Geographical planning of space quarterly journal
Golestan University
Journal Hopepage: www.gps.gu.ac.ir

Research Paper

Assessing the Potential Threat of Road Transport Networks with Passive Defense Approach in Khuzestan Province

Rasoul Afsari [a], Jahanbakhsh Balist [b*], Hassan Darabi [b], Mohammad Reza Mirzaei [c]

[a] *Department of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*
[b] *Department of Environment, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran*
[c] *Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*

ARTICLEINFO

Keywords:
Passive defence,
GIS,
Multi-criteria decision making,
Vital arteries,
Road transport network.

Received:
06 April 2022
Received in revised form:
10 June 2022
Accepted:
08 August 2022
pp. 117-132

ABSTRACT

The growing importance and, at the same time, the emergence of the issue of passive defense and the dispersion and lack of information in this field, on the one hand, and the vital importance of the transportation network, which are highly vulnerable during humanitarian crises such as war and natural disasters such as floods and earthquakes, on the other hand, It has caused the need to provide a model and a comprehensive method to identify the threat potential in this network with a passive defense approach. The purpose of this research is to provide a model using a geographic information system and decision-making techniques with a passive defense approach to identify and evaluate the threat potential in the road transportation network. For this purpose, first, 13 criteria were identified in three categories: natural, human, and transportation, and their cause-and-effect relationships were evaluated with the Dimatel method. Then, they were weighted by the network analysis method and evaluated in the geographic information system using fuzzy logic, weighted linear combination method, kernel density estimation, and hot spots function to produce threat potential maps. The results showed that the most important criteria were the density of the road network at 0.141, bridges at 0.133, the presence of rails at 0.124, and the location concerning cities at 0.104. Also, the results of fuzzy methods and weighted linear combination identified the range of threat potential in the range of 0.21 to 0.87. Sections of the network near cities and bridges had the highest threat potential. Also, the hot spot function showed that urban areas and areas with high network density are hot spots that attract threats. Based on the results of the research, it was suggested that in the new planning for the development of the transportation network, the principles of passive defense should be used in the design of the network, especially bridges.

Citation: Afsari, R., Balist, J., Darabi, H., & Mirzaei, M. R. (2022). Assessing the Potential Threat of Road Transport Networks with Passive Defense Approach in Khuzestan Province. *Geographical planning of space quarterly journal, 12* (2), 149-167.

http://doi.org/10.30488/GPS.2021.265835.3356

*. Corresponding author (E-mail: j.balist@ut.ac.ir)
Copyright © 2022 The Authors. Published by Golestan University. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

The need to provide a comprehensive model and method to identify the threat potential in road transportation networks with a passive defence approach is quite apparent due to two following reasons; The growing importance and, at the same time, the emergence of passive defence and the dispersion and lack of information in this area on the one hand and the vital importance of the transportation network in times of humanitarian crises such as war and natural disasters such as floods and earthquakes of high vulnerability, on the other hand,

Transport infrastructure is one of the leading centres of gravity that can be easily targeted due to the helplessness and widespread nature in times of crisis. Therefore, it is necessary to prepare a model for assessing the potential threat of infrastructure, including the road network, to be aware of the severity of their vulnerabilities and to prevent their reduction in performance in times of crisis by eliminating shortcomings.

Methodology

This study aims to provide a model using GIS and decision-making techniques with a passive defence approach to identify and evaluate the potential threat in the road transport network. This study studied and assessed the transportation network of Khuzestan province as one of Iran's strategic regions. For this purpose, 13 criteria in three categories of natural, human, and transportation were first identified, and their causal relationships were evaluated by the DEMATEL method. Then, they were weighted by the network analysis process method and evaluated in GIS using fuzzy logic, weighted linear composition method, kernel density estimation, and hot spots function to generate potential threat maps. In this study, to create different layers, their settings were used based on the purpose of the study, evaluation, normalization, superimposition, and production of other maps. In total, 13 criteria in three sections: natural (fault, slope, landslide, erosion, flood, and lithology), human (international borders, cities, land use, and sensitive land use), and transportation (road density, Rail network, and bridges) were used to achieve a threat assessment model in the transport network. First, these criteria were investigated using the Dimatel method, and their causal relationships were identified. In this stage, the criteria that were effective and those that were effective were identified, and in the next phase, their importance or weight was evaluated based on the opinion of experts by the network analysis process method. The Euclidean distance function was used to create distance functions from the point and linear layers. Then all layers with similar cell dimensions were turned into raster layers and normalized using fuzzy membership functions. Kernel density estimation was used to create the road network density layer. After weighting, the layers were stacked in six ways. Five fuzzy operators and a weighted linear combination method were used to create different results. Each fuzzy operator shows the results based on a separate logic that can be used to create different decision scenarios. Finally, using the hot spot function, cold and hot areas with varying levels of reliability were identified in the transportation network.

Results and Discussion

According to DEMATEL results, location relative to cities, land use, sensitive land use, and road density has the greatest impact on other system elements, respectively, and road density, location relative to cities, erosion, sensitive land uses, and bridges have the most impact. They are affected by other system factors. Based on causal relationships, criteria such as road density are related to all other elements, and criteria such as slope, fault, and lithology are unrelated to other factors. According to the results of the network analysis process, the most important criteria are road network density with 0.141, bridges with 0.133, the presence of rails with 0.124, and location relative to cities with 0.104. Sensitive uses include military, industrial centres (refineries and factories), industrial estates, freight terminals, and other sensitive centres. The closer these centres and the transportation network are, the greater the potential for threat. The road network as the focus of this research is critical and should be designed and evaluated based on the principles of passive defence. Dispersion is

one of the principles of passive defence that should be considered in the design of the network. Railways, as part of the transportation network, significantly impact attracting threats. This means that according to the principles of passive defence, the closer the railway and road networks are to each other, the greater the threat of attack. Bridges, as a vital factor in the intersection of the transportation network with rivers and different transportation routes in urban and suburban areas, have the potential to absorb many threats that must be considered in terms of passive defence. Landslide points are areas that, due to the characteristics of soil and rock mass relative to the bedrock and the slope of the area, due to factors such as rainfall and damage to the transportation network. The land has excellent potential for the threat that, if it occurs, could lead to widespread destruction of the transportation network. Therefore, they should be considered in network design. The land slope can be a threat to the transportation network. Thus, from the design and construction stage, due to the high volume of operations, difficult access, and high cost, and in the operation stage, due to natural vulnerabilities, repairs and access in the event of a problem are prone to threats. Floodwaters are a potential threat to the transportation network. In addition to riverbeds, these channels include their confines and flood zones. Given that there are bridges in these areas, it is an important criterion in designing a transportation network with a passive defence approach.
Threat status in the transportation network is the main output of this research, which has shown the level of threat in area 3 (km) of the network. With this map, it is possible to identify critical centres in terms of threats with a passive defence approach and plan to reduce threats and manage them. The hot spot map is based on the HOT SPOT function, and the linear weight combination method maps are introduced as input. Accordingly, areas identified in hierarchical red indicate parts of the network at high risk, and the blue regions indicate harmless sections.

Conclusions

In general, the transportation network can be used as a strategic weapon for developing political relations, opening the economy's doors and sustainable development, motivating foreign investment, and providing sustainable guarantees in economic relations and national development. In this research and to develop the research cycle of passive defence of the transportation system, an approach was developed that can identify threats in the network according to various natural, human, and transportation factors. For this purpose, the GIS was used according to its potential in multiple studies, along with multi-criteria decision-making methods with a passive defence approach. Based on the overall results of this model, human factors have the most significant effect on creating a threat to the transportation network. Proximity to cities, road density, and the presence of bridges are the most important factors that show the result of the DEMATEL method and the network analysis process. Therefore, considering all factors are important in this model, we should focus more on human factors in planning.

Funding
There is no funding support.

Authors' Contribution
Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

مجله آمایش جغرافیایی فضا

Journal Hopepage: www.gps.gu.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی پتانسیل تهدید شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای با رویکرد پدافند غیرعامل در استان خوزستان

رسول افسری – گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

جهانبخش بالیست [۱]– گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

حسن دارابی – گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدرضا میرزایی – گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
پدافند غیرعامل، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، شریان‌های حیاتی، شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۱/۱۷

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۵/۱۷

صص. ۱۶۷-۱۴۹

چکیده

اهمیت روزافزون و درعین‌حال، نوظهور بودن موضوع پدافند غیرعامل و پراکندگی و کمبود اطلاعات در این زمینه از یک‌سو و اهمیت حیاتی شبکه حمل‌ونقل که در زمان بروز بحران‌های انسانی از قبیل جنگ و طبیعی از قبیل سیل و زلزله از آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند، از سوی دیگر، موجب گردیده تا ضرورت ارائه الگو و روشی جامع برای شناسایی پتانسیل تهدید در این شبکه با رویکرد پدافند غیرعامل کاملاً مشهود باشد. هدف از این تحقیق، ارائه مدلی با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری با رویکرد پدافند غیرعامل در راستای شناسایی و ارزیابی پتانسیل تهدید در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد. بدین منظور ابتدا ۱۳ معیار در سه دسته طبیعی، انسانی و حمل‌ونقلی شناسایی و با روش دیماتل ارتباطات علی و معلولی آن‌ها ارزیابی شد. سپس با روش فرایند تحلیل شبکه وزن دهی شدند و در سیستم اطلاعات جغرافیایی و با به‌کارگیری منطق فازی، روش ترکیب خطی وزنی، تخمین تراکم کرنل و تابع لکه‌های داغ به‌منظور تولید نقشه‌های پتانسیل تهدید مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین معیارها، تراکم شبکه جاده‌ای با ۰/۱۴۱، پل‌ها با ۰/۱۳۳، وجود ریل با ۰/۱۲۴ و موقعیت نسبت به شهرها با ۰/۱۰۴ بودند. همچنین نتایج روش‌های فازی و ترکیب خطی وزنی محدوده پتانسیل تهدید را در دامنه ۰/۲۱ تا ۰/۸۷ شناسایی کردند. بخش‌هایی از شبکه که نزدیک شهرها هستند و پل‌ها دارای بیش‌ترین پتانسیل تهدید بود. همچنین تابع لکه داغ نشان داد که مناطق شهری و مناطقی که شبکه دارای تراکم بالا بوده جزو لکه‌های داغ هستند که جاذب تهدید می‌باشند. بر اساس نتایج تحقیق پیشنهاد شد که در برنامه‌ریزی‌های جدید برای توسعه شبکه حمل‌ونقل از اصول پدافند غیرعامل در طراحی شبکه و به‌ویژه پل‌ها استفاده گردد.

