Archive of SID

مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال هشتم/ شماره مسلسل بیست و هفتم/ بهار ۱۳۹۷

مسیریابی بهینهٔ خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی به کمک روش LCPA. منطقهٔ مورد مطالعه: دهنهٔ زاو استان گلستان

میترا امامی[1*]، سیدحامد میرکریمی[2]، عبدالرسول سلمان‌ماهینی[3]

[1]کارشناس‌ارشد محیط‌زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[2]استادیار گروه محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[3]دانشیار گروه محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۶

چکیده

در پروژهش‌های مربوط به زیرساخت‌های خطی مانند خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی، به منظور کاهش آسیب‌رسانی به منابع محیط زیستی و نیل به اهداف توسعهٔ پایدار، ناگزیر باید مشخصه‌های محیط‌زیستی دخالت داده شوند. این در حالی است که در روش‌های سنتی، بیشتر به ملاحظات فنی و مهندسی پرداخته می‌شود و مشخصه‌های محیط‌زیستی محدودی لحاظ می‌گردد. امروزه، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی ابزارهای موثر و کارآمدی برای تصمیم‌گیری و مشاورهٔ کارشناسان در طراحی زیرساخت‌های خطی به شمار می‌روند. یکی از سودمندترین کاربردهای سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، تعیین کم‌هزینه‌ترین و کم اثرترین مسیر به منظور اتصال دو مکان، با به‌کارگیری مشخصه‌های محیط‌زیستی مرتبط با موضوع و مکان است. در این پژوهش، این فرآیند توسط روشی تحت عنوان "تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر" با ترکیبی از معیارهای متعدد به کمک روش ارزیابی چندمعیاره انجام گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد از میان ۲۰ معیار (فاکتور و محدودیت) مورد بررسی، مسیر پیشنهادی حاصل از روش تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر در ۱۲ معیار سنگ بستر، هدایت الکتریکی خاک، بافت خاک، فاصله از چشمه، خطر سیل‌خیزی، خطر یخبندان، ارتفاع، شیب، فاصله از خطالراس، تیپ جنگلی، مطلوبیت زیستگاه، پوشش/ کاربری زمین از مسیر پیشنهادی شرکت گاز مناسب‌تر است و در چهار معیار اسیدیته، عمق و فرسایش خاک و فاصله از چاه دو مسیر مطلوبیت یکسانی دارند. از آنجایی که این روش با در نظر گرفتن تعداد معیارهای بیشتری توجه مضاعف به جوانب محیط‌زیستی این گونه توسعه دارد؛ بنابراین، می‌تواند اثرات احتمالی منفی محیط‌زیستی ناشی از این توسعه را کاهش دهد و هم‌زمان از هزینه‌ها بکاهد. نتایج حاصل از این روش می‌تواند به عنوان چارچوب اولیه در مسیریابی زیرساخت‌های خطی مورد استفاده طراحان و مدیران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خط لولهٔ گاز، کم‌هزینه‌ترین مسیر، دهنهٔ زاو

مقدمه

انتقال یا حمل و نقل گاز طبیعی جنبهٔ مهم و اساسی در صنعت گاز است؛ چرا که ذخایر گاز اغلب از بازارهای اصلی خودشان کاملا دور هستند (مخاطب و پی[2]، ۲۶:۲۰۱۲). انتقال کارآمد و موثر گاز طبیعی از نواحی تولیدی گاز به نواحی مصرف، نیازمند یک سیستم حمل و نقل گسترده و وسیع است (اسپیت[3]، ۹۷:۲۰۰۷). چندین روش برای انتقال انرژی گاز طبیعی از میدان‌های نفتی و گازی به بازار وجود دارد. یکی از روش‌ها، انتقال گاز طبیعی از طریق خط لوله است (اسپیت، ۲۰۰۷: ۹۸). خط لوله از کارآمدترین روش‌های اقتصادی جهت انتقال مواد خطرناک و قابل اشتعال مانند گاز طبیعی در مقایسه با حمل و نقل جاده‌ای و ریلی تلقی می‌شود (دزیوبینسکی و همکاران[4]، ۳۹۶:۲۰۰۶).

اگرچه خط لوله با داشتن کمترین فراوانی حوادث نسبت به حمل و نقل جاده‌ای یا ریلی (پاپاداکیس[5]،

*نویسنده مسئول: emami_mitra91@yahoo.com

2. Poe
3. Speight
4. Dziubiński
5. Papadakis

www.SID.ir

Archive of SID

۶۳:۲۰۰۰؛ بریتو[1] و همکاران، ۸۱۲:۲۰۱۰)، به‌عنوان یکی از ایمن‌ترین روش‌های انتقال مواد گازی تعریف می‌شود (پاپاداکیس، ۶۳:۲۰۰۰؛ دزیوبینسکی و همکاران، ۳۹۹:۲۰۰۶؛ بریتو و همکاران، ۸۱۲:۲۰۱۰)، با این حال ممکن است در خطوط لولهٔ گاز طبیعی حوادثی رخ دهد و گاه پیامدهای فاجعه‌باری را سبب گردد (دزیوبینسکی و همکاران، ۲۰۰۶: ۳۹۹؛ بریتو و همکاران، ۸۱۲:۲۰۱۰؛ هان و وینگ[2]، ۵۰۹:۲۰۱۱). طبق پایگاه داده‌های مربوط به حوادث، خطر مرتبط به عملکرد خط لوله اغلب در سطح مشابه از خطر تاسیسات پالایشگاه‌های ساکن قرار دارد (دزیوبینسکی و همکاران، ۳۹۹:۲۰۰۶).

بر این اساس در پروژه‌های خطوط لوله گاز طبیعی، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل مطالعاتی و طرح‌ریزی، موضوع طراحی مسیر اولیه یا مطالعات فاز صفر است. در این راستا در مسیریابی با شیوه‌های مرسوم بیشتر مشخصه‌های اقتصادی و فنی درنظر گرفته می‌شوند و معمولا هزینه‌ها یا خسارات محیط‌زیستی که ممکن است در حین ساخت و بعد از ساخت بر اکوسیستم‌های حساس اطراف مسیر وارد آید، لحاظ نمی‌شوند (ستوده و همکاران، ۶۴:۱۳۸۶).

امروزه به یقین مشخص شده است که عدم توجه به پیامدهای محیط‌زیستی طرح‌های توسعه باعث هدر رفتن منابع سرزمین و ایجاد فاجعه‌های محیط‌زیستی می‌شود. اولین پیش شرط برای توسعهٔ پایدار پذیرش این حقیقت است که محیط‌زیست و حساسیت در برابر آن موضوع تجملی نیست، بلکه شرط حیاتی برای بقای حیات در کرهٔ زمین و ساکنان آن است. مقدمهٔ ورود به بحث پایداری در مسیریابی، دخالت دادن مشخصه‌های محیط‌زیستی در کلیهٔ مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری است (ستوده و همکاران، ۶۵:۱۳۸۶).

بر این اساس، بهترین شیوه برای کاستن از خسارات از نظر اقتصادی و اکولوژیکی در نظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی در فاز صفر مطالعات یا مسیریابی اولیه و اجتناب از عبور مسیر از مناطق حساس اکولوژیکی است. البته دخالت دادن مشخصه‌های محیط‌زیستی علاوه بر مشخصه‌های اقتصادی و فنی، منجر به پیچیده‌تر و مشکل‌تر شدن فرآیند مسیریابی با شیوههای مرسوم می‌شود. این مشخصه باعث افزایش تعداد داده‌ها و همچنین پیچیدگی فرآیند تصمیم‌گیری خواهد شد. به این منظور از ابزار توانمند سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS[3]) برای انجام تجزیه و تحلیل‌ها استفاده خواهد شد تا بتوان این داده‌ها را با سرعت و دقت بیشتری پردازش کرد و نتیجهٔ مطلوب را بدست آورد (ستوده و همکاران، ۶۵:۱۳۸۶).

یکی از سودمندترین کاربردهای GIS، تعیین کم‌هزینه‌ترین یا کم‌اثرترین مسیر به منظور اتصال دو مکان است (داگلس[4]، ۳۷:۱۹۹۴). اگرچه تعیین مسیرهایی با کمترین هزینه مفهوم جدیدی نیست، اما استفاده و توسعهٔ آن با رایانه‌های سریع و قدرتمند امروزی، پدیده‌ای تازه است (لی و استاکی[5]، ۸۹۳:۱۹۹۸). یو و همکاران (۳۶۱:۲۰۰۳)، بیان کردند به منظور کاهش خطرات محیط‌زیستی در طرح‌ریزی سیماهای خطی، روش تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر (LCPA[6]) به کمک GIS روشی مفید به حساب می‌آید (چاندیو[7] و همکاران، ۹۰۷:۲۰۱۲). روش LCPA در شناسایی "کم‌هزینه‌ترین" یا "ارزان‌ترین" مسیر از یک نقطه به نقطهٔ دیگر بر روی لایهٔ سطح هزینه[8] یا لایهٔ سطح اصطکاک[9] نقش بسزایی دارد. داگلس (۳۷:۱۹۹۴) بیان کرد که روش LCPA را می‌توان با تهیهٔ یک سطح هزینهٔ تجمعی که طی آن بهترین مسیر از نقطهٔ شروع به نقطهٔ پایان شناسایی می‌شود، انجام داد. سطح هزینهٔ تجمعی از سطح هزینه با محاسبهٔ هزینهٔ تجمعی هر سلول از نقطهٔ شروع تهیه

1. Brito
2. Han and weng

3. Geograghical Information System
4. Douglas
5. Lee and Stucky
6. Least Cost Path Analysis
7. Chandio
8. Cost Surface
9. Friction Surface

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود (باگلی[1] و همکاران، ۲۳۴:۲۰۱۱). از جمله استفادههای بالقوهٔ این روش در طرح‌ریزی مسیرهای مسافرتی، ساخت و ساز جاده، سیستم‌های آبیاری و البته مسیریابی خطوط لوله است (یو[2] و همکاران، ۳۶۱:۲۰۰۳). این روش در تعدادی از نرم‌افزارهای تجاری مثل ArcGIS و IDRISI قابل اجرا است (چو و نیتو[3]، ۹۸۳:۲۰۱۱).

