مسیریابی بهینه خطوط انتقال برق با استفاده از منطق فازی و مدل سلسله مراتبی در شرکت برق منطقه‌ای یزد (مطالعه موردی خط تیاف محمدآباد)

حسن صالحی وزیری، المدرسی، سیدعلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱ **تاریخ پذیرش:۳۱ /۱۳۹۸/۰۳**

صفحات: ۱۰۷-۱۲۹

چکیده

احداث خطوط انتقال نیرو یکی از مهمترین دغدغه‌های صنعت برق کشور محسوب می‌گردد که هزینه احداث این خطوط از یک طرف و تأثیرات متقابل عوامل محیطی بر روی این خطوط از طرف دیگر باعث شده است که در مسیریابی این خطوط پارامترهای مختلفی در نظر گرفته شود .کلیه این پارامترها در ارتباط مستقیم با موقعیت مکانی دکلها و تجهیزات خطوط انتقال نیرو می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیتهای مختلفی از جمله امکان اخذ، بازیابی، به هنگام رسانی، نمایش، پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکان مرجع می‌باشد؛ بنابراین بستر مناسبی را مهیا می‌سازد که در آن بتوان شرایط و پارامترهای مختلف را به صورت لایه‌های اطلاعاتی تعریف نموده و بر اساس الگوهای تعریف شده توسط نظر کارشناسان مختلف، باهم تلفیق نموده و به نتایج مورد نظر رسید. طراحی و پیاده‌سازی یک مسیر مناسب و هماهنگ با شرایط محیطی و طبیعی و ارزیابی و مقایسه مسیر طراحی شده با مسیر موجود و در حال بهره‌برداری (خط تیاف محمدآباد) هدف اصلی این تحقیق می‌باشد. در این تحقیق به منظور یافتن مسیر بهینه بین دو نقطه مورد نظر، ابتدا با استفاده از مدل استنتاج فازی نقاط مناسب جهت نصب دکل و نقشه هزینه بدست آمده است. همچنین به منظور وزن دهی به فاکتورها از روش AHP استفاده شده است. سپس با استفاده از تابع Cost Path مسیر بهینه بین دو نقطه بدست آمده است. همچنین به منظور تلفیق اطلاعات، روش وزن دهی به قانونهای استنتاج فازی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت مدل فازی گاما در روش آخر به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید و این مدل جهت مسیریابی بین پست یزد یک و محل تیاف محمد آباد مورد استفاده قرار گرفت.

کلمات کلیدی: GIS ، شبکه انتقال نیرو، سیستم استنتاج فازی ، AHP

۱-کارشناسی ارشد واحد یزد،دانشگاه آزاد اسلامی، یزد ، ایرانhsvf1391@gmail.com

۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی یزد، واحد یزد،دانشگاه آزاد اسلامی، یزد ، ایران

مقدمه

صنعت برق از صنایع زیربنایی یک کشور محسوب می‌گردد که کلیه فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی و ... بطور مستقیم و غیر مستقیم وابسته به این صنعت می‌باشند. تولید و استفاده مطلوب از انرژی برق لازمه پیشرفت و توسعه اقتصادی بوده و در اثر توسعهٔ اقتصادی، رشد و توسعهٔ صنعت برق ضرورت می‌یابد.در کشور ما نیز یکی از مهمترین وظایف مجموعه مدیریتی صنعت برق، توسعه شبکه برق رسانی در سراسر کشور به منظور افزایش بازدهی و بهره‌وری شبکه سراسری تولید، انتقال و توزیع نیروی برق و تأمین نیازهای مشترکین اعم از صنعتی، کشاورزی و خانگی می‌باشد. با توجه به اینکه انرژی برق قابل ذخیره‌سازی نبوده و بایستی تولید و مصرف آن همزمان صورت پذیرد، لذا در جهت تقویت و گسترش شبکه موجود، وجود برنامه‌ریزی دقیق میان مدت و بلند مدت امری ضروری است و این موضوع زمانی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد که توجه نمائیم احداث تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق به زمان‌های طولانی و سرمایه‌گذاری‌های کلان محتاج می‌باشد.

