J. RS. GEOINF. RES. 1(2): 177-188, Summer & Autumn 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

RESEARCH PAPER

Improving Location Indices in Design of Oil Transmission Lines with an Economic and Environmental Protection Attitude

S. Abolali[1], T. Silavi[2], J. Saberian[*,1]

[1] Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University- South Tehran Branch, Tehran, Iran
[2] Department of Geospatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Received: 24 May 2023
Reviewed: 31 July 2023
Revised: 11 August 2023
Accepted: 31 October 2023

KEYWORDS:
Oil Pipeline
Environmental Factor
Spatial Index
Overlay Analysis

* Corresponding author
j_saberian@azad.ac.ir
(+9821) 33722831

ABSTRACT

Background and Objectives: The oil sector has served as the predominant catalyst of our nation's economy since the oil industry was nationalized in Iran. Oil facilities are integral to the oil industry, and among the most crucial facilities throughout the nation are pipelines. The extensive network of pipelines, which facilitate the transportation of oil from production sites to the country's refineries, as well as the distribution of refined products to consumption centers, represent vital economic and industrial lifelines. The spatial challenge lies in the intersection points of these pipelines, which can be effectively addressed through the use of geographic information systems. The accurate and optimal routing of pipelines is of utmost significance and should be executed in a manner that aligns with technical and economic ideals, while minimizing adverse societal and environmental impacts.

Methods: In this research, an attempt has been made to ascertain the routing of the multi-directional pipeline by taking into account a plethora of criteria, data, and spatial and descriptive information. This information encompasses factors such as land slope, vegetation, water flow, faults, residential and population centers, power transmission lines, pipelines in the region, and roads, among others. Given the extensive range of indicators associated with the routing of energy transmission lines in existing research references and executive reports of projects, this article focuses on thoroughly examining and providing a specialized classification of these indicators. In the subsequent stage, Geographic Information System (GIS) is employed as a framework to integrate the diverse components of information. This integration allows for the utilization of varying influence weights during the compilation of indicators, based on the significance of each indicator's impact on the subject matter. For this purpose, the conventional fuzzy AHP method has been used.

Findings: The research conducted in this study focuses on the geographical area of Khuzestan province, specifically its northern region located between Rig Valley and Sabzab. The objective of this research is to establish the optimal route for the transmission line of oil, taking into account three different scenarios: economic optimality, environmental optimality, and a combination of both. The findings reveal that selecting the most favorable route in this context, in comparison to the current transmission line, leads to a reduction of 141 meters in terms of the economic scenario, 635 meters in terms of the environmental scenario, and 586 meters in terms of the comprehensive scenario. These outcomes represent tangible accomplishments resulting from the research.

Conclusion: The findings of this study clearly demonstrate that the conventional techniques for designing pipelines are insufficient in incorporating all the relevant criteria in the pipeline route design. Regardless, it is crucial to acknowledge that the quality of the routes produced with the aid of Geographic Information Systems (GIS) heavily relies on the quality of the input data. Any discrepancy or flaw in the input information may yield design outcomes that raise doubts about the effectiveness of the work. Consequently, in addition to harnessing the capabilities of GIS, meticulous attention to detail must be exercised during the data collection process. Another notable aspect of this research is its capacity to consider various scenarios. By leveraging this capability, decision-makers are empowered to make informed choices regarding the pipeline by examining the outcomes of diverse scenarios and taking into account a range of factors.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
2	9	31

مقاله پژوهشی

بهبود شـــاخص‌های مکانی در طراحی مســـیر خطوط انتقال نفت با رویکرد اقتصـــادی و حفاظت از محیط‌زیست

سحر ابوللی[۱]، طلوع سیلاوی[۲]، جواد صابریان*[۱]

[۱] گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب، تهران، ایران

[۲] گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: صنعت نفت لااقل از زمان ملی شدن صنعت نفت در ایران، موتور محرک اقتصاد کشور ما بوده است. صـنعت نفت بر تأسـیسـات نفتی متکی اسـت و یکی از مهم‌ترین تأسـیسـات نفتی که تقریباً در کل کشـور وجود دارد، خطوط لوله اسـت. شـبکه گسـترده خطوط لوله برای انتقال نفت از پایگاه‌های تولید به پالایشـگاه‌های کشـور و همچنین، فرآورده‌های اسـتخراج شـده از پالایشـگاه‌ها تا مراکز مصـرف، از اصـلی‌ترین شـریان‌های حیاتی اقتصـاد و صـنعت هسـتند. محل عبور این خطوط لوله، یک مسـأله مکانی اسـت و از این‌رو، توسـط سـامانه اطلاعات مکانی (GIS) به بهترین شـکل می‌توان به آن پرداخت. روند مسـیریابی دقیق و بهینه خطوط لوله از اهمیت خاصـی برخوردار اسـت و باید به نحوی عملیاتی شود که بیشترین سازگاری را با ایده آل‌های فنی و اقتصادی و کمترین تأثیر منفی را بر جامعه و محیط زیست داشته باشد.

روش‌ها: در این تحقیق، سـعی شـده تا موضـوع تعیین مسـیریابی خط لوله چند جانبه با در نظر گرفتن تعداد زیادی از معیارها، داده‌ها و اطلاعات فضایی و توصیفی شامل شـیب زمین، پوشـش گیاهی، جریان آب، گسـل‌ها، مراکز مسـکونی و جمعیتی، خطوط و خطوط لوله انتقال نیرو در منطقه، جاده‌ها و غیره انجام شـود. از آن‌جا که مجموعه گسـترده‌ای از شاخص‌های مرتبط با مسیریابی خطوط انتقال انرژی در مراجع پژوهشی و گزارش‌های اجرایی پروژه‌ها وجود دارد که در این مقاله به عنوان اصـلی‌ترین هدف این مجموعه وسـیع تا حد امکان مورد بررسـی قرار گرفته و طبقه‌بندی تخصـصـی روی آن‌ها صـورت گرفته اسـت. در مرحله بعد، از GIS به عنوان چارچوبی برای ادغام اقلام متنوع اطلاعات مختلف استفاده شده تا با توجه به اهمیت تأثیر متفاوتی که هر یک از این شاخص‌ها بر موضوع دارند امکان به‌کارگیری وزن‌های تأثیر متفاوت در برهم‌نهی شـاخص‌ها وجود داشـته باشـد. برای این کار از روش مرسـوم فازی AHP فازی اسـتفاده شـده است.

یافته‌ها: منطقه مطالعاتی مورد نظر این پژوهش، در منطقه شـمالی اسـتان خوزسـتان، بین دره ریگ و سـبزاب اسـت که در این پژوهش در سـه سـناریوی بهینه بودن اقتصـادی، بهینه بودن زیسـت‌محیطی و در نظر گرفتن هردوی آن‌ها مسـیریابی خط انتقال نفت انجام شـده اسـت. نتایج حاصـل شـده، نشـان داد که انتخاب بهترین مسـیر در این کانال در مقایسـه با خط انتقال موجود، منجر به کاهش ۱۴۱ متری مسیر از طریق سـناریوی اقتصادی، کاهش ۶۳۵ متری مسیر از طریق سـناریوی زیسـت‌محیطی و کاهش ۵۸۶ متری مسـیر از طریق سـناریوی جامع شـده که از دسـتاوردهای عملی پژوهش می‌باشند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق، به خوبی نشـان داد که روش‌های سـنتی طراحی خطوط لوله نمی‌توانند همه معیارهای مؤثر در طراحی مسیر خطوط لوله را در نظر بگیرند. در هر حال، کیفیت مسیرهای طراحی شده به کمک GIS بسیار به کیفیت اطلاعات مورد اسـتفاده وابسـته اسـت و هرگونه نقص در اطلاعات ورودی می‌تواند به صـورتی منجر به نتایجی در طراحی انجام شـده گردد که کار را زیر سـؤال ببرد. بنابراین، ضـمن اتکا به توانمندی GIS باید دقت لازم را نیز در جمع‌آوری داده‌ها به خرج داد. یکی دیگر از قابلیت‌های بارز شـده در این تحقیق، تولیایی در نظر گرفتن سـناریوهای مختلف است. بنا بر همین توانایی، متولیان امر می‌توانند با مشاهده نتایج سناریوهای مختلف و در نظر داشتن ملاحظات گوناگون، بهترین تصمیم را در مورد خط لوله مورد نظر اتخاذ نمایند.

