuzzy-ANP model, the relatively high-risk class shows the highest percentage and the high-risk class shows the lowest amount in the range. In the MLP model, most of the study range has medium risk and the high-risk class range has the lowest amount in the range. Therefore, in the RF model, the highest percentage belongs to the relatively high-risk class and the lowest percentage belongs to the low-risk class. According to the evaluations made from the results of the ANP model, the systematic error (MBE) of this model is -0.20336 and the absolute error of the model is 0.209895. The RMSE error was 0.131107. According to the evaluations of the results of the Fuzzy model, the systematic error (MBE) of this model is -0.23687 and the absolute error of the model is 0.25511. The RMSE error rate was 0.162122.

Cite this article: Bayati Khatibi, M., Hassanpour, S. (2024). The Use of Different Models to Investigate the Threat of the Third Line of the Gas Transmission Network by Domain Instability. *Geography and Environmental Sustainability*, 14 (1), 51-67. DOI: 10.22126/GES.2024.9849.2706



© The Author(s).

DOI: 10.22126/GES.2024.9849.2706

Publisher: Razi University

استفاده از مدل‌های مختلف برای بررسی تهدید مسیر خط سوم شبکه انتقال گاز توسط ناپایداری دامنه‌ای

مریم بیاتی خطیبی^۱ | سمیه حسن پور^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: m_bayati@tabrizu.ac.ir
۲. گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله:</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۸</p> <p>دسترسی آنلاین: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>خطر زلزله، لغزش، مدل‌سازی ریسک، آسیب‌پذیری، فازی، پرسپترون چندلایه، جنگل تصادفی، فرایند تحلیل شبکه - فازی.</p>	<p>محدوده مورد مطالعه (محدوده خط سوم گاز تهران)، از مهم‌ترین و حساس‌ترین محدوده‌های کشور از نظر تهدید شبکه گازرسانی توسط ناپایداری دامنه‌ای و فعالیت‌های تکنیکی می‌باشد. در این پژوهش، برای تحقق اهداف تحقیق، از داده‌های متفاوت، با منابع مختلف و از معیارهای متنوع مانند، زمین‌شناسی، ارتفاع و فاصله از غسل شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، خاک، فاصله از جاده، بارش، پوشش‌زمین و ارتفاع استفاده شد. ارزیابی ریسک، با استفاده از پنج مدل فازی، تحلیل شبکه‌ای، شبکه‌ای-فازی، پرسپترون چندلایه و روش جنگل تصادفی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها از مقایسه بررسی خطر زمین‌لغزش و زمین‌لرزه با مدل‌های مختلف، نشان داد که خطر زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه با استفاده از مدل RF بیشتر است. نتایج استفاده از مدل ANP در محدوده مورد مطالعه، حاکی از ریسک بالای عبور شبکه گازرسانی از بخش‌های پرشیب منطقه است. نتایج پهنه‌بندی‌ها در دو استان قم و تهران با استفاده از مدل Fuzzy نشان داد که بیشترین درصد در کلاس‌بندی‌ها، متعلق به کلاس کم‌خطر و کمترین درصد متعلق به کلاس با خطر متوسط می‌باشد. در مدل ANP-Fuzzy کلاس خطر نسبتاً زیاد، بیشترین درصد و کلاس خطر زیاد با کمترین میزان در محدوده را نشان داد. در مدل MLP بیشتر محدوده مورد مطالعه، دارای ریسک متوسط بوده و محدوده کلاس خطر زیاد، کمترین وسعت را در محدوده دارد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در مدل RF، بیشترین درصد متعلق به کلاس با خطر نسبتاً زیاد و کمترین درصد متعلق به کلاس با خطر کم می‌باشد. باتوجه به ارزیابی‌ها و بررسی‌های آماری صورت‌گرفته از مدل ANP، میزان خطای سیستماتیک (MBE) ۰/۲۰۳۳۶-، میزان خطای مطلق ۰/۲۰۹۸۹۲ و میزان خطای RMSE ۰/۱۳۱۱۰۷ حاصل گردید. نتایج آماری از بررسی مدل Fuzzy نیز نشان داد که میزان خطای سیستماتیک (MBE) ۰/۲۳۶۸۷ و خطای مطلق ۰/۰۲۵۵۱ و میزان خطای RMSE نیز ۰/۰۱۶۲۱۲ می‌باشد.</p>

استناد: بیاتی خطیبی، مریم؛ حسن پور، سمیه (۱۴۰۳). استفاده از مدل‌های مختلف برای بررسی تهدید مسیر خط سوم شبکه انتقال گاز توسط ناپایداری دامنه‌ای. *جغرافیا و مپاداری محیط*، ۱۴ (۱)، ۵۱-۶۷. DOI: 10.22126/GES.2024.9849.2706



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

توجه به حساسیت‌های زمین در محل احتمالی وقوع زلزله، به‌ویژه لغزش و تأثیر تخریبی آنها برای تأسیسات حیاتی از اهمیت زیادی برخوردار است. در بین تأسیسات حیاتی، حفظ امنیت خطوط لوله گاز در مقابل تهدید مخاطرات محیطی، مانند لغزش و لرزش به پایش مستمر و توجه ویژه نیاز دارد. امروزه افزایش مصرف گاز، سبب افزایش تراکم شبکه خط لوله انتقال گاز و ریسک‌های بالقوه آن شده است. شاخص‌های مؤثر در ریسک محیط زیستی از قبیل جابه‌جایی زمین و ناپدید شدن بستر استقرار خطوط لوله، ماهیت مکانی دارند و در طی مسیر خط لوله تغییر می‌کنند (Mathilde et al., 2023). شاخص‌های مؤثر در برآورد ریسک محیط زیستی، از جمله جابه‌جایی زمین، زمین‌لرزه، نقص ساختاری، شامل طراحی، ساخت و نگهداری و مداخلات شخص ثالث ماهیت مکانی دارند؛ بنابراین می‌توان با شناخت عوامل تأثیرگذار در ناامنی خطوط لوله، تمهیدات لازم در امن‌تر ساختن محدوده‌های خطر اقداماتی را انجام داد.

به دلیل اهمیت و الزامات تأمین امنیت خطوط لوله گاز طبیعی، بسیاری از محققان مطالعات زیادی در مورد ارزیابی ایمنی و خطرهای تهدیدکننده خطوط لوله گاز طبیعی انجام داده‌اند و روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک به‌منظور حل مسئله تأمین امنیت شبکه گاز ارائه نموده‌اند و با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌کارگیری مدل‌های مختلف، میزان ریسک خطر در بسیاری از محدوده‌ها برآورد شده است (Chartier et al., 2021; Hallegatte, et al., 2016; Malczewski & Rinner, 2016; Gashaw et al., 2022). در بررسی میزان و عوامل خطرات تهدیدکننده خطوط لوله مدل‌ها و روش‌های مختلفی بکار برده شده و نتایج مناسبی هم توسط محققین به‌دست آمده است که در این مورد می‌توان به تحقیقات، قندهاری و همکاران (۱۳۹۸) در استفاده از روش Tie-Bow. شمس امامزاده (۱۳۹۳: ۶۷) در استفاده از مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی هدایت هیدرولیک اشباع خاک با بکارگیری روش‌های MLP و RBF.

قندهاری و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش FMEA و ETA (Lahiri & Ghanta, 2008) با استفاده از روش‌های رگرسیون ماشین‌های بردار پشتیبانی با یک روش تنظیم پارامتر قوی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و با بکارگیری روش ترکیبی و با روش ارزیابی ریسک مبتنی بر ماتریس خطر فازی و با استفاده از روش فازی FWRPN و با روش‌های AHP گسترده فازی و MULTIMOORA فازی، وانگ و همکاران (Wang et al., 2019) با الگوریتم SVM، PSO، یزدی و همکاران (۲۰۱۷) با الگوریتم فرا ابتکاری NSGA II، الگوریتم بهینه‌سازی SPEA2^۴ یا الگوریتم تکاملی مبتنی بر قوت پارتو^۲، الگوریتم تکاملی چندهدفه مبتنی بر تجزیه (MOEA / D) با بررسی آسیب‌ها به خطوط لوله گاز در محیط‌های مختلف پرداختند.

رائی حق و همکاران (۱۴۰۲) با ارزیابی ریسک لوله در پارس جنوبی، با استفاده از سامانه استنتاج فازی، به این نتیجه رسیدند که بخشی از لوله‌ها در محدوده خطر بالا قرار دارند و قید کردند که در شناسایی محدوده‌های دارای ریسک بالا، استفاده از مدل فازی می‌تواند به نتایج بهتری نایل گردد. بهروز و همکاران (۱۴۰۲) با ارائه مدل پیش‌بینی ریسک‌های بحرانی شبکه انتقال گاز با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی به ارزیابی ریسک پرداختند و بر اساس مدل بکار گرفته شده ۱۳ ریسک بحرانی تشخیص دادند.

محدوده مورد مطالعه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین محدوده از نظر گازرسانی و تهدیدات به‌وسیله ناپایداری دامنه‌ها و فعالیت‌های تکنونیک می‌باشد. ارزیابی ریسک در تهدیداتی که جنبه مکانی داشته و به ویژگی‌های محیط و بسترگذر لوله دارد از ضروریات محسوب می‌شود. به علت ماهیت مکانی ریسک، به نظر می‌رسد می‌توان ارتباطی بین فرایند برآورد ریسک و سامانه اطلاعات جغرافیایی برقرار نمود و با به‌کارگیری مدل‌های مختلف

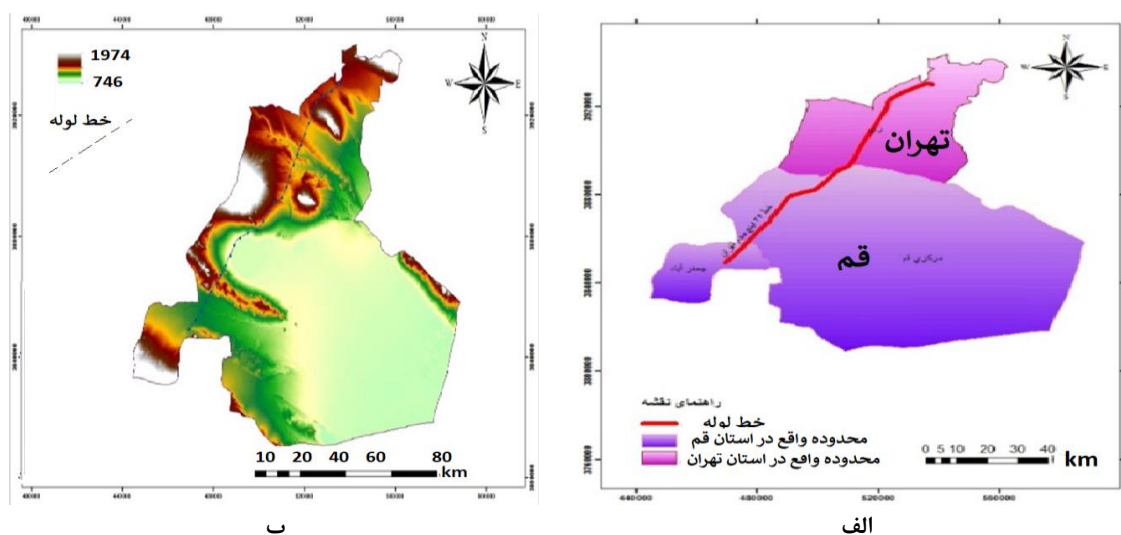
1. Fuzzy Weighted Risk Priority Number
2. Saturated and Mix-Delayed Particle Swarm Optimization
3. Nondominated Sorting Genetic Algorithm
4. Strength Pareto Evolutionary Algorithm