در خصوص روش LCPA مطالعات زیادی انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. ستوده و همکاران (۶۵:۱۳۸۶)، مسیریابی خط راه‌آهن رشت به انزلی را با استفاده از اصول محیطزیستی به شیوهٔ خودکار، به کمک GIS انجام دادند. در این رابطه، ابتدا مشخصه‌های تاثیرگذار بر مسیریابی راه آهن شناسایی شدند. این مشخصه‌ها شامل شیب، خصوصیات زمین‌شناسی، خصوصیات خاک، پوشش اراضی، رودخانه‌ها، راه‌ها و میراث فرهنگی هستند. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، عمل وزن‌دهی لایه‌ها انجام گرفت و سپس روی هم گذاری شدند. در نهایت براساس الگوریتم مسیریابی در نرم‌افزار IDRISI مسیرهایی به صورت خودکار طراحی شدند. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[4])، مسیر بهینه از بین این مسیرها و مسیرهای تهیه شده به روش دستی انتخاب شد. نتایج نشان داد که مسیرهای طراحی شده به شیوهٔ خودکار از لحاظ محیطزیستی به مراتب از مسیرهای طراحی شده با روش دستی بهتر است. عابدیان (۱۳۸۸)، مسیریابی شبکهٔ جاده‌ای شهرستان‌های گلوگاه، بندرگز و کردکوی واقع در استان گلستان را براساس پارامترهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین انجام داد. در این پژوهش ۱۶ معیار در مسیریابی شبکهٔ جاده‌ای معرفی شدند. عمل تلفیق معیارها با استفاده از روش WLC[5] انجام شد و فرآیند مسیریابی به دو روش صورت گرفت. در روش اول فرض بر این بود که لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر که با یکدیگر تلفیق می‌شوند و ایجاد لایهٔ هزینه می‌کنند، دارای مقادیر مکانی ثابتی هستند که در این صورت فرآیند مسیریابی در یک مرحله به کمک روش LCPA توسط نرم‌افزار IDRISI انجام شد. در روش دوم به منظور رسیدن به یک مسیر بهینه از نظر میزان رعایت مشخصه‌های محیطزیستی سه مسیر دیگر با در نظر گرفتن حریم‌ها و استانداردهای متفاوت به شیوهٔ خودکار طراحی شد. سپس چهار مسیر حاصل به منظور تعیین مسیر بهینه با یکدیگر مقایسه شدند و در نهایت مسیر بهینهٔ حاصل با مسیر موجود در منطقه مقایسه گردید. نتایج نشان داد که اگرچه مسیر حاصل از این روش کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه نبوده است، اما از تمامی مناطق حساس محیطزیستی به دور است و کوتاه‌ترین مسیر ممکن را با رعایت مسائل محیطزیستی در نظر می‌گیرد. باگلی و همکاران (۲۳۴:۲۰۱۱) با ترکیب روش ارزیابی چند معیاره (MCE[6]) و روش تحلیل کم‌هزینه‌ترین مسیر (LCPA) مناسب‌ترین مسیر برای انتقال خط برق هوایی ۱۳۲ کیلووات پیشنهاد کردند. دراین پژوهش معیارهایی از قبیل هزینه، قابلیت رویت خط برق، تراکم جمعیت و حفظ طبیعت اکوسیستم در نظر گرفته شدند. در مقایسه با مطالعات انجام شده به کمک روش LCPA، روش پیشنهادی دیدگاه و رویکردی جدیدی در مورد موقعیت نقاط شروع و پایان خط برق، معرفی می‌کند. در حالی که معمولا محل نقاط شروع و پایان این خطوط ثابت فرض می‌شود، در این پژوهش فرض شده است موقعیت این نقاط در محدودهٔ کوچکی می‌تواند تغییر کند. به این صورت که در شعاع حدود ۵۰۰ متر اطراف محل شروع و پایان این خط، دو نقطه به‌عنوان نقاط شروع و دو نقطه به عنوان نقاط پایان در نظر گرفته شد. این امر منجر به تولید مسیرهای متعدد شد که در مرحلهٔ بعدی به کمک ارزیابی چند معیاره، با یکدیگر مقایسه شدند. این مطالعه نشان می‌دهد تغییرات جزئی در نقاط شروع و پایان خطوط انتقال برق، به طور قابل توجهی می‌تواند منجر به تولید مسیرهای گوناگون و

1. Bagli
2. Yu
3. Choi and Nieto
4. Analytical Hierarchy Process
5. Weighted Linear Combination
6. Multi Criteria Evalution

www.SID.ir

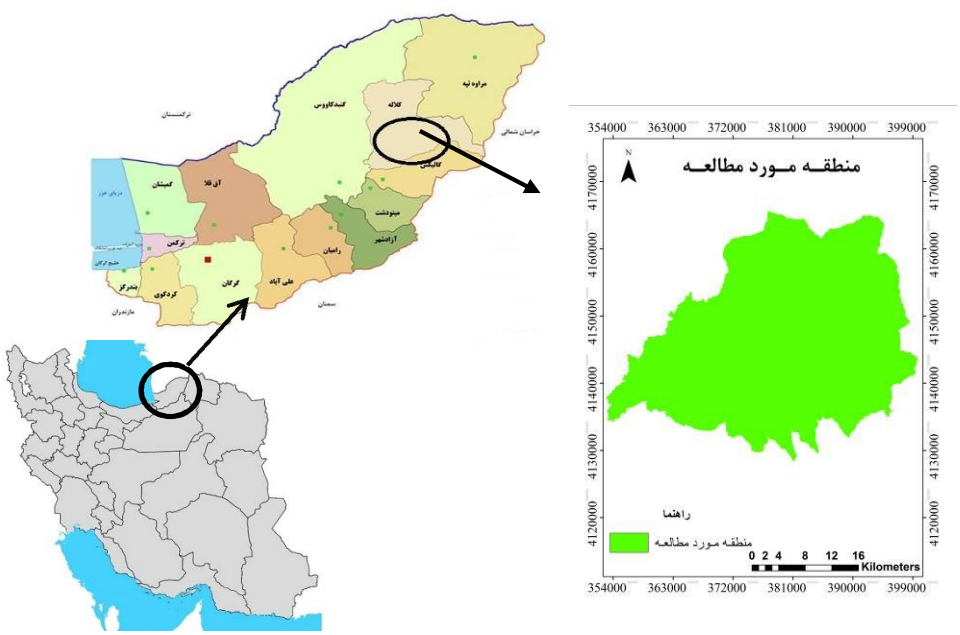
Archive of SID

به تبع سبب سطوح اثرات متفاوتی شود. ایـن روش در یک مطالعهٔ موردی واقعی در شمال شرقی ایتالیا مورد آزمایش قـرار گرفـت. عفـت و حسـن (۱۴۱:۲۰۱۳) از GIS برای توسعهٔ مسیری با حداقل هزینـه (LCP) بـه منظور ایجاد مسیر اتصـال سـه شـهر واقـع در منطقـهٔ صحرایی سینای پینین سولای مصـر اسـتفاده کردنـد. فاکتورهای شناسایی شده در این مطالعه به دو بخـش تقسـیم شـدند؛ فاکتورهـای مهندسـی و فاکتورهـای محیطزیستی و فرهنگـی. پـس از تهیـهٔ سـطح هزینـه برای هر فاکتور، عمـل اسـتانداردسـازی فاکتورهـا بـه روش طبقهبندی مجدد و وزندهی آنها به با اسـتفاده از روش AHP انجام گرفت. آنگاه براساس سـه دیـدگاه مهندسی، محیطزیستی و ترکیبی (ترکیبـی از دیـدگاه مهندسی و محیطزیستی)، عمل ادغام فاکتورها صورت گرفت. الگوریتم (LCP) برای تعیـین کـمهزینـهتـرین مسیر به کار گرفته شد و در نهایت سـه مسـیر تولیـد گردید. برای مقایسهٔ مسیرهای حاصـل از روش MCE استفاده شد. سرانجام مسیر ترکیبی بـه عنـوان مسـیر بهینه پیشنهاد گردید.

در ایـن پـژوهش پـس از تعیـین و شناسـایی معیارهای محیطزیستی تاثیرگذار بر مسیریابی خطوط لولهٔ انتقال گـاز طبیعـی در اسـتان گلسـتان و تهیـه و جمعآوری نقشههای پایهای مورد نیاز، با رعایت اصـول فنی مورد نظر کارشناسان شرکت گاز استان گلسـتان، با استفاده از روش LCPA در نـرمافـزار IDRISI و بـه کمـک روش MCE، مسـیر پیشـنهادی بـرای انتقـال خطوط لولهٔ گاز طبیعـی در محـدودهٔ مطالعـاتی مـورد نظر در استان گلستان مشخص گردیده اسـت؛ سـپس مسیر پیشنهادی مذکور، با مسیر پیشنهادی مورد نظـر کارشناسان شرکت گاز مقایسه شد و در نهایـت مسـیر بهینه و ویژگیهای آن معرفی گردید.

منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه دهنهٔ زاو نام دارد. این منطقـه در شرق استان گلستان واقع شده است. بخش اعظمـی از آن در شهرسـتان کلالـه و بخـش کـوچکی از آن در شهرستان گالیکش قرار دارد. این منطقـه در محـدودهٔ ۳۷ درجه و ۳۷/۴۴ دقیقه و ۵۴ ثانیـه تـا ۳۷ درجـه و ۱۷/۴۹ دقیقه و ۳۲ ثانیه عرض شـمالی و ۵۵ درجـه و ۵۱/۵۶ دقیقه و ۳۸ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۲۰/۳۴ دقیقـه و ۵۲ ثانیه طول شـرقی واقـع شـده اسـت (سـالنامـهٔ آمـاری اسـتان گلسـتان، ۲۵۳:۱۳۸۹). شـکل (۱)، موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه را نشان میدهد.



شکل ۱: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

مسیر پیشنهادی از روستای قره یسر پایین، واقع در دهستان عرب داغ در بخش پیشکمر شهرستان کلاله به روستای قوشه چشمه، واقع در دهستان گلستان در بخش لوه شهرستان گالیکش کشیده می‌شود که نتیجهٔ آن برخورداری ۱۲ روستا (در مجموع ۱۵۹۰ خانوار با جمعیتی بیش از ۵۷۰۰ نفر)، از گاز طبیعی خواهد بود.

روش تحقیق

به‌طورکلی برای انجام این پژوهش، سه مرحلهٔ اساسی وجود دارد که شامل گام‌های اصلی زیر است:
گام اول: تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت منطقه جهت توسعهٔ خط لولهٔ انتقال گاز طبیعی به کمک روش MCE
گام دوم: تعیین مسیر پیشنهادی جهت توسعهٔ زیرساخت خطی مذکور به کمک روش LCPA
گام سوم: مقایسهٔ مسیر پیشنهادی حاصل از روش مذکور با مسیر پیشنهادی شرکت گاز به منظور تعیین مسیر بهینه

گام اول، تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت منطقه جهت توسعهٔ خط لولهٔ انتقال گاز طبیعی به کمک روش MCE: برای رسیدن به یک هدف خاص، اغلب نیاز است معیارهای متعددی مورد ارزیابی قرارگیرند، چنین فرآیندی، ارزیابی چند معیاره نامیده می‌شود (سلمان ماهینی و غلامعلی‌فرد[1]، ۴۳۶:۲۰۰۶). در ارزیابی محیط‌زیست با استفاده از روش MCE، می‌توان پنج مرحلهٔ اصلی را تعریف نمود (سلمان ماهینی، ۱۳۹۱) که عبارتند از تعیین هدف، تعیین و شناسایی معیارهای موثر بر هدف، استانداردسازی معیارها (فاکتورها و محدودیت‌ها)، وزن‌دهی فاکتورها و تلفیق معیارها به کمک روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و نتیجه‌گیری.

- مرحلهٔ اول- تعیین هدف:

منظور از هدف، تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت منطقه جهت توسعهٔ خط لولهٔ انتقال گاز طبیعی در منطقهٔ مورد مطالعه است.

- مرحلهٔ دوم- تعیین و شناسایی معیارهای موثر بر هدف:

معیارها پایه و اساس یک تصمیم‌گیری هستند که می‌توانند اندازه‌گیری و ارزیابی شوند (ایستمن[2]، ۱۲۷:۲۰۰۳). معیارها باید جامع و کامل باشند به‌طوری که تمامی جنبه‌های ممکن مسئلهٔ تصمیم‌گیری را پوشش دهند و منجر به تجزیه و تحلیل کامل شوند. در عین حال، معیارها باید دو به دو ناسازگار باشند (بدون تکرار)، تا از محاسبهٔ دوبارهٔ جنبه‌های تصمیم‌گیری جلوگیری شود و امکان شناسایی جبران‌های مهم و اصلی به وضوح فراهم شود (پروکتور و دریچلر[3]، ۵:۲۰۰۳). معیارها در دو دسته‌ی فاکتورها و محدودیت‌ها جای می‌گیرند (ایستمن، ۱۲۷:۲۰۰۳). در ادامه به تعریف هر یک پرداخته می‌شود.

فاکتورها، معیارهایی هستند که درجات مطلوبیت را برای تمام مناطق جغرافیایی تعریف می‌کنند. این معیارها، مناطق را به صورت اعداد پیوستهٔ مطلوبیت نشان می‌دهند. امتیاز فاکتورها در محاسبهٔ مطلوبیت کلی هر موضوع، ممکن است زیاد (امتیاز بالا) و یا کم (امتیاز کم) باشد (براساس روش مورد استفاده در ترکیب معیارها، این تفاوت درجه ایجاد خواهد شد) (ایستمن، ۲۰۹:۱۳۸۸).