استناد: افسری، رسول؛ بالیست، جهانبخش؛ دارابی، حسن و میرزایی، محمدرضا. (۱۴۰۱). ارزیابی پتانسیل تهدید شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای با رویکرد پدافند غیرعامل در استان خوزستان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۲ (۲)، ۱۶۷-۱۴۹.

http://doi.org/10.30488/GPS.2021.265835.3356

۱. نویسنده مسئول

Email: j.balist@ut.ac.ir

مقدمه

برنامه‌ریزی در ابعاد جغرافیایی، شامل برنامه‌ریزی شهری، منطقه‌ای و یا ملی، باهدف توسعه انجام می شود. در این میان مخاطرات، اعم از طبیعی یا انسان‌ساخت، موانعی در راه توسعه هستند. جنگ یکی از این مخاطرات است که همواره همراه بشر بوده و در دهه‌های اخیر با ایجاد تعارض در منافع کشورها ابعاد گسترده‌تری یافته است (زنگنه، ۱۳۹۴: ۱۱۳). شریان‌های حیاتی یا همان زیرساخت‌ها جزء بنیان‌های اصلی و چارچوب‌های پایه‌ای هر جامعه به شمار می‌آیند که دربرگیرنده تمامی تأسیسات، خدمات و تسهیلات موردنیاز آن جامعه‌اند. در زندگی مدرن، با افزایش وابستگی سریع به این امکانات، این نیاز روزافزون شده است. شریان‌ها همواره دارای جذابیت خوبی برای حمله هستند؛ طبق نظریه ۵ حلقه واردن، شریان‌ها مراکز ثقل یک کشور هستند که در صورت انهدام هر یک پیکره و کالبد کشور موردتهاجم فلج می‌گردد و قادر به ادامه فعالیت و حیات نخواهد بود (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۹).

امروزه شبکه‌های حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های اساسی هر کشوری مطرح بوده و از جنبه‌های گوناگون اقتصادی، اجتماعی و سیاسی حائز اهمیت هستند. در میان شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی)، اصولاً حمل‌ونقل جاده‌ای به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود به‌عنوان متداول‌ترین شیوه مطرح است (ممدوحی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۶۴؛ یاراحمدی و شرفی، ۱۳۹۶: ۲۱).

حمل‌ونقل برای پیشبرد برنامه‌های صنعتی و کشاورزی ضروری است و نقش حساسی را در آمایش سرزمین، توزیع یکسان ره‌آوردهای حاصل از توسعه اقتصادی، جبران نابرابری‌های مکانی و تسهیل حرکت انسان و کالا، بازی می‌کند. حمل‌ونقل درواقع چرخ توزیع کالا، مواهب، منابع و ثروت‌ها است و امکان مبادله دستاوردهای گوناگون علمی، فرهنگی و هنری بشر را فراهم می‌کند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۰). در تأکید بر اهمیت و نقش راه‌ها و شبکه‌های ارتباطی شاید اغراق‌آمیز نباشد اگر حتی سطح فرهنگی هر منطقه و توسعه آن را نیز با دوری و نزدیکی آن به جاده مرتبط دانست. مسئله‌ای که از قدیم باعث می‌شد جاده نه‌تنها به‌منزله بستری برای فعالیت تجاری، بلکه مهم‌ترین وسیله ارتباط‌جمعی که زمینه انتقال دستاوردهای فکری و فرهنگی را فراهم می‌آورد شناخته شود (رضوی، ۱۳۸۸: ۲۲). اهمیت توسعه راه‌ها از یک سو و قرارگیری کشور ما ایران در منطقه پرخطر خاورمیانه، تهدیدات مداوم خارجی، شرایط خاص جغرافیایی–طبیعی مانند قرارگیری بر روی گسل زلزله لازمه دقت نظر هر چه بیشتر بر ایمن سازی و به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل را گوشزد می‌نماید (پریزادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۹۲). بنابراین به نظر ضروری می‌رسد که در کنار توجه به مسائل فنی ترافیک و راه‌سازی جهت ارتقاء ایمنی کاربران، بر امنیت راه‌ها با توجه به تهدیدهای بالفعل و بالقوه، مانند وضعیت کاربری‌های اطراف، تهدیدهای جغرافیایی و سایر مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی اهتمام ویژه‌ای ورزیده شود تا با ارتقاء سرانه پدافند غیرعامل، از کاهش بهره‌وری و انسداد این شریان‌های حیاتی در شرایط بحرانی جلوگیری شود.

شاید بتوان یکی از وجه تمایزات عمده پدافند عامل و غیرعامل را عدم مشارکت و دخالت نیروی انسانی حین دفاع غیرعامل است. ضمن آنکه پیش از مرحله نزاع و دفاع نیز اصول دفاع غیرعامل با اتکا بر عوامل محیطی ازجمله زمین، ساختمان ویژگی پوشش گیاهی، شرایط فیزیکی محیط مثل دما و نور به کمک اقشار مردم غیرنظامی پیاده‌سازی می‌شود. درحالی‌که پدافند عامل با توجه به حساسیت موضوع و نیاز تسلط به فنون نظامی، صرفاً توسط افراد آموزش‌دیده خاص صورت خواهد گرفت (ریحانی، ۱۳۹۴: ۳).

به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل منجر به افزایش کارایی فرآیندهای مدیریت بحران و ساماندهی مطلوب سرزمینی خواهد شد چراکه به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل منجر به کاهش خسارت و تلفات و ایمن‌سازی زیرساخت‌های

حمل‌ونقل در راستای توسعه ایمن و پایدار و ایجاد بازدارندگی در شکل‌گیری بحران‌های احتمالی جاده‌ای خواهد شد (حافظ نیا و همکاران،۱۳۸۸: ۴۰؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۱). چنانچه مشاهده شد زیرساخت‌های مواصلاتی ازجمله اصلی‌ترین مراکز ثقل هستند که با توجه به بی‌پناهی و طبیعت گسترده در زمان بحران به‌راحتی می‌توانند مورد هدف قرار بگیرند (قربانی زاده و باقری، ۱۳۹۰: ۱۲۸). ازاین‌رو تهیه الگوی ارزیابی پتانسیل تهدید زیرساخت‌ها ازجمله شبکه راه‌ها ضروری است، تا بتوان برشدت آسیب‌پذیری آن‌ها آگاهی و با رفع نواقص از کاهش عملکرد آن‌ها در هنگام بحران‌ها جلوگیری کرد. مهم‌ترین و اساسی‌ترین هدف استراتژیک پدافند غیرعامل در حوزه حمل‌ونقل کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ماندگاری زیرساخت‌های حمل‌ونقل است (حیدرزاده سهی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۴۴). مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است. پرهیزگار و همکاران در سال ۱۳۹۸ آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل شهر همدان را ارزیابی نمودند. آن‌ها معیارهای مختلفی را بررسی کرده و درنهایت نقشه آسیب‌پذیری را تولید کردند. جلال فر نیز در سال ۱۳۹۶ به آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل جاده پرداخت و تمرکز او بیشتر بر اجزای شبکه و نقش آن‌ها در زمان بحران بود. استان خوزستان به دلیل موقعیت استراتژیک و وضعیت جغرافیایی و اقلیمی که دارد، دائماً در معرض تهدیدهای مختلف انسانی و طبیعی می‌باشد. در این میان، شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای نیز که یکی از شریان‌های حیاتی می‌باشد، در معرض تهدیدهای بزرگ طبیعی مانند سیل و انسانی قرار دارد. بنابراین در این مطالعه تلاش برای دستیابی به مدلی جغرافیایی با رویکرد پدافند غیرعامل جهت ارزیابی پتانسیل تهدید در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای در مقیاس استانی می‌باشد.

مبانی نظری

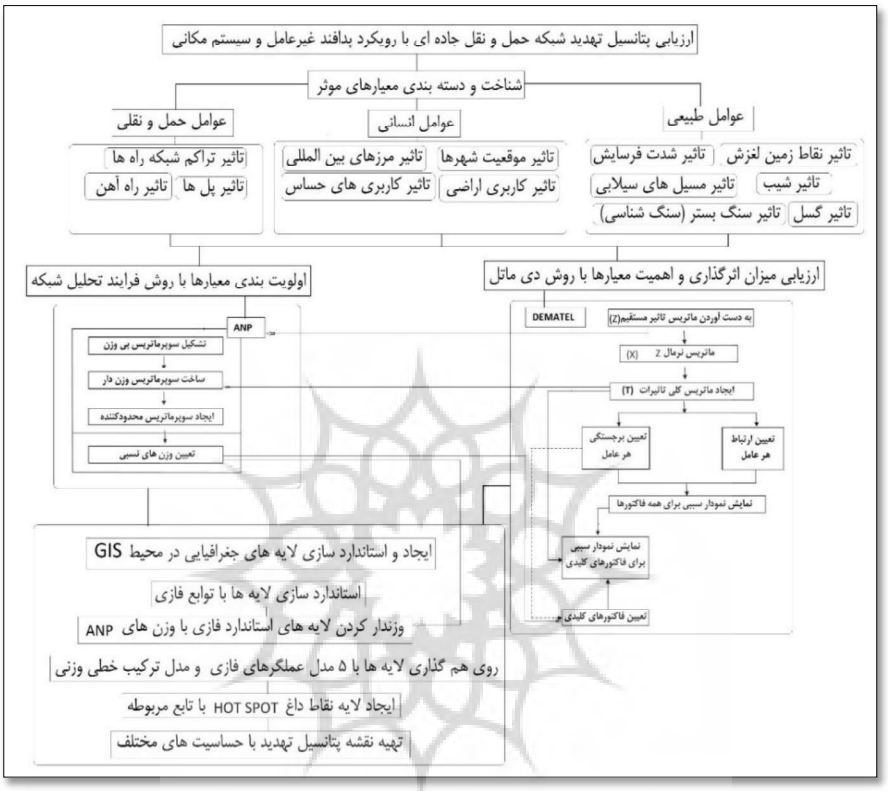
شریان‌های حیاتی شبکه‌هایی هستند که از شبکه‌های دربرگیرنده صنعت، سازمان‌ها، شهرها و مردم تشکیل می‌شوند و یک‌روند توزیع و انتقال جریان از تولید به مصرف‌کننده را ایجاد می‌کنند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۰). شریان‌های حیاتی مهم‌ترین مؤلفه‌های پایداری و پویایی اقتصادی، اجتماعی و حتی فرهنگی و سیاسی محسوب می‌شوند. در تحلیل شریان‌های حیاتی آن چیزی که در شرایط عادی مهم است ظرفیت و کیفیت کارایی آن‌ها برای استفاده مردم است؛ اما در هنگام وقوع بحران‌های طبیعی و انسان ساز موضوع مهم این است که شریان‌های حیاتی در راستای مدیریت بحران حادث شده نسبتاً قابل‌اتکا باشند (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۴۹). به‌طورکلی زیر ساختی را حیاتی در نظر می‌گیرند که وقفه‌های طولانی در آن می‌تواند موجب اختلال جدی در مسائل نظامی و اقتصادی شود. آنچه از آن تحت عنوان «شریان‌های حیاتی» نام‌برده می‌شود، شامل مجموعه سازه‌های زیربنایی و شبکه‌ای می‌گردد (Hamada et al., 2015: 8).

پدافند غیرعامل به معنای کاهش آسیب‌پذیری در هنگام بحران، بدون استفاده از اقدامات نظامی است که با بهره‌گیری از فعالیت‌های غیرنظامی، فنی و مدیریتی جهت پایداری سیستم عمل می‌کند (رومینا و حسینی، ۱۳۹۸: ۱۶۴؛ ده چشمه و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۵۲).