تاریخ دریافت: ۰۳ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۰۹ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۲۰ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۹ آبان ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
خط انتقال نفت
عامل زیست‌محیطی
شاخص مکانی
تحلیل برهم‌نهی

* نویسنده مسئول
j_saberian@azad.ac.ir
۰۲۱-۳۳۷۲۲۸۳۱

مقدّمه

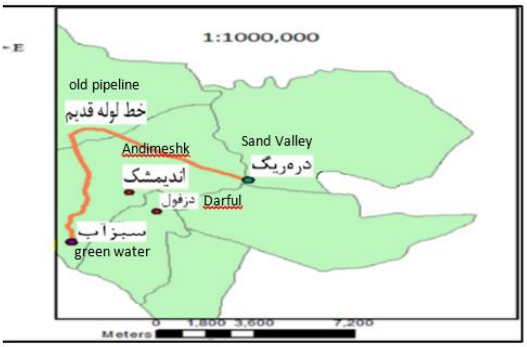
استفاده از خطوط لوله برای انتقال نفت و گاز و بهبود توزیع آن‌ها در مسیرهای طولانی امری اجتناب‌ناپذیر است. این خطوط که مهم‌ترین الزامات آن‌ها در پیاده‌سازی آن‌ها، کارآمدی، مقرون به صرفه بودن و سازگاری با محیط زیست است، از موتورهای اصلی جریان اقتصاد مبتنی بر بهینه بودن مصرف انرژی هستند [۱, ۲]. مسیریابی بهینه این خطوط لوله یکی از بااهمیت‌ترین جنبه‌های پروژه‌های عملیاتی در این زمینه بوده و نیازمند برنامه‌ریزی مناسب برای به حداکثر رساندن مزایای مشتق شده از آن است تا در زمان و هزینه‌های عملیاتی حتی‌المقدور صرفه‌جویی شود و بتوان اطمینان حاصل کرد که مسیر انتخابی کمترین تخریب زیست‌محیطی را به همراه دارد [۳]. با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و طراحی یک مدل کارا می‌توان عوامل متعددی از جمله زمان، هزینه، ایمنی، امنیت، اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فاکتورهای تعیین کننده مربوط به هر عامل، نقش و سهم آن را با کمک روشهای در نظر گیرنده معیارهای متفاوت و با تأثیر مختلف مورد بررسی، تحلیل و ارزیابی قرار داد [۴]. این پژوهش با استفاده از تکنیک GIS برای بهینه‌سازی مسیر و به کارگیری AHP فازی برای وزن دهی مناسب، سعی بر آن دارد که بهترین مسیر را از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی بررسی نماید. با دانستن این‌که مسیر بهینه همیشه به معنی کوتاه‌ترین مسیر نمی‌باشد و مهم‌ترین عامل در این روش‌ها، عامل توپوگرافی و حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی هستند، استفاده از روش‌های تحلیل مکانی در به‌کارگیری معیارهای متعدد در کنار هم نظیر همپوشانی مکانی، منطقی و توجیه‌پذیر است [۵, ۶]. این موضوع، دارای پیشنه تحقیقاتی گسترده است که دراین‌جا به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌کنیم.

بلده اسلامی در سال ۱۳۹۰ برای طراحی مسیر خط لوله نفت، با بررسی معیارهایی چون شیب زمین، محیط‌زیست، دسترسی به راه‌ها، کاربری و غیره که در مجموع حدود ۵۰ معیار مؤثر بوده است از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی برای وزن‌دهی و تلفیق معیارهای دخیل استفاده نموده است [۷]. ماندیا و مارکیا در سال ۲۰۱۴ میلادی برای طراحی خطوط لوله در کنیا، کاربری اراضی خصوصاً پوشش‌های گیاهی، زمین شناسی و توپوگرافی زمین و تقاطع‌ها با خطوط راه آهن و جاده‌ها را در نظر گرفتند و برای وزن‌دهی و تلفیق لایه‌های داده‌های جمع‌آوری شده، از روش سلسه مراتبی بردار ویژه استفاده نمودند [۸]. شیخ کاظمی در سال ۱۳۷۹ با ترکیب هفت پارامتر احتمال خطر زلزله، فرسایش پذیری سنگ‌ها، فرسایش پذیری خاک، کاربری اراضی، منابع آب‌های زیرزمینی و مناطق نیازمند حفاظت، عمل مسیریابی را برای یک جاده روستایی در استان مرکزی انجام داد و به این نتیجه رسید که با استفاده از تحلیل‌های GIS می‌توان مسیر بهینه را طراحی نمود که این‌جا مسیر بهینه لزوماً کوتاه‌ترین مسیر نیست. وی سه روش نرخ‌گذاری، رتبه‌بندی و روش مقایسه دو به دو را استفاده کرد و از بین روش‌های وزن‌دهی بر اساس اولویت‌بندی بین پارامترها، روش مقایسه دو به دو را با نتایج بهتری ارزیابی کرد [۹]. ولکان و همکاران در سال ۲۰۰۷، تحقیقی تحت عنوان مسیریابی خط لوله با استفاده از GIS در ترکیه انجام دادند. در این پژوهش، آن‌ها از یک مدل مفهومی برای مسیریابی خط لوله استفاده کردند. ArcGIS ابزار آن‌ها برای پرس و جو و انجام همه تجزیه و تحلیل‌های مکانی در مجموعه داده رستری بوده است و در نهایت، به هدف اصلی خود که کاهش خطرات زیست‌محیطی مرتبط با خط لوله بوده نیز رسیده‌ند [۱۰]. همین دو پژوهشگر در سال ۲۰۱۱، تحقیق دیگری برای مسیریابی خطوط لوله نفت و گاز با مقایسه GIS و روش‌های سنتی در ترکیه انجام دادند که توانست ثابت کند مسیریابی خطوط لوله با استفاده از GIS نسبت به روش‌های سنتی ۱۴ درصد کاهش هزینه به دنبال داشته است [۱۱]. ولکان با استفاده از GIS، اکثر جنبه‌های مهم مؤثر در مسیریابی خطوط لوله از جمله پوشش اراضی، شیب منطقه، جنس خاک، محدوده‌های محافظت شده و غیره را شناسایی کرد. آن‌ها در این تحقیق مسیری مبتنی بر GIS را پیدا کردند که ۱۵۱ تقاطع با جاده‌ها و ۱۶۹ تقاطع با مسیر مؤسسات داشته است. عبدالطیف بالگوم و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲، تحقیقی تحت عنوان انتخاب مسیر بهینه خطوط نفت با استفاده از GIS انجام دادند. در این مقاله، برای تولید مسیر بهینه خطوط نفت در مالزی از تکنیک GIS استفاده شده که نشان می‌دهد چگونه نرم‌افزار ArcGIS می‌تواند با یک نرم‌افزار تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره در تعیین مسیر بهینه یکپارچه شود. در این تحقیق، با بیان این‌که هیچ روش جهانی برای تعیین مجموعه‌ای از معیارهای اشتقاق وزن وجود ندارد و در واقع، وزن متغیرها وابسته به میزان اهمیتی است که جامعه برای آن‌ها تعیین می‌کند، یک مسیر خط لوله واقع‌بینانه و قابل اعتماد طراحی شد که نگرانی همه گروه‌های سیاسی و دوستداران محیط‌زیست را پوشش داده است [۱۲]. در سال ۱۳۹۲ رضایی و همکاران نیز، تحقیقی تحت عنوان مسیریابی خطوط انتقال نیرو با استفاده از GIS در منطقه مطالعاتی قم-کهک انجام دادند. در این تحقیق، ابتدا روش معمول و سنتی مسیریابی خطوط انتقال نیرو بررسی گردید. سپس، در خصوص تحلیل نیازمندی‌ها و انتظارات کاربران انتقال نیروی برق با انجام مصاحبات گوناگون و دریافت روند فعالیت‌های جاری صنعت انتقال نیرو، تمام پارامترهای مؤثر در تعیین مسیر شامل طول خط لوله، توپوگرافی، حجم و جنس خاک، خطوط گسل، تقاطع با رودخانه و باتلاق‌ها، تقاطع با جاده‌ها و زیر ساخت‌ها در نظر گرفته شده‌اند. نواحی مهم وکاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه استخراج شده‌اند و یک برنامه کاربردی در محیط MATLAB و با استفاده از مدل استنتاج فازی توسعه داده شده است. در این‌جا، با استفاده از تابع مکانی کوتاه‌ترین مسیر و روش‌های تلفیق مکانی بولین، همپوشانی شاخص و مدل با عملگرهای مختلفی همچون عملگرهای فازی، ضرب جبری، جمع فازی وعملگر گاما این کارها انجام شده‌اند [۱۳].