محدوده‌های پر خطر را مشخص نمود. باتوجه به موارد مطروحه، در این تحقیق فرایند، برآورد ریسک محیط زیستی با سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از الگوریتم‌های هیبریدی - فازی مورد بررسی قرار گرفته است. با کسب نتایج مثبت، می‌توان با ارزیابی ریسک خطوط لوله گاز، اطلاعات ارزشمندی از جمله مؤلفه‌های مخاطره‌آمیز را تعیین نموده و از یک واکنش و راهبرد مناسب برای کاهش و یا حتی حذف آن استفاده نمود. برای دستیابی به هدف تکنیک مناسب در تحقیق بکار برده شده است که بتواند خطرات موجود را دقیق و مطمئن‌تر ارزیابی کند. همچنین برنامه‌ریزان و مدیران با افق دید وسیع‌تر و ضریب ریسک پایین‌تری نسبت به مدیریت بهینه خطوط انتقال گاز اقدام نمایند. با عنایت ویژه بر این نکته که محدوده مورد مطالعه از بسیاری از جنبه‌های خطر، از جمله جابه‌جایی مواد دامنه‌ای در اثر زلزله‌های احتمالی، از محدوده‌های پرخطر محسوب می‌شود که باید مطالعات بیشتری در این زمینه در محدوده مورد نظر صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

این پژوهش بر روی خط لوله سوم تهران با طول ۱۱۰ کیلومتر، که در راستای جنوب به شمال از استان های قم و تهران می‌گذرد صورت گرفته است. خط انتقال گاز مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی "۳۹'۴۷" عرض شمالی و "۳۹'۴۹" طول شرقی در ارتفاع تقریبی ۱۰۶۰ متر از سطح دریا در استان قم آغاز می‌گردد (شکل ۱). نقطه پایانی خط لوله مورد مطالعه دارای مختصات "۴۴'۳۰" عرض شمالی و "۵۱'۲۴" طول شرقی و ارتفاع تقریبی ۱۲۳۰ متر از سطح دریا در استان تهران واقع شده است. قسمت شمالی استان تهران به واحد ساختمانی البرز آذربایجان تعلق دارد و در واحد دوم قسمت جنوبی آن، جزو واحد مرکزی ایران است. گسل سمنان این دو واحد را از یکدیگر جدا می‌سازد.



سازندهای مختلف زمین‌شناسی در این استان وجود دارند که بیشترین وسعت زمین‌های متعلق به کواترنری و پس از آن دوره ترشیاری است که هنوز استحکام نیافته‌اند. شیب‌دار بودن زمین و وجود سازندهای ناپایدار، خطر زمین‌لغزش را به یک عامل تهدیدکننده خطوط گذرانرژی تبدیل کرده است. علاوه از ناپایداری دامنه ها، یکی از مشخصه‌های مهم محدوده تهران، زلزله خیزی آن و عبورگسل بسیار خطرناک از این محدوده است. این محدوده بر روی خط زلزله قرار داشته و احتمال وقوع زلزله در آن بسیار می‌باشد بطوریکه این شهر از نظر زمین‌لرزه پربان (۸ تا ۱۰ درجه مرکالی) محسوب می‌شود (زارع، ۱۳۹۱: ۴۵). قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه، استان قم است که در محدوده زون

ساختمانی ایران مرکزی قرار گرفته و کلیه نموده‌های زمین ساختی آن متأثر از رفتارهای این منطقه ساختمانی است. در منطقه قم، رسوبات حوضه قم معرف تشکیلات سنوزونیک است و این رسوبات در جهت شمال غربی جنوب شرقی گسترش دارند. کهن‌ترین رسوبات منطقه مورد بررسی به پرمین نسبت داده شده است. این محدوده نیز از نظر توپوگرافی و زمین‌شناسی از شرایط ویژه ای برخوردار است که مستلزم ارزیابی میزان ریسک برای گذر خط لوله از محدوده مورد بررسی است. در این منطقه جهت بررسی احتمال وقوع خطر و شدت اثر در مزارع کشاورزی، خطوط ارتباطی و تقاطع با رودخانه‌ها و جاده‌ها تا ۱۰۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

روش پژوهش

در این پژوهش برای تحقق اهداف تحقیق از داده‌های متفاوت با منابع مختلف استفاده شد. در ابتدا یک پایگاه داده از لایه‌ها و اطلاعات مورد نیاز در قالب یک Geodatabase ایجاد گردید. معیارهای مورد بررسی در این پژوهش عبارت بودند از زمین‌شناسی ارتفاع و فاصله از گسل شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، خاک، فاصله از جاده، بارش، پوشش زمین و ارتفاع که با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف مورد بررسی و محاسبه قرار گرفتند. در پژوهش حاضر برای ارزیابی ریسک پنج مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این مدل‌ها عبارت بودند از تحلیل فازی، تحلیل شبکه‌ای، شبکه‌ای - فازی^۱، پرسپترون چندلایه^۲ و روش جنگل تصادفی^۳. با توجه به این که روش‌های سنتی ارزیابی ریسک بر پایه توابع ریاضی بوده و فاقد دانش خبرگان و متر کاربردی هستند، از سیستم‌های هوشمند استفاده شد که علاوه بر استفاده آسان و تحلیل روابط، نتایج مناسب‌تری را ارائه داد.

در این تحقیق از روش تحلیل شبکه استفاده شد. این روش شامل دو بخش است، بخش اول شامل مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه‌ای و یا سلسله مراتبی که بر هم کنش‌ها و ارتباطات متقابل را کنترل می‌کند و بخش دوم شامل شبکه‌ای از برتری‌ها و تاثیرگذاری‌های میان عناصر و خوشه‌ها (دو خوشه که یکی مربوط به زلزله و دیگری مربوط به لغزش است) می‌باشد. جهت پیاده‌سازی و انجام روش ANP^۴ سوپرماتریس تشکیل و نرخ سازگاری تعیین گردید. فرم ریاضی تئوری فازی به صورت رابطه (۱) است.

$$A = \{ z, \mu_A(z) \} \text{ for each } z \in Z. \quad \text{رابطه (۱)}$$

$\mu_A(z)$ تابع عضویت فازی می‌باشد.

یکی از روش‌های فازی سازی که در پهنه‌بندی ناپایداری‌ها کاربرد فراوانی دارد و در این پژوهش نیز از آن استفاده شده، بکارگیری نسبت فرکانس است، به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$FR_{ij} = \frac{N_p(SX_i) / \sum_{i=1}^n SX_i}{N_p(SX_j) / \sum_{j=1}^m SX_j} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$N_p(SX_i)$ تعداد کل پیکسل‌های مربوط به ناپایداری (وقوع لغزش و ریزش) ناشی از فاکتور X در کلاس i و $N_p(SX_j)$ تعداد کل زمین لغزش و ریزش‌های ناشی از فاکتور X در کلاس j می‌باشد. n تعداد کلاس‌های وقوع زمین لغزش و ریزش در عامل X_i و m تعداد عوامل وقوع زمین لغزش و ریزش می‌باشد. بعد از محاسبه نسبت فرکانس، مقادیر به دست آمده با رابطه (۳) نرمال سازی شده و مقادیر درجه عضویت بدست می‌آید.

$$\mu_{ij} = FR_{ij} / \max_i(FR_{ij}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

μ_{ij} مقدار درجه عضویت فازی کلاس i پارامتر j می‌باشد.

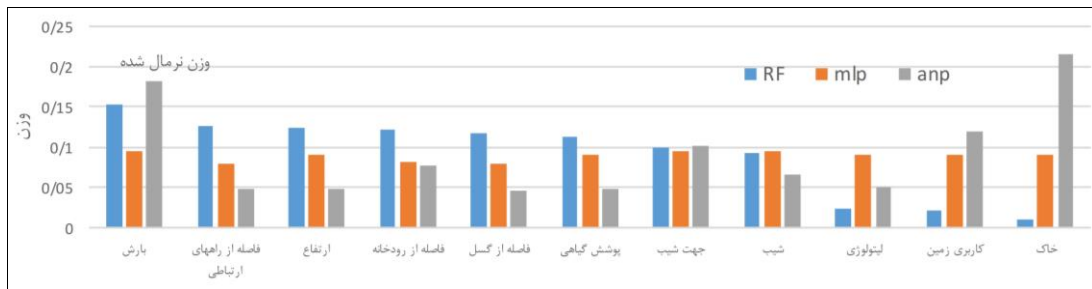
1. Analytic Network Process_Fuzzy
2. Multi Layer Perceptron
3. Random Forest
4. Analytical Network Process

به منظور رتبه‌بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسه زوجی استفاده و برای انجام مقایسات زوجی در حالت عدم قطعیت، از مقایسات فازی که حالت‌های ابهام را مدل‌سازی می‌کند، بهره‌گیری شد. فرآیند تحلیل شبکه فازی با دو عدد مثلثی $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ در نظر گرفته شده است. توابع ریاضی آن به صورت روابط (۴) و (۵) تعریف شده است.

$$M_1 + M_2 = (l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2) \quad \text{رابطه (۴)}$$

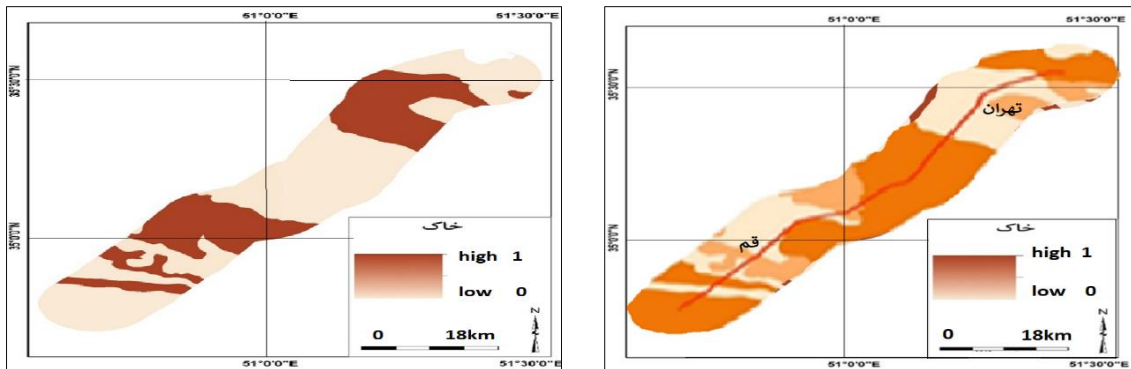
$$M_1 * M_2 = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2) \quad \text{رابطه (۵)}$$

در روند کار، عملکرد گزینه‌ها از طریق وزن‌های معیارها و زیرمعیارها ارزش‌گذاری شده و در اولویت‌های کلی در برابر هر گزینه اضافه شدند. پس از تهیه و استانداردسازی و طبقه‌بندی کلیه لایه‌های مورد نیاز در تحلیل خطر زمین‌لرزه و زمین‌لغزش وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی گام بعدی بود و وزن هر یک از معیارها (شکل ۲) در هر یک از مخاطرات محاسبه شد (ضریب ناسازگاری محاسبه شده در این مطالعه ۰/۰۹۸۱ می‌باشد).