تداوم در تأمین انرژی برق و حفظ کفایت آن از وظایف سازمانهای متولی صنعت برق هر کشور محسوب می‌شود .به منظور انتقال برق و تأمین نیاز مصرفکننده‌ها، وجود اطلاعات دقیق وبهنگام از وضعیت صنعت برق کشور در یک پایگاه داده جامع مکان مرجع، الزامی می‌باشد. شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)، وظیفه توسعه و ارتقاء بهره‌وری صنعت برق کشور و تأمین نیازهای مشترکین را بر عهده دارد. این شرکت به منظور اجرای سیاست‌ها و مأموریت‌های مذکور، نیازمند وجود اطلاعات دقیق و بهنگام از وضعیت صنعت برق کشور در یک پایگاه داده جامع مکان‌مرجع به همراه تجزیه و تحلیل‌های مرتبط می‌باشد. در این رابطه، عدم وجود اطلاعات مکانی دقیق و بهنگام از شبکه برق، وجود بخش اعظم اطلاعات به صورت آنالوگ، حجم عظیم اطلاعات توصیفی موجود، مکانیزم‌ها و محیط‌های متعدد در اخذ، ذخیره‌سازی، بازیابی، به‌هنگام رسانی، پردازش و تبادل اطلاعات موجود و عدم وجود استاندارد و دستورالعمل‌های جامع در این خصوص برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه اطلاعات صنعت برق را با مشکل مواجه ساخته است. با توجه به موارد فوق‌الذکر، برنامه‌ریزی سیستماتیک و جامع در جهت مدیریت، ساماندهی و نظارت بر فعالیت‌های تولید، انتقال و توزیع بهینه نیروی برق از اهمیت بسیاری برخوردار است. جهت رسیدن به اهداف فوق، استفاده از پیشرفته‌ترین علوم و فن‌آوری‌ها در جهت بهبود شرایط موجود مد نظر مسئولین و کارشناسان صنعت برق بوده است. احداث خطوط انتقال نیرو یکی از مهمترین فعالیت های صنعت برق کشور در زمینه توسعه شبکه انتقال نیرو است. این خطوط وظیفه انتقال نیروی تولید شده در نیروگاه ها تا مبادی مصرف و یا از پست مبدا به پست مقصد را برعهده دارند. هرگونه اخلال در این خطوط ازجمله سقوط دکل ها در قسمتی از مسیر، قطعی سیم های هادی و غیره باعث قطعی برق در محدوده وسیعی شده و درنتیجه باعث توقف و اخلال در کلیه فعالیت های صنعتی، اقتصادی، تجاری و زندگی روزمره انسانها می‌گردد. این خطوط در طول مسیر عبور با محیط اطراف خود در ارتباط مستقیم هستند و تاثیرات متقابلی روی همدیگر می گذارند. عبور یک خط انتقال نیرو با ولتاژ بالا، کلیه شرایط و خصوصیات طبیعی، زیست محیطی و زیست اجتماعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از بعد اقتصادی نیز هزینه احداث این خطوط بالا می‌باشد.کلیه تاثیرات زیست محیطی و اجتماعی خطوط انتقال نیرو و نیز هزینه احداث خط و نگهداری آنها در ارتباط مستقیم با موقعیت مکانی دکل ها و تجهیزات خط انتقال نیرو

می‌باشد.به همین دلیل قبل از احداث خطی جدید، مطالعات زیادی در زمینه انتخاب مسیر بهینه با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و اجتماعی، اقتصادی و فنی انجام می گیرد. فرایند مسیر یابی بهینه خط انتقال جدید، فرایندی پیچیده و زمانبر می‌باشد.به طوری که بایستی عوامل تاثیر گذار مختلفی را همزمان در حد قابل قبولی برآورده سازد.

مواد و روشها

انتخاب بهترین مسیر معمولاً یک کار پیچیده شامل ملاحظات همزمان چند عامل است و نباید آن را یک مسیریابی ساده از مبدأ تا مقصد دانست، همچنین اثرات موانع طبیعی و مصنوعی حین و پس از اجرا نیز باید در نظر گرفته شود. برای انجام این کار دو روش سنتی و روش مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی وجود دارد.

۱- روش سنتی:

دراین روش یک نقشه برداری کامل از ابتدا تا انتهای مسیر بر پایه یک طرح پیشنهادی به روشهای زمینی یا فتوگرامتری انجام می‌شود که بسیار زمانبر بوده وهزینه بالایی دارد و اگر این طرح با موانع غیرقابل عبور طبیعی یا مصنوعی یا زیست محیطی مواجه شود کل کار باید تکرار شود. علاوه براین با قاطعیت نمی‌توان گفت که بهترین مسیر در نظر گرفته شده‌است.