بر اساس پیشینه تحقیق گسترده این موضوع که برخی موارد در این‌جا ذکر شـــد، مهم‌ترین معایب مســـیریابی در محیط‌های غیر از تحلیلگر مکانی را می‌توان عدم وجود ساختار مناسب برای مدیریت داده‌ها، عدم دقت در تعریف پارامترها، عدم پوشـــش همه معیارهای مؤثر، عدم در نظر گرفتن مجموعه نظرات کارشـــناســـان، زمان‌بر بودن و هزینه بالاتر آن‌ها دانســـت. مجموعه ایرادات ذکر شـــده اســـتفاده از محیط تحلیلگر اطلاعات مکانی در تلفیق با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را برای موضـــوع مســـیریابی بهینه خطوط انتقال انرژی امری کارآمد نشـــان می‌دهد که در این تحقیق برای اجرای مســـیریابی خط انتقال نفت به کار گرفته شده است.

منطقه مطالعاتی

در این تحقیق، محدوده مطالعاتی در خصـوص اجرای الزامات تغییر در بخشی از مسیر خط لوله ۱۲ اینچی به سیستم انتقال ۱۲/۲ اینچی در طول تقریبی ۵۸ کیلومتر از میدان نفتی لب‌سفید در شهرستان دزفول و در گذر از دره‌ریگ تا حوضـه سـبزآب با هدف اصـلی افزایش ایمنی حوضـه نفتی و حفاظت بیشـتر از محیط زیسـت طبیعی تعریف شـده اسـت (شـکل ۱). منطقه سـبزاب یکی از بخش‌های شـهرسـتان دزفول اسـت که از نظر جغرافیایی با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه و با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شـمالی گسـترش یافته است و همچنین ۱۴۰ متر تا دریا ارتفاع دارد. دره‌ریگ نیز روسـتایی از توابع شـهرسـتان اندیمشـک است که دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه از نصـف‌النهار گرینویچ و عرض ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه شـمال از خط استوا می‌باشد. (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۱: مسیر طراحی شده به عنوان جایگزین در روش سنتی
Fig. 1: The designed route as an alternative to the traditional method

شکل ۲: موقعیت شهر دزفول
Fig. 2: The position of Dezful city

شکل ۳: موقعیت شهر اندیمشک
Fig. 3: The position of Andimeshk city

با توجه به پیشرفت ساختمان‌های مسکونی و تجاری و تقاطع‌های زیاد خط لوله ۱۲/۲ اینچ با کانال‌های متعدد آب و فعالیت‌های کشـــاورزی، دسـترسـی به این خطوط لوله و انجام کارهای بازرسـی و تعمیر به دلیل قدیمی بودن و معماری بد آن مسـتلزم هزینه‌های بالایی می‌باشـد. بر اسـاس بررسـی‌های انجام شـده در فرآیندهای بازرسـی فنی و بازرسـی خوردگی شـرکت ملی مناطق نفت‌خیز ایران در خط لوله مورد نظر خوردگی قابل‌توجهی مشخص شده است. از اینرو، به منظور اطمینان از تداوم تولید و توزیع نفت خام و همچنین اطمینان از ایمنی و سـهولت بازرسـی و جلوگیری از حوادث منجر به تخریب محیط زیسـت طبیعی، احداث خط لوله ۱۲ اینچی جدید نفت، به عنوان یک جایگزین برای محدوده لب‌سفید قبل از ورود به دزفول به سمت منطقه دره‌ریگ و به عنوان مسیر اصلی ترانزیتی از دزفول در دستور کار قرار گرفت [۱۴]. در اجرای این پروژه، خطر نشت و آتش‌سوزی خط لوله موجود ناشی از خوردگی که شـــهر دزفول و مناطق مســـکونی مجاور آن را در معرض خطر قرار می‌دهد، بسیار مورد توجه بوده است. مطابق با اهداف فصل پنجم برنامه پنجم توسعه در ایران و همچنین حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار مسیر انتقال خط لوله ۱۲ اینچی که عمدتاً در محدوده اندیمشـک از دره‌ریگ به طول ۵۶/۱۴۷ کیلومتر در امتداد تأسـیسـات انتزاعی سبزاب جایگزین شده، با هدف دور زدن محدوده شهری دزفول و اندیمشـک و از اراضـی حاشـیه جنوبی طراحی شـد. منطقه حفاظت شده محیط زیستی چالپا در شمال اندیمشک و زمین‌های کشاورزی در غرب دزفول در دشـــت دزفول- اندیمشـــک واقع شـــده اند که بر حساسیت‌های این طراحی می‌افزایند. این خط لوله جدید، رودخانه‌های دز و بالارود را نیز قطع خواهد کرد. دو گزینه برای این طرح محتمل اســـت که عبارتند از احداث خط لوله ۱۲ اینچی در مســـیر جدید و جایگزینی مسیر جدید با مسیر موجود از دره‌ریگ در ابتدای خط، قبل از ورود خط لوله موجود به شـــهر دزفول تا نقاط انتهایی خط لوله رنگدانه در ســـبزاب به طول ۵۶/۱۴۷ کیلومتر و گزینه بعدی، عدم احداث خط جدید و ادامه بهره‌برداری از نفت تولید شـــده از میدان لب‌سفید با استفاده از خط لوله ۱۲/۲ اینچی موجود. با ارائه توضیحات فنی لازم در این زمینه به معرفی منابع داده‌ای و نرم‌افزاری این پژوهش می‌پردازیم. دراین پژوهش، از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشـور، نقشـه‌های ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ سـازمان زمین شـناسـی و

نرم‌افزارهای Microstation و CIVIL3D برای ویرایش و آماده‌سازی داده‌های مکانی و در نهایت، از ArcGIS10.3 برای برهم‌نهی، تحلیل و نتیجه‌گیری از داده‌ها، اطلاعات و دانش مکانی استفاده شده است.