مخاطره عبارت است از تهدید بالقوه برای زندگی انسان‌ها و آسایش وی. خطر ممکن است طبیعی (مانند زلزله و خشک‌سالی) و یا انسانی (مانند حادثه صنعتی) باشد. منظور از مخاطره عموماً ویژگی‌های کالبدی است که منجر به حوادث غیرمترقبه می‌گردد مانند: آتش‌فشان‌ها، گسل‌های فعال و .... (زنگنه محمد، ۱۳۹۴ :۱۱۴؛ گلوردزاده و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۰۴).

روش پژوهش

در تحقیق حاضر با تلفیق DEMATEL[1] و ANP[2] که جزء روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشند و سیستم اطلاعات جغرافیایی مدلی برای ارزیابی پتانسیل تهدید بر اساس پدافند غیرعامل در شبکه حل نقل جاده‌ای تدوین گردید (شکل ۱).



شکل شماره ۱. مراحل و بخش‌های تحقیق

بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را نمی‌توان به صورت سلسله مراتبی، ساختاردهی نمود. زیرا در این مسائل، عناصر و سطوح تصمیم‌گیری دارای روابط متقابل و وابستگی می‌باشد. ساعتی برای رفع این مشکل روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای را معرفی نمود (امیری و کریم پور، ۱۳۹۵: ۸۸۵).

روش دیمتل یا روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری مبتنی بر گراف جهت‌داری (دیاگراف) است که می‌تواند عوامل دخیل در یک مسئله را به دو گروه علت و معلول تفکیک نماید (ملازاده و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۴) و برای مطالعه و حل مسائل پیچیده و درهم‌تنیده مورداستفاده قرار می‌گیرد. ازلحاظ کاربرد ۴۰/۶٪ در علوم کامپیوتر، ۳۵/۷، مهندسی، ۳۶/۴٪ بازاریابی و مدیریت، ۱۷/۷٪ علوم تصمیم‌گیری، ۱۵/۵٪، علوم اجتماعی، ۱۲/۸٪ علوم ریاضیات، ۱۰/۶، محیط‌زیست، ۶/۷، پزشکی، ۵/۲٪ بررسی مسائل اقتصادی، ۵/۲٪ انرژی و ۱۷/۲٪ در مورد مسائل مختلف بوده است (Sheng-Li et al., 2018: 24).

1 Decision making trial and evaluation laboratory
2 Analytical Network Process

ا ستفاده از تخمین تراکم کرنل که به‌طور مخت صر[1]KDE نیز نامیده می شود، موقعیت نقاط در ف ضا را در یک تابع تراکم ممتد در محدوده موردمطالعه تبدیل و مشخص می‌نماید، علاوه بر این یک دید بصری را به‌وسیله یک سطح سه‌بعدی، در محدوده موردمطالعه را ممکن می‌ســـازد که نه از طریق محدود کردن یک نقطه بلکه با نمایش تغییرات تراکم هر نقطه است نشان می‌دهد (Węglarczyk, 2018: 2).

منطق فازی، درواقع توسـعه‌یافته منطق بولین اسـت. در منطق فازی، میزان عضـویت یک عنصـر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت) تعریف می‌شود (بالیست و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۰). یک روش برای تعیین اوزان معیارهای موردنظر، ا ستفاده از توابع ع ضویت فازی در نرم‌افزار Arc GIS 10.7 ا ست. در این روش برای فازی سازی معیارها، از توابع عضویت فازی جدول (۱) استفاده می‌شود.

جدول شماره ۱. توابع عضویت فازی مورداستفاده

Increasing Linear	این تابع، عضویت فازی را بر اساس یک حداکثر با عضویت فازی ۱ و یک حداقل با عضویت فازی صفر تعریف می‌کند
Decreasing Linear	این تابع، عضویت فازی را بر اساس یک حداقل با عضویت فازی صفر و یک حداقل با عضویت فازی یک تعریف می‌کند

این ابزار خوشه‌های فضایی ازنظر آماری قابل‌توجه را از مقادیر بالا (نقاط داغ) و مقادیر کم (نقاط سرد) شناسایی می‌کند. ابزار Hot Spot Analysis برای هر ویژگی موجود در یک مجموعه داده، آمار Getis-Ord Gi را محاســـبه می‌کند. مقادیر z و p مقدار نشان می‌دهند که ویژگی‌های دارای مقادیر زیاد یا پایین کجا به‌صورت مکانی جمع می‌شوند.

در این پژوهش چند نوع داده استفاده‌شده است. بیشترین داده‌های استفاده‌شده از نوع جغرافیایی هستند که از مراجع ملی تهیه‌شده‌اند و تعدادی نیز بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های موجود رقومی شده است. صحت این داده‌ها همان‌طور که ذکر شد با توجه به اینکه از مراجع ملی تهیه‌شده است، مورد تأیید است. بخش دیگری از داده‌ها به‌صورت پرسش‌نامه و نظرسنجی از متخصصین بوده است که بر اساس روش بکار گرفته‌شده دارای صحت و دقت قابل‌قبول بوده است.

محدوده مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران در جوار خلیج‌فارس و اروندرود قرار دارد. این استان از شمال به استان لرستان، از شمال شرقی به استان اصفهان، از شمال شرقی و شرق به استان چهارمحال و بختیاری، از شمال غربی به استان ایلام، از شرق و جنوب شرقی به استان کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب به خلیج‌فارس، و از غرب به کشور عراق محدود می شود. ا ستان خوزستان از ا ستان‌های راهبردی کشور محسوب می شود. خوزستان ازیک‌طرف در مرکز بیضی استراتژیک انرژی هم ازنظر نفت و هم گاز قرار داشته و از طرف دیگر در مسیر انتقال این انرژی به بازارهای بزرگ مصـــرف انرژی یعنی جنوب و شـــرق آســـیا و اروپا قرار دارد. این ویژگی‌ها به‌طور بالقوه موقعیت ژئوپلیتیک و ژئواکونومیک ویژه‌ای به این اســـتان بخشـــیده اســـت. وجود بندرها مهم از قبیل بندر امام خمینی، بندر ماهشـــهر، بندر خرمشهر، بندر هندیجان سطح دسترسی استان را به آب‌های آزاد و ارتباط تجاری و بازرگانی با سایر ملل را به‌خوبی فراهم نموده اسـت (اسـتانداری خوزسـتان، ۱۳۹۰). اسـتقرار این اسـتان در جنوب غرب کشـور، وجود حدود ۱۲۰۰ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق از یکسو و مجاورت با خلیج ا ستراتژیک فارس از دیگر سو بر اهمیت ژئوا ستراتژیک این ا ستان افزوده است.

[1] Kernel Density Estimation

شکل شماره ۲. موقعیت منطقه موردمطالعه

بحث‌ها و یافته‌ها

در این بخش ابتدا نتایج روش دیمتل آورده می‌شود که روابط علی بین معیارها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این تحقیق ۱۳ معیار به‌منظور ارزیابی پتانسیل تهدید در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای با رویکرد پدافند غیرعامل در استان خوزستان مورد ارزیابی و مدل‌سازی قرار گرفتند.

در جدول ۲ محاسبات روابط علی معیارهای دخیل نشان داده‌شده است. تفسیر این جدول بر اساس شاخص‌های R و J و R+J و R-J می‌باشد. به‌طوری‌که R معرف میزان تأثیرگذاری هر عامل بر سایر عناصر سیستم است. J، معرف شدت تأثیرپذیری عامل از سایر عناصر سیستم است. R+J، یا بردار برتری معرف میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر در سیستم است و هرچه برای عاملی بیشتر باشد نشانه تعامل بیشتر با سایر عناصر سیستم است، لذا وزن بیشتری دارد. R-J، بردار ارتباط است که مقدار نهایی تأثیرگذاری هر عامل بر مجموعه عناصر سیستم را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲. روابط علی معیارها بر اساس مدل دیمتل

نتیجه	R	J	R+J	R-J
پل‌ها	۱/۲۵۵۴	۱/۸۰۱۲	۳/۰۵۶۵	-۰/۵۴۵۸
تراکم جاده‌ها	۱/۶۲۶۲	۲/۳۸۱۲	۴/۰۰۷۵	-۰/۷۵۵
زمین‌لغزش	۰/۹۰۲۷	۰/۵۶۹۷	۱/۴۷۲۴	۰/۳۳۳۱
سنگ‌شناسی	۱/۳۰۸۴	۰/۸۹۲۸	۲/۲۰۱۱	۰/۴۱۵۶
شیب	۰/۱۱۴۲	۰/۵۶۰۳	۱/۶۷۴۵	۰/۵۵۳۹
فرسایش	۱/۰۵۹۹	۱/۹۲۲۶	۲/۹۸۲۵	-۰/۸۶۲۷
کاربری اراضی	۲/۰۱۸۴	۱/۸۶۶	۳/۸۸۴۳	۰/۱۵۲۴
کاربری‌های حساس	۱/۶۳۸۵	۱/۸۰۳۴	۳/۴۴۱۹	-۰/۱۶۴۸
گسل	۱/۰۵۳۱	۰/۲۳۷۶	۱/۲۹۰۷	۰/۸۱۵۶
مسیل‌های سیلابی	۱/۱۳۰۴	۱/۱۴۵۶	۲/۲۷۶	-۰/۰۱۵۲
موقعیت نسبت به شهرها	۲/۴۳۰۳	۲/۱۱۷۱	۴/۵۴۷۴	۰/۳۱۳۱
موقعیت نسبت به مرزها	۱/۳۵۶۹	۱/۰۵۹۸	۲/۴۱۶۷	۰/۲۹۷۱
وجود ریل	۱/۱۹۹۳	۱/۷۳۶۶	۲/۹۳۵۸	-۰/۵۳۷۳

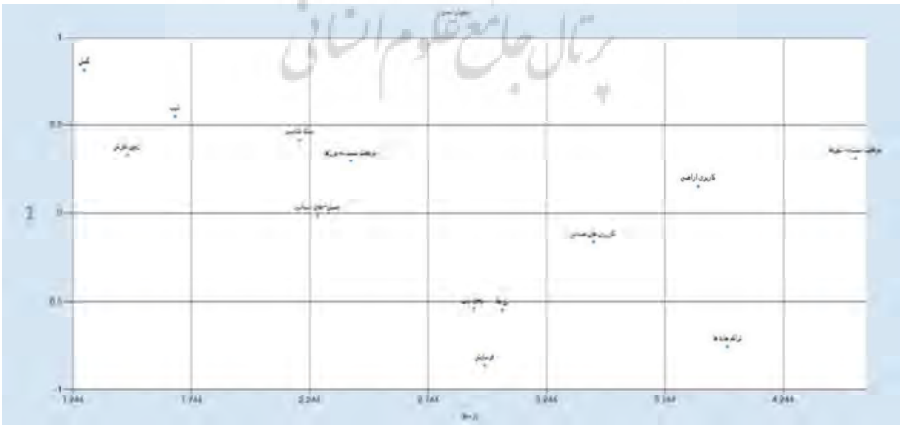
بنابراین، بر ا ساس جدول ۲، موقعیت ن سبت به شهرها، کاربری ارا ضی، کاربری‌های ح ساس و تراکم جاده‌ها به ترتیب بی‌شترین تأثیرگذاری بر سایر عنا صر سی‌ستم را دارند و تراکم جاده‌ها، موقعیت ن‌سبت به شهرها، فر سایش، کاربری‌های حساس و پل‌ها نیز بیشترین تأثیرپذیری از سایر عوامل سیستم را دارند.