۲- روش مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی :

یافتن مسیر بهینه در سامانه اطلاعات مکانی به روش مسیر کمترین هزینه انجام می شود .برای این کار چهار پارامتر مورد نیاز است .داده‌های رستری مبدأ و مقصد، اندازه گیری‌های هزینه مسیر و یک روش برای به دست آوردن هزینه تجمعی مسیر. بر اساس تجارب موجود، استفاده از سامانه اطلاعات مکانی در مسیریابی خطوط انتقال باعث کاهش ۱۵ تا ۳۰ درصدی هزینه پروژه می‌شود و همچنین سرعت و کارایی بیشتری به کار می دهد .اما بدبینی شرکتها و مشاوران سنتی نسبت به سامانه اطلاعات مکانی موجب شده است که استفاده از آن در این پروژه‌ها محدود باشد .یک دلیل این موضوع احساس ترس آنها نسبت به انتقال از وضع موجود و تغییر فرایندهاست. زیرا با روشهای موجود راحت بودند و نسبت به نتایج به دست آمده از آنها احساس رضایت می کنند. زمانی که از سیستم اطلاعات مکانی استفاده می‌کنیم ضمن وارد نمودن تمامی لایه‌های مرتبط با موضوع مسیریابی در یک محیط GIS، با استفاده از روشهای تلفیق اطلاعات و استاندارد کردن لایه‌ها و تأثیر وزن هر کدام از پارامترها بر روی لایه‌ها مسیر بهینه مشخص می‌گردد. در این مقاله با توجه به اینکه شرکت توانیر با تشکیل کارگروه بهینه‌سازی طراحی خطوط انتقال نیرو اقدام به تهیه‌ی روش اجرایی وچک لیست مسیریابی نموده است ابتدا لایه‌های اطلاعاتی که در چک لیستها آمده است را جمع‌آوری و در محیط GIS وارد می‌کنیم. سپس با استفاده از منطق فازی اقدام به استاندارد سازی لایه‌ها نموده و با استقاده از مدل AHP نسبت به وزندهی لایه‌ها اقدام نموده و با تلفیق فازی لایه‌ها و استفاده از الگوریتم کمترین هزینه (Cost Path) مسیر بهینه را مشخص می‌نماییم.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه موردی در این تحقیق منطقه محمد آباد یزد در قسمت شرقی یزد قرار گرفته و در حال حاضر در این منطقه یک تیاف از خط ۱۳۲ کیلوولت بافق گرفته شده و با طی مسیری وارد پست ۶۳/۱۳۲/۴۰۰ کیلوولت یزد۱ می‌شود. مطابق تصویر:

شکل ۳-۱ منطقه محمد آباد یزد

داده‌های مکانی و غیرمکانی مورد استفاده در تحقیق

داده‌های مکانی و غیرمکانی این تحقیق مطابق چک لیست مسیریابی توانیر هم لایه‌های فیزیکی زمین و هم لایه‌های شبکه‌های تأسیساتی موجود می‌باشد که در ذیل آمده است. مطابق دستورالعمل گفته شده چهار محور اصلی زیر، در عملیات مسیر یابی، مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱- موضوعات اقتصادی و اجتماعی
۲- موضوعات زیست محیطی
۳- موضوعات ایمنی و بهداشت محیط
۴- موضوعات مربوط به طراحی و مهندسی

هریک از این محورها از چندین موضوع تشکیل شده است. در دستورالعمل مسیریابی توانیر موضوعات هر محور شرح داده شده و نکاتی که بایستی حول هر موضوع در گزارشات مسیریابی ارائه شوند، ذکر شده اند: [21]

مسیریابی خطوط انتقال برق با استفاده از منطق فازی و مدل سلسله مراتبی

فرایند مسیر یابی بهینه خط انتقال جدید، فرایندی پیچیده و زمانبر می‌باشد. به طوری که بایستی عوامل تاثیر گذار مختلفی را همزمان در حد قابل قبولی برآورده سازد. در این میان یکی از اصلی‌ترین کارها برای احداث یک خط جدید انتخاب بهترین مسیر است تا علاوه بر کاهش هزینه‌ها کارایی