شکل ۲. وزن نرمال معیارها با مدل‌های مختلف

پس از آنکه وزن هر یک از عوامل موثر با روش حداقل مربعات لگاریتمی در زمین‌لغزش و زمین‌لرزه به دست آمد (شکل ۳)، در نرم‌افزار ArcGIS معیارهای استاندارد شده در وزن مخصوص به خود ضرب شدند. نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از نرم‌افزار SuperDecisions به دست آمد، سپس مقایسه زوجی صورت گرفت. با روش فازی و با ابزار Fuzzy member برای دسته‌بندی یا تبدیل داده‌های ورودی به مقیاس ۰ تا ۱ بر اساس امکان عضو بودن یک مجموعه مشخص شد. عدد صفر به مکان‌هایی تعلق گرفت که قطعاً عضو مجموعه مشخص شده نبودند و ۱ برای مقادیری که قطعاً عضوی از مجموعه مشخص شده بودند در نظر گرفته شد. روش تحلیل شبکه ای - فازی یکی از روش‌های مورد استفاده در این تحقیق بود. در این روش برای انجام مقایسات زوجی در حالت عدم قطعیت، از مقایسات فازی که حالت‌های ابهام را مدل‌سازی می‌کند، بهره‌برداری شدند.

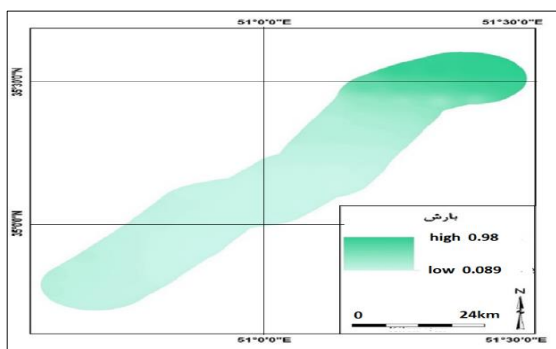


ب

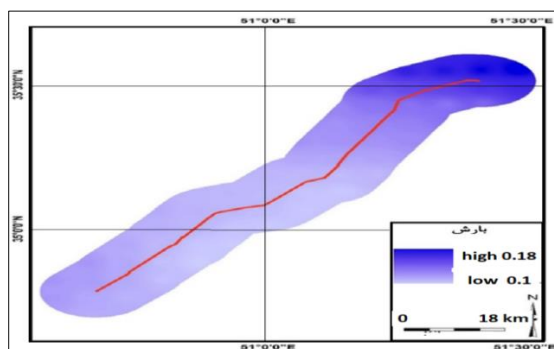
الف

الف: خاک با مدل ANP. ب: مدل Fuzzy

شکل ۳. وزن‌دهی داده‌ها با مدل ANP و مدل Fuzzy

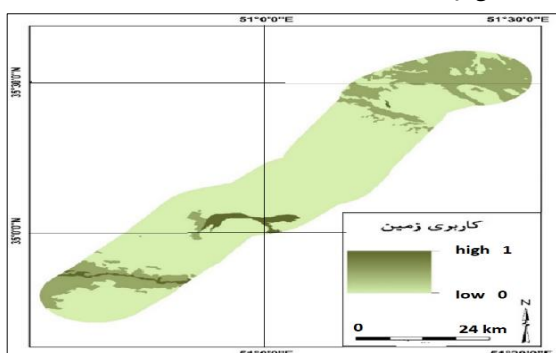


ت

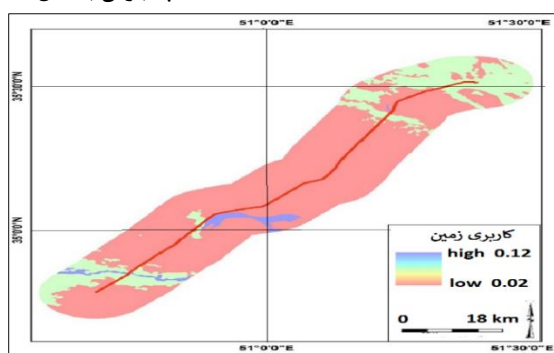


پ

پ: بارش با مدل ANP. ت: مدل Fuzzy

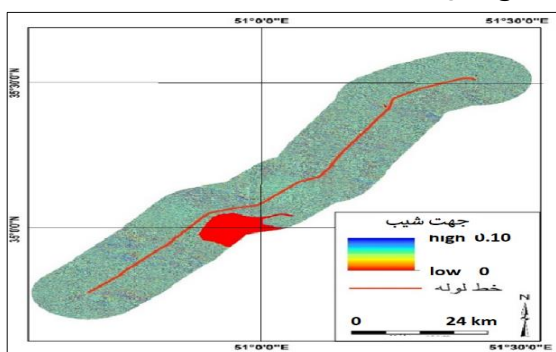


ح

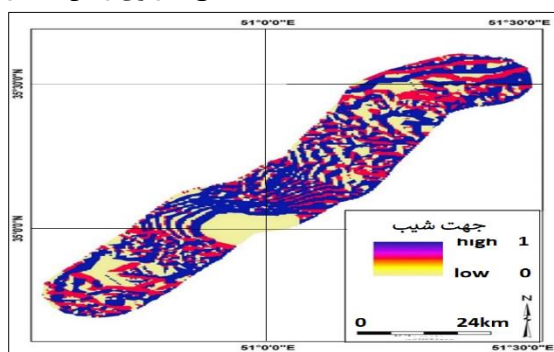


ج

ج: کاربری زمین با مدل ANP. ح: مدل Fuzzy

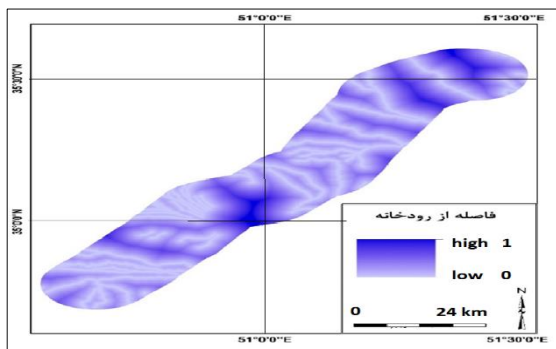


د

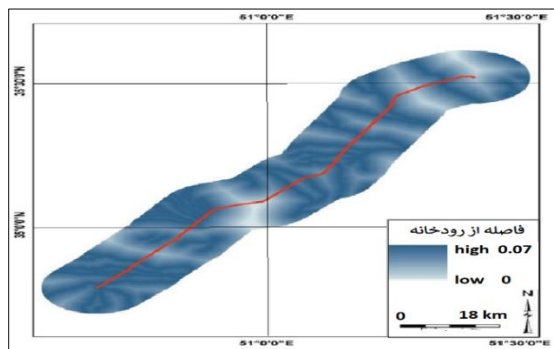


خ

جهت شیب با مدل ANP (خ) و با مدل Fuzzy (د)



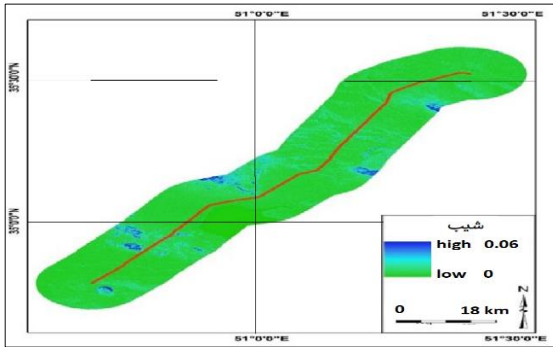
ر



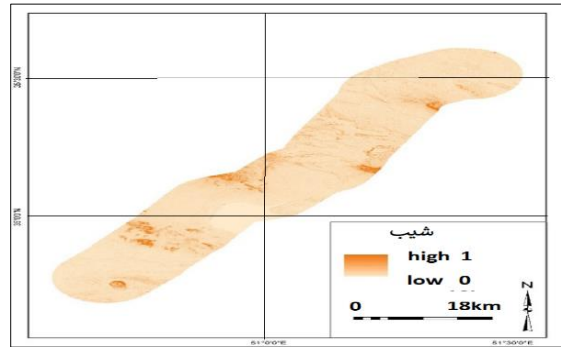
ذ

ذ: فاصله از رودخانه با مدل ANP. ر: مدل Fuzzy

ادامه شکل ۳.