با ایجاد ماتریس نق‌شه روابط که بر ا ساس تفا ضل با آ ستانه (۰/۱۰۷) از ماتریس روابط کل به د ست می‌آید، نقش عوامل م شخص می شود. عواملی که بزرگ‌تر از آ ستانه با شند، ارزش یک می‌گیرند و دارای رابطه ه ستند و عواملی که کمتر از آستانه باشند، ارزش صفر گرفته و بدون رابطه هستند (جدول ۳).

جدول شماره ۳. ماتریس نقشه روابط

ماتریس نقشه روابط	مسیل‌های سیلابی	شیب	سنگ‌شناسی	زمین‌لغزش	گسل	فرسایش	تراکم جاده‌ها	وجود ریل	پل‌ها	موقعیت نسبت به مرزها	کاربری‌های حساس	موقعیت نسبت به شهرها	کاربری اراضی
مسیل‌های سیلابی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰
شیب	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱
سنگ‌شناسی	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱
زمین‌لغزش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گسل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰
فرسایش	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
تراکم جاده‌ها	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
وجود ریل	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱
پل‌ها	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱
موقعیت نسبت به مرزها	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
کاربری‌های حساس	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
موقعیت نسبت به شهرها	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کاربری اراضی	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

بر این اساس، معیاری مثل تراکم جاده‌ها با تمامی عوامل دیگر دارای رابطه است و معیارهایی مانند شیب، گسل و سنگ‌شناسی بدون رابطه با سایر عوامل هستند.



شکل شماره ۳. روابط علی معیارها

همچنین بر ا ساس شکل ۳، زمانی که R-J عاملی بزرگ‌تر از صفر با شد، آن عامل اثرگذار یا علت می‌با شد که در این تحقیق، معیارهای طبیعی (گسل، شیب، زمین‌لغزش و سنگ‌شناسی)، موقعیت نسبت به مرزها، موقعیت نسبت به شهرها و کاربری اراضی عامل اثرگذار هستند (علت) و بقیه عوامل اثرپذیر یا معلول هستند. در R+J هر چه به سمت راست نمودار حرکت کنیم، میزان اثرگذاری عامل افزایش پیدا می‌کند، بنابراین، موقعیت نسبت به شهرها، تراکم جاده‌ها و کاربری اراضی به ترتیب اثرگذارترین عوامل می‌باشند.

وزن دهی با ANP

در این مرحله اولویت‌بندی معیارها با تکنیک فرایند تحلیل شبکه انجام شده و نتایج آن در جدول ۴ قابل‌م شاهده ا ست. دسته‌بندی معیارها به‌صورت کلی شامل عوامل طبیعی، انسانی و حمل‌ونقلی می‌باشد.

جدول شماره ۴. اولویت‌بندی معیارها بر اساس ماهیت پدافندی آن‌ها

ردیف	دسته‌بندی کلان	دسته‌بندی خرد	وزن
۱	عوامل طبیعی	موقعیت نسبت به مسیل‌های سیلابی	۰/۰۳۹۲
۲		شیب	۰/۰۵۸
۳		سنگ‌شناسی	۰/۰۶۵
۴		زمین‌لغزش	۰/۰۶۳
۵		گسل	۰/۰۶۷
۶		فرسایش	۰/۰۶۲
۷	عوامل حمل‌ونقلی	تراکم جاده‌ها	۰/۱۴۱
۸		وجود ریل	۰/۱۲۴
۹		پل‌ها	۰/۱۳۳
۱۰	عوامل انسانی	موقعیت نسبت به مرزها	۰/۰۵۷
۱۱		موقعیت کاربری‌های حساس	۰/۰۷۷
۱۲		موقعیت نسبت به شهرها	۰/۱۰۴
۱۳		کاربری اراضی	۰/۰۳۹
جمع			۱

بر اساس جدول ۴، مهم‌ترین معیارها، تراکم شبکه جاده‌ای با ۰/۱۴۱، پل‌ها با ۰/۱۳۳، وجود ریل با ۰/۱۲۴ و موقعیت نسبت به شهرها با ۰/۱۰۴ هستند. این نشان می‌دهد که علاوه بر ارتباط علی-معلولی که در بخش دیمتل نشان داده شد، اهمیت هر عامل در مدل سازی نیز نقش دارد. بنابراین، برای د ستیابی به مدلی منطقی جهت تولید نق شه پتانسیل تهدید، وزن دهی به معیارها بر اساس نظر متخصصین از اهمیت زیادی برخوردار است. در این تحقیق با توجه به ماهیت آن‌که بر روی شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای تأکید دارد، تراکم این شبکه، پل‌ها و نزدیکی به شبکه ریلی موجود در منطقه می‌تواند میزان تهدید را بیشتر از سایر عوامل افزایش دهد.

استانداردسازی معیارها در GIS

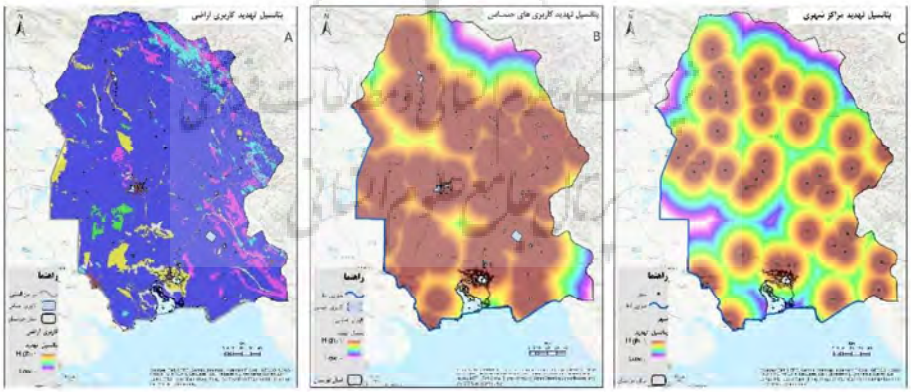
برای روی هم‌گذاری لایه‌های مختلف بایستی ابتدا آن‌ها را نرمال یا استاندارد نمود. استاندارد کردن لایه معیارهای مختلف با روش‌های معمول طبقه‌بندی یا توابع فازی صورت می‌گیرد. در این بخش استانداردسازی نقشه‌ها با توابع فازی نشان داده‌شده است. از دو تابع خطی کاهنده و افزاینده با توجه به ماهیت معیارها استفاده‌شده است. نقاط کنترلی در تابع

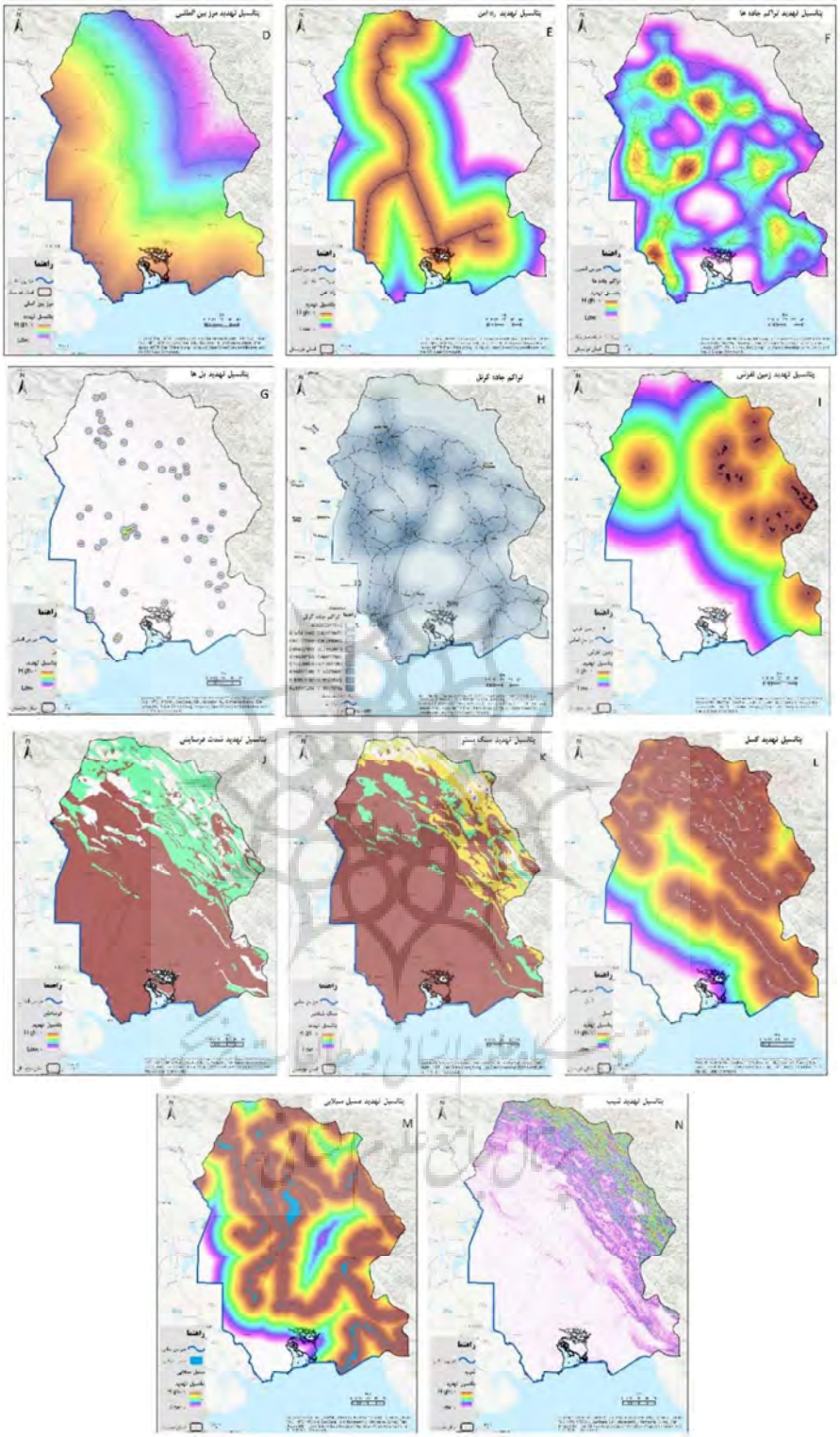
خطی دونقطه می‌باشد که شامل حداکثر و حداقل است. در تابع خطی کاهنده، حداکثر ارزش لایه به‌عنوان حداقل معرفی می‌شود و در تابع خطی افزاینده عکس این قضیه اتفاق می‌افتد.