بهتر و اجرای به صرفه‌تر خط انتقال نیرو را فراهم سازد. انتخاب بهترین مسیر معمولاً یک کار پیچیده شامل ملاحظات همزمان چند عامل است. همچنین اثرات موانع طبیعی و مصنوعی حین و پس از اجرا نیز باید در نظر گرفته شود. یکی از نقاط ضعف روشهای قبلی طراحی مسیر، تحلیل جداگانه داده‌ها در عرصه‌های مختلف است. در این مطالعه با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و قابلیت‌های آن همه داده‌ها یک جا مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در ادامه مراحل طراحی GIS کاربردی جهت مسیریابی خطوط انتقال نیرو که شامل مراحل تعیین منطقه مطالعاتی، تهیه مدل مفهومی، انتخاب روش مسیریابی و ساختار داده، طراحی نرم‌افزار، تعیین فاکتورهای مؤثر در مسیریابی خطوط انتقال نیرو، آماده‌سازی اطلاعات، ورود داده‌ها به نرم‌افزار، تلفیق اطلاعات و ارزیابی سیستم, می‌باشد بیان گردیده است. اولین گام تعیین نقاط ابتدا و انتهای خط می‌باشد. ابتدا و انتهای خطوط انتقال نیرو در بیشتر مواقع پستهای انتقال و فوق توزیع برق می‌باشند، اما در بعضی مواقع ممکن است از یک خط انتقال در طول مسیر انشعاب یا تیاف گرفته شود و به پست دیگری وارد شود. که در مطالعه موردی که ما انجام دادیم با این موضوع برخورد می‌کنیم. قدم بعدی توجه به راه‌های دسترسی در ارتباط با ایاب و ذهاب پرسنل بهره‌برداری و تعمیراتی و همچنین دسترسی به راه‌های ارتباطی مناسب مانند جاده‌های آسفالته و ... به منظور حمل محموله‌های سنگین به پست می‌باشد. در مرحله بعد اتصال الکتریکی پست به شبکهٔ سراسری و اتصال مناسب به پست‌ها و مراکز تولید مجاور مورد بررسی قرار می‌گیرند بطوریکه مسیرهای ارتباطی طولانی و سهل‌العبور بوده و هزینه اقتصادی آن نیز حتی الامکان کمتر باشد. پس از بررسی راه‌های ارتباطی و مسأله اتصال به شبکه سراسری برق، وضعیت توپوگرافی منطقه باید مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مسیر باید به لحاظ خصوصیات زمین‌شناسی لرزه‌خیزی، مقاومت مکانیکی و سطح آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد تا متناسب با مشخصات زمین منطقه، طراحی فونداسیون دکلها و دیگر تجهیزات خط انتقال انجام گیرد .

مطابق دستورالعمل مسیریابی شرکت توانیر موارد ذیل باید در طراحی مسیر در نظر گرفته شود:

چهار مولفه اصلی زیر، در عملیات مسیر یابی، مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱- موضوعات اقتصادی و اجتماعی
۲- موضوعات زیست محیطی
۳- موضوعات ایمنی و بهداشت محیط
۴- موضوعات مربوط به طراحی و مهندسی

مدل مفهومی

مدل مفهومی در طراحی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت یک کاربرد خاص عبارت است از تعریف و تعیین چارچوب‌های مورد نیاز جهت هدایت پروژه به سمت اهداف از پیش تعیین شده [۱۱]. به منظور تهیهٔ مدل مفهومی مسیریابی خطوط انتقال برق، با بررسی نیازهای شرکت توانیر و شرکت‌های برق منطقه‌ای، مراحل کلاسه‌بندی و تفکیک لایه‌های موثر، تهیه دیاگرام ارتباطی موجودیت‌ها، تعیین ساختار داده مناسب، انتخاب مقیاس و تعیین نرم‌افزار انجام می‌پذیرد.

کلاسه‌بندی و تفکیک لایه‌های موثر بر مسیریابی

در این مرحله موجودیت‌ها، توصیفات و روابط بین موجودیت‌ها ترسیم می‌گردد. پس از بررسی دیدگاه کارشناسان صنعت برق و نیز تجزیه و تحلیل استانداردهای موجود در زمینه مسیریابی خطوط انتقال برق، موجودیت‌ها و روابط بین آنها شناسایی شدند. پارامترهای موثر در انتخاب مسیر بهینه جهت احداث خطوط انتقال برق از دیدگاه کارشناسان و متخصصین مکان‌یابی به ۷ کلاس اصلی تقسیم

می‌گردند. که در بخش ۳-۶ به طور کامل بر اساس دستورالعمل مسیریابی توانیر تشریح شد.

تهیه دیاگرام ارتباطی موجودیت‌ها (ERD)

پس از شناسایی و تفکیک عوارض و لایه‌های اطلاعاتی موثر بر مسیریابی، دیاگرام ارتباطی موجودیت‌ها شکل ۳-۳۳-تهیه می‌گردد. مطابق با دیاگرام ERD[1]، هر یک از عوامل موثر دارای زیر معیارها و کلاس‌هایی هستند که پس از تلفیق آنها لایه اطلاعاتی که در سطح بالاتری قرار گرفته بدست می‌آید.ند، ذکر شده‌اند.

ساختار داده

داده‌های مکانی که در یک سیستم GIS مورد استفاده قرار می‌گیرند به دو صورت برداری و رستری می‌باشند. وجود پارامترهای جغرافیایی متنوع در فرآیند مسیریابی خط در کنار قابلیت های فراوان ساختار داده رستری در تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعات و همچنین سهولت و آسانی اجرای آنالیزهای مکانی با این نوع ساختار سبب می‌گردد تا در مسیریابی خطوط از ساختار داده رستری به عنوان ساختار داده مناسب جهت مسیریابی استفاده گردد [10,11].

انتخاب مقیاس و اندازه پیکسل سایز

مقیاس یک نقشه در تعیین دقت هندسی عوارض یک نقشه، تعداد کلاس‌های عوارض