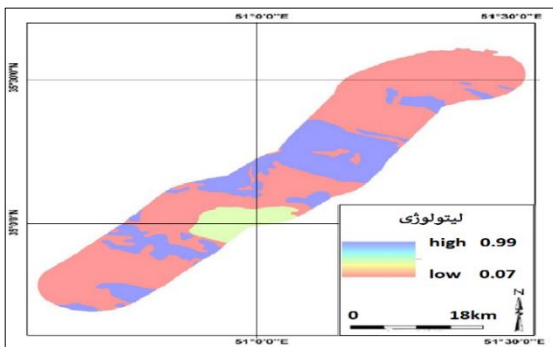


ل

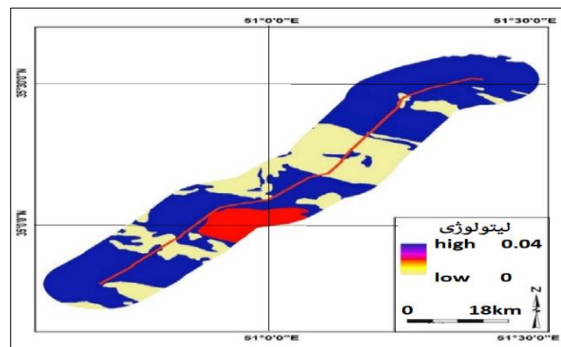


ز

ز: شیب با مدل ANP. ل: مدل Fuzzy

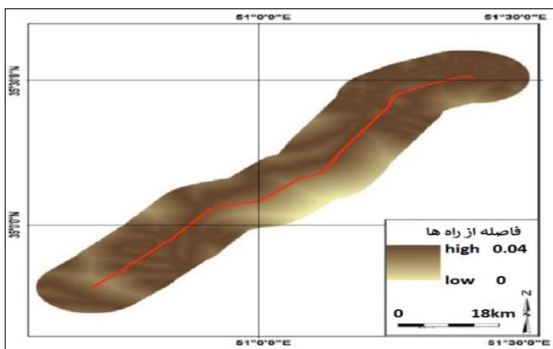


غ

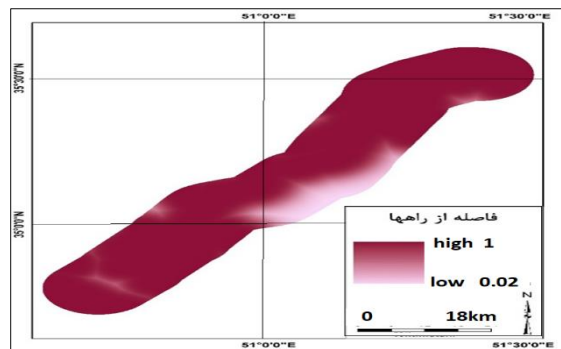


ع

ع: لیتولوژی با مدل ANP. غ: مدل Fuzzy

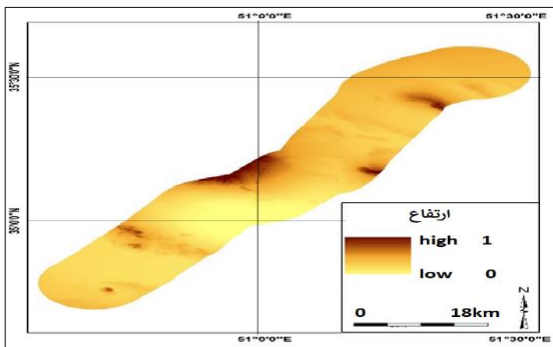


ق

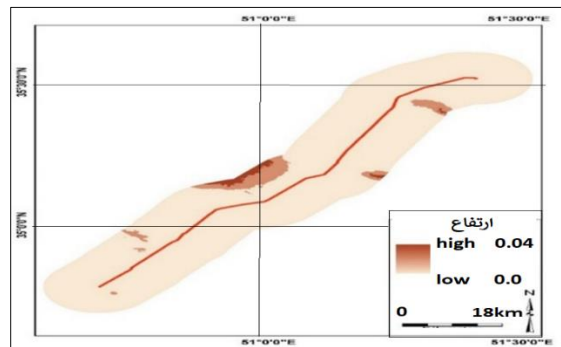


ف

ف: فاصله از راه‌ها با مدل ANP. ق: با مدل Fuzzy



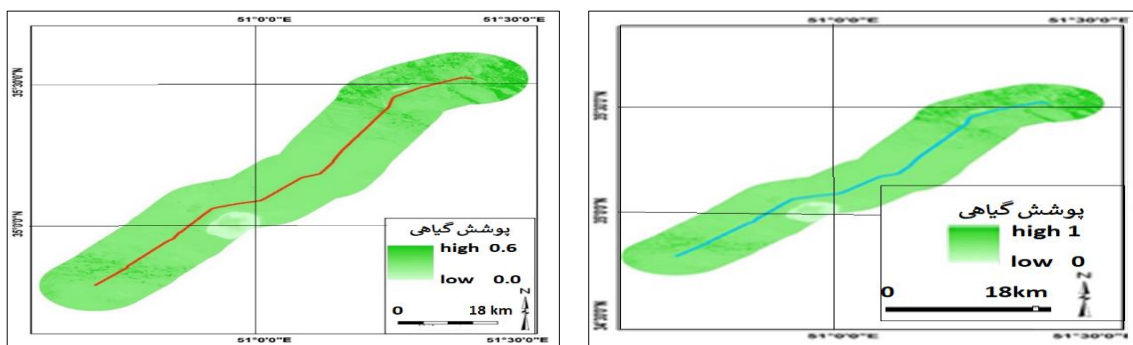
ک



ک

ک: ارتفاع با مدل ANP. گ: مدل Fuzzy

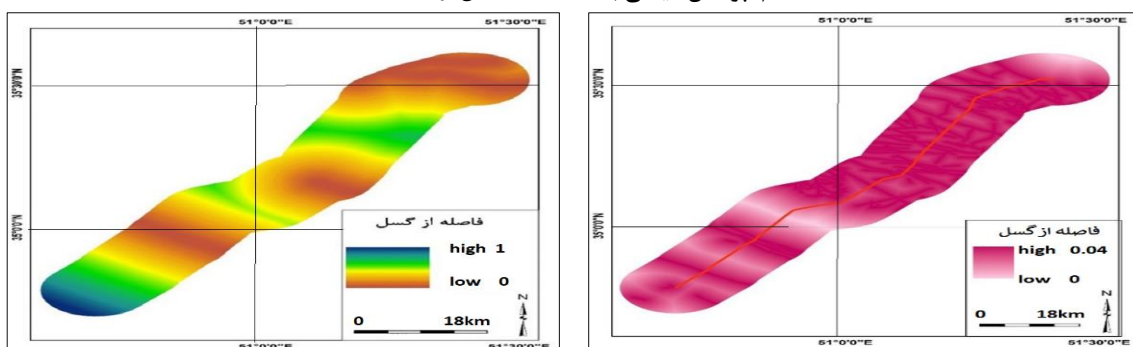
ادامه شکل ۳.



هـ

م

م: پوشش گیاهی با ANP. هـ: مدل Fuzzy



ی

و

و: فاصله از گسل با مدل ANP. ی: و مدل Fuzzy

ادامه شکل ۳.

در این پژوهش از مدل پرسپترون چندلایه (MLP) نیز بهره‌گیری شد. این روش برای تحلیل صحت داده‌ها به بررسی کمتری در قیاس یا روش‌های آماری نیاز دارد. مهم‌ترین مزایای MLP، پتانسیل بالای یادگیری، استحکام در برابر نویز، غیرخطی بودن، موازی بودن، تحمل خطا و قابلیت‌های بالا در تعمیم وظایف است (Faris et al., 2016; Sabokbar et al., 2021; Guo, 2016). هدف کلی در این مدل یافتن یک سامانه جهت به حداقل رساندن خطای کل برای داده‌های آموزشی مربوطه می‌باشد که به وسیله الگوریتم آموزشی به حداقل رسانده می‌شود (Li, 2019). شبکه‌های بین این لایه‌ها با مقادیر وزنی متفاوت در بازه [۱-۱] می‌باشند. حاصل مقادیر ورودی، مقادیر وزنی و مقادیر بایاس را می‌توان بر اساس عملکرد جمع بندی شده از رابطه (۶) بدست آورد.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ij} I_i + \beta_j \quad S_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ij} I_i + \beta_j \quad \text{رابطه (۶)}$$

n مجموع تعداد نقاط ورودی، I_i متغیر ورودی، β_j مقدار بایاس، ω_{ij} وزن اتصال را نشان می‌دهد.

به منظور ارزیابی ریسک خط لوله گاز با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه از نرم افزار متلب ورژن 2019b استفاده شد. تعداد گره‌های ورودی و لایه‌های پنهان در محدوده مشخص شده و لایه‌های پنهان به وسیله معیارهای انتخاب (model selection) بر روی داده‌های تست تعیین شد. در این پژوهش از مدل WIC² استفاده گردید. با توجه به اینکه ۱۱ معیار در این تحقیق وجود دارد، ۱۱*۱۱ حالت ایجاد شد. در این روش، لایه ورودی دارای ۶ نرون و ۱ نرون در لایه پنهان می‌باشد. الگوریتم مورد استفاده با توجه به هدف تحقیق و دقت بالا، الگوریتم Levenberg-Morquardt انتخاب شد. در این مدل تعداد ۷۴۰ داده وجود دارد که ۷۰٪ داده‌ها جهت آموزش، ۱۵٪ جهت تست و ۱۵٪ جهت ارزیابی^۳ مورد استفاده

1. Multi Layer Perceptron
2. weighted information criterion
3. Validation

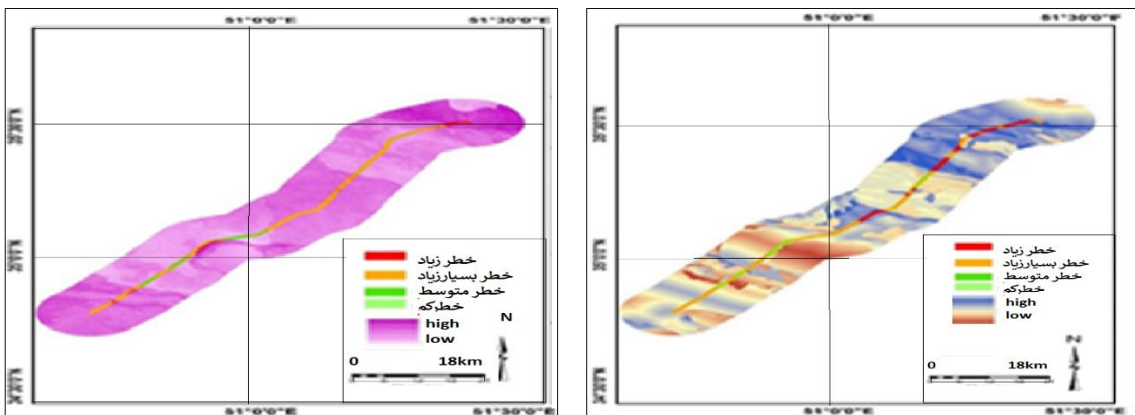
قرارگرفت. برای ارزیابی ریسک، معیارها به روش VIA^۱ وزن دهی گردیدند. در این روش با استفاده از فرآیند feature eliminate در هر مرحله یک معیار حذف شده و خطای شبکه اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به دست آمده با این روش، پوشش گیاهی دارای بیشترین وزن و فاصله از گسل کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. مدل جنگل‌های تصادفی (RF) مدل دیگر مورد استفاده در این تحقیق بود. در این مدل، هر درخت در جنگل با استفاده از مجموعه داده‌های مختلف راه‌اندازی می‌شود. تقریباً یک سوم از نقاط نمونه راه‌انداز خارج می‌شود که به آن داده‌های Out-of-Bag^۲ گفته می‌شود (Li et al., 2019). نسبت طبقه بندی‌های غلط (%) نسبت به تمام عناصر خارج از کیف خطای OOB گفته می‌شود. بنابراین برآوردی از میزان خطای طبقه بندی می‌تواند براساس داده‌های آموزش حاصل شود. تعداد درختان باید به اندازه کافی باشد تا نرخ خطا پایداری شود (Horning, 2010). در این تحقیق، در ساختار روش RF میزان اهمیت متغیرها را در مدل تعیین نموده و متغیرهایی که دارای نقش بیشتری در هر درخت و در مدل نهایی هستند، شناسایی شدند. داده‌هایی که در ساخت درخت شرکت نکرده بودند، داده‌های خارج از کیسه تلقی شده و این داده‌ها به نوعی نقش داده‌های آزمایشی را برای ارزیابی آن درخت ایفا کردند. بر اساس این مدل بیشترین وزن به معیار بارش و کمترین به معیار خاک داده شده است. در این تحقیق، برای بررسی اعتبار مدل‌ها از مقادیر برآوردی حاصل از شبکه‌ها و مقادیر اندازه‌گیری شده در مرحله آزمون استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل از شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، متوسط خطای سوگیری (MBE)، خطای متوسط مطلق (MAE) بهره‌گیری شد. روابط این شاخص‌ها به صورت رابطه‌های ۷ تا ۹ می‌باشد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (P_i - O_i)^2} \quad \text{رابطه (۷)}$$