جدول شماره ۵. نحوه فازی سازی معیارهای پدافندی جغرافیایی

ردیف	معیار	تابع فازی	نقاط کنترلی
۱	موقعیت نسبت به مسیل‌های سیلابی	Decreasing Linear	50 km-5km
۲	شیب	Increasing Linear	0-70 degree
۳	سنگ‌شناسی	Increasing Linear	2-8
۴	زمین‌لغزش	Decreasing Linear	100km-5km
۵	گسل	Decreasing Linear	80km-8km
۶	فرسایش	Increasing Linear	3-8
۷	تراکم جاده‌ها	Fuzzy linear kernel	0.21-0
۸	وجود ریل	Decreasing Linear	80 km-10 km
۹	پل‌ها	Decreasing Linear	5000m-0
۱۰	موقعیت نسبت به مرزها	Decreasing Linear	200 km 0 km
۱۱	موقعیت کاربری‌های حساس	Decreasing Linear	63km-0km
۱۲	موقعیت نسبت به شهرها	Decreasing Linear	60 km-8km
۱۳	کاربری اراضی	Increasing Linear	1-10

برای استاندارد سازی نمودن لایه‌های خطی و نقطه‌ای ابتدا باید عملیاتی روی آن‌ها صورت گیرد تا به لایه‌های سطحی تبدیل شده و سپس استاندارد شوند. برای لایه‌های پل‌ها، گسل، زمین‌لغزش، ریل، مرزها، شهرها، کاربری‌های حساس و مسیل‌های سیلابی از تابع فاصله اقلیدوسی و برای لایه تراکم شبکه جاده‌ای از تابع تخمین تراکم کرنل استفاده شد (جدول ۵). در ادامه نقشه‌های استانداردشده نشان داده‌شده است.





شکل شماره ۴. نقشه استاندارد فازی پتانسیل تهدید کاربری اراضی (A)، کاربری حساس (B)، مراکز شهری (C)، مرز بین‌المللی (D)، راه‌آهن (E)، تراکم جاده‌ها (F)، پل‌ها (G)، کرنل جاده (H)، زمین‌لغزش (I)، فرسایش (J)، سنگ‌بستر (K)، گسل (L)، شیب (M)، مسیل سیلابی (N)

در شکل ۴ پتانسیل تهدید کاربری‌های حساس (A) و کاربری اراضی (B) نشان داده شده است. کاربری‌های حساس شامل مراکز نظامی، صنعتی (پالایشگاهی و کارخانه‌ها)، شهرک‌های صنعتی، پایانه‌های باربری و سایر مراکز حساس می‌باشد که هرچقدر این مراکز و شبکه حمل‌ونقل نزدیک‌تر باشند، پتانسیل تهدید بیشتر است. بنابراین، از تابع خطی کاهنده با نقاط کنترلی ۶۳ (ک.م) و صفر (ک.م) برای استانداردسازی استفاده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود محدوده‌های با تهدید بالا بر اساس طیف رنگی مشخص می‌باشد. لایه کاربری اراضی، با توجه به اینکه به‌صورت چند ضلعی می‌باشد، ابتدا با تعریف ستونی برای میزان پتانسیل تهدید هر کاربری در جدول مشخصات توصیفی آن و سپس تبدیل آن به لایه رستری، با تابع خطی افزاینده با نقاط کنترلی ۱ و ۱۰ و استاندارد شد.

در شکل ۴، پتانسیل تهدید تراکم شبکه جاده‌ای (F) و راه‌آهن (E) نشان داده‌شده است. شبکه جاده‌ای به‌عنوان محور این تحقیق دارای اهمیت زیادی می‌باشد که باید بر اساس اصول پدافند غیرعامل طراحی و مورد ارزیابی قرار گیرد. پراکندگی به‌عنوان یکی از اصول پدافند غیرعامل باید در طراحی شبکه موردنظر باشد. بدین ترتیب برای تخمین تراکم شبکه جاده‌ای از تابع کرنل استفاده شد که میزان تراکم خطوط و نقاط را به صورت نقشه ایجاد می‌کند و توانایی تحلیل تراکم آن‌ها را فراهم می‌سازد. پس از ایجاد تراکم کرنل، با تابع خطی افزاینده و نقاط کنترلی ۰/۲۱ و صفر استاندارد شد. راه‌آهن به‌عنوان بخشی از شبکه حمل‌ونقل تأثیر زیادی در جذب تهدید دارد. بدین معنی که بر اساس اصول پدافند غیرعامل هر چه شبکه راه‌آهن و جاده به هم نزدیک‌تر باشند، تهدید آفندی بیشتری دارند. بنابراین، در این تحقیق شبکه راه‌آهن با تابع خطی کاهنده و نقاط کنترلی ۸۰ و ۱۰ (ک.م) استاندارد شد.

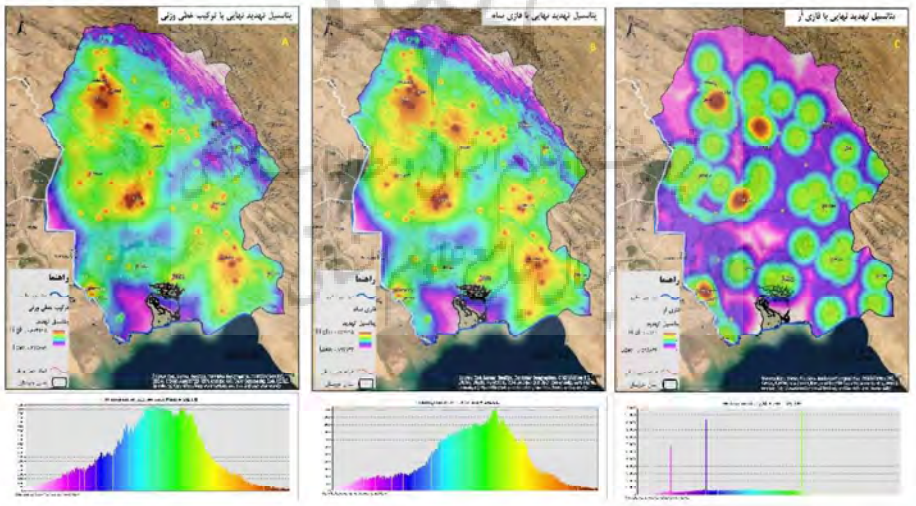
در شکل ۴، نقشه تراکم شبکه حمل‌ونقل (H) که با تابع تخمین تراکم کرنل ایجادشده، نشان داده‌شده است. میزان تراکم از صفر تا ۰/۲۱ می‌باشد که در شکل ۸ بعدی نقشه استاندارد فازی آن نشان داده شده است. همین‌طور پتانسیل تهدید پل‌ها (G) نمایش داده‌شده است. پل‌ها به‌عنوان فاکتوری بسیار حیاتی در نقاط تلاقی شبکه حمل‌ونقل با رودخانه‌ها و سایر مسیرهای حمل‌ونقلی در مناطق درون و برون‌شهری، پتانسیل جذب تهدیدهای بسیار زیادی است که ازنظر پدافند غیرعامل بایستی مدنظر قرار گیرد. این موارد می‌تواند شامل نوع طراحی، نوع سازه، جنس آن، گزینه‌های جایگزین آن باشد. لایه آن با تابع خطی کاهنده و نقاط کنترلی ۵ و صفر (ک.م) استانداردشده است.

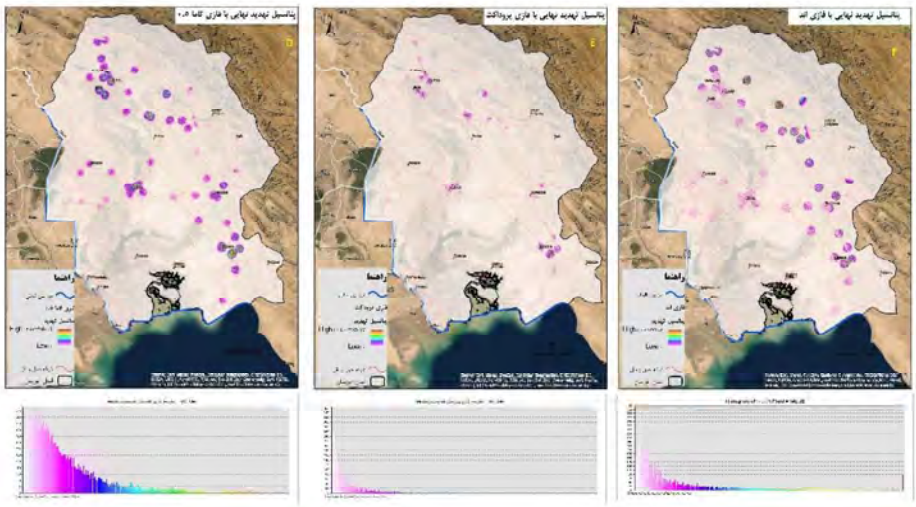
در شکل ۴، نقشه پتانسیل تهدید زمین‌لغزش (I) و گسل (L) نشان داده‌شده است. نقاط زمین‌لغزش، مناطقی هستند که با توجه به خصوصیات توده خاک و سنگ نسبت به سنگ‌بستر و شیب منطقه، بر اثر عواملی نظیر بارش ریزش نموده و باعث تخریب شبکه حمل‌ونقل می‌شود. بنابراین، مناطق مستعد این پدیده باید در طراحی شبکه حمل‌ونقل موردنظر قرار گیرد. هر چه از این نقاط فاصله زیاد شود، تهدید کمتر می‌باشد. بنابراین، لایه آن با تابع خطی کاهنده و نقاط کنترلی ۱۰۰ و ۵ (ک.م) استانداردشده است. گسل‌ها نیز به‌عنوان محل شکست ورقه‌های پوسته زمین، دارای پتانسیل تهدید زیادی هستند که در صورت رخ دادن باعث تخریب گسترده شبکه حمل‌ونقل می‌شوند. بنابراین، باید در طراحی شبکه موردتوجه قرار گیرند. لایه گسل با تابع خطی کاهنده و نقاط کنترلی ۸۰ و ۸ (ک.م) استانداردشده است. بدین معنی که تا فاصله ۸ کیلومتری از گسل‌ها پتانسیل تهدید دارای ارزش یک یا حداکثر میزان تهدید می‌باشد و هر چه از گسل فاصله افزایش یابد میزان تهدید کمتر می‌شود.