جمع‌آوری، بازنگری و ارزیابی معیارها

برای دستیابی به مؤثرترین مجموعه معیارهای الزامی در طراحی مسیر خطوط لوله دسته‌بندی معیارها در سه مرحله زیر انجام شده است:

- دسته‌بندی معیارهای مستخرج از مقالات موجود
- دسته‌بندی معیارها با توجه به نظرکارشناسان
- دسته‌بندی معیارها با توجه به پروژه‌های مستند موجود

دسته‌بندی معیارهای مستخرج از مقالات موجود

در مجموعه مقالات موجود، پژوهش‌های صورت گرفته بیشتر در زمینه مسائل مکانیکی خط لوله بوده است و به بحث مسیریابی کمتر توجه شده است. در پژوهش چانگ و همکاران درسال ۲۰۰۰ میلادی در مسیریابی خطوط لوله نفت با استفاده از تکنیک‌های سلسله‌مراتبی به یک دسته‌بندی کلی از نظر رویکردهای خاص در عملیات اجرای خطوط لوله دستیابی شده که این رویکردها عبارت از در نظر گرفتن طول خط لوله، نحوه اجرای عملیات لوله‌گذاری، تعمیر و نگهداری، میزان دسترسی، مسائل زیست‌محیطی و ساخت خطوط می‌باشند [۱۵]. در این دسته‌بندی به طور خاص به بحث امنیت خطوط لوله نفت هیچ توجهی نشده است و این، در حالی است که خطوط لوله باید در مناطق دوردست از جامعه انسانی باشند تا در هنگام نشت یا ایجاد رخنه‌ای در لوله‌ها، جامعه انسانی و محیط زیست طبیعی از پیامدهای احتمالی مصون بمانند. این کمبود مورد توجه پژوهشگران دیگر در موضوعی با تمرکز بر طراحی خط لوله نفت اهواز به مارون قرار گرفته که در آن‌جا مجموعه معیارها عبارتند از: کوتاه‌ترین فاصله از مبدأ تا بازار فروش، کمترین تسطیح (از بین بردن درختان)، کاهش هزینه‌های مربوط به حریم‌ها، حداقل طول عبوری از رودخانه، رابطه مکانی با جاده‌ها و راه‌آهن، دوری از مراکز پرجمعیت و تعدادی معیارهای تعریف شده در اقتصاد مهندسی [۱۶, ۱۷]. در این‌جا به موضوع اثرات زیست‌محیطی که بر اثر ساختن خط لوله ممکن است به وجود بیاید نیز توجه شده که عبارتند از: خسارت به محیط به طور کلی، خسارت به زیستگاه‌های جانوری و خسارت به روابط اجتماعی و ارتباطات [۱۸]. با جمع‌بندی این دو پژوهش که پایه بسیاری از مطالعات دیگر بوده‌اند، می‌توان معیارهای این مرحله را به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

- معیارهای فنی شامل طول خط لوله، امنیت خط لوله، روش‌های تعمیر و نگهداری خطوط لوله
- معیارهای محیط زیستی شامل جلوگیری از صدمه به جانوران و زیستگاه‌های آن‌ها و در نظر داشتن انواع آلودگی‌های آب و خاک
- معیارهای عملیاتی و اقتصادی شامل مقررات رابطه بین حریم خطوط لوله با جاده‌ها و مناطق مسکونی و میزان دسترسی و در عین حال، برخورداری از حداقل تقاطع با راه‌ها و پهنه‌های مسکونی

دسته‌بندی معیارها با توجه به نظر کارشناسان

استفاده از تجارب کارشناسان متخصص و باتجربه در طراحی خطوط لوله از جمله اهداف این تحقیق بود که اگر چه به سختی حاصل شد اما نتایج مفیدی را در بر داشت که مهم‌ترین آن دستیابی به دسته بندی معیارهای مؤثر بر سه گروه مبتنی بر نیازهای فنی مهندسی، با توجه به ملاحظات اقتصادی و بر اساس ملاحظات زیست‌محیطی است که در بخش قبل نیز با توجه به پژوهش‌های پیشین به همین دسته‌بندی رسیده بودیم.

در نظر گرفتن و رعایت هرکدام از شرایط مذکور به تنهایی ممکن است باعث ایجاد اختلال در رعایت معیارهای دیگر شود بنابراین، لازم است یک متوازن سازی بین همه آن‌ها انجام گیرد تا میان دشواری‌های فنی مهندسی در ساخت و ساز، پیامدهای زیست‌محیطی و بار مالی در این پروژه‌ها تعادل برقرار شود.

ملاحظات فنی-مهندسی شامل طول خط لوله، شرایط توپوگرافی زمین، نوع زمین شناسی منطقه، جنس سطح زمین، قیود مربوط به عبور از رودخانه‌ها در مناطق مرطوب و باتلاقی، شرایط عبور از جاده‌ها و راه‌آهن و دوری از مناطق مسکونی و صنعتی است. برای کاهش هزینه احداث خط لوله نفت بهتر است عبور از رودخانه‌ها، جاده‌ها و راه آهن حداقل باشد. البته طولانی کردن مسیر به‌خاطر عبور نکردن از این نواحی نیز باعث افزایش طول خط لوله می‌شود که مطلوب نیست و باید میان هزینه افزایش طول و حداقل بودن عبور از نواحی ممنوع تعادل برقرار باشد. هزینه عبور از رودخانه بسیار بیشتر از هزینه عبور از جاده یا راه‌آهن است. از آن‌جا که خطوط لوله نسبت به رطوبت موجود در محل حساس هستند و باید دور نگه داشته شوند و این‌که عبور از گسل‌ها نیز با هزینه‌های اضافی به منظور تقویت لایه‌های زمین و بتن‌ریزی با هدف جلوگیری از خسارت در حین زمین‌لرزه همراه است، عبور از باتلاق‌ها، مناطق مرطوب و گسل‌ها در کل مسیر مستلزم اجرای تمهیداتی درحین احداث خطوط لوله و بعد از آن است. البته در عمده نظرات کارشناسی، محیط فیزیکی با کاربری زمین یکی در نظر گرفته می‌شود و همچنین معیارهای مرتبط با آب و هوا و خاک نیز بسیار مورد تمرکز است. اهمیت اصلی جنس زمین که از لایه‌های زمین‌شناسی استخراج می‌شود این است که خطوط لوله حدود سه متر زیر زمین تعبیه می‌شوند و بر این اساس، هنگام طراحی باید مسیر خط لوله را از نواحی که جنس خاک سختی ندارند عبور دهیم. البته شیب منطقه برای

طراحی مسیر یکی از معیارهای مهم دیگر است، چراکه زمین با پستی و بلندی زیاد هزینه‌های ساخت و ساز و ایستگاه‌های پمپاژ زیادی را طلب می‌کند. از نظر طراحان خطوط لوله شیب تا ۳۰ درجه مجاز است و شیب‌های پایین‌تر از آن مطلوب به حساب می‌آیند [۱۹].

مشکلات مربوط به تأمین مواد اولیه، تأمین برق، سیمان و فولاد، تأمین منابع انسانی که شامل نیروی کارگر ماهر و نیمه ماهر می‌شود، از جمله هزینه‌های موجود در طراحی مسیر خطوط لوله نفت است که تمامی کارشناسان تحقیق به آن اذعان کرده و معتقد بودند می‌توانند به عنوان یک معیار در نظر گرفته شود. از نظر کارشناسان تأمین آب جهت انجام تست هیدرواستاتیک از جمله موارد لازم و ضروری برای اجرای پروژه است.

از دیدگاه ملاحظات زیست‌محیطی در طراحی مسیر خط لوله، قطعاً خط لوله در هنگام احداث باید از مناطقی عبور داده شود که کمترین صدمه را به محیط زیست وارد کند. بنابراین، مناطق حفاظت‌شده‌ای از قبیل جنگل‌ها و زیستگاه‌های جانوری، مناطق غیر قابل عبور یا عبور با شرایط خاص شناخته می‌شوند [۲]. همچنین، توجه به محیط زیست و جلوگیری از صدمات احتمالی، یا به حداقل رساندن ضایعات ناشی از آلودگی محیط، در احداث تأسیسات صنعتی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در برخی از نظرات در تعریف محیط طبیعی، علاوه بر زیستگاه‌های گونه‌های جانوری وگیاهی، شبکه فاضلاب مسیل‌ها و باتلاق‌ها نیز از نواحی حساس و سخت عبور در نظر گرفته می‌شوند. در مجموع، با ارزیابی دیدگاه‌های کارشناسان مجدداً به سه گروه معیارهای فنی با محوریت مسائل مرتبط با نحوه بهره‌برداری و شرایط زمین‌شناسی، زیست‌محیطی و اقتصادی می‌رسیم [۲۰].