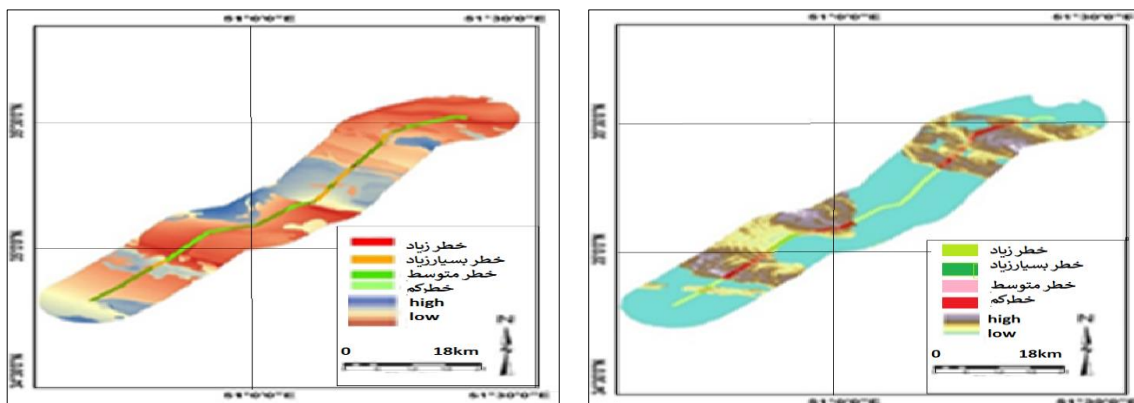
$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^t (P_i - O_i)}{t} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^t |P_i - O_i|}{t} \quad \text{رابطه (۹)}$$

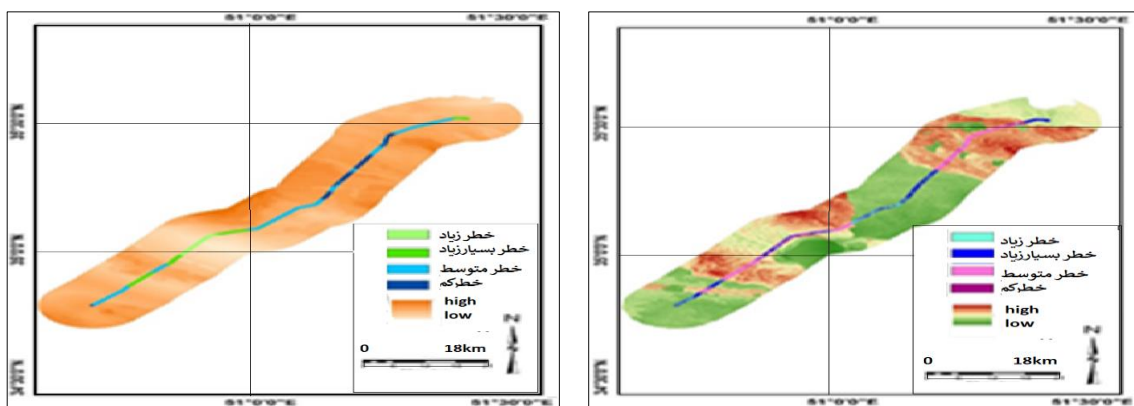
در روابط بالا، P_i و O_i مقادیر مشاهداتی و تخمینی در زمان i و t تعداد داده‌ها هستند. مقدار MBE نشان‌دهنده مثبت یا منفی بودن خطای محاسباتی است. مقدار RMSE بیانگر ریشه متوسط مربع خطا بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمینی است. مقدار MAE نیز نشان‌دهنده متوسط خطای مطلق بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده است. در نهایت با نتایج حاصل از مدل‌های نقشه‌های کیفی زمین‌لغزش و زمین‌لرزه ترسیم شده است ANP, FUZZY, ANP- (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).



شکل ۴. نقشه کیفی پهنه‌بندی الف: زمین‌لرزه. ب: زمین‌لغزش. با مدل ANP



شکل ۵. نقشه کیفی پهنه‌بندی الف: زمین لغزش. ب: زمین لرزه. با مدل Fuzzy



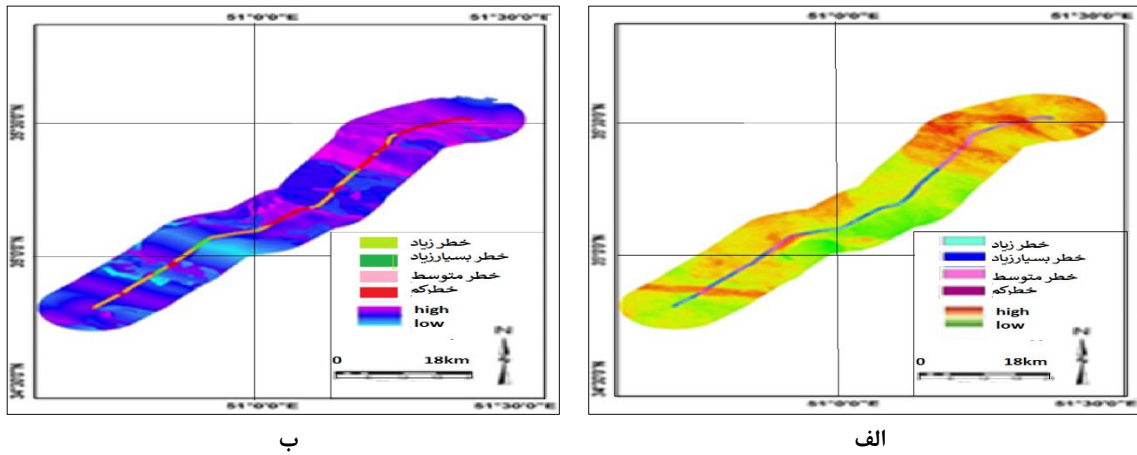
شکل ۶. نقشه کیفی پهنه‌بندی الف: زمین لغزش. ب: زمین لرزه. با مدل Fuzzy - ANP

نتایج

محدوده مورد مطالعه، به لحاظ نزدیکی به گسل اصلی تهران و گذر بخشی از شبکه گاز از نزدیکی گسل‌های فرعی متعدد و همچنین کوهستانی بودن بخشی از مسیر که در معرض تهدید ناپایداری‌ها دامنه‌ای ناشی از نیروی ثقل و به طور احتمالی وقوع لغزش‌ها ناشی از فعالیت زلزله‌ها هستند، از نظر بررسی تهدید شبکه انتقال گاز توسط ناپایداری‌های دامنه‌ای از اولویت‌ها برخوردار است. به لحاظ چنین اولویت و اهمیتی در این پژوهش سعی شد از این بعد، تهدید شبکه گاز توسط ناپایداری دامنه‌های ناشی از زمین لغزش و زمین لرزه مورد بررسی قرارگیرد.

تلفیق معیارهای زمین لرزه و زمین لغزش با استفاده از مدل ANP

با توجه به بررسی‌هایی که با استفاده از مدل ANP صورت گرفت و نتایج استفاده از معیارهای مربوط به زمین لرزه در مدل ANP نشان داد که، ۰/۳۳ درصد منطقه در کلاس کم خطر، ۱۸/۴۷ درصد در کلاس خطر متوسط، ۵۴/۷۸ درصد در کلاس نسبتاً زیاد و ۲۶/۴۲ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. در مدل ANP، قسمت‌هایی از خط لوله پیراساس معیار زمین لرزه به طول ۰/۳۶۳ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، ۲۰/۳۱۷ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، ۶۰/۲۵۸ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد و ۲۹/۰۶۲ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی معیارهای مربوط به زمین لغزش مدل ANP، صفر درصد منطقه در کلاس کم خطر، ۱۷/۲۸ درصد در کلاس خطر متوسط، ۷۳/۱۴ درصد در کلاس نسبتاً زیاد و ۹/۵۸ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. بر اساس معیار زمین لغزش با استفاده از مدل ANP ۱۹/۰۰۸ کیلومتر از محدوده مورد مطالعه با آسیب‌پذیری متوسط، ۸۰/۴۵۴ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد و ۱۰/۵۳۸ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد (شکل ۷).



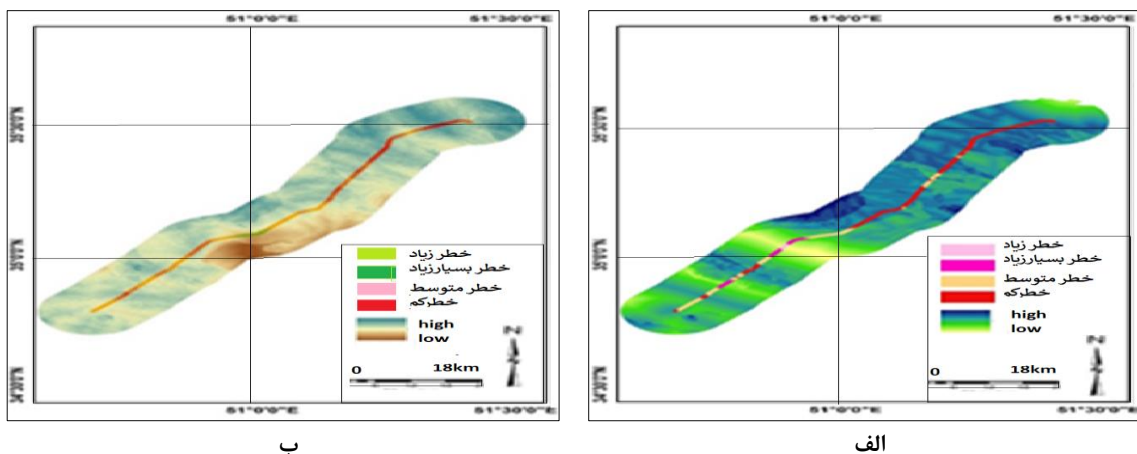
شکل ۷. نقشه کیفی پهنه‌بندی الف: زمین لغزش. ب: زمین لرزه. با مدل MLP