در شکل ۴، پتانسیل تهدید شیب (N) و مسیل‌های سیلابی (M) نشان داده‌شده است. شیب زمین می‌تواند تهدیدی برای شبکه حمل‌ونقل باشد. بدین ترتیب که از مرحله طراحی و ساخت به دلیل حجم عملیات بالا، دسترسی سخت و هزینه زیاد و در مرحله بهره‌برداری به دلیل آسیب‌پذیری طبیعی، تعمیرات و دسترسی در هنگام بروز مشکل مستعد تهدیدزایی

می‌باشد. بنابراین، شیب همیشه باید در کلیه مراحل ساخت و بهره‌برداری موردنظر قرار گیرد. هر چه شیب زیادتر باشد، پتانسیل تهدید آن بیشتر است. ازنظر پدافند غیرعامل نیز علاوه بر موارد بالا، شبکه حمل‌ونقل اگر در مناطق با شیب کمتر یا مناطق مسطح باشد، مناسب‌تر است. بیشترین شیب منطقه ۷۰ درجه است که بر اساس تابع خطی افزاینده استاندارد شده است. مسیل‌های سیلابی به صورت بالقوه تهدیدی برای شبکه حمل‌ونقل هستند. این مسیل‌ها علاوه بر بستر رودخانه‌ها دربرگیرنده حریم آن‌ها و محدوده طغیان می‌باشند. با توجه به اینکه در این محل‌ها پل‌ها نیز وجود دارند، بنابراین، معیار مهمی در طراحی شبکه حمل‌ونقل با رویکرد پدافند غیرعامل می‌باشد. این لایه با تابع خطی کاهنده نقاط کنترلی ۵۰ و ۵ (ک.م) استاندارد شده است. بدین معنی که تا محدوده ۵ (ک.م) از این مسیل‌ها بیشترین پتانسیل تهدید برای شبکه حمل‌ونقل موجود می‌باشد.

در شکل‌های بعدی، نتایج روی هم‌گذاری لایه‌ها نشان داده‌شده است. بدین منظور از ۵ عملگر فازی و روش ترکیب خطی وزنی در راستای کسب نتایج با رویکردهای گوناگون و حساسیت‌های مختلف استفاده‌شده است. طرز کار هرکدام از این روش‌ها بدین شکل است که سلول‌های متناظر در لایه‌های مختلف را بر اساس فرمول خاص خود با هم ترکیب می‌کنند. روش ترکیب خطی وزنی با حاصل جمع ضرب وزن هر لایه در هر سلول به دست می‌آید. بدین صورت که ابتدا وزن لایه‌ها را در ارزش سلول‌ها ضرب نموده و سپس مجموع ارزش سلول‌های متناظر را حساب می‌کند. عملگرهای فازی ابتدا باید هر لایه را در وزن آن ضرب نمود و لایه‌های استاندارد وزن‌دار را با آن‌ها روی هم‌گذاری کرد. عملگر AND، از بین سلول‌های متناظر کمترین ارزش را انتخاب می‌کند و در لایه خروجی نشان می‌دهد. بنابراین برای رویکردهای با حساسیت پایین در موضوع‌های منفی و حساسیت بالا در موضوع‌های مثبت کارایی دارد. عملگر OR، عکس عملگر AND بوده و در بین سلول‌های متناظر، بیشترین ارزش‌ها را انتخاب کرده و در لایه خروجی نشان می‌دهد. بنابراین، در رویکردهای با حساسیت پایین در موضوع‌های مثبت و حساسیت بالا در موضوع‌های منفی کاربرد دارد.



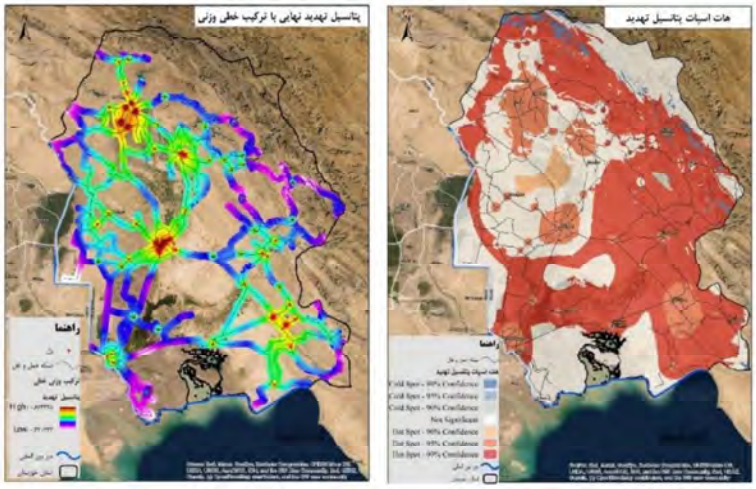


شکل شماره ۵ . نقشه نهایی پتانسیل تهدید با WLC (A)، عملگر فازی SUM (B)، OR (C)، GAMMA (D)، PRODUCT(E) و AND (F)

در شکل ۵، نتایج پتانسیل تهدید با روش ترکیب خطی وزنی (A) و عملگر SUM(B)، نشان داده‌شده است. دامنه ارزش‌های اختصاصی شامل کل منطقه بوده و عملکرد بسیار خوبی در ایجاد نتیجه دارند. حساسیت این روش‌ها متوسط بوده و مناطق با تهدید بالا را به‌خوبی شناسایی کرده‌اند. بر این اساس، شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای در مناطق شهری، در محل پل‌ها و کاربری‌های حساس دارای بیشترین پتانسیل تهدید می‌باشند.

در شکل ۵، نتایج عملگرهای AND(F) و OR(C) نشان داده شده است که کاملاً عملکردی عکس هم دارند. در منطق اشتراک (چپ)، مناطق با تهدید بالا را با کمترین حساسیت و محدود نشان داده است. بدین معنی که فقط محدوده کوچکی از اطراف پل‌ها و شهرها را دارای تهدید معرفی کرده است. در منطق اجتماع (راست)، سطح کل منطقه را دارای تهدید معرفی کرده است با این رویکرد که میزان تهدید در مناطق شهری بیشتر می‌باشد. با مقایسه نمودارهای AND و PRODUCT، متوجه خواهم شده که عملکرد این عملگرها بسیار شبیه بوده با این تفاوت که میزان حساسیت پروداکت از اشتراک نیز پایین‌تر است.

در شکل ۵، نتایج عملگرهای گاما ۰/۵(D) و PRODUCT (E)، نشان داده‌شده است. نتایج این عملگرها مشابه با حساسیت‌های مختلف می‌باشد. بدین شکل که حساسیت پروداکت بیشتر از گاما است. بنابراین دامنه ارزش‌های انتخابی توسط گاما بیشتر از پروداکت می‌باشد. از این عملگرها می‌توان برای شرایطی استفاده کرد که کمترین امکان هزینه یا امکانات باشد و یا محدوده خدمات‌رسانی بسیار محدود باشد.



شکل شماره ۶. نقشه لکه‌های داغ تهدید HOT SPOT (راست)، پتانسیل تهدید شبکه (چپ)

در شکل ۶، وضعیت پتانسیل تهدید در حریم شبکه حمل‌ونقل (چپ) و نقاط داغ (راست) نشان داده شده است. وضعیت تهدید در شبکه حمل‌ونقل به‌عنوان خروجی اصلی این تحقیق می‌باشد که در حریم ۳ (ک.م) شبکه میزان تهدید را نشان داده است. با این نقشه می‌توان مراکز بحرانی ازنظر تهدید و با رویکرد پدافند غیرعامل را شناسایی نموده و برای کاهش تهدیدات و مدیریت آن برنامه‌ریزی نمود. در شکل سمت راست لکه‌های داغ یا هات اسپات شبکه حمل‌ونقل نشان داده شده است. این نقشه بر اساس تابع HOT SPOT تهیه شده و نقشه‌هایی روش ترکیب خطی وزنی به‌عنوان ورودی به آن معرفی‌شده است. بر این اساس، مناطقی که با رنگ قرمز سلسله‌مراتبی شناسایی‌شده است، نشان‌دهنده بخش‌هایی از شبکه است که دارای تهدید بالا و مناطق آبی‌رنگ نشان‌دهنده بخش‌های بی‌خطر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی شبکه حمل‌ونقل را می‌توان به‌عنوان یک سلاح راهبردی برای توسعه روابط سیاسی و اقتصادی استفاده نمود. ازاین‌رو نگهداری و بقای سیستم جهت ارائه خدمت در زمان‌های اضطراری مانند جنگ و وقوع بحران‌های طبیعی بسیار با اهمیت است. در این تحقیق و در راستای تکامل چرخه پژوهشی پدافند غیرعامل سیستم حمل‌ونقل، رویکردی تدوین شد که توان شناسایی تهدیدات در شبکه مذکور با توجه به فاکتورهای مختلف از نوع طبیعی، انسانی و حمل‌ونقلی را دارد. برای این کار از سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و با رویکرد پدافند غیرعامل استفاده شد. سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مطالعات در زمینه عوارض جغرافیایی مانند شبکه حمل‌ونقل بسیار کارا می‌باشد. روش‌های تصمیم‌گیری نیز همان‌طور که در مطالعات بسیاری تأکید شده است، در کنار سیستم اطلاعات جغرافیایی تأثیر بسیار زیادی دارد (آستانی و طالب‌زاده، ۱۳۹۱: ۹۸؛ پورطاهری، ۱۳۹۴: ۴). در این مطالعه برای ایجاد لایه‌های مختلف، تنظیمات آن‌ها بر اساس هدف مطالعه، ارزش‌دهی، نرمال‌سازی، روی هم‌گذاری و تولید نقشه‌های مختلف استفاده شد. در مجموع، ۱۳ معیار در سه بخش طبیعی، انسانی و حمل‌ونقلی برای دستیابی به مدل ارزیابی پتانسیل تهدید در شبکه حمل‌ونقل استفاده شد. ابتدا با استفاده از روش دیماتل روابط علی و معلولی آن‌ها مشخص شد. در این مرحله معیارهای اثرگذار و اثرپذیر شناسایی شدند و با روش فرایند تحلیل شبکه میزان اهمیت یا وزن آن‌ها بر اساس نظر متخصصین ارزیابی شد. سپس همه لایه‌ها با استفاده از توابع عضویت فازی نرمال‌سازی شدند.. بعد از وزن‌دار