محدودیت‌ها شامل آن دسته از معیارهای بولی هستند که تحلیل را برای مناطق خاص جغرافیایی محدود می‌کنند (ایستمن، ۲۰۸:۱۳۸۸). در بسیاری از موارد محدودیت‌ها به شکل یک نقشهٔ بولین بیان می‌شوند. در این حالت مناطق مورد مطالعه کد یک و مناطق خارج از آن، کد صفر را خواهند گرفت.

براساس پژوهش‌های انجام شده در این راستا و با توجه به نظر اساتید راهنما و متخصصان شرکت گاز استان گلستان، معیارهای موثر بر مسیریابی خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی در منطقهٔ مورد مطالعه تعیین و شناسایی شدند. در این مطالعه براساس ملاحظات فنی

1. Salmanmahini and Gholamalifard

2. Eastman
3. Proctor and Drechsler

www.SID.ir

Archive of SID

و مهندسی و محیط‌زیستی ۲۰ معیار که به پنج گروه تقسیم شده‌اند، در روش MCE به کار برده شد (جدول ۱).

جدول ۱: گروه‌ها و معیارهای به کار گرفته شده در مسیریابی خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی

گروه	معیار
زمین‌شناسی	سنگ بستر، خطر زلزله، خطر لغزش
خاک‌شناسی	هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، بافت، عمق، فرسایش خاک
آب‌شناسی (هیدرولوژی) و اقلیم	چشمه، چاه، خطر سیل‌خیزی، خطر یخبندان
شکل زمین (توپوگرافی)	ارتفاع، شیب، خطالراس
رستنی‌ها، جانوران و منابع اقتصادی- اجتماعی	تراکم پوشش گیاهی، تیپ جنگلی، مطلوبیت زیستگاه، مناطق تحت حفاظت، پوشش/ کاربری زمین

در این میان نقشه شیب از نقشهٔ ارتفاعی (DEM[1]) منطقه و نقشهٔ فرسایش خاک به کمک مدل راسل (RUSLE[2]) در نرم‌افزار IDRISI تهیه گردید. سایر نقشه‌ها از منابع قابل اطمینان (پوشهٔ الکترونیکی داده‌ها - سلمان ماهینی، ۱۳۹۰) دریافت شده‌اند.

همان‌طور که گفته شد معیارها می‌توانند در دو دسته‌ی فاکتورها و محدودیت‌ها جای بگیرند. بر این اساس، از میان ۲۰ معیار به کار گرفته شده، تنها معیار مناطق تحت حفاظت صرفا به عنوان محدودیت عمل می‌کند و سایر معیارها بنابر تشخیص در یکی از دو دستهٔ فاکتور و محدودیت و یا هر دو دسته قرار گرفته شدند.

- مرحلهٔ سوم- استانداردسازی معیارها (فاکتورها و محدودیت‌ها):

از آنجای که در روش ارزیابی چند معیاره، معیارهای گوناگونی در مقیاس‌های متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند، ضروری است که معیارها قبل از ترکیب با یکدیگر استاندارد شوند (ایستمن، ۱۳۳:۲۰۰۳؛ سلمان ماهینی و غلامعلی فرد، ۴۳۷:۲۰۰۶). در این پژوهش استانداردسازی معیارها براساس دو منطق بولین و فازی انجام شد.

براساس منطق بولین استانداردسازی محدودیت‌ها به کمک توابع Buffer و Reclass نرم‌افزار IDRISI انجام گرفت.

بر پایهٔ منطق فازی، یک روش مقیاس‌گذاری خطی که از ارزش‌های حداقل و حداکثر به عنوان نقاط مقیاس‌گذاری استفاده می‌کند (معادلهٔ ۱)، در این پژوهش برای استانداردسازی فاکتورها به کار گرفته شد (ایستمن، ۱۳۳:۲۰۰۳؛ ماهینی و غلامعلی‌فرد، ۴۳۷:۲۰۰۶). این روش منجر به استانداردسازی فاکتورها در مقیاس ۲۵۵-۰ بایتی می‌شود (ماهینی و غلامعلی‌فرد، ۴۳۷:۲۰۰۶).

معادلهٔ (۱)

$$X_i=\frac{(Ri-Rmin)}{(Rmax-Rmin)}\times Standardized\text{–}range$$

در این رابطه

R_i: نمرهٔ خام

R_{min}: حداقل نمره

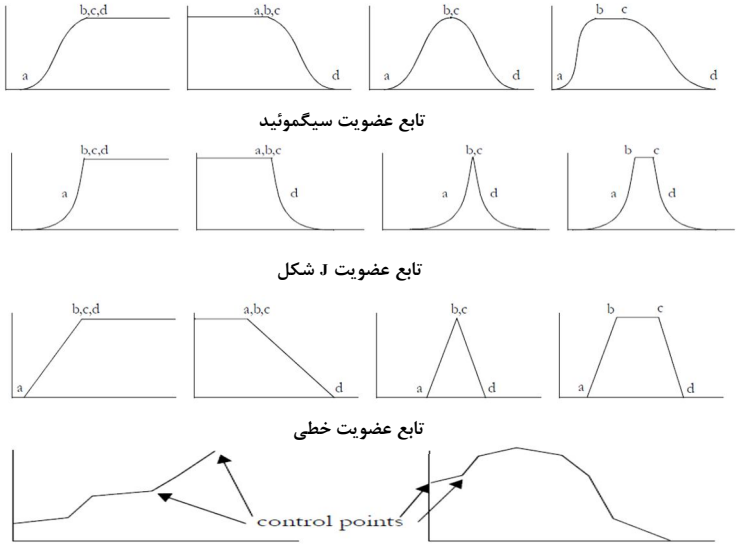
R_{max}: حداکثر نمره است.

این عمل به کمک تابع Fuzzy نرم‌افزار IDRISI انجام گرفت. تابع Fuzzy براساس چهار تابع عضویت؛ خطی، سیگموئید (S شکل)، J شکل و user-defined که عضویت توسط کاربر تعریف می‌شود، ارزش‌ها (احتمال) عضویت فازی را می‌سنجد. در این حالت توابع کاهشی یکنواخت، افزایشی یکنواخت و متقارن به‌عنوان اشکال توابع عضویت پشتیبانی می‌شوند (شکل ۲) (ایستمن، ۱۵۷:۲۰۰۳-۱۵۶).

1. Digital Elevation Model
2. Revised Universal Soil Loss Equation

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: توابع عضویت فازی و انواع اشکال آن

در این پژوهش از توابع خطی و تعریف شده توسط کاربر استفاده شده است.

- مرحلهٔ چهارم- وزن‌دهی فاکتورها:

در ارزیابی چندمعیاره، اولویت‌بندی معیارها توسط تصمیم‌گیران از طریق وزن‌هایی که به هر یک از معیارها نسبت می‌دهند، انجام می‌شود. در تحلیل‌هایی که در آن تصمیم‌گیران مختلفی شرکت می‌کنند، این بخش می‌تواند با اهمیت‌ترین بخش کل فرآیند تصمیم‌گیری باشد (پروکتور و دریچلر، ۵:۲۰۰۳). رو[1] و همکاران بیان کردند که روش منطقی برای توسعهٔ چنین وزن‌هایی، روش مقایسات زوجی توسعه یافتهٔ ساعتی[2] (۱۹۷۷) است (اتکینسن و همکاران، ۲۹۱:۲۰۰۵). بر این اساس، در پژوهش حاضر به منظور وزن‌دهی فاکتورها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[3]) استفاده گردید.

روش AHP که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، پایه و اساسی ساختاری را به منظور کمی‌سازی فاکتورهای تصمیم‌گیری در قالب انجام مقایسات زوجی بین فاکتورها ارائه می‌دهد. این روش به‌طور عمده از پیچیدگی‌های فرآیند تصمیم‌گیری می‌کاهد و به سادگی آن می‌افزاید (عفت و حسن[4]، ۱۴۴:۲۰۱۳).

مقادیر مربوط به مقادیر زوجی باید کامل به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیری اختیاری در نظر گرفته نشوند. اما اولویت‌ها و سلایق افراد مختلف، گوناگون بوده و وابستگی این روش به آرای تحلیلگران ممکن است سبب آشفتگی و انحراف در محاسبات شود؛ به همین دلیل ساعتی (۱۹۸۰) یک شاخص عددی منحصر به فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسهٔ زوجی مهیا کرد و نسبت Cr تعریف شد (میرزایی و همکاران، ۱۱۲:۱۳۹۳). ساعتی (۱۹۸۰) بیان کرد که مقدار Cr ۰/۱ یا کمتر از آن قابل قبول است (اتکینسن و همکاران، ۲۹۲:۲۰۰۵؛ جیبانی[5] و همکاران، ۵:۲۰۱۳؛ عفت و حسن، ۱۴۵:۲۰۱۳؛ کوکسان[6] و همکاران، ۴۸:۲۰۱۳).

- مرحلهٔ پنجم- تلفیق معیارها به کمک روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و نتیجه‌گیری:

موضوع اولیه در ارزیابی چند معیاره مربوط به

1. Rao
2. Saaty
3. Analytical Hierarchy Process
4. Effat and Hassan
5. Gbanie
6. Koc-San

www.SID.ir

Archive of SID

چگونگی ترکیب اطلاعات حاصل از معیارهای متعدد به منظور تشکیل یک شاخص واحد ارزیابی است (ایستمن، ۱۳۲:۲۰۰۳). یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در ترکیب داده‌ها، روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) است (ایستمن، ۲۲۹:۱۳۸۸؛ هاپکینز[1]، ۳۸۸:۱۹۷۷). ایستمن و جاینگ[2] (۲۰۰۰) بیان کردند که روش WLC امکان جبران کامل را بین تمامی فاکتورها فراهم می‌کند و نسبت به رویکردهای بولین بسیار بیشتر انعطاف‌پذیر است (ماهینی و غلامعلی فرد، ۴۳۷:۲۰۰۶). در WLC هر فاکتور استانداردشده در وزن مرتبط با آن ضرب می‌گردد، سپس فاکتورها با هم جمع می‌شوند (ایستمن، ۲۲۹:۱۳۸۸). آنگاه از حاصل جمع آن‌ها، نقشهٔ مطلوبیت بدست می‌آید. فرمول این روش مطابق معادلهٔ (۲) است (ایستمن، ۲۰۰۳: ۱۳۳-۱۳۲).

معادلهٔ (۲) $S=\sum WiXi$

در این رابطه،

S: مطلوبیت

Wi: وزن فاکتور

Xi: ارزش فازی فاکتور i است.

در مواردی که محدودیت‌های بولین نیز استفاده می‌شوند، این رویکرد می‌تواند با حاصل‌ضرب مطلوبیت بدست آمده از فاکتورها در محدودیت‌ها اصلاح شود یعنی (معادلهٔ ۳):

معادلهٔ (۳) $S = \sum WiXi \times \pi Cj$

در این رابطه،

Cj: ارزش بولین محدودیت j است.

در این حالت مناطقی که نباید محاسبه گردند، خارج می‌شوند. تصویر نهایی مربوط به محاسبهٔ ترکیب مطلوبیت در محدودهٔ صفر تا ۲۵۵ برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه ندارند (ایستمن، ۲۲۹:۱۳۸۸). تمامی نرم‌افزارهای GIS، ابزارهای اساسی و پایه‌ای را برای ارزیابی چنین مدلی فراهم می‌کنند. به علاوه، در نرم‌افزار IDRISI تابع MCE برای تسهیل بخشیدن به این فرآیند توسعه پیدا کرده است (ایستمن، ۱۳۳:۲۰۰۳).