تلفیق معیارهای زمین لرزه و زمین لغزش با استفاده از مدل Fuzzy

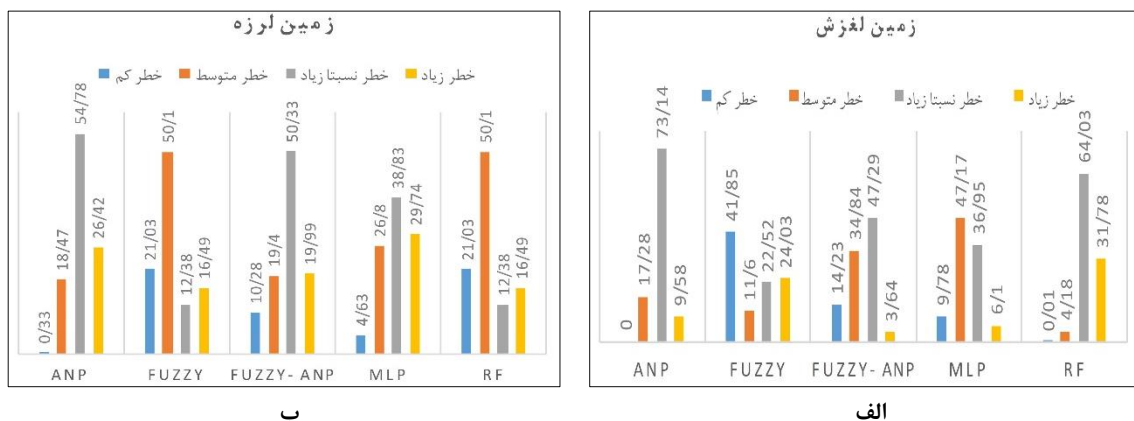
بر اساس نتایج استفاده از شاخص زمین لرزه مدل Fuzzy، ۲۱/۰۳ درصد منطقه در کلاس کم خطر، ۵۰/۱۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۱۲/۳۸ درصد در کلاس نسبتاً زیاد و ۱۶/۴۹ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. در مدل Fuzzy قسمت‌هایی از خط لوله بر اساس معیار زمین لرزه به طول ۲۳/۱۳۳ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، ۵۱/۱۱ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، ۱۳/۶۱۸ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد و ۱۸/۱۳۹ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد. بر اساس نتایج شاخص زمین لغزش مدل Fuzzy، ۴۱/۸۵ درصد منطقه در کلاس کم خطر، ۱۱/۶۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۲۲/۵۲ درصد در کلاس نسبتاً زیاد و ۲۴/۰۳ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. بر اساس معیار زمین لغزش نتایج مدل Fuzzy به این صورت حاصل گردید که ۴۶/۰۳۵ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، ۱۲/۷۶ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، ۲۴/۷۷۲ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد و ۲۶/۴۳۳ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد (شکل ۸).

تلفیق معیارهای زمین لرزه و زمین لغزش با استفاده از مدل Fuzzy-ANP

بر اساس نتایج شاخص زمین لرزه مدل Fuzzy - ANP، ۱۰/۲۸ درصد منطقه در کلاس کم خطر، ۱۹/۴۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۵۰/۳۳ درصد در کلاس نسبتاً زیاد و ۱۹/۹۹ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. با توجه به این نتایج بیشتر منطقه در کلاس نسبتاً زیاد قرار دارد. بر اساس معیار زمین لغزش نتایج مدل Fuzzy - ANP به این صورت حاصل گردید که ۱۱/۳۰۸ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، ۲۱/۳۴ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، ۵۲/۰۱۹ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد و ۴/۰۰۴ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد (شکل ۹).



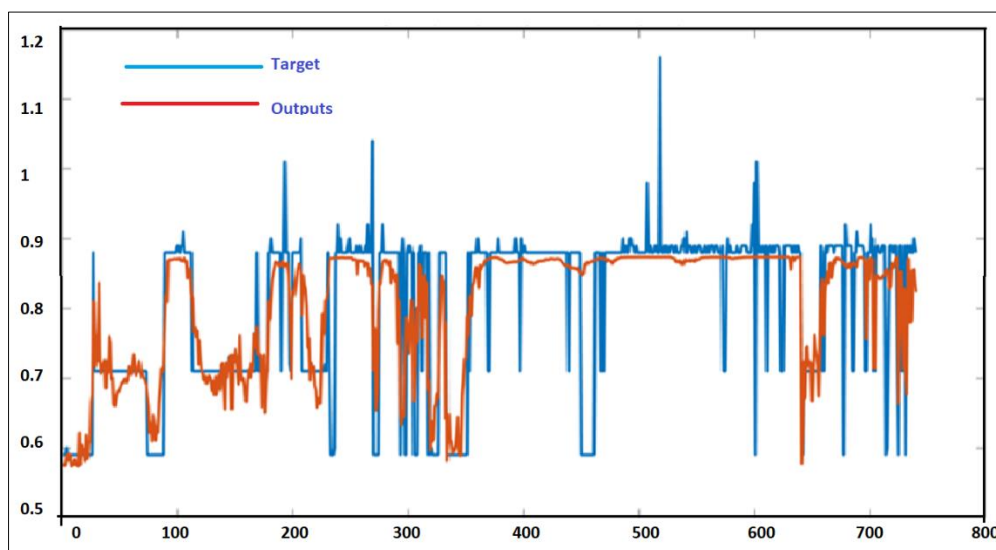
شکل ۸. نقشه کیفی پهنه‌بندی الف: زمین لغزش. ب: زمین لرزه. با مدل RF



شکل ۹. نمودار درصد مساحت پهله زمین لغزش. الف: و زمین لرزه. ب: در محدوده های حساس در محدوده مورد مطالعه

تلفیق معیارهای زمین لرزه و زمین لغزش با استفاده از مدل MLP

بر اساس نتایج شاخص زمین لغزش مدل MLP، ۹/۷۸ درصد منطقه در کلاس خطر کم، ۴۷/۱۷ درصد در کلاس خطر متوسط، ۳۶/۹۵ درصد در کلاس نسبتا زیاد و ۶/۱۰ درصد در کلاس با خطر زیاد می باشد. بر اساس نتایج مدل، بیشترین کلاس خطر در محدوده مورد مطالعه متوسط می باشد. بر اساس نتایج معیار زمین لغزش مدل MLP به این صورت حاصل گردید که ۱۰/۷۵۸ کیلومتر با آسیب پذیری کم، ۵۱/۸۸۷ کیلومتر با آسیب پذیری متوسط، ۴۰/۶۴۵ کیلومتر با آسیب پذیری نسبتا زیاد و ۶/۷۱ کیلومتر با آسیب پذیری زیاد می باشد. بر اساس نتایج شاخص زمین لرزه مدل MLP، ۴/۶۳ درصد منطقه در کلاس خطر کم، ۲۶/۸۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۳۸/۸۳ درصد در کلاس نسبتا زیاد و ۲۹/۷۴ درصد در کلاس با خطر زیاد می باشد. با توجه به این نتایج بیشتر منطقه در کلاس با خطر نسبتا زیاد قرار دارد. بر اساس نتایج معیار زمین لرزه مدل MLP به این صورت حاصل گردید که ۵/۰۹۳ کیلومتر با آسیب پذیری کم، ۲۹/۴۸ کیلومتر با آسیب پذیری متوسط، ۴۲/۷۱۳ کیلومتر با آسیب پذیری نسبتا زیاد و ۳۲/۷۱۴ کیلومتر با آسیب پذیری زیاد می باشد (شکل ۱۰).



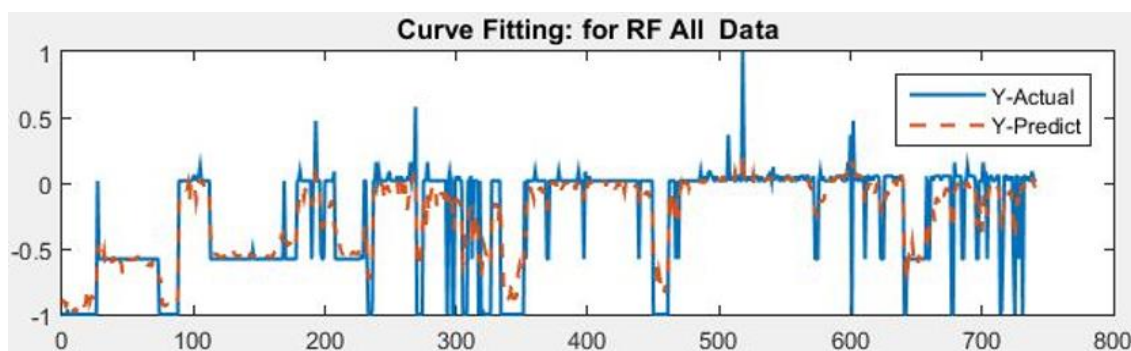
شکل ۱۰. مقادیر پهله بندی معیارها در مدل MLP و نتایج پیگرانی

تلفیق معیارهای زمین لرزه و زمین لغزش با استفاده از مدل (Random Forest) RF

بر اساس نتایج شاخص زمین لغزش با مدل RF، ۰/۰۱ درصد منطقه در کلاس خطر کم، ۴/۱۸ درصد در کلاس خطر متوسط، ۶۴/۰۳ درصد در کلاس نسبتا زیاد و ۳۱/۷۸ درصد در کلاس با خطر زیاد می باشد. بر اساس نتایج مدل،

بیشترین کلاس خطر در محدوده مورد مطالعه در محدوده خطر نسبتا زیاد می‌باشد. بر اساس نتایج معیار زمین‌لغزش مدل RF به این صورت حاصل گردید که $0/11$ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، $4/598$ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، $67/133$ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتا زیاد و $34/958$ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد.

بر اساس نتایج شاخص زمین‌لرزه مدل RF، $2/24$ درصد منطقه در کلاس کم خطر، $11/18$ درصد در کلاس خطر متوسط، $30/22$ درصد در کلاس نسبتا زیاد و $56/36$ درصد در کلاس با خطر زیاد می‌باشد. با توجه به این نتایج بیشتر منطقه در کلاس با خطر زیاد قرار دارد. بر اساس نتایج معیار زمین‌لرزه مدل RF به این صورت حاصل گردید که $2/464$ کیلومتر با آسیب‌پذیری کم، $12/298$ کیلومتر با آسیب‌پذیری متوسط، $33/242$ کیلومتر با آسیب‌پذیری نسبتا زیاد و $61/996$ کیلومتر با آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. مقادیر پهنه‌بندی معیارها در مدل RF و نتایج پیگرانی

بر اساس نتایج حاصل در مدل ANP بیشتر محدوده مورد مطالعه دارای ریسک نسبتا زیاد می‌باشد و محدوده کم خطر کمترین میزان را در محدوده مورد مطالعه به خود اختصاص می‌دهد. در مدل Fuzzy بیشترین درصد متعلق به کلاس کم خطر و کمترین درصد برای کلاس خطر متوسط می‌باشد. در مدل ANP-Fuzzy کلاس خطر نسبتا زیاد بیشترین درصد و کلاس خطر زیاد کمترین میزان در محدوده است. در مدل MLP بیشتر محدوده مورد مطالعه دارای ریسک متوسط می‌باشد و محدوده کلاس خطر زیاد کمترین میزان را در محدوده دارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مدل RF بیشترین درصد متعلق به کلاس خطر نسبتا زیاد و کمترین درصد برای کلاس خطر کم می‌باشد (شکل ۹).