دسته‌بندی معیارها با توجه به پروژه‌های مستند موجود

در بخش دیگری از این پژوهش، مطالعه گسترده‌ای روی متن برخی از قراردادهای احداث خطوط لوله انجام شده است. در آن‌جا برخی از معیارهای مغفول در مطالعات گذشته و نظرات کارشناسی استخراج شده‌اند که عبارتند از حداقل تقاطع با تپه‌های ریزشی، حفظ حریم با جاده‌ها، حفظ حریم مناطق مسکونی، بررسی ویژگی‌های زمین نظیر فرسایش، ریزش‌ها، لغزش‌ها و جابجایی لایه‌ها، بررسی آب‌های زیرزمینی و روان‌آب‌ها و اخذ استعلام از سازمان‌های ذینفع [۲۱].

در نهایت، با پالایش معنایی ۱۵۵ ریز معیار و حذف موارد تکراری به هشت معیار کلی‌تر ارجح که بیشترین پوشش معنایی را بر ۱۵۵ تای فهرست‌شده داشتند، بسنده شد. این هشت معیار در سه سناریوی زیست‌محیطی، اقتصادی و جامع (هردو) توزیع شده‌اند. در جدول ۱ معیارهای مورد نظر معرفی شده‌اند.

روش پژوهش

در این پژوهش، ابتدا رویه مسیریابی سنتی خطوط نفت مورد بررسی قرار گرفت. سپس، با توجه به تحلیل الزامات به دست آمده برای این خطوط، مصاحبه‌های گسترده با کارشناسان صنعت نفت و گاز انجام شد که نتایج آن‌ها منجر به محاسبه اوزان مناسب برای الزامات و در نهایت انتخاب مسیر بهینه شد. این مراحل که در شکل ۴ نیز نمایش داده شده‌اند به شرح زیر خلاصه شده است:

- شناسایی معیارهای مختلف مؤثر بر فرآیند طراحی مسیر در منطقه هدف و توسعه GIS برای طراحی خط لوله نفت
- استفاده از رویکرد AHP فازی برای اعمال قضاوت‌های متخصصین در تعیین وزن عوامل مؤثر
- استفاده از الگوریتم مسیریابی با کمترین هزینه برای رسیدن به مسیر بهینه در سناریوهای زیست‌محیطی، اقتصادی و جامع

مطالعه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای مقایسه روش‌های مختلف در این زمینه، کم و بیش مورد توجه محققان قرار گرفته است. اما موضوع این تحقیق تعیین معیارهای مناسب برای مقایسه است که در این‌جا بعد از وزن‌دهی معیارها با استفاده از AHP فازی، به منظور یکپارچه‌سازی اطلاعات، روش‌هایی مانند همپوشانی شاخص با عملگرهای فازی مختلف بررسی شدند و عملگر ضرب جبری انتخاب شده است [۲۲-۲۴].

در باب موضوع محاسبه وزن‌های شاخص‌ها، سه روش مرسوم برای محاسبه وزن در روش AHP فازی وجود دارد که عبارتند از روش تحلیل توسعه چانگ، روش بهبودیافته و روش فازی. در این پژوهش، روش تحلیل توسعه چانگ استفاده شد که از روش‌های پراستفاده در این حوزه می‌باشد [۲۵]. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی هستند. برای انجام آخرین مرحله نیز با استفاده از تابع Shortest Path در ArcGIS کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه به دست می‌آید [۳, ۲۶].

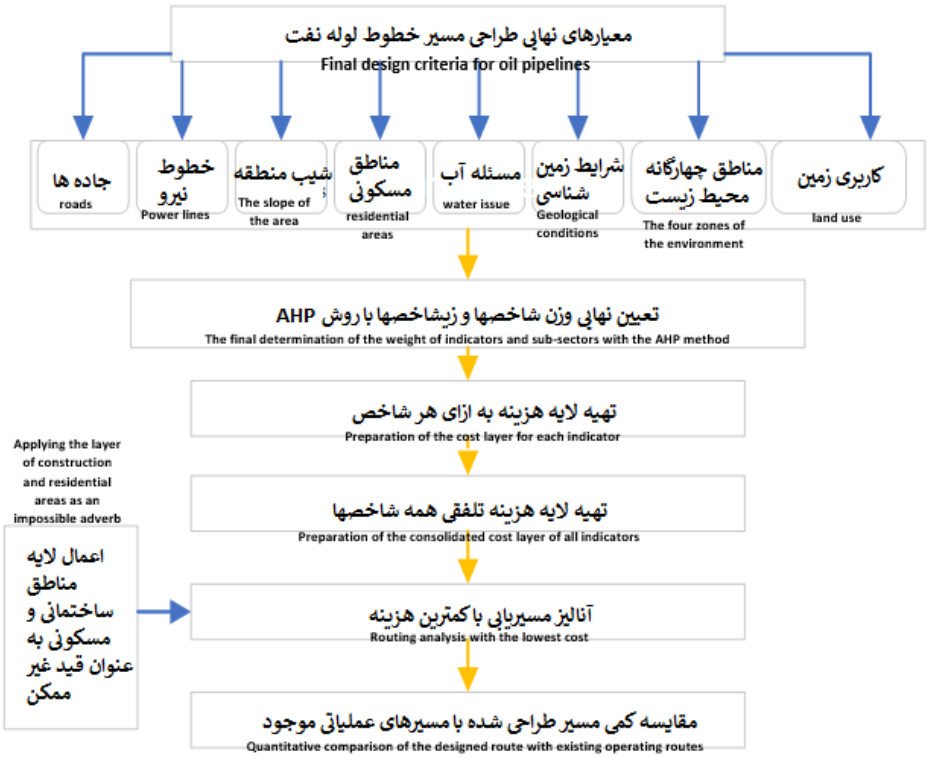
در GIS مسیریابی با استفاده از الگوریتم کوتاهترین مسیر و با در نظر گرفتن کمترین هزینه به طور کلی با مدل داده‌ای رستر انجام می‌شود. مدل داده مکانی رستر با در نظر گرفتن کارکردها و امکانات مناسب از جمله امکان همپوشانی ساده‌تری که در ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف و تحلیل فضایی دارد، برای هدف این تحقیق نیز مناسب‌تر است (شکل ۶). در این مدل، ابتدا باید در سطح هزینه تجمعی حرکت کرد که نشان دهنده هزینه مقاومت در برابر عبور از یک سلول به سلول دیگر به صورت تجمعی است. در این‌جا، تابع مربوطه در GIS، سطح هزینه جابجایی از مبدأ تا مقصد را با ترکیب خروجی چند ابزار هزینه وزنی (فاصله هزینه‌ای، مسیر برگشت هزینه‌ای یا تخصیص هزینه‌ای) به دست می‌آورد و به هر سلول، هزینه تجمعی می‌دهد [۲۷, ۲۸]. در نهایت، یک رستر خروجی تولید می‌کند که مسیر یا مسیرهای کم هزینه را از مکان‌های انتخاب شده تا نزدیک‌ترین سلول منبع تعریف شده در سطح هزینه انباشته، بر حسب فاصله هزینه، ثبت

می‌کند. ایجاد یک سطح هزینه تجمعی با استفاده از تابع هزینه در واقع، تلاشی برای شناسایی سلول با کمترین هزینه است که یک فرآیند تکراری است که از نقطه مبدأ شروع می‌شود و هدف آن ارزش‌گذاری سلول‌های سطح بر اساس هزینه جابه‌جایی از نقطه مبدأ است [۲۹, ۳۰].