گام دوم، تعیین مسیر پیشنهادی جهت توسعهٔ زیرساخت خطی مذکور به کمک روش LCPA:

برای تعیین مسیر بهینه بین دو موقعیت فیزیکی سه مرحلهٔ اصلی وجود دارد:

۱- تهیهٔ لایهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک: لایهٔ سطح هزینه یا لایهٔ سطح اصطکاک توسط یک نقشهٔ رستری نشان داده می‌شود. در این نقشه به هر سلول عددی تعلق گردید که معرف میزان هزینهٔ نسبی است که برای عبور از سلول مورد نظر باید پرداخته شود (باگلی و همکاران، ۲۳۴:۲۰۱۱). به عبارت دیگر، مقادیر نسبت داده شده به هر یک از سلول‌ها به‌عنوان وزن‌هایی برای محاسبهٔ مسیرهایی با حداقل هزینه استفاده می‌شوند. این وزن‌ها میزان اصطکاک یا دشواری عبور از هر سلول را نشان می‌دهد و ممکن است براساس زمان، فاصله، هزینه یا میزان خطر باشد (داگلس، ۱۹۹۴: ۳۹؛ لی و استاکی، ۸۹۳:۱۹۹۸؛ کولیشن و پیلار[3]، ۳۹۸:۲۰۰۰؛ باگلی و همکاران، ۲۳۴:۲۰۱۱). مقادیر اصطکاک معمولا نسبت به یک مقدار ثابت که ارزش یک دارد، محاسبه می‌شود (ایستمن، ۱۸۲:۱۳۸۸). این لایه از وزن‌دهی و ترکیب معیارهای گوناگون مکانی موثر در تعیین مسیر بهینه براساس اثرات تسهیل‌کنندگی یا منع‌کنندگی آن‌ها بر فرآیند مسیریابی بدست می‌آید (لی و همکاران، ۹۴۶:۲۰۱۰). بر این اساس، لایهٔ حاصل از روش ترکیب خطی وزن‌دار اساس این مرحله قرار گرفت.

۲- تهیهٔ لایهٔ سطح هزینهٔ تجمعی: لایهٔ سطح هزینهٔ تجمعی، نقشه‌ای رستری است که به هر یک از سلول‌های آن ارزشی نسبت داده می‌شود که معرف حداقل هزینهٔ تجمعی برای رسیدن از هر سلول به نقطهٔ مبدا است (دریزان و همکاران، ۳۱۵:۲۰۰۷؛ لی و همکاران، ۹۴۶:۲۰۱۰). این ارزش‌ها به عنوان فواصل هزینه‌ای شناخته می‌شوند (ایستمن، ۱۸۲:۱۳۸۸). سطح هزینهٔ

1. Hopkins
2. Eastman and Jiang
3. Collischon and Pilar

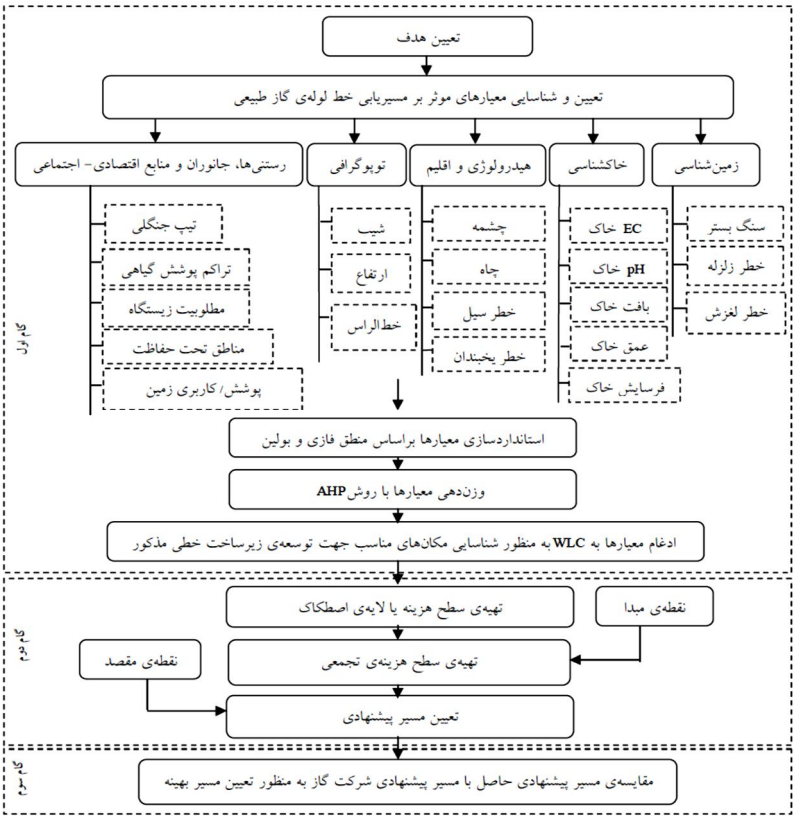
www.SID.ir

Archive of SID

تجمعی از ارزش‌های هر سلول از لایهٔ سطح هزینه (لایهٔ اصطکاک)، برای محاسبهٔ حداقل هزینهٔ تجمعی هر سلول از نقطهٔ مبدا استفاده می‌کند (لی و استاکی، ۸۹۳:۱۹۹۸). با استفاده از تابع Cost موجود در نرم‌افزار IDRISI هزینهٔ تجمعی هر سلول از نقطهٔ مبدا محاسبه می‌شود.

۳- تعیین کم‌هزینه‌ترین مسیر: سطح هزینهٔ تجمعی که در مرحلهٔ قبل تهیه شد، اساس این مرحله برای تعیین مسیر بهینه به تمامی نقاط روی سطح هزینه است (ابراهیمی‌پور و همکاران، ۴۱۳۹:۲۰۰۹). در این حالت از تابع Pathway نرم‌افزار IDRISI که در سال ۲۰۰۳ توسط ایستمن توسعه داده شد (یوسف و بابان، ۴:۲۰۰۴)، برای تعیین مسیری با کمترین هزینه بین نقاط مبدا و مقصد استفاده می‌شود.

گام سوم، مقایسهٔ مسیر پیشنهادی حاصل با مسیر پیشنهادی شرکت گاز به منظور تعیین مسیر بهینه: در این مرحله، مسیر پیشنهادی حاصل با مسیر پیشنهادی شرکت گاز با یکدیگر مقایسه شدند تا مسیر بهینه تعیین گردد. در این حالت میزان حساسیت هر یک فاکتورهای دخیل در مسیریابی در مقابل عبور هر یک از مسیرها به کمک تابع Extract (تابع Extract در نرم‌افزار IDRISI برای استخراج آمار اولیه برای عوارض تصویر (براساس ارزش آن‌ها در تصویر اصلی تعریف‌کنندهٔ عوارض) مورد استفاده قرار گرفت (ایستمن، ۱۴۶:۱۳۸۸). در این حالت میانگین و انحراف معیار کل معیارها در طول دو مسیر بررسی شدند؛ همچنین میزان تقاطع هر یک از مسیرها با زیرساخت‌های خطی موجود در منطقه و طول مسیرها نیز بررسی گردید. نگارهٔ فرآیند در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل ۳: نگارهٔ مراحل انجام پژوهش

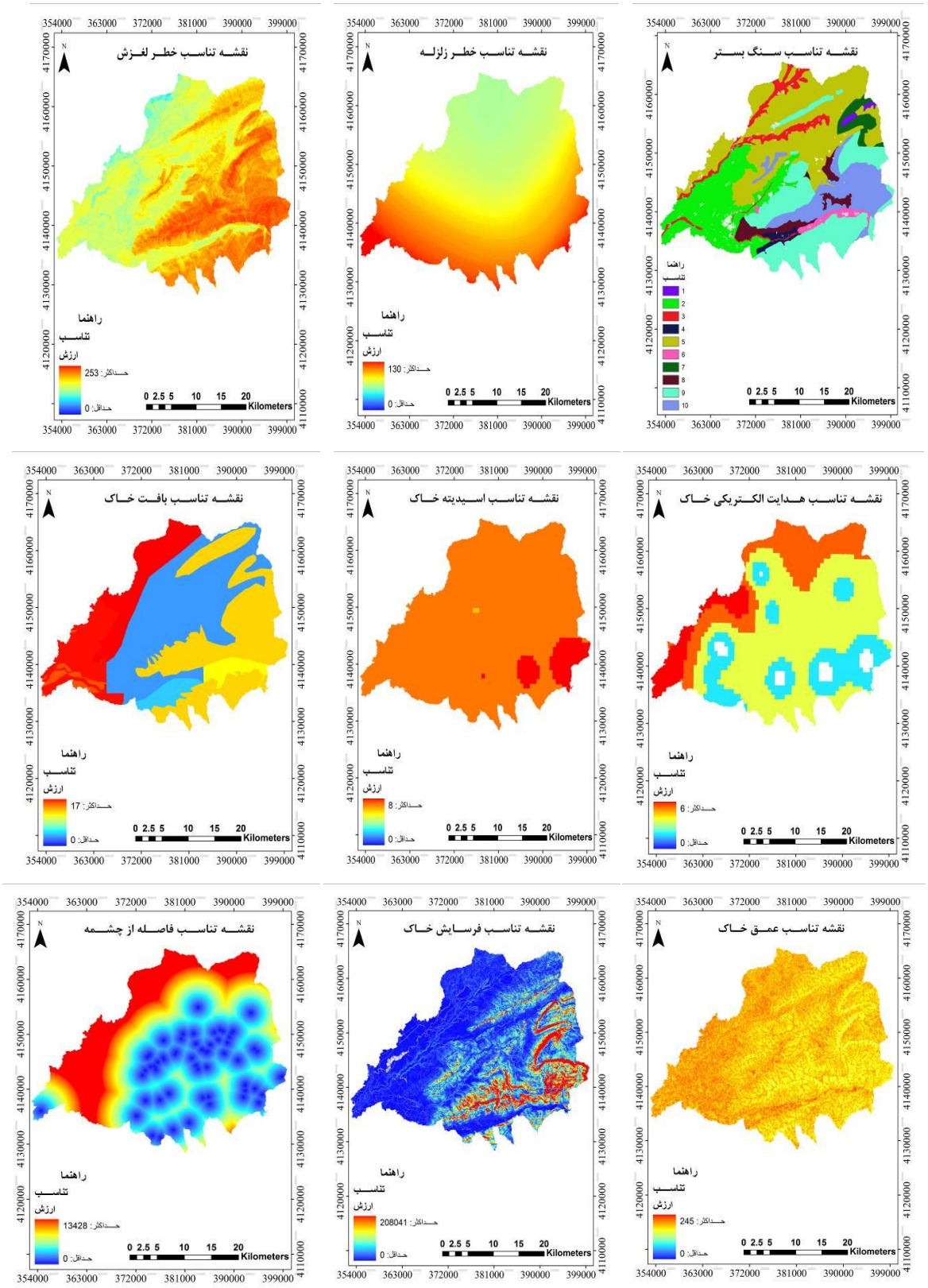
نتایج

در شکل (۴) نقشهٔ تناسب هر یک از فاکتورها نمایش داده شده است. همچنین نقشهٔ مطلوبیت منطقه از نظر هر یک از فاکتورها که نتیجهٔ استانداردسازی فاکتورها به کمک تابع Fuzzy است،