کردن لایه‌ها با شش روش روی هم‌گذاری صورت گرفت. پنج عملگر فازی و روش ترکیب خطی وزنی برای ایجاد نتایج مختلف استفاده شدند. هرکدام از عملگرهای فازی بر اساس منطق جداگانه نتایج را نشان می‌دهند که از آن‌ها می‌توان در ایجاد سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری استفاده نمود. درنهایت با استفاده از تابع لکه‌های داغ مناطق سرد و داغ با سطح اطمینان‌های مختلف در شبکه حمل‌ونقل شناسایی شدند. بر این اساس، با رویکردهای مختلف فضایی امکان شناسایی مناطق مستعد تهدید و برنامه‌ریزی برای آن‌ها فراهم شد. بر اساس نتایج کلی این مدل، عوامل انسانی دارای بیشترین اثر در ایجاد میزان تهدید برای شبکه حمل‌ونقل هستند. نزدیکی به شهرها، تراکم جاده‌ها و وجود پل‌ها از مهم‌ترین عوامل اثرگذار هستند. بنابراین با در نظر گرفتن این واقعیت که همه عوامل در این مدل اهمیت دارند، اما باید بر روی عوامل انسانی در برنامه‌ریزی‌ها تمرکز بیشتری داشت. شهرها به‌عنوان استراتژیک‌ترین مراکز ثقل دارای بیشترین آسیب‌پذیری نیز می‌باشند (مهدی، علی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۷). شبکه حمل‌ونقل نیز به‌عنوان یکی از شریان‌های حیاتی این مراکز مهم را به سایر مراکز مهم مانند شهرهای دیگر، بندرها، مراکز حساس نظامی، صنعتی و اقتصادی متصل می‌کند و باعث بقای جریان می‌شود. بنابراین جهت جلوگیری از صدمات و خسارات بیشتر در این مراکز باید از اصول پدافند غیرعامل در طراحی و برنامه‌ریزی این زیرساخت‌ها استفاده نمود. تحقیقاتی مشابه با عناوینی چون ارزیابی آسیب‌پذیری و مدیریت بحران انجام‌شده‌اند (، حیدرزاده سهی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۴۶؛ حذار، ۱۳۹۵: ۶؛ بازرگان و خاکپور، ۱۳۹۸: ۳، بالیست و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۵؛ حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۰؛ منافی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۲۸) که از معیارهای مختلفی استفاده نموده‌اند. پل‌ها به‌عنوان بخش‌های استراتژیک شبکه حمل‌ونقل و مراکز جذب تهدید باید موردبررسی قرار گیرند. یکی از ملاحظات بسیار مهم در سیستم رتبه‌بندی، رابطه پل با دیگر پل‌های موجود در شبکه حمل‌ونقل که ممکن است طی یک حمله هوایی گسترده و یا سلسله انفجار آسیب‌دیده باشند، است (شهبازیان و ساجدی، ۱۳۹۵: ۷). یکی دیگر از نکات مهم در مطالعات مربوط به اهمیت پل‌ها قرارگیری آن‌ها بر روی شریان‌های حیاتی است. در این مطالعه همچنین معیاری مانند موقعیت شبکه حمل‌ونقل به مرزهای بین‌المللی مورد ارزیابی قرارگرفته است. منطقه موردمطالعه نیز با داشتن شبکه حمل‌ونقل در نزدیکی مرزهای بین‌المللی پتانسیل جذب تهدیدات را دارد که در این تحقیق نزدیکی به مرز به‌عنوان تهدید محسوب شده و با تابع فازی و افزایش فاصله از مرز، از میزان تهدید کاسته می‌شود.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

۱) آستانی، سجاد؛ حسام پور، مریم و طالب‌زاده، فاطمه. (۱۳۹۱). کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط‌زیست. اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، ۳ اسفند ۱۳۹۱، شرکت هم اندیشان محیط‌زیست فردا، همدان، ۳۸-۲۷.

۲) اسدپور، غلامرضا و حجامی، محمود. (۱۳۹۱). *مقدمه‌ای بر اصول و مبانی مدیریت بحران*. تهران: نشر روناس.

۳) اسکندری، محمد؛ امیدوار بابک و توکلی، محمد صادق. (۱۳۹۳). تحلیل خسارت شریان‌های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی در اثر حملات هدفمند (مطالعه مورد شبکه آب و برق در یک منطقه شهری). *دو فصلنامه مدیریت بحران*، ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل، ۳۰-۱۹.

۴) بازرگان، مهدی و خاکپور، براتعلی. (۱۳۹۸). بررسی آسیب‌پذیری کلان‌شهر مشهد از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از روش

FAHPدرGIS. *سومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی معاصر، ۵ دی ۱۳۹۸*، دانشگاه تهران، تهران، ۴۵۷–۴۶۹.

۵) بالیـ ست، جهانبخش؛ حیدرزاده، حمیده و ملک محمدی، بهرام. (۱۳۹۶). مدل سازی ارزیابی و پهنه‌بندی توان اکوتوریـ سم با منطق فازی، FAHP و TOPSIS (مطالعه موردی: شهرستان شاهرود). *پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۵*، ۳۰–۱۷.

۶) بالیـ ست، جهانبخش؛ کریمی، سعید و جعفری، حمیدر ضا. (۱۳۹۵). ارزیابی آ سیب‌پذیری محیط‌زیـ ستی راه‌آهن اهواز– شیراز. *فصلنامه علوم و مهندسی محیط‌زیست، ۳* (۱)، ۶۹–۸۲.

۷) پریزادی، طاهر؛ حـ سینی امینی، حـ سن و شهریاری، مهدی. (۱۳۸۹). برر سی و تحلیل تمهیدات «پدافند غیرعامل» در شهر سقز در رویکردی تحلیلی. *مدیریت شهری، ۸* (۲۶)، ۱۹۱– ۲۰۲.

۸) پورطاهری، مهدی. (۱۳۹۴). *کاربرد روش‌های تـ صمیم‌گیری چند شاخـ صه در جغرافیا*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

۹) پرهیزگار، رحله؛ و نکویی، محمدعلی و ا سلامی ورنامخوا ستی، محمد. (۱۳۹۸). ارزیابی آ سیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل در شرایط زلزله جهت تعیین مراکز تأمین آب جایگزین (نمونه موردمطالعه: شهر همدان). *شهر ایمن، ۲* (۸)، ۱۷–۱.

۱۰) حیدرزاده، حمیده؛ بالیست، جهانبخش؛ کریمی، سعید و جعفری، حمیدرضا. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی تاب‌آوری بافت‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از منطق فازی و FAHP (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ شهرداری تهران). *پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۴*، ۶۱–۷۲.

۱۱) جلال فر، فرزاد. (۱۳۹۶). برر سی آ سیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل در اثر زلزله و اهمیت آن در مدیریت بحران. *کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، ۱۰ مرداد ۱۳۹۶*، دانشگاه اسوه، ۱۰۳۴–۱۰۲۰.

۱۲) داداش‌پور، هاشم؛ خدابخش، حمیدرضا و رفیعیان، مجتبی. (۱۳۹۱). تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). *جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱* (۱)، ۱۳۱–۱۱۱.

۱۳) رضوی، ابوالفضل. (۱۳۸۸). راه‌های تجاری در عهد ایلخانی. *پژوهش‌نامه تاریخ، ۳* (۱۱)، ۹۰–۷۱.

۱۴) رهنمایی، محمدتقی؛ پوراحمد، احمد و ا شرفی، یو سف. (۱۳۹۰). ارزیابی قابلیت‌های تو سعه شهری مراغه با ا ستفاده از مدل ترکیبی SWOT-ANP. *جغرافیا و توسعه، ۲۴*، ۱۰۰–۷۷.

۱۵) رومینا، ابراهیم و حـ سینی، مهدی. (۱۳۹۷). برر سی معیارهای پدافند غیرعامل در مکان گزینی فعالیت‌های صنعتی (مطالعه موردی: صنایع استان قم)، *فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی*، ۹ (۳۴)، ۱۸۳–۱۶۳.

۱۶) زنگنه، محمد. (۱۳۹۵). ارزیابی و تحلیل مخاطرات و راهکارهای پدافند غیرعامل در شبکه راه‌های ا ستان البرز با ا ستفاده از روش‌های IHWP و .SWOT. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۵*، ۱۲۸–۱۱۳.

۱۷) زیاری، کرامت‌اله؛ مهدی، علی و مهدیان بهنمیری، مع صومه. (۱۳۹۲). تحلیلی بر امنیت فـ ضاهای عمومی. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۳(۷)، ۲۵–۵۱.

۱۸) سازمان پدافند غیرعامل کشور. (۱۳۹۵). *سند راهبردی پدافند سایبری کشور*، تهران.

۱۹) شعبانی، محمد؛ زند مقدم، محمدر ضا و کامیابی، سعید. (۱۳۹۷). تحلیل شریان‌های حیاتی شهر تهران با رویکرد مدیریت بحران (مطالعه موردی منطقه ۹). *فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۸* (۴)، ۴۶۶–۴۴۹.

۲۰) شهبازیان، علیرضا و ساجدی، سید فتح‌الله. (۱۳۹۵). ارائه روش رمکپ جهت تحلیل ریسک و تعیین شاخص‌های آسیب‌پذیری راه‌ها و پل‌ها از منظر پدافند غیرعامل. *چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و تو سعه شهری، ۹ دی ۱۳۹۵*، داـ شگاه شهید بهشتی، ۱۸۶–۲۰۰.

۲۱) صحت، سعید و پریزادی، عیسی. (۱۳۸۸). به‌کارگیری تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای در تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید، (مطالعه موردی شرکت سهامی بیمه ایران). *نشریه مدیریت صنعتی، ۱* (۲)، ۱۲۰–۱۰۵.

۲۲) فرجی سبکبار، حسنعلی؛ بدری، سیدعلی؛ مطیعی لنگرودی، سیدحسن و شرفی، حجت الله. (۱۳۸۹). سنجش میزان پایداری نواحی رو ستایی بر مبنای مدل تحلیل شبکه، با ا ستفاده از تکنیک بردار، مطالعه موردی نواحی رو ستایی شهر ستان فـ سا. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۷۲*، ۱۵۶– ۱۳۵.

۲۳) قدسی‌پور، حسن. (۱۳۸۹). *فرآیند تحلیل سلسله مراتبی*. چاپ هشتم تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۲۴) قربانی زاده، وجه الله و باقری، سجاد. (۱۳۹۰). مدیریت بحران برای زیر ساخت‌ها. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۱ (۱)، ۱۲۱-۱۶۵.
۲۵) کیانی، اکبر و سالاری سردری، فرضعلی. (۱۳۹۰). بررسی و ارزیابی اولویت‌های منظر فضاهای عمومی شهر سلویه با استفاده از مدل ANP. *فصلنامه باغ نظر*، ۸ (۱۸)، ۳۸-۲۵.
۲۶) گلوردزاده، رضا؛ سهامی، حبیب‌الله؛ پور موسوی، سید موسی. (۱۳۹۷). برنامه‌ریزی راهبردی بافت‌های فرسوده شهری از منظر پدافند غیرعامل (موردمطالعه: شهر یزد). *آمایش جغرافیایی فضا*، ۸ (۲۷)، ۲۱۶-۲۰۱.
۲۷) گیلعسگر، رمضان؛ صائب، کیوان؛ ارجمندی، رضا و خراسانی، نعمت الله. (۱۳۹۰). تدوین استراتژی یکپارچه زیست‌محیطی پارک جنگلی صفارود به روش ANP. *فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی*، ۶ (۱)، ۱۲۵-۱۱۱.
۲۸) چوخاچی زاده مقدم محمدباقر و امینی قشلاقی، داوود. (۱۳۸۸). اهمیت نظامی شبکه‌های ارتباطی مرزی استان آذربایجان شرقی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی سابق)*، ۴۱ (۶۸)، ۱۰۴-۸۵.
۲۹) محمدی ده چشمه، مصطفی؛ علیزاده، مهدی و پرویزیان، علیرضا. (۱۳۹۸). مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل. موردمطالعه: شهر کوه دشت. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۹ (۳۲)، ۱۶۲-۱۴۹.
۳۰) معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی. (۱۳۸۵). *برنامه عملیاتی توسعه اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی استان خراسان جنوبی*.
۳۱) ملازاده، مهدی؛ لشکریان، حمیدرضا؛ شیخ محمدی، مجید و میرزایی، کمال. (۱۳۹۸). ارزیابی معیارهای عملیات شبکه محور بر پایه روش دیمتل. *پدافند الکترونیکی و سایبری*، ۷ (۱)، ۱۵۳-۱۳۹.
۳۲) ممدوحی، امیررضا؛ مسعودی، محمد مصطفی؛ ماهپور علیرضا؛ نوروز علیائی، محمدحسین و پوریایی، مقصود. (۱۳۹۲). برآورد ظرفیت راه در زمان وقوع بحران با استفاده از شبیه‌سازی گلوگاه ترافیک. *فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل*، ۴ (۳)، ۲۷۳-۲۶۳.
۳۳) منافی، سمیه و سرایی، محمدحسین. (۱۳۹۵). مدیریت یکپارچه بحران با تأکید بر ایمنی شریان‌های حیاتی در شهر تهران. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۶ (۲)، ۱۳۲-۱۲۰.
۳۴) موسوی، میرنجف؛ باقری کشکولی، علی؛ مقیمی، مهدی و کیانی، جواد. (۱۳۹۷). راهکارهای ساماندهی و کاهش آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی با رویکرد مدیریت بحران (موردمطالعه: محور ارتباطی یزد – شیراز). *پژوهشنامه جغرافیای انتظامی*، ۲۲، ۶۲-۲۹.
۳۵) نخعی کمال‌آبادی، عیسی؛ امیرآبادی، محمد و محمدی‌پور، هیرش. (۱۳۸۹). انتخاب استراتژی بهینه بر اساس تحلیل SWOT و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای. *فصلنامه مدیریت صنعتی*، ۵ (۱۱)، ۳۴-۲۱.
۳۶) ولی سامانی، جمال و دلاور، مجید. (۱۳۸۹). کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در اولویت‌بندی ساختگاه‌های پرورش میگو. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۶ (۲)، ۵۶-۴۶.
۳۷) یاراحمدی، داریوش و شرفی، سیامک. (۱۳۹۶). ارزیابی مخاطرات طبیعی آزادراه خرم‌آباد- پل زال با رویکرد پدافند غیرعامل. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۲۳، ۴۵-۲۱.