جدول ۱: فهرست معیارهای مورد استفاده

Table 1: List of criteria used

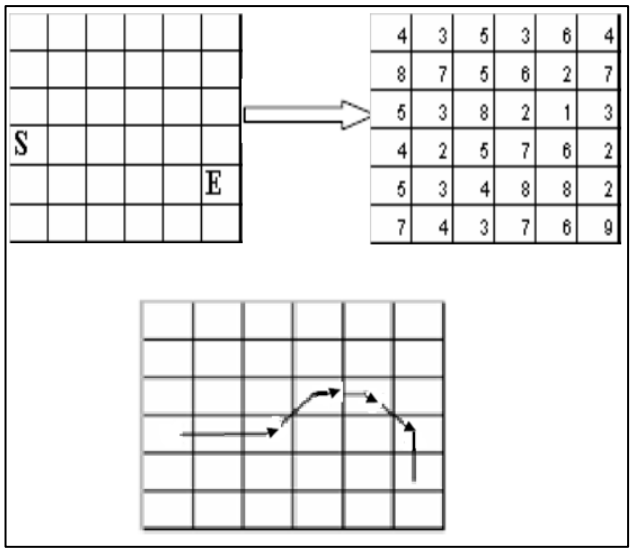
	معیار Quality	شرح معیار Criterion description	سناریوی زیست‌محیطی Environmental scenario	سناریوی اقتصادی Economic scenario	سناریوی جامع Comprehensive scenario
۱	کاربری زمین Land use	در اینجا زمین به انواع زمین بدون مشکل، زمین بایر، زمین کشاورزی، زمین باتلاقی، زمین سنگی، کوه یا تپه‌های ریزشی و لغزنده تقسیم‌بندی می‌شود. Here, the land is divided into types of land without problems, barren land, agricultural land, swampy land, rocky land, mountains or steep and slippery hills.	*	*	*
۲	مناطق چهارگانه محیط زیست Four environmental zones	موقعیت مکانی و حریم ضروری مناطق چهارگانه تحت نظر سازمان حفاظت از محیط زیست مورد نظر است. The location and necessary privacy of the four areas under the supervision of the environmental protection organization.	*		*
۳	شرایط زمین شناسی Geological conditions	موقعیت گسل‌ها، میزان زلزله‌خیزی و شرایط ریزش خاک در این معیار بررسی می‌شوند. The location of the faults, the level of seismicity and the conditions of soil fall are examined in this criterion	*	*	*
۴	مسئله آب water issue	مسائلی نظیر کمیت آب‌های زیرزمینی، کمیت آب‌های سطحی، وضعیت زهکشی منطقه، مصارف فعلی منابع آب و آلودگی آب همگی در این معیار مورد بررسی هستند. Issues such as the amount of underground water, the amount of surface water, the drainage situation of the region, the current consumption of water resources and water pollution are all investigated in this criterion.		*	*
۵	ابنیه و مناطق مسکونی buildings and residential areas	موقعیت مناطق مسکونی و چگالی جمعیت در این معیار دیده شده است. The location of residential areas and population density are seen in this measure.	*	*	*
۶	میزان شیب منطقه The slope of the area	مهمترین معیار فنی برای پیاده‌سازی و بهره‌برداری از خطوط لوله موضوع شیب زمین است. The most important technical criterion for the implementation and operation of pipelines is the issue of land slope.		*	*
۷	خطوط انتقال نیرو Power transmission lines	تقاطع با مسیر خطوط انتقال نیرو و الزامات ناشی از آن مورد نظر است. Intersection with the path of power transmission lines and the requirements arising from it is desired.	*	*	*
۸	جاده‌های دسترسی و اصلی Access and main roads	موقعیت راه‌ها و حریم آنها هریک الزامات خاصی بر مسئله تقاطع با خطوط لوله اعمال می‌کنند. The location of the roads and their boundaries impose special requirements on the problem of intersection with pipelines.	*	*	*



شکل ۴: گردش کار انجام تحقیق

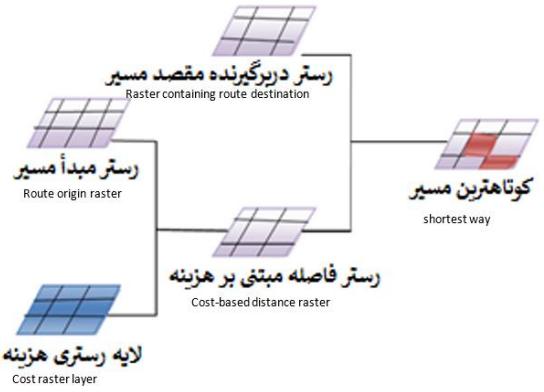
Fig. 4: The research steps

این کار تا زمانی که تمام سلول‌ها طی شوند ادامه خواهد داشت. شکل ۵، نمایی از انجام محاسبات این روند را نشان می‌دهد. در شکل ۶، نیز روند کار با در نظر گرفتن همه لایه‌های مرتبط با وزن هزینه نشان داده شده است.



شکل ۵: مسیر بهینه از S به E که با در نظر گرفتن کمترین هزینه به دست می‌آید

Fig. 5: The optimum route from S to E by considering the minimum cost

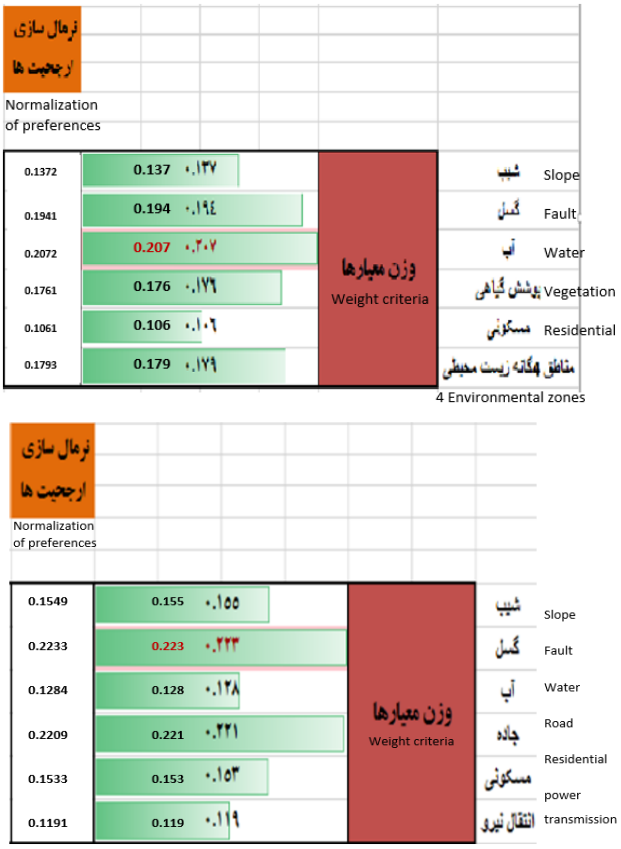


شکل ۶: روند انجام مسیریابی مبتنی بر هزینه در مدل داده رستر

Fig. 6: The procedure of route finding based on cost in the raster data model

پیاده‌سازی و نتایج تحلیلی

در این پژوهش، که هدف یافتن مسیری است که حداقل هزینه مسیر خط لوله را ایجاد می‌کند، برای تهیه لایه هزینه نهایی مدل شاخص همپوشانی در سه مرحله اجرا شد. در مرحله اول، لایه‌ها در یک کلاس بر اساس اهمیت طبقه‌بندی شدند. در شکل ۷، نتایج تحلیل اطلاعات دریافتی از نظرات کارشناسان بعد از انجام محاسبات اوزان نشان داده شده است.