بحث

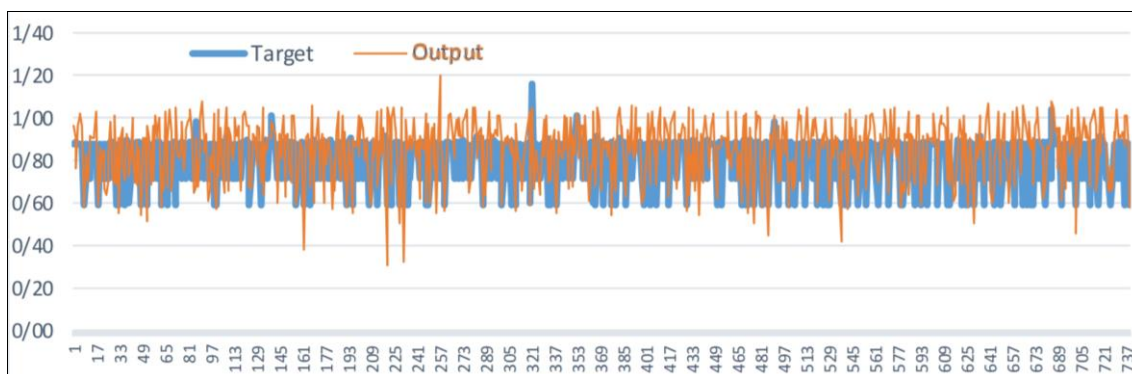
پدیده وقوع لغزش به دلایل مختلف و همین‌طور وقوع زمین‌لرزه‌ها در محدوده‌های شیب‌دار برای محدوده گذر شبکه‌های گازرسانی بسیار خطرناک بوده و در طی زمان هم می‌تواند هزینه‌های مالی زیادی را تحمیل کند. با توجه به این اهمیت، روش‌ها، مدل‌ها و ابزارهای زیادی برای سنجش میزان خطر و یا پیش‌بینی خطر بکار گرفته می‌شود. در این مطالعه با بکارگیری مدل‌های مختلف سعی شد در حالیکه میزان خطر بررسی می‌شود، مقایسه‌ای نیز بین مدل‌ها صورت گیرد. در محدوده مورد مطالعه، مقایسه بررسی خطر زمین‌لغزش و زمین‌لرزه با مدل‌های مختلف نشان می‌دهد که خطر زمین‌لغزش و زمین‌لرزه بر اساس مدل RF و ANP بیشتر است. تحلیل‌هایی که توسط سایر محققین صورت گرفته است، نشان می‌دهد که مدل MLP و مدل ANES نتایج بهتری دارد. بررسی خطاهای مدل‌های بکار گرفته نیز نشان دهنده میزان پایین خطاهای بررسی شده است (Chung, et al., 2005; Guo, et al., 2016; Choubin et al., 2016).

شکل (۱۰) بیانگر تفاوت مقادیر خروجی مدل (خطوط قرمز) و مقادیر حاصل از پیگرانی هوشمند (خطوط آبی) به عنوان نقاط هدف جهت ارزیابی مدل می‌باشد. خطای MBE نشان می‌دهد که خطای مدل در حالت کلی مثبت است یا منفی، به عبارتی آیا مدل داده‌ها را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین می‌زند یا کمتر از مقادیر واقعی؟ این خطا شامل هرگونه خطای منظم در طراحی، جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل، تفسیر و انتشار داده‌ها بوده است که منجر به برآورد

نادرست می‌شود. این خطا جز خطاهای سیستماتیک می‌باشد که افزایش نقاط نمونه تاثیری بر کاهش یا افزایش خطا ندارد. خطای سیستماتیک (MBE) این مدل ۰/۰۰۲۸۱۲ می‌باشد. خطای مطلق مدل ۰/۰۴۲۱۶۸ می‌باشد. میزان خطای RMSE ۰/۰۵۰۲۰ حاصل گردید. نتایجی که توسط Faris et al., 2016 صورت گرفته میزان خطاها در مدل RMSE=1.02, MAE=0.72, ANP و برای مدل MLP, MAE=0.74, RMSE=0.68 است.

شکل (۱۱) بیانگر تفاوت مقادیر خروجی مدل (خطوط قرمز) و مقادیر حاصل از پیگرانی هوشمند (خطوط آبی) به عنوان نقاط هدف جهت ارزیابی مدل می‌باشد. خطای MBE نشان می‌دهد که خطای مدل در حالت کلی مثبت است یا منفی، به عبارتی آیا مدل داده‌ها را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین می‌زند یا کمتر از مقادیر واقعی. این خطا شامل هرگونه خطای منظم در طراحی، جمع آوری، تجزیه و تحلیل، تفسیر و انتشار داده‌ها بوده است که منجر به برآورد نادرست می‌شود. این خطا جز خطاهای سیستماتیک می‌باشد که افزایش نقاط نمونه تاثیری بر کاهش یا افزایش خطا ندارد. خطای سیستماتیک (MBE) این مدل ۰/۱۵۱۸۴۸ می‌باشد. خطای مطلق مدل ۰/۱۷۹۱۰۱ می‌باشد. میزان خطای RMSE ۰/۱۰۳۲۹ حاصل گردید.

شکل (۱۲) بیانگر تفاوت مقادیر خروجی مدل (خطوط قرمز) و مقادیر حاصل از پیگرانی هوشمند (خطوط آبی) به عنوان نقاط هدف جهت ارزیابی مدل می‌باشد. مدل Fuzzy_ ANP حاصل تلفیق نتایج مدل NP و Fuzzy می‌باشد. خطای MBE نشان می‌دهد که خطای مدل در حالت کلی مثبت است یا منفی، به عبارتی آیا مدل داده‌ها را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین می‌زند یا کمتر از مقادیر واقعی. این خطا شامل هرگونه خطای منظم در طراحی، جمع آوری، تجزیه و تحلیل، تفسیر و انتشار داده‌ها بوده است که منجر به برآورد نادرست می‌شود. این خطا جز خطاهای سیستماتیک می‌باشد که افزایش نقاط نمونه تاثیری بر کاهش یا افزایش خطا ندارد. خطای سیستماتیک (MBE) این مدل ۰/۱۶۸۹۳ می‌باشد. خطای مطلق مدل ۰/۱۷۰۳۳۷ می‌باشد. میزان خطای RMSE ۰/۱۲۲۶۲ حاصل گردید (شکل ۱۲). با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته از نتایج مدل ANP، خطای سیستماتیک (MBE) این مدل ۰/۲۰۳۳۹ می‌باشد. خطای مطلق مدل ۰/۲۰۹۸۹۵ می‌باشد. میزان خطای RMSE ۰/۱۳۱۱۰۷ حاصل گردید. با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته از نتایج مدل Fuzzy، خطای سیستماتیک (MBE) این مدل ۰/۲۳۶۸۷ می‌باشد. خطای مطلق مدل ۰/۲۵۵۱۱ می‌باشد. میزان خطای RMSE ۰/۱۶۲۱۲۲ حاصل گردید. نتایج کلی مدل‌های این پژوهش می‌باشد.



شکل ۱۲. مقادیر پهنه‌بندی معیارها در مدل Fuzzy_ ANP و نتایج پیگرانی

نتیجه‌گیری

در محدوده‌هایی با خطر احتمالی زیاد، بررسی موقعیت و میزان آسیب‌پذیری خطوط انتقال گاز در برابر انواع مخاطرات محیطی بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. ارزیابی ریسک محیطی در تعیین محیط‌های پرخطر برای گذر لوله‌های گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امروزه استفاده از روش‌های هوشمند برای پیش‌بینی پارامترهای مختلف ارزیابی ریسک در محدوده‌های پرخطر از جنبه‌های مختلف به کار می‌رود. لذا در این تحقیق نیز به منظور برآورد ریسک خط لوله از مدل‌های هوش مصنوعی شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، جنگل تصادفی استفاده گردید. در این پژوهش با

تحلیل آماری از داده‌های گردآوری شده، ضمن اجرای مدل‌های تحقیق سعی گردید به سئوالات مطرح پاسخ مناسبی داده شود.

در این مطالعه برای ارزیابی ریسک خط لوله گاز از مدل‌های Fuzzy، Fuzzy_ANP، MLP و RF استفاده گردید. پس از اجرای مدل‌ها، مقادیر بدست آمده توسط هر مدل مقایسه گردید. شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با توجه به ساختار غیرخطی و توانمند، در مدل‌سازی از کارایی بالاتری را نشان داد. با استفاده از نتایج تحلیل شاخص‌های آماری، مدل پرسپترون چندلایه به عنوان مدل با کارایی بهتر و با کمترین خطا می‌باشد. پس از مدل MLP، مدل RF، مدل فازی-تحلیل شبکه، مدل تحلیل شبکه و مدل فازی در اولویت‌های بعدی قراردارند. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های مختلف قسمت‌هایی از خط لوله انتقال گاز سوم تهران که در معرض تهدید مخاطرات طبیعی همچون زلزله شناسایی و لغزش مورد ارزیابی قرارگیرند. با مطالعه منابع معتبر و نظر کارشناسان معیارهای تاثیرگذار در آسیب پذیری (لیتولوژی، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از راه‌های ارتباطی، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، خاک، کاربری زمین) محدوده مورد مطالعه شناسایی گردید. سپس با استفاده از مدل‌های پیشنهادی این پژوهش، آسیب‌پذیری خط لوله سوم تهران مورد ارزیابی قرارگرفت.