www.SID.ir

Archive of SID

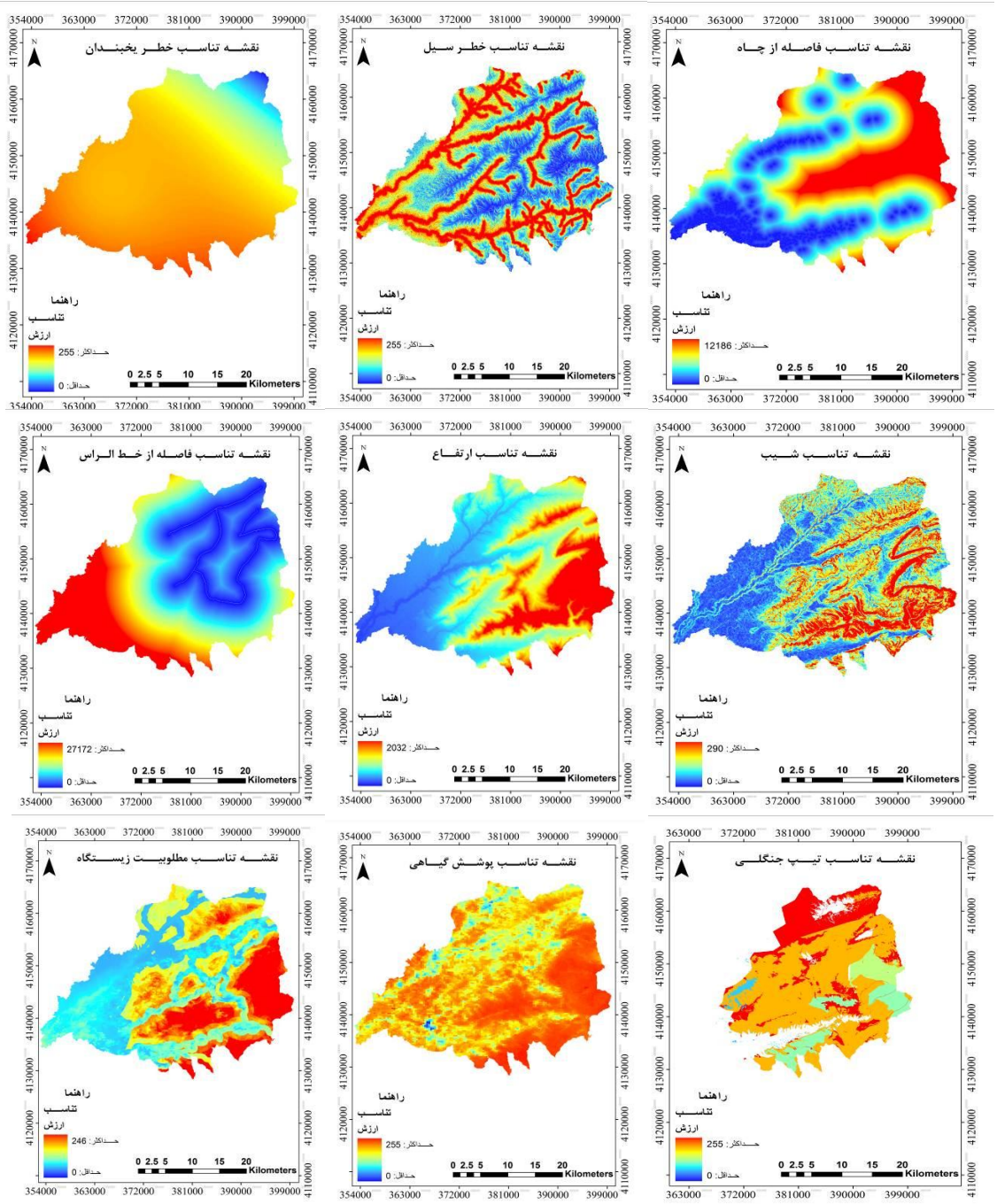
در شکل (۵) نشان داده شده است. در هریک از نقشه‌های مذکور با پیش رفتن ارزش‌ها به سمت عدد ۲۵۵ مطلوبیت منطقه از نظر فاکتور مورد نظر نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴: نقشهٔ تناسب هر یک از فاکتورهای مورد استفاده

www.SID.ir

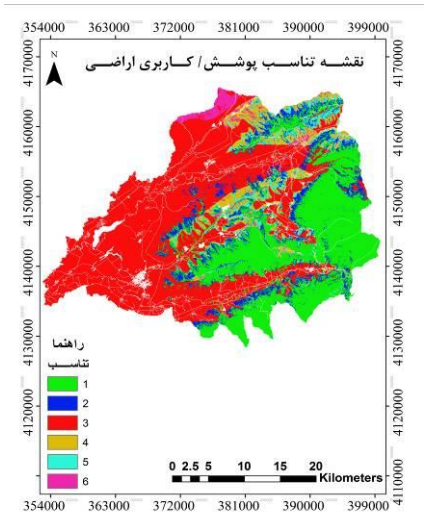
Archive of SID



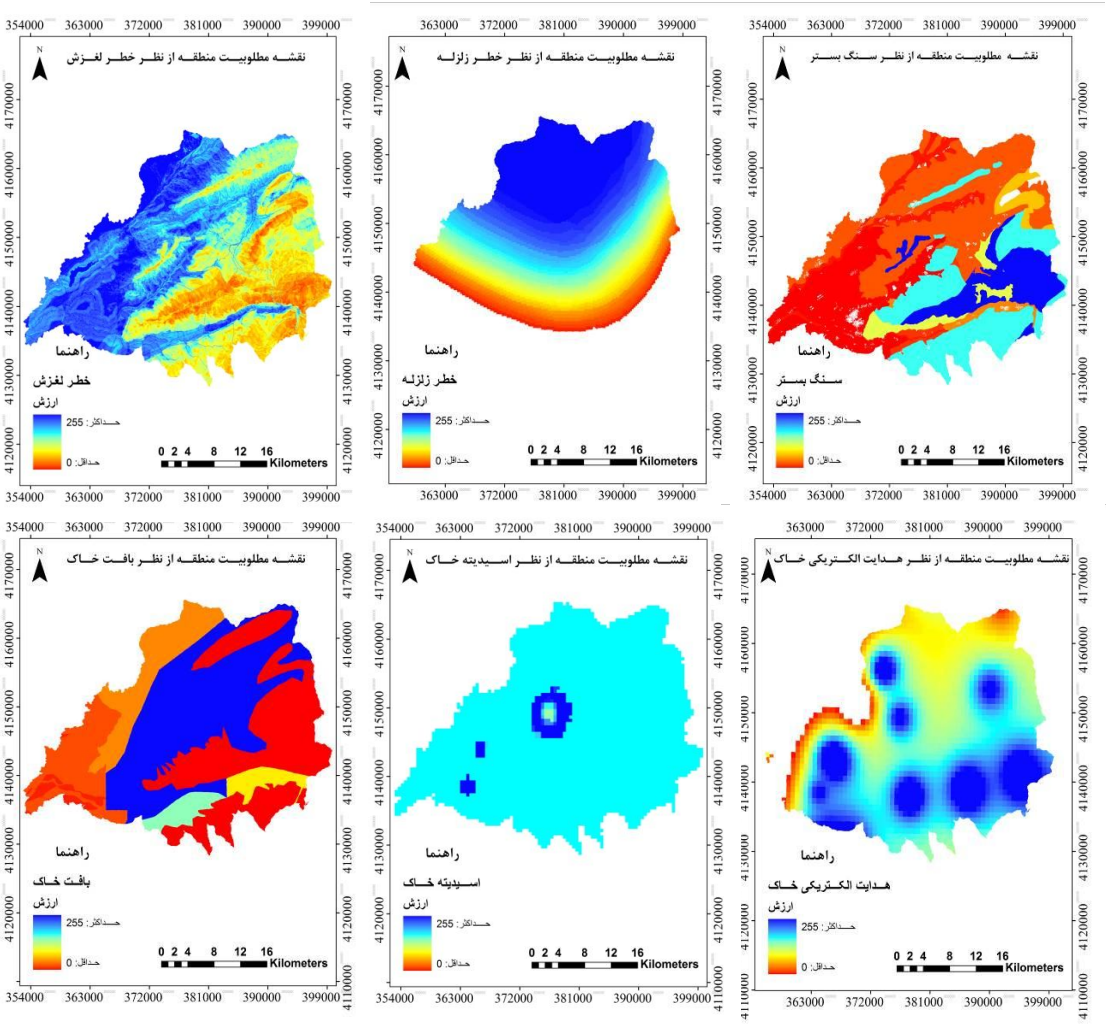
شکل ۴: نقشهٔ تناسب هر یک از فاکتورهای مورد استفاده

www.SID.ir

Archive of SID



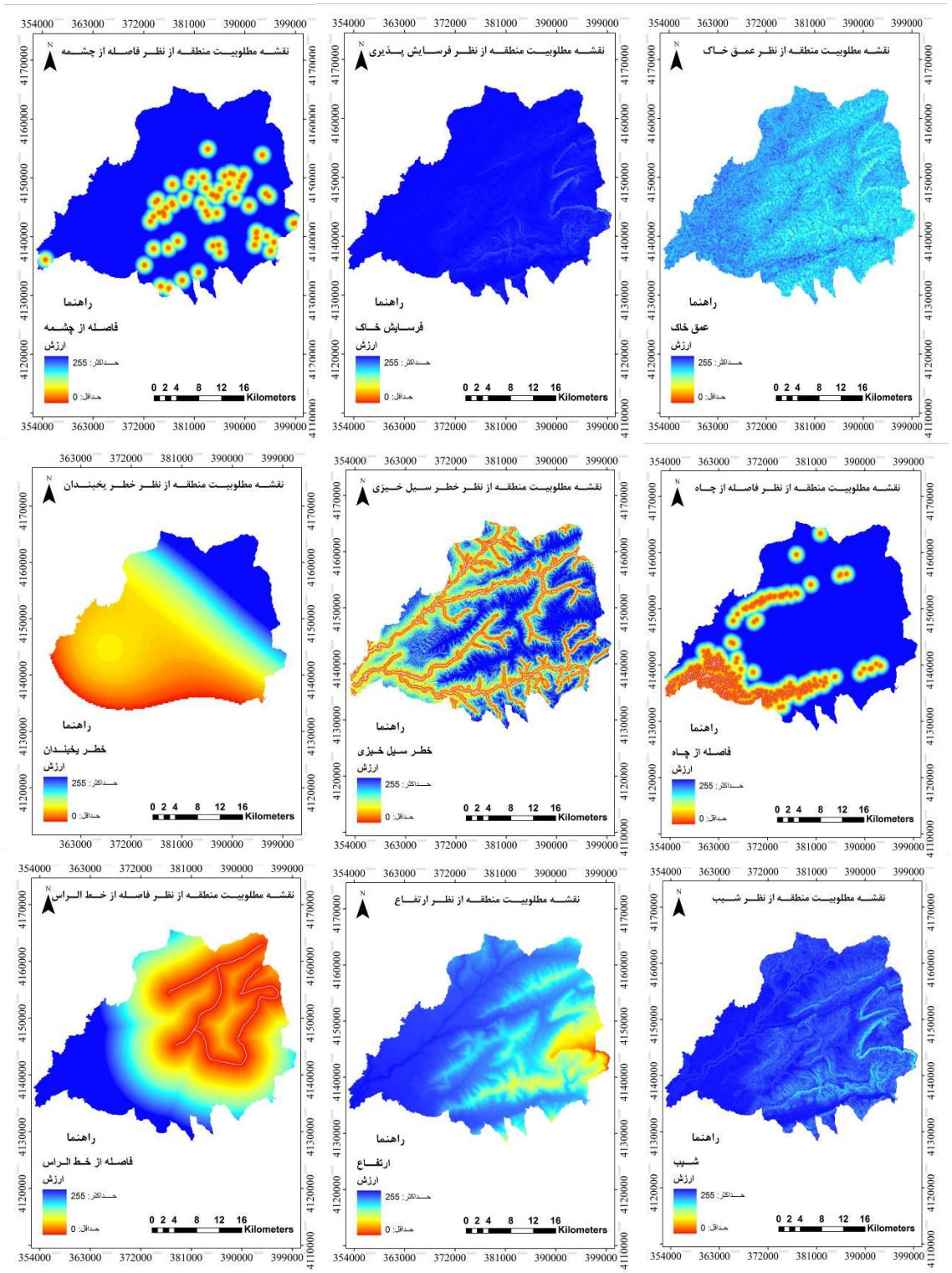
شکل ۴: نقشهٔ تناسب هر یک از فاکتورهای مورد استفاده