شکل ۷: اوزان محاسبه شده پس از تحلیل، بالا در سناریوی زیست‌محیطی و پایین در سناریوی اقتصادی

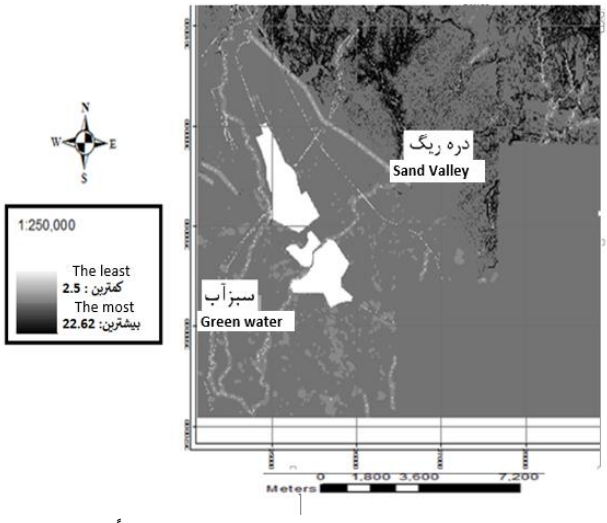
Fig. 7: The final weights obtained after the analyzes, Top: In the environmental scenario, down: In the economic scenario

در مرحله بعد، نقشه‌های معیار با وزن تعیین شده به روش AHP ترکیب شدند. در این‌جا، نقشه‌های خروجی در محدوده صفر تا یک هستند و نقاط با مقادیر بالاتر مناسب‌تر هستند. بعد از این مرحله به لایه هزینه نهایی رسیدیم که لازم است حدود مناطقی که مجاز به عبور از آن‌ها نیستیم را به عنوان فیلتر اعمال کنیم. این کار، با اعمال هزینه بسیار بالا برای آن مناطق که ساختمانی و مسکونی هستند، انجام شد که منجر به عدم عبور خطوط لوله پیشنهادی از این مناطق شد. شکل ۸، نتیجه نهایی لایه هزینه کلی به همراه مناطق ممنوعه حذف شده را نشان می‌دهد.

در ادامه با معرفی مبدأ و نقاط مقصد در لایه‌هایی مجزا، مناسب‌ترین مسیرهای لوله‌گذاری پیشنهادی نمایان می‌شوند (شکل ۹).

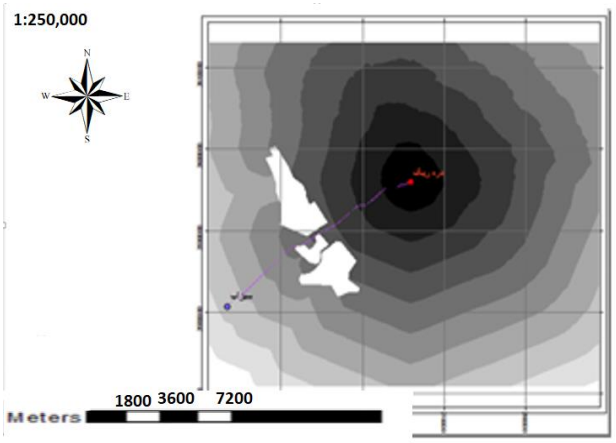
روند تدوین مسیر برای سناریوی یکپارچه و جامع نیز انجام شد که تحلیل آماری مسیرهای به دست آمده در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس این بررسی خطوط پیشنهاد شده توسط سناریوی اقتصادی به طول ۵۵۲۰۶ کیلومتر، در سناریوی زیست‌محیطی به طول ۵۵۵۱۲ و در سناریوی جامع به طول ۵۵۵۶۱ کیلومتر می‌باشند. خط طراحی شده به روش سنتی ۵۶۱۴۷ کیلومتر است که هر سه سناریو مسیرهای کوتاه‌تری را در محدوده مشخص شده شرکت نفت پیشنهاد کرده‌اند.

این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده برتری AHP فازی در ترکیب با GIS نسبت به طراحی سنتی باشد.



شکل ۸: نگاشت نمایه همپوشانی لایه‌ها و حذف مناطق کاملاً ممنوعه

Fig.8: Mapping the overlayed layers and removing the absolutely forbidden area



شکل ۹: نگاشت نمایه همپوشانی لایه‌ها و مسیر تعیین شده

Fig.9: Mapping the overlayed layers and the determined route

جدول ۲: نتایج مقایسه‌ای سه سناریو

Table 2: The comparative results of three scenarios

سناریو scenario	طول (کیلومتر) length (km)	اختلاف با خط طراحی شده به روش سنتی The difference with the line designed in the traditional way
اقتصادی Economic	55.206	0.941
زیست‌محیطی environmental	55.512	0.635
جامع Comprehensive	55.561	0.586

از منظر پیاده‌سازی خطوط جدید نیز با بررسی وضعیت منطقه مشخص شد که ۱۴/۵۶ کیلومتر از قسمت شمالی منطقه مشخص شده توسط شرکت نفت باید تغییر مسیر دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با روش AHP از تعدادی فاکتور مسیریابی استفاده می‌کند و سعی می‌کند آنها را با توجه به تأثیری که در مسیریابی دارند، موزون کند. در زمینه یکپارچه‌سازی داده‌ها، مدل‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفت که مدل همپوشانی شاخص با پارامترهای وزنی بر اساس روش AHP فازی به عنوان مدل مناسب انتخاب شد. برای انتخاب مدل مناسب، سه پارامتر طول مسیر، میزان انطباق مسیرهای انتخابی با مسیر بین دو طرف و رعایت استانداردها با توجه به نظرات کارشناسی به عنوان پارامترهای ارزیابی هر مسیر در نظر گرفته شد. ترکیب مدل‌های فازی و AHP با استفاده از GIS توانست به خوبی دقت مسیریابی را افزایش داده و از طریق کاهش محسوس طول مسیرهای پیشنهادی با توجه به مسائل زیست‌محیطی، محدودیت‌های قانونی و مسائل فنی و مهندسی، هزینه‌های اجرا را کاهش دهد. در این پژوهش با توجه به کاستی‌های عمده سازمان‌های مختلف برای مدیریت بخش‌های مختلف، نبود بانک اطلاعاتی کامل و به هنگام یکی از اصلی‌ترین موانع اجرا شناخته شد. وجود چنین پایگاه داده‌ای می‌تواند علاوه بر تحلیل‌های مورد نیاز، یک پیوند اطلاعاتی بین بخش‌های مختلف سازمان ایجاد کند. پایگاه داده مکانی گزینه بسیار مناسبی برای پیاده‌سازی نیازهای چنین سازمان‌هایی است که توجه به آن با رعایت اصول طراحی بهنیه پایگاه‌های داده اولین پیشنهاد این پژوهش است. با توجه به گستردگی کاربردهای GIS، حمایت از تحقیقات در مورد توسعه برنامه‌های کاربردی در این زمینه ضروری می‌باشد. مسیریابی خطوط نفت با مطالعه عوامل جدید و نقش آنها در مسیریابی جای کار گسترده‌ای دارد که در تلفیق با روش‌های مناسب تصمیم‌گیری چند معیاره انتظار می‌رود به نتایج بهتری بیانجامد. البته ذکر این نکته، ضروری است که اقتضائات هر منطقه مطالعاتی مخصوص به همان منطقه هستند که انجام پروژه‌های مسیریابی خطوط انتقال نفت در قالب مجموعه واحد از معیارها را با چالش مواجه می‌کند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام افرادی که در جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها ما را در این تحقیق یاری رساندند، تشکر و تقدیر می‌نمایند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع و مآخذ

[1] Minár J, Evans IS, Jenčo M. A comprehensive system of definitions of land surface (topographic) curvatures, with implications for their application in geoscience modelling and prediction. *Earth-Science Reviews*. 2020;211:103414.