بر این اساس خط لوله مورد نظر و محدوده مورد مطالعه بر مبنای میزان آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه، به چهار محدوده با آسیب پذیری کم، متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد طبقه بندی شده‌اند. نتایج نشان داد که اکثر محدوده مورد مطالعه و خط لوله با توجه به معیارهای بیان شده در این پژوهش از آسیب‌پذیری متوسط و نسبتاً زیاد برخوردارند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که در مناطق با ریسک زیاد باید از لوله‌های با کلاس بالاتر، مطالعات دوره‌ای و بررسی عوامل فیزیکی و محیطی موثر بر ایجاد آسیب‌ها برای کاستن از میزان آسیب‌پذیری آن‌ها انجام‌گردد. همچنین توسعه راهکار مدیریتی و فراهم آوردن گزینه‌های انتخابی برای مدیران با در نظر گرفتن زیرساخت‌های مناسب جهت ایجاد سامانه تصمیم‌گیری و پشتیبان در فرآیند اجرا و توسعه دانش مدیریت بحران در مناطق با ریسک بالا می‌باشد در آخر باید اضافه نمود که هدف از استفاده از رویکرد مبتنی بر ریسک این است که فعالیت‌ها بر اساس توانایی آنها در اندازه‌گیری و مدیریت صریح تهدیدات برای سامانه خطوط لوله انتخاب و برنامه‌ریزی شوند و اطمینان حاصل شود که ریسک‌های مرتبط با آنها قابل استفاده است. ایمنی خطوط لوله گاز طبیعی نه تنها برای اقتصاد بسیار حائز اهمیت است بلکه با توجه به خاصیت اشتعال‌پذیری گاز طبیعی، امنیت اجتماعی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در فرآیند ارزیابی ریسک، ابهامات زیادی وجود دارد؛ بنابراین انتخاب روش‌های ارزیابی ریسک مناسب برای مدیریت ایمنی خطوط لوله گاز دارای اهمیت است.

منابع

- بهروز، محمدصادق؛ افشارکاظمی، محمدعلی؛ آذر، علی؛ اصغریزاده، عزت‌الله (۱۴۰۲). ارائه مدل پیش بینی ریسک‌های بحرانی شبکه انتقال گاز با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی. *چشم‌نما: ژورنال مدیریت صنعتی*، ۳(۴۹)، ۲۸۱-۳۲۲. doi: 10.48308/jimp.13.1.281
- رائی حق، حمیدرضا؛ بهبهانی‌نیا، آریتا؛ مکی آل‌آقا، مینا (۱۴۰۲). به کارگیری سیستم استنتاج فازی در ارزیابی ریسک خطوط لوله گاز ترش. *فصلنامه بهداشت و ایمنی کار*، ۱۳(۲)، ۳۶-۳۴۵. doi: 20.1001.1.2251807.1402.13.2.9.8
- زارع، سعید (۱۳۹۱). *ارائه الگوی طراحی اقلیمی بر مبنای شاخص‌های آسایش زیستی برای شهر تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی.
- شمس امامزاده، المیرا سادات (۱۳۹۳). *توسعه مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس اهوربجان.
- قارون، نرگس و جوزی، سیدعلی (۱۳۹۲). مدیریت ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال فرآورده‌های نفتی بندعباس - سیرجان به روش پاپیونی. *محیط‌شناسی*، ۳۹(۳)، ۱۵۰-۱۳۳. doi: 10.22059/JES.2013.35898

قندهاری، محمدتقی؛ مومنی، منصور و مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۸). شناسایی و ارزیابی کمی ریسک خطوط لوله گاز شهری و تعیین مناطق حساس با ارائه مدل تلفیقی. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۴(۲۷)، ۱-۲۷. doi: 20.1001.1.1.24766291.1398.4.1.7.1

Reference

- Chartier, T., Scotti, O., Caen, H., Richard, B., Dieterich, J., & Shaw, B. (2021). Modelling Earthquake rates and associated uncertainties in the Marmara Region, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 21 (7), 2733–2751. doi: 10.5194/nhess-21-2733-2021
- Choubin, B., Khalighi-Sigaroodi, S., Malekian, A., & Kişi, Ö. (2014). Multiple linear regression, multi-layer perceptron network and adaptive neuro-fuzzy inference system for the prediction of precipitation based on large-scale climate signals, *Hydrological Sciences Journal*. 61(6), 1001-1009. doi: 10.1080/02626667.2014.966721
- Chung, H., Lee, A., & Pearn, L. (2005). Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. *International Journal of Production Economics*, 96 (3), 15-31. doi: 10.1016/j.ijpe.2004.02.006
- Devkota, K., Regmi, D., Pourghasemi, R., Yoshida, K., Pradhan, B., Ryu, C., & Althuwaynee, F. (2013). Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling–Narayanghat road section in Nepal Himalaya. *Natural hazards*, 65(1), 135-165. doi: 10.1007/s11069-012-0347-6
- Eriksen, S., Brown, K., & Mick, K. (2005). The dynamics of vulnerability, locating coping strategies in Kenya and Tanzania., *The Geographical Journal*, 171(4), 287–305. doi: 10.1111/j.1475-4959.2005.00174.x
- Esposito, S., Iervolino, I., Onofrio, A., & Santo, A. (2015). Simulation-Based Seismic Risk Assessment of Gas Distribution Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30 (2), 508–523. doi: 10.1111/mice.12105
- Faris, H., Aljarah, I., Al-Madi, N., & Mirjalili, S. (2016). Optimizing the learning process of feedforward neural networks using lightning search algorithm. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 25(06), 165-179. doi: 10.1142/S0218213016500330
- Gashaw, H., Damtew, M., & Weldesenbet, T. (2022). Landslide Susceptibility Assessment Using GIS on Rock-Soil Slope along Zabidar Mountain Road Corridors, Ethiopia, *Geopersia*, 12(2), 201-222. doi: 10.22059/geope.2022.337838.648645
- Ghandehari, M., Momeni, M., Mehregan, M. (2018). Quantitative risk assessment of urban gas pipelines and identify sensitive areas by providing comprehensive and integrated model, *Modern Reserches in Decision Making*, 4(27), 1-27. doi: 20.1001.1.1.24766291.1398.4.1.7.1 (In persian).
- Gharoun, N., & Jozi, S.A. (2013). Environmental risk management of oil products transfer in pipeline of bandar abbas-sirjan by using bow_tie method, *Journal of Environmental studies*, 39(39), 133-150. doi: 10.22059/jes.2013.35898 (In persian).
- Guo, Y., Meng, X., Meng, T., Wang, D., & Liu, S. (2016). A novel method of risk assessment based on cloud inference for natural gas pipelines, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 30 (16), 421-429. doi: 10.1016/j.jngse.2016.02.051
- Hallegatte, S., Jooste, C., & McIsaac, F. (2022). Modeling the Macroeconomic Consequences of Natural Disasters Capital Stock, Recovery Dynamics, and Monetary Policy, *Macroeconomics, Trade and Investment Global Practice AND Climate Change Group*. 2 (3), 23-42. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/479471645554771991/pdf/>
- Horning, N. (2010). Random Forests: An algorithm for image classification and generation of continuous fields data sets, *Proceeding of International Conference on Geoinformatics for Spatial Infrastructure*, Development in Earth and Allied Sciences, 2(16), 72-90. doi: 10.3390/rs12142213
- Kanungo, P., Arora, K., Sarkar, S., & Gupta, R. (2006). A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology*, 85(3), 347-366.

- doi: 10.1016/j.enggeo.2006.03.004
- Lahiri, K., & Ghanta, K. (2008). Prediction of Pressure Drop of Slurry Flow in Pipeline by Hybrid Support Vector Regression and Genetic Algorithm Model, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16(6), 841-848. doi: 10.1016/S1004-9541(09)60003-3
- Li, F., Wang, W., Dubljevic, S., Khand, F., Xua, J., & Yia, J. (2019). Analysis on accident-causing factors of urban buried gas pipeline network by combining DEMATEL, ISM and BN methods, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 61 (3), 49–57. doi: 10.1016/j.jlp.2019.06.001
- Mahdavifar, M., Jafari, M., & Zolfaghari, M. (2008). Real-Time Generation of Arias Intensity and Seismic Landslides Hazards Maps Using GIS, *JSEE*, 10(2), 81-101. <http://www.jsee.ir/article240572c0895212cf289cf04fd1d33ec3a66afb.pdf>
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2016). Multicriteria decision analysis in geographic information science. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-74757-4>
- Mathilde B., Sørensen, B., Haga, T., Nesje, A. (2023). Earthquake-induced landslides in Norway, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 23(2), 1577–1592. doi:10.5194.23.1577
- Mohammad Sadegh, B., AfsharKazemi, A., Azar, A., Asgharizadeh, E. (2023). Prediction Model of the Gas Pipeline Critical Risk Using Data Mining Algorithms, *Industrial Management Perspective*, 13(49), 281-322. doi: 10.48308/jimp.13.1.281. (In persian).
- Muzzucchelli, L., Pizzomi, A., & Scanarotti, N. (2002). Rap Project An Innovative Approach To Risk Assessment Of Pipeline. *Society of Petroleum Engineers*, 2(4), 56-79. doi:10.2118/104458-MS
- Naja, M., Eshghi, S., & Eshghi, K. (2020). A framework for earthquake emergency response in Iran. *Scientia Iranica E*, 27(5), 2604-2620. doi: 10.24200/sci.2019.50985.1951
- Raeihagh, H., Behbahaninia, A., Macki Aleagha, M. (2023). Application of the Fuzzy Inference System in Risk Assessment of Sour Gas Pipelines. *Journal of Health and Safety at Work*, 13(2), 345-367. dor: 20.1001.1.2251807.1402.13.2.9.8
- Sabokbar, H., Badri, A., & Tahmasi, B. (2021). Spatial Assessment of Vulnerability to Earthquake in Rural Settlements Using a Fuzzy Inference System (Case Study: Rural Settlements in the Tehran Metropolitan Area), *Journal of Sustainable Rural Development, JSRD*, 5(2), 175-188. dor: 20.1001.1.25383876.2021.5.2.1.7
- Shams Imamzadeh, E. (2013). *Development of a hybrid model of artificial neural network and genetic algorithm for simulating and predicting hydraulic conductivity of soil saturation*, Master's thesis, University of Tehran, Aburihan campus (In persian).
- Tareq, H., Mezughi, J., Mat, Akhir, A., & Abdullah, A. (2011). Landslide Susceptibility Assessment using Frequency Ratio Model Applied to an Area along the E-W Highway (Gerik-Jeli) *American Journal of Environmental Sciences*, 7(1), 43-50. doi: 10.3844/ajessp.2011.43.50
- Wang, C., Zhang, Y., Song, J., Liu, Q., & Dong, H. (2019). Anovel optimized SVM algorithm based on PSO with saturation and mixed time-delays for classification of oil pipeline leak detection, *Systems Science & Control Engineering*. 16(7), 46-66. doi: 10.1080/21642583.2019.1573386
- Xiaoyi, X., Ma, M., & X.C. (2022). Hazard assessment modeling and software development of earthquake-triggered landslides in the Sichuan-Yunnan area, China, *SYSTEMS SCIENCE & CONTROL ENGINEERING: AN OPEN ACCESS JOURNAL*, 7 (1), 75–88. doi: 10.5194/gmd-16-5113-2023
- Yazdi, J., Hwan, C., Young., & Hoon, K. (2017). Non-Dominated Sorting Harmony Search Differential Evolution (NS-HS-DE): A Hybrid Algorithm for Multi-Objective Design of Water Distribution Networks, *Water*, 9 (8), 587-601. doi: 0.3390/w9080587
- Zare, S. (2012). *Presenting a climate design model based on biological comfort indicators for the city of Tehran*. Master's thesis, Faculty of Geography, Khwarazmi University (In persian).