شکل ۵: نقشهٔ مطلوبیت منطقه از نظر هر یک از فاکتورهای مورد استفاده

www.SID.ir

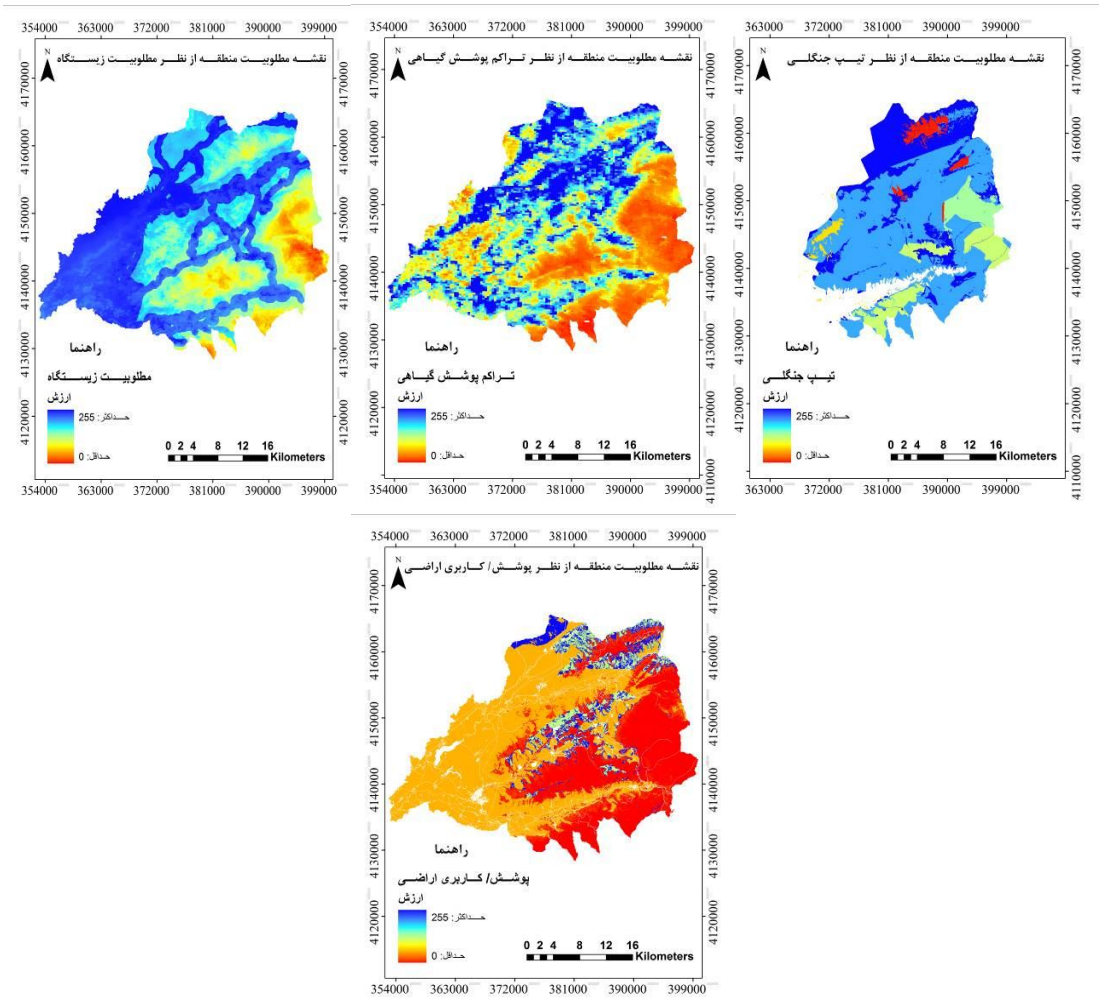
Archive of SID



شکل ۵: نقشهٔ مطلوبیت منطقه از نظر هر یک از فاکتورهای مورد استفاده

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: نقشهٔ مطلوبیت منطقه از نظر هر یک از فاکتورهای مورد استفاده

جهت اولویت‌بندی و وزن‌دهی فاکتورها از روش AHP به کمک ماتریس مقایسات زوجی استفاده شده است. جداول (۳) و (۴)، وزن‌های نسبت داده شده به هر یک از گروهها و فاکتورهای موجود در هر یک از گروهها را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر نرخ سازگاری در سطح گروه‌ها و فاکتورها محاسبه گردید و چون کمتر از ۰/۱ بدست آمد، وزن‌دهی صحیح بوده و نیازی به تجدید داوری نیست.

عمل تلفیق نقشه‌های استاندارد شدهٔ فاکتورها با در نظر گرفتن وزن‌های متناظر آن‌ها و لایه‌های بولین شدهٔ محدودیت‌ها در محیط IDRISI انجام گرفت (شکل ۶). نقشه رستری نهایی، نقشهٔ مطلوبیت منطقه جهت توسعهٔ خط لولهٔ انتقال گاز طبیعی است (شکل ۷). در این نقشه با افزایش ارزش‌ها، مطلوبیت منطقه برای احداث زیرساخت خطی مذکور افزایش می‌یابد. نقشهٔ نهایی اساس تهیهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: وزن گروه‌ها

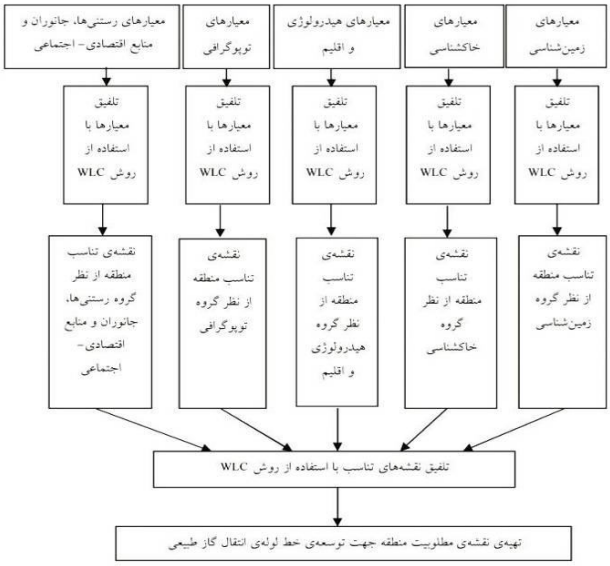
گروه	وزن
زمین‌شناسی	۰/۳۵
خاکشناسی	۰/۲۵
هیدرولوژی و اقلیم	۰/۱
توپوگرافی	۰/۱۵
رستنی‌ها، جانوران و منابع اقتصادی- اجتماعی	۰/۱۵

جدول ۴: وزن فاکتورها در هر یک از گروه‌ها

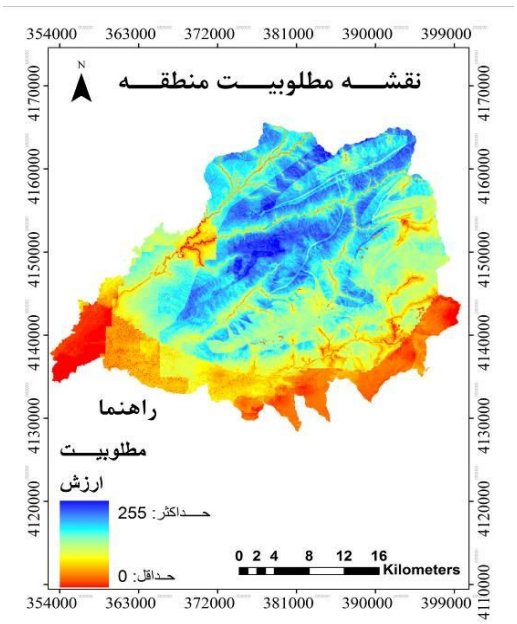
فاکتور	وزن
فاکتورهای مربوط به گروه زمین‌شناسی	
سنگ بستر	۰/۲۵
خطر زلزله	۰/٤
خطر لغزش	۰/۳۵
فاکتورهای مربوط به گروه خاکشناسی	
عمق خاک	۰/۲
خاک EC	۰/۱۵
خاک pH	۰/۱۵
بافت خاک	۰/۲
فرسایش خاک	۰/۳
فاکتورهای مربوط به گروه هیدولوژی و اقلیم	
فاصله از چشمه	۰/۳۵
فاصله از چاه	۰/۱
خطر سیل	۰/٤
خطر یخبندان	۰/۱۵
فاکتورهای مربوط به گروه توپوگرافی	
ارتفاع	۰/۲
شیب	۰/٤
فاصله از خط‌الراس	۰/٤
فاکتورهای مربوط به گروه رستنی‌ها، جانوران و منابع اقتصادی- اجتماعی	
تیپ جنگلی	۰/۳
تراکم پوشش گیاهی	۰/۳
مطلوبیت زیستگاه	۰/۲
پوشش/ کاربری زمین	۰/۲

$Cr = ۰/۰۶$ گـروهها

$Cr = ۰/۰۹$ فاکتورها



شکل ۶: چارچوب کلی تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت منطقه

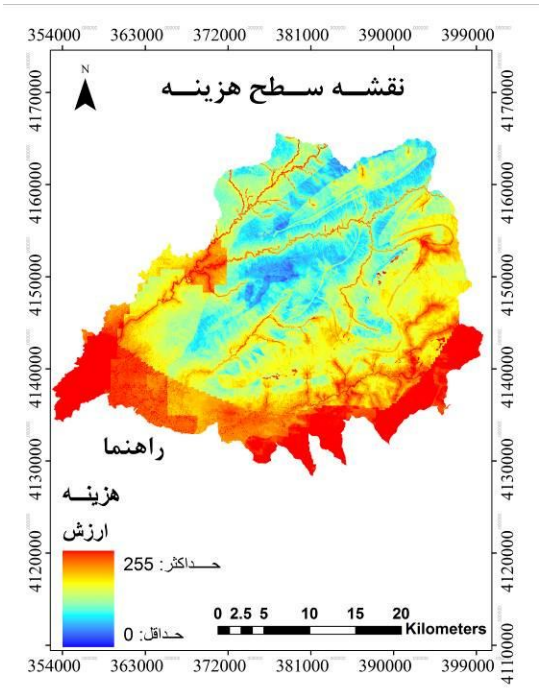


شکل ۷: نقشهٔ مطلوبیت منطقه جهت توسعهٔ خط لولهٔ انتقال گاز طبیعی

www.SID.ir

Archive of SID

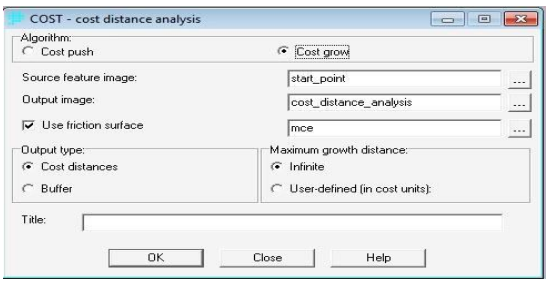
همان‌طور که بیان شد، نقشهٔ حاصل از روش WLC اساس تهیهٔ لایهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک است. از آنجای که مطلوبیت بالاتر در این نقشه معرف میزان هزینهٔ کمتر و در نتیجه میزان اصطکاک کمتر برای عبور خطوط لوله است، بنابراین، با معکوس کردن ارزش‌های نقشهٔ مذکور، لایهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک تهیه گردید (شکل ۸).



شکل ۸: نقشهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک

در این نقشه ارزش هر پیکسل، میزان مقاومت یا حساسیت آن پیکسل را نسبت به عبور خط لوله نشان می‌دهد، هر چه این مقدار بزرگتر باشد نشان‌دهندهٔ اصطکاک یا هزینهٔ بیشتر آن سلول در برابر عبور خط لوله است.