[2] Swift DA, Cook S, Heckmann T, Gärtner-Roer I, Korup O, Moore J. Chapter 6 - Ice and snow as land-forming agents. In: Haeberli W, Whiteman C, editors. Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters (Second Edition): Elsevier; 2021. p. 165-198.

[3] Swift DA, Cook S, Heckmann T, Moore J, Gärtner-Roer I, Korup O. Chapter 6 - Ice and Snow as Land-Forming Agents. In: Shroder JF, Haeberli W, Whiteman C, editors. Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters. Boston: Academic Press; 2015. p. 167-199.

[4] Huggett R, Shuttleworth E. Fundamentals of Geomorphology. 5 ed: Taylor & Francis; 2022.

[5] Huggett RJ. Fundamentals of Geomorphology: Routledge; 2003.

[6] Moravej K, Eghba MK, Toomanian N, Mahmoodi S. Comparison of automated and manual landform delineation in semi detailed soil survey procedure. *African Journal of Agricultural Research*. 2012;7(17):2592-2600.

[7] Vergari F, Della Seta M, Del Monte M, Barbieri M. Badlands denudation "hot spots": The role of parent material properties on geomorphic processes in 20-years monitored sites of Southern Tuscany (Italy). *CATENA*. 2013;106:31-41.

[8] Hallouz F, Meddi M, Mahé G, Alirahmani S, Keddar A. Modeling of discharge and sediment transport through the SWAT model in the basin of Harraza (Northwest of Algeria). *Water Science*. 2018;32(1):79-88.

[9] Dill HG, Ludwig RR. Geomorphological-sedimentological studies of landform types and modern placer deposits in the savanna (Southern Malawi). *Ore Geology Reviews*. 2008;33(3):411-434.

[10] Dehn M, Gärtner H, Dikau R. Principles of semantic modeling of landform structures. *Computers & Geosciences*. 2001;27(8):1005-1010.

[11] Godif G, Manjunatha BR. Delineation of groundwater potential zones using remotely sensed data and GIS-based analytical hierarchy process: Insights from the Geba river basin in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2023;46:101355.

[12] Sarkar D, Saha S, Mondal P. Modelling agricultural land suitability for vegetable crops farming using RS and GIS in conjunction with bivariate techniques in the Uttar Dinajpur district of Eastern India. *Green Technologies and Sustainability*. 2023;1(2):100022.

[13] Shary PA, Sharaya LS, Mitusov AV. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*. 2002;107(1):1-32.

[14] Anda M, Ritung S, Suryani E, Sukarman, Hikmat M, Yatno E, et al. Revisiting tropical peatlands in Indonesia: Semi-detailed

[30] Jenny H. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology: Dover; 1994.

[31] Howard J. Anthropogenic Landforms and Soil Parent Materials. In: Howard J, editor. Anthropogenic Soils. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 25-51. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54331-4_3

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

سحر ابوللی دارای تحصیلات کارشناسی مهندسی تکنولوژی نقشه‌برداری و کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری-سامانه اطلاعات مکانی می‌باشد. وی هم‌اینک به عنوان کارشناس صنعت نفت، در زمینه قراردادها و پروژه‌های خطوط لوله فعال است و در این زمینه دانش GIS خود را در طراحی مسیرهای خطوط لوله نفت، گاز و میعانات نفتی به کار می‌گیرد.

Abolali, S. Master of GIS, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University-South Tehran Branch, Iran
sahar.myapple@gmail.com

طلوع سیلاوی درجه کارشناسی در رشتهٔ مهندسی عمران-نقشه برداری را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه تهران اخذ نمود. وی سپس موفق به اخذ مدارک کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی همین رشته با گرایش GIS به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ از دانشگاه تهران شد. وی هم‌اینک به عنوان کارشناس پژوهشی گروه مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی در دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی تهران مشغول به فعالیت می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقهٔ ایشان کیفیت‌سنجی اطلاعات مکانی، GIS تحت وب و برنامه‌نویسی پیشرفته است.

Silavi, T. Laboratory expert, Department of Geospatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
silavi@alborz.kntu.ac.ir

جواد صابریان دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی نقشه برداری (گرایش سیستم اطلاعات مکانی) از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد. از سال ۱۳۹۰ تا کنون در دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب به عنوان استادیار گروه مهندسی نقشه برداری مشغول فعالیت می‌باشد. ایشان تا کنون موفق به چاپ بیش از ۳۰ مقاله در

mapping, extent and depth distribution assessment. *Geoderma*. 2021;402:115235.

[15] Bishop MA. A generic classification for the morphological and spatial complexity of volcanic (and other) landforms. *Geomorphology*. 2009;111(1):104-109.

[16] Tsai H, Hseu Z-Y, Huang S-T, Huang W-S, Chen Z-S. Pedogenic properties of surface deposits used as evidence for the type of landform formation of the Tadu tableland in central Taiwan. *Geomorphology*. 2010;114(4):590-600.

[17] Shirani K, Solhi S, Pasandi M. Automatic Landform Recognition, Extraction, and Classification using Kernel Pattern Modeling. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*. 2023;7(1):2. https://doi.org/10.1007/s41651-022-00131-z

[18] Lobeck AK. Geomorphology: An Introduction to the Study of Landscapes: McGraw-Hill Book Company, Incorporated; 1939.

[19] Ahnert F. Introduction to Geomorphology: Wiley; 1998.

[20] Pitty AF. Introduction to Geomorphology: Methuen; 1971.

[21] Zinck JA. Physiography and Soils: Soil Survey Courses Subject Matter K6: ITC; 1989.

[22] Hosseinali F, Alesheikh AA, Nourian F. Rapid Urban Growth in the Qazvin Region and Its Environmental Hazards: Implementing an Agent-Based Model. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014;23(3):727-735.

[23] Weiss A. Topographic position and landforms analysis. ESRI user conference: 2001: San Diego, CA, USA.

[24] MacMillan RA, Shary PA. Chapter 9 Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In: Hengl T, Reuter HI, editors. Developments in Soil Science. 33: Elsevier; 2009. p. 227-254.

[25] Webb AA, Dowling AJ. Characterization of basaltic clay soils (vertisols) from the Oxford land system in central Queensland. *Soil Research*. 1990;28(6):841-856. https://doi.org/10.1071/SR9900841

[26] Awoonor JK, Dogbey BF. An Assessment of Soil Variability along a Toposequence in the Tropical Moist Semi-Deciduous Forest of Ghana. *Open Journal of Soil Science*. 2021;11:448-477.

[27] Udomsri S, Martin AR, Fransson TH. Economic assessment and energy model scenarios of municipal solid waste incineration and gas turbine hybrid dual-fueled cycles in Thailand. *Waste Management*. 2010;30(7):1414-1422.

[28] Shaw JN, West LT, Bosch DD, Truman CC, Leigh DS. Parent material influence on soil distribution and genesis in a Paleudult and Kandiudult complex, southeastern USA. *CATENA*. 2004;57(2):157-174.

[29] Feng Y, Wang J, Bai Z, Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review. *Earth Science Reviews*. 2019;191:12-25.

مجلات و کنفرانس‌های معتبر داخلی و بین المللی شـده‌اند. زمینه‌های تخصـصـی ایشـان عبارتند از: شـبکه های حمل و نقل، الگوریتمهای مسیریابی، مسایل بهینه سازی در GIS و پایگاه داده. از سال ۱۳۸۵ در بسیاری پروژه های اجرایی مرتبط با نقشه برداری و GIS بویژه در پروژه های وزارت نیرو، شـرکت نفت و سـازمان ثبت اسـناد و املاک کشـور نقش موثر داشته‌اند.

Saberian, J. Assistant Professor, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University-South Tehran Branch, Iran

j_saberian@azad.ac.ir

Citation (Vancouver): Abolali S, Silavi T, Saberian J. [Improving Location Indices in Design of Oil Transmission Lines with an Economic and Environmental Protection Attitude]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(2): 177-188*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2023.2005

COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)