References

1) Asadpour, G., & Hejami, M. (2011). *An introduction to the principles and basics of crisis management.* Tehran: Runas Publishing. [in Persian].
2) Astani, S., Hosampour, M., & Talebzadeh, Fateme. (2011). The application of multi-criteria decision-making methods in the environment. *The first national conference on environmental protection and planning, March 3, 2011*, Farda Environment Associates Company, Hamedan, 27-38. [in Persian].
3) Ballist, J., Heydarzadeh, H., & Malek Mohammadi, B. (2016). Modeling evaluation and zoning of ecotourism potential with fuzzy logic, FAHP and TOPSIS (case study: Shahrood city). *Environmental Research, 15*, 17-30. [in Persian].
4) Ballist, J., Karimi, S., & Jafari, H. (2015). Environmental vulnerability assessment of Ahvaz-Shiraz railway. *Environmental Science and Engineering Quarterly, 3* (1), 69-82. [in Persian].
5) Bazargan, M., & Khakpour, B. (2018). Investigating the vulnerability of Mashhad metropolis from the point of view of passive defense using FAHP method in GIS. *The 3rd International Congress on Civil*

Engineering, Architecture and Contemporary Urbanism, 5 January 2018, University of Tehran, Tehran, 469-457. [in Persian].

6) Chokhachizade Moghadam, M. B., & Amini Qashlaghi, D. (2009). The military importance of border communication networks of East Azarbaijan province. *Natural Geography Research (formerly Geographical Research), 41* (68), 104-85. [in Persian].
7) Dadashpour, H., Khodabakhsh, H., & Rafiyan, M. (2011). Spatial analysis and location of temporary accommodation centers using the integration of network analysis process (ANP) and geographic information system (GIS). *Geography and Environmental Hazards, 1*(1), 111-131. [in Persian].
8) Eskandari, M., Omidred, B., & Tavakoli, M. S. (2013). Damage analysis of vital arteries considering dependency effects due to targeted attacks (case study of water and electricity network in an urban area). *Two Quarterly Journals of Crisis Management*, Special Issue of Non-Available Defense Week, 19-30. [in Persian].
9) Faraji Sobkbar, H. A., Badri, S. A., Matiei Langroudi, S. H., & Sharfi, H. (2009). Measuring the stability of rural areas based on network analysis model, using vector technique, case study of rural areas of Fasa city. *Human Geography Research, 72*, 156-135. [in Persian].
10) Ghorbanzadeh, V., & Bagheri, S. (1390). Crisis management for infrastructure. *Crisis Prevention and Management Knowledge, 1*(1), 121-165. [in Persian].
11) Gilasgar, R., Saeb, K., Arjamandi, R. & Khorasani, N. (2011). Compilation of integrated environmental strategy of Safaroud Forest Park by ANP method. *Natural Resources Science and Technology Quarterly, 6* (1), 111-125. [in Persian].
12) Golordzadeh, R., Sohami, H., Pour Mousavi, S. M. (2017). Strategic planning of dilapidated urban tissues from the point of view of passive defense (case study: Yazd city). *Space Geographic Survey, 8* (27), 216-201. [in Persian].
13) Hamada, M., Koike, T., Suzuki, C., Scawthorn, N., Suzuki, K., Ohtomo, Y., Shumuta, J., Koseki, R., Kuwano, H., Horikawa, F., & Sugino, K. S. (2015). *Critical Urban Infrastructure handbook*. Japan Society of Civil Engineers, CRC press.
14) Heydarzadeh, H., Ballist, J., Karimi, S., & Jafari, H. (2015). Resilience zoning of urban tissues against earthquakes using fuzzy logic and FAHP (case study: District 12 of Tehran Municipality). *Environmental Research, 14*, 61-72. [in Persian].
15) Jalalfar, F. (2016). Investigating the vulnerability of the transportation network due to an earthquake and its importance in crisis management. *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of Contemporary Iran, August 10, 2016*, Asveh University, 1020-1034. [in Persian].
16) Kayani, A., & Salari Sardari, F. A. (201). Reviewing and evaluating the landscape priorities of public spaces in Asalouye using the ANP model. *Bagh Nazar Quarterly, 8* (18), 25-38. [in Persian].
17) Mamdohi, A., Masoudi, M. M., Mahpour, A., Norouz Aliai, M. H., & Pouraiei, M. (2012). Estimating road capacity during crisis using traffic bottleneck simulation. *Transportation Engineering Quarterly, 4*(3), 273-263. [in Persian].
18) Manafi, S., & Saraei, M. H. (2015). Integrated crisis management with emphasis on the safety of vital arteries in Tehran. *Knowledge of crisis prevention and management, 6* (2), 120-132. [in Persian].
19) Mohammadi De Cheshme, M., Alizadeh, M., & Parvizian, A. (2018). Locating urban shelters based on passive defense principles. subject of study E: The city of Koh Dasht. *Geographical analysis of space, 9* (32), 162-149. [in Persian].
20) Molazadeh, M., Lashkarian, H., Sheikh Mohammadi, M., & Mirzaei, K. (2018). Evaluating network-oriented operation criteria based on Dimtel method. *Electronic and Cyber Defense, 7*(1), 153-139. [in Persian].
21) Mousavi, M., Bagheri Kashkouli, A., Moghimi, M., & Kayani, J. (2017). Strategies for organizing and reducing the vulnerability of vital arteries with a crisis management approach (case study: Yazd-Shiraz communication axis). *Journal of Police Geography, 22*, 29-62. [in Persian].
22) Nakhai Kamalabadi, I., Amirabadi, M., & Mohammadipour, H. (2009). Choosing the optimal strategy based on SWOT analysis and network analysis process method. *Industrial Management Quarterly, 5*(11), 21-34. [in Persian].
23) Pious, R., Nakoui, M. A., & Islami Varnamkhashidi, M. (2018). Assessing the vulnerability of the transportation network in earthquake conditions to determine alternative water supply centers (case study: Hamadan city). *Safe City, 2* (8), 1-17. [in Persian].
24) Portahari, M. (2014). *Application of multi-criteria decision making methods in geography.* Tehran: Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities (Samt). [in Persian].
25) Prizadi, T., Hosseini Amini, H., & Shahriari, M. (2009). Investigation and analysis of "passive

defense" measures in Saqqez city in an analytical approach. *Urban Management, 8* (26), 191-202. [in Persian].

26) Qadsipour, H. (2010). *Hierarchical analysis process*. 8th edition, Tehran: Amirkabir University of Technology Publications. [in Persian].

27) Rahmani, M. T., Pourahmad, A., & Ashrafi, Y. (2011). Evaluation of the urban development capabilities of Maragheh using the combined SWOT-ANP model. *Geography and Development, 24*, 100-77. [in Persian].

28) Razavi, Abulfazl. (2008). Trade routes in the era of Ilkhani. *Research Journal of History, 3* (11), 71-90. [in Persian].

29) Romina, E. & Hosseini, M. (2017). Investigating passive defense criteria in the location of industrial activities (case study: industries of Qom province). *Strategic Science Quarterly, 9* (34), 163-183. [in Persian].

30) Sehat, Saeed and Prizadi, Isa. (1388). Applying the technique of network analysis process in the analysis of strengths, weaknesses, opportunities and threats (Case study of Iran Insurance Company). *Journal of Industrial Management, 1* (2), 105-120. [in Persian].

31) Shabani, M., Zand Moghaddam, M. R., & Saheed, S. (2017). Analysis of vital arteries of Tehran city with crisis management approach (case study of region 9). *Quarterly Journal of Geography (Regional Planning), 8* (4), 466-449. [in Persian].

32) Shahbazian, A., & Sajdi, S. F. (2015). Presenting Ramcap method for risk analysis and determining the vulnerability indicators of roads and bridges from the point of view of passive defense. *The 4th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, January 9, 2015*, Shahid Beheshti University, 186-200. [in Persian].

33) Sheng, L., & Si Hu-Chen, L. (2018). DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications. *Mathematical Problems in Engineering, 1,* 1-33.

34) Stanisław W. (2018). Kernel density estimation and its application. *ITM Web of Conferences 23, 00037*.

35) The inactive defense organization of the country. (2015). *Strategic document of cyber defense of the country*, Tehran. [in Persian].

36) Valisamani, J., & Delavar, M. (2009). The application of network analysis process (ANP) in prioritizing shrimp breeding facilities. *Iran Water Resources Research, 6* (2), 46-56.

37) Vice President of Planning and Economic Affairs. (2006). *Economic, social and cultural development operational plan of South Khorasan province*. [in Persian].

38) Yarahmadi, D., & Sharfi, S. (2016). Assessment of natural hazards of Khorram Abad-Pul Zal freeway with passive defense approach. *Geography and Environmental Hazards, 23*, 21-45. [in Persian].

39) Zanganeh, M. (2015). Evaluation and analysis of risks and passive defense solutions in the road network of Alborz province using IHWP and SWOT methods. *Sepehr Geographic Information Quarterly, 25*, 128-113. [in Persian].

40) Ziari, K., Mahdi, A., & Mahdian Behnmiri, M. (2012). An analysis of the security of public spaces. *Geographical analysis of space, 3*(7), 25-51. [in Persian].

پرتال جامع علوم انسانی