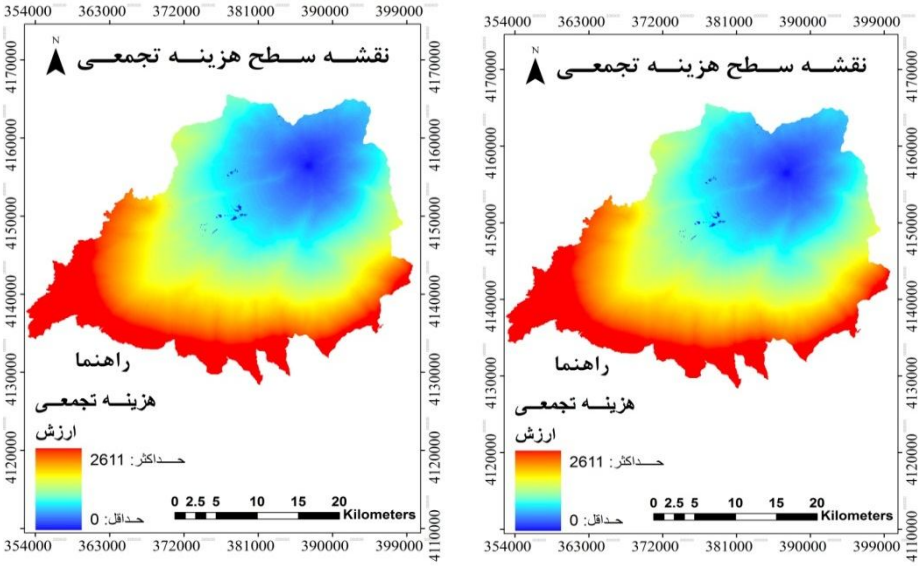
براساس شکل (۹) برای تهیهٔ لایهٔ سطح هزینهٔ تجمعی به کمک تابع Cost نیاز به دو لایهٔ اطلاعاتی داریم. یک لایهٔ معرف نقطهٔ مبدا (در این پژوهش نقطه‌ی مبدا معرف روستای قره یسر پایین است) که فواصل هزینه‌ای از آن محاسبه می‌شوند و دیگری لایهٔ سطح هزینه یا لایهٔ اصطکاک که در مرحلهٔ قبلی تهیه گردید. لایهٔ سطح هزینهٔ تجمعی حاصل در شکل (۱۰) نمایش داده شده است. طبق این لایه، با افزایش در میزان اصطکاک، میزان هزینهٔ تجمعی نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۹: تابع Cost و ورودی‌های مورد نیاز در تهیهٔ لایهٔ سطح هزینهٔ تجمعی

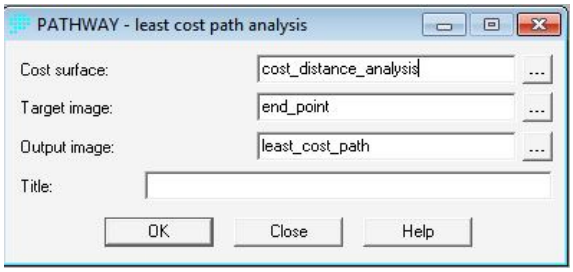
www.SID.ir

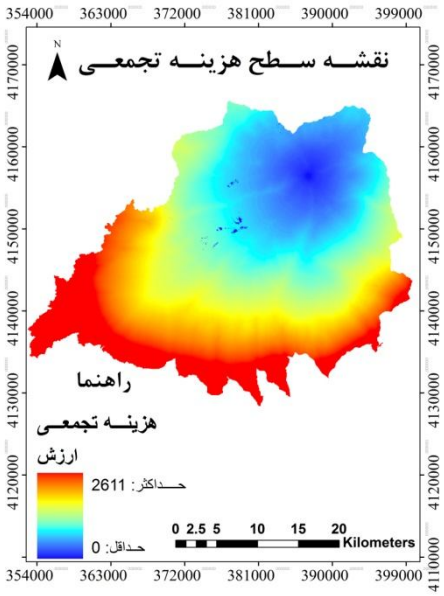
Archive of SID



شکل ۱۰: نقشهٔ سطح هزینهٔ تجمعی

در نهایت با استفاده از تابع Pathway و دو ورودی سطح هزینهٔ تجمعی و نقطهٔ مقصد (در این پژوهش نقطهٔ مقصد، معرف روستای قوشه چشمه است) (شکل ۱۱)، مسیری با کمترین هزینه تجمعی بین نقاط مبدا و مقصد تعیین شد (شکل ۱۲).

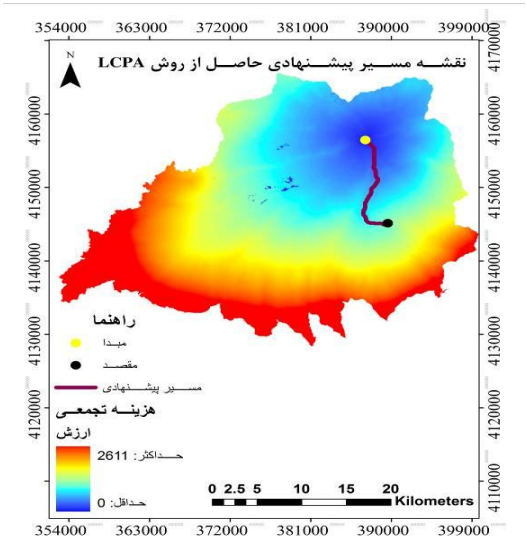




شکل ۱۱: تابع Pathway و ورودی‌های مورد نیاز در تعیین مسیر بهینه

www.SID.ir

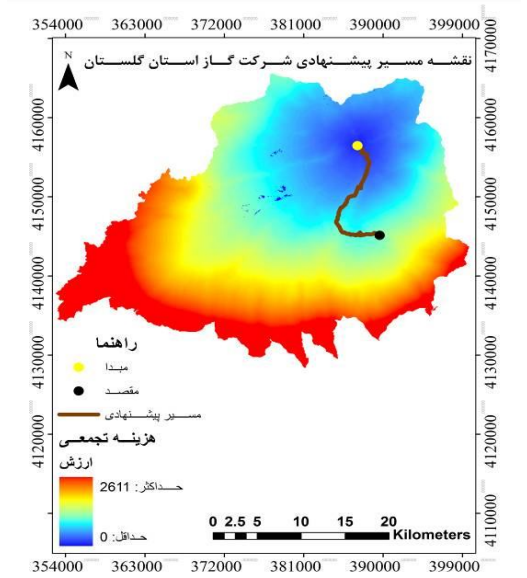
Archive of SID



شکل ۱۲: نقشهٔ مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA

نتایج حاصل از مقایسهٔ مسیر پیشنهادی به کمک روش LCPA (شکل ۱۳)، با مسیر مورد نظر با مسیر پیشنهادی شرکت گاز استان (شکل ۱۰) به شرح زیر است. شکل (۱۴) موقعیت دو مسیر را در محیط Google earth نشان می‌دهد.

شکل ۱۴: موقعیت دو مسیر پیشنهادی جهت انتقال خطوط لولهٔ گاز طبیعی



شکل ۱۳: نقشهٔ مسیر پیشنهادی شرکت گاز استان گلستان

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور کلی نتایج حاصل از مقایسهٔ دو مسیر پیشنهادی براساس اطلاعات آماری استخراج شده از تابع Extract نشان می‌دهد در میان ۱۹ فاکتور مورد استفاده، مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA در ۱۲ فاکتور از مسیر پیشنهادی شرکت گاز مناسب‌تر است، در چهار فاکتور اسیدیته (pH)، عمق و فرسایش خاک و فاصله از چاه دو مسیر مطلوبیت یکسانی دارند و تنها در سه معیار خطر زلزله، خطر لغزش و تراکم پوشش گیاهی مسیر پیشنهادی شرکت گاز به مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA ارجحیت دارد.

نتیجهٔ مقایسهٔ مسیرهای پیشنهادی از نظر تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود در منطقه که عبارتند از: گسل، رودخانه، جاده‌ها (اصلی و فرعی)، خط راه‌آهن، خط لولهٔ آب، خط فیبر نوری، نشان می‌دهد مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA تنها از نظر تعداد تقاطع با گسل‌های موجود در منطقه نامناسب بوده است و از نظر تقاطع با سایر زیرساخت‌های خطی موجود در منطقهٔ مورد مطالعه، بر مسیر پیشنهادی شرکت گاز ارجحیت دارد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسهٔ دو مسیر پیشنهادی از نظر تعداد تقاطع با زیرساخت‌های خطی موجود در منطقه

زیرساخت‌های خطی / مسیرهای پیشنهادی	گسل	رودخانه	جادهٔ اصلی	جادهٔ فرعی	خط لولهٔ آب	خط راه‌آهن	خط فیبرنوری
مسیر پیشنهادی شرکت گاز	۴	۶	۹	۲۵	۱۴	۰	۱
مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA	۶	۲	۲	۱۳	۵	۰	۱

اندازه‌گیری طول دو مسیر پیشنهادی در محیط Arc GIS انجام گرفت. طبق جدول (۶)، طول مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA با اختلاف ۵/۱ کیلومتر نسبت به طول مسیر پیشنهادی شرکت گاز کمتر است. کوتاه‌تر شدن مسیر می‌تواند در کاهش هزینه‌های مربوط به احداث خطوط لوله بسیار موثر باشد.

جدول ۶: مقایسهٔ دو مسیر پیشنهادی از نظر طول مسیرها

مسیرهای پیشنهادی	طول مسیرها (برحسب کیلومتر)
مسیر پیشنهادی شرکت گاز	۲۰/۳۵
مسیر پیشنهادی حاصل از روش LCPA	۱۵/۲۵

بحث و نتیجه‌گیری

احداث خطوط لولهٔ گاز طبیعی با مسافت‌های طولانی منجر به آشفتگی و اختلال در اکوسیستم‌های منطقه‌ای می‌شود (زیا[1] و همکاران، ۸۰۳۸:۲۰۱۴). با وجود پیامدهای محیط‌زیستی به جا مانده از چنین پروژههایی می‌توان با استفاده از راهبردهای مدیریتی مناسب چنین پیامدهایی را به حداقل خود رساند. از جمله راهبردهای مدیریتی را می‌توان به طراحی مسیر اولیه در مراحل مطالعاتی و طرح‌ریزی این گونه زیرساخت‌های خطی اشاره نمود. بنابراین، در این پژوهش به منظور استفادهٔ مناسب از منابع سرزمین در توسعهٔ مسیرهای خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی، نقشهٔ مطلوبیت سرزمین تهیه گردید، آنگاه مسیر پیشنهادی با استفاده از روش LCPA تعیین شد. سپس، مسیر پیشنهادی حاصل با مسیر پیشنهادی شرکت گاز مقایسه گردید و در نهایت روش به کار گرفته شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش به کار رفته به منظور ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در این تحقیق و رسیدن به نقشهٔ مطلوبیت سرزمین، WLC است. روش WLC نه تنها امکان حفظ متغیرها را به صورت فاکتورهای پیوسته فراهم می‌کند، بلکه امکان جبران فاکتورها با یکدیگر را نیز میسر می‌کند. مطلوبیت پایین در یک فاکتور برای یک

1.Xiao

www.SID.ir

Archive of SID

موقعیت ممکن است با مطلوبیت بالای فاکتور دیگر جبران شود. چگونگی جبران فاکتورها با هم توسط وزن‌های فاکتورها که اهمیت نسبی هر فاکتور را نشان می‌دهد، برآورد می‌گردد. WLCیک فن میانگین‌گیری است که نوع تحلیل‌ها را ما بین دو نوع تابع AND (حداقل) و OR (حداکثر) قرار می‌دهد، یعنی نه حد نهایی ضد ریسک و نه حد نهایی ریسک‌پذیری. بنابراین، WLC دارای قابلیت جبران کامل و ریسک میانگین است (ایستمن، ۱۳۸۸:۲۲۰).

این پژوهش فرآیندی اتوماتیک برای طراحی کم-هزینه‌ترین مسیر برای انتقال خطوط لولهٔ گاز طبیعی به کار گرفته است. روش LCPA رویکردی مفید و سودمند در شناسایی مسیر بهینه است که یکی از ابزارهای قوی GIS برای ترکیب اطلاعات کاربر به حساب می‌آید. LCPA تمامی معیارهای مورد نیاز را به منظور تولید یک سطح هزینه برای کل منطقهٔ مورد مطالعه ترکیب می‌کند و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. تعیین مسیر با استفاده از این روش می‌تواند برای مقایسه با مسیرهای توسعه یافتهٔ موجود به کمک روش‌های سنتی و دستی استفاده شود. برای مثال خط لولهٔ نفت مارون- اهواز در جنوب شرقی ایران برای مسیریابی انتخاب شد. طول و هزینهٔ خط لولهٔ موجود که به وسیلهٔ روش‌های سنتی ساخته شد با طول و هزینهٔ مسیر حاصل از روش LCPA مقایسه شد. اگرچه مسیر حاصل از روش LCPA طولانی‌تر بود، اما این مسیر نسبت به خط لولهٔ موجود ۲۹ درصد ارزان‌تر بود (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶:۱۲۹). بنابراین، این روش با کاهش در میزان هزینه‌ها (دلاور و نقیبی، ۲۰۰۳) و نیز زمان پروژه (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶) می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی طرح‌ریزی مسیر شود (چاندیو و همکاران، ۲۰۱۲:۹۱۹).

یکی از نقاط قوت و برجستهٔ این روش آن است که می‌تواند برای طرح‌ریزی انواع گوناگونی از زیرساخت‌های خطی و مناطق گوناگون استفاده شود و معیارهای گوناگونی می‌توانند برای تولید مسیرهای پیشنهادی مقایسه و وزن‌دهی شوند. آنچه در استفاده از این روش برای سایر کاربردها و موقعیت‌ها لازم است، شناسایی معیارهای موثر در مسیریابی برای منطقه‌ی مورد مطالعه است. بنابراین، این روش به آسانی می‌تواند با اضافه شدن معیارها و داده‌هایی با دقت بیشتر، بسط داده شود (اتکینسن و همکاران، ۲۰۰۵:۳۰۶). از طرف دیگر، چون روش یاد شده خاصیت تکرارپذیری دارد، می‌توان با تغییر در میزان وزن‌ها از طریق انجام فرآیند حساسیت‌سنجی مسیرهای گوناگونی تولید نمود و از میان آن ها بهینه‌ترین مسیر را انتخاب کرد.

با توجه به این‌که مطالعات محیط‌زیستی پروژههای خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی الزامی است، استفاده از این روش می‌تواند به فرآیند مطالعات این گونه پروژهها کمک نماید. به طور معمول در مطالعات مربوط به چنین پروژه‌هایی تنها آسیب‌های احتمالی اجرای پروژه بر محیط‌زیست و روش‌های کاهش و یا کنترل آنها و اقدامات لازم و ضروری در زمان بهره‌برداری با در نظرگیری تعداد محدودی معیار مورد بررسی قرار می‌گیرد و بررسی اثرات محیط‌زیستی در زمان طراحی مسیر، مسیریابی و اجرای پروژه به ندرت در نظر گرفته می‌شود و تنها بعد از انتخاب مسیر نسبت به شناسایی مخاطرات آن و چگونگی کنترل و یا کاهش آن اقدام می‌گردد.

همان‌گونه که اشاره گردید، این روش در مطالعاتی همچون ستوده و همکاران (۱۳۸۶:۶۵) و عفت و حسن (۲۰۱۳:۱۴۱) با دخالت دادن معیارهای محیط-زیستی در فرآیند مسیریابی موجب تولید مسیر بهینه گردید. در این پژوهش نیز این روش توانست با در نظر گرفتن تعداد معیارهای بیشتری توجه‌ی مضاعفی به جوانب محیط‌زیستی این گونه توسعه کند، در نتیجه می‌تواند اثرات احتمالی منفی محیط‌زیستی ناشی از این توسعه را کاهش دهد. بنابراین، می‌توان گفت روش پیشنهاد شده در این پژوهش با در نظرگیری تعداد بیشتری از معیار نه تنها به شکل جامع‌تری به اثرات احتمالی اجرای پروژه خطوط لولهٔ انتقال گاز طبیعی در زمان بهره‌برداری بلکه به اثرات احتمالی در زمان اجرای پروژه هم پرداخته است. استفاده از روش LCPA در طرح‌ریزی زیرساخت‌های خطی در

www.SID.ir

Archive of SID

کشورهای در حال توسعه به منظور بهبود شرایط محیط‌زیستی و اقتصادی پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

از شرکت ملی گاز ایران (شرکت گاز استان گلستان) و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که حامی این مقاله بوده‌اند، کمال تشکر را داریم.

منابع

۱. ایستمن، رونالد ج. ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. ترجمه عبدالرسول سلمان ماهینی و حمیدرضا کامیاب. چاپ اول، تهران، مهر مهدیس.

۲. سالنامه‌ی آماری استان گلستان. ۱۳۸۹. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان.

۳. ستوده، احد. علی‌اصغر درویش‌صفت و مجید مخدوم. ۱۳۸۶. استفاده از اصول محیط‌زیستی در مسیریابی راه‌آهن با استفاده از GIS مطالعه موردی: راه‌آهن رشت- انزلی، مجله محیط‌شناسی، دوره سی و سوم، شماره چهل و چهارم، تهران.

۴. سلمان‌ماهینی، عبدالرسول. ۱۳۹۱. درس‌نامه ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده‌ی شیلات و محیط‌زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵. سلمان ماهینی، عبدارسول. ۱۳۹۰. پوشه الکترونیکی داده‌ها، دانشکده‌ی شیلات و محیط‌زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۶. عابدیان، سحر. ۱۳۸۸. مسیریابی شبکه جاده‌ای براساس پارامترهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین. رساله کارشناسی ارشد محیط‌زیست. استاد راهنما: دکتر افشین علیزاده. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات و محیط‌زیست.

۷. مخدوم، مجید. ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین. چاپ نهم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

۸. میرزایی، مژگان. عبدالرسول سلمان‌ماهینی و سیدحامد میرکریمی. ۱۳۹۳. مکان‌یابی محل دفن زباله با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و روش TOPSIS (مطالعه موردی: شهرستان گلپایگان). محیط‌زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، دوره شصت و هفتم، شماره یک، تهران.

9. Atkinson, David M., Peter D., Douglas D. and Traynor, S. 2005. Multi-criteria evaluation and least cost path analysis for an arctic all-weather road, Applied Geograpy, 25: 4, Amsterdam

10. Bagli, Stefano, Davide Geneletti and Francesco Orsi, 2011. Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts, Environmental impact assessment review, 31: 3, Amsterdam.

11. Brito, Anderson J., Adiel Teixeira De Almeida and Caroline MM Mota, 2010. A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory, European Journal of Operational Research, 200: 3, Amsterdam.

12. Chandio, Imtiaz Ahmad, Abd Nasir B. Matori, Khamaruzaman B. WanYusof and Mir Aftab Hussain Talpur, 2012. Computer Application in Routing of Road using Least-Cost Path Analysis in Hillside Development, Environmental and Earth Sciences, Vol 4, No 10, Germany.

13. Choi, Yosoon, Antonio Nieto, 2011. Optimal haulage routing of off-road dump trucks in construction and mining sites using Google Earth and a modified least-cost path algorithm, Automation in Construction, 20:7, Amsterdam.

14. Collishonn, Walter, Jorge Victor Pilar, 2000. A direction dependent least-cost-path algorithm for roads and canals, International Journal of Geographical Information Science, 14: 4, Paris.

15. Delavar, Mahmood Reza, Ferdoon Naghibi, 2003. Routing Using Geospatial Information System Analysis, In ScanGIS, Norway.

16. Douglas, David. H, 1994. Least cost path in GIS using an accumulated cost surface and slope lines, Cartographica: the international journal for Geographic Information and Geovisualization, 31: 3, Ottawa.

17. Driezen, Kassandra, Frank Adriaensen and Carlo Rondinini and C. Patrick Doncaster and Erik Matthysen, 2007. Evaluating least-cost model predictions with empirical dispersal data: A case-study using radiotracking data of hedgehogs (Erinaceus europaeus), Ecological Modelling, 209: 2, Amsterdam.

18. Dziubiński, M., Frątczak, M. and Markowski, A.S. 2006. Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines, Loss Prevention in the Process Industries, 19: 5, Amsterdam.

19. Eastman, J. Ronald, Hong Jiang, 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS, International Journal of Geographical Information Science, Vol 14, No 2, Paris.

www.SID.ir

Archive of SID

Wolong Nature Reserve in China, Ecological Modelling, 221: 6, Amsterdam.

30. Mokhatab, Saeid, William A Poe. 2012. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, Second Edition, United States, Gulf Professional Publishing, http:// www.amazon.com /Handbook-Natural-Transmission-Processing-Edition/dp/0123869145
31. Papadakis, Georgioa A, 2000. Assessment of requirements on safety management systems in EU regulations for the control of major hazard pipelines, Hazardous Materials, 78: 1-3, Amsterdam.
32. Proctor, Wendy, Martin Drechsler, 2003. Deliberative multi-criteria evaluation: a case study of recreation and tourism options in Victoria, Australia, European Society for Ecological Economics, Frontiers 2 Conference, Amsterdam.
33. Saaty, Thomas L, 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures, Mathematical Psychology, 15: 3, Amsterdam.
34. Saaty, Thomas L, 1980. The Analytic Hierarchy Process, Mcgraw-Hill York.
35. Salmanmahini, Abdolrasoul, Mehdi Gholamalifard, 2006. Sitting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in GIS environment, Environmental Science & Technology, 3: 4, Dubai.
36. Speight, James G. 2007. Natural Gas: A Basic Handbook, First Edition, Elsevier Science,Texas, http://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=searchalias%3Dstripbooks&fieldkeywords=Natural+Gas+A+Basic+Handbook&rh=n%3A283155%2Ck%3ANatural+Gas+A+Basic+Handbook.
37. Xiao, Jun, Ya-Feng Wang, Peng Shi, Lei Yang and Li-Ding Chen, 2014. Potential effects of large linear pipeline construction on soil and vegetation in ecologically fragile regions, Environmental monitoring and assessment, 186: 11, Switzerland.
38. Yu, Chaoqing, J. Lee and Munro-Stasiuk, M.J. 2003. Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning, Geographical Information Science, 17: 4, Paris.
39. Yusof, Kamaruzaman Wan, Serwan Baban, 2004. Least-cost pipeline path to the Langkawi Island, Malaysia using a geographical information system (GIS), Proceedings of Map India Conference. India.
20. Eastman, J. Ronald, 2003. IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing, Worcester, MA: Clark Labs, Clark University, pp. 328.
21. Ebrahimipoor, Ahmad Reza, Ali Alimohamadi, and Ali Asghar Alesheikh and H Aghighi, 2009. Routing of Water Pipeline Using GIS and Genetic Algorithm, Applied Sciences, 9: 23, Dubai.
22. Effat, Hala A, Ossman A Hassan, 2013. Designing and evaluation of three alternatives highway routes using the Analytical Hierarchy Process and the least-cost path analysis, Remote Sensing and Space Science, 16: 2, Sinai Peninsula.
23. Gbanie, Solomon Peter, Paul Bobby Tengbe and Jinnah Samuel Momoh and James Medo and Victor Tamba Simbay Kabba, 2013. Modelling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone, Applied Geography, Vol 36, Amsterdam.
24. Han, Z.Y., and Weng, W.G. 2011. Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network, hazardous materials, 189: 1, Amsterdam.
25. Hopkins, Lewis D. 1977. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation, the American Institute of Planners, 43: 4, Paris.
26. Iqbal, Maheen, Farha Sattar and Muhammad Nawaz, 2006. Planning a Least Cost Gas Pipeline Route A GIS & SDSS Integration Approach, In Advances in Space Technologies, International Conference on, Islamabad.
27. Koc-San, Dkocsan, B.T. San, Bakis, V., Helvaci, M. and Eker, Z. 2013. Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey, Advances in Space Research, 52:1, Amsterdam.
28. Lee, Jay, Dan Stucky, 1998. On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on Digital Elevation Model, International Journal of Geographical Information Science, 12: 8, Thames.
29. Li, Hailong, Dihua Li, Ting Li, Qing Qiao, Jian Yang and Hemin Zhang, 2010. Application of least-cost path model to identify a giant panda dispersal corridor network after the Wenchuan earthquake—Case study of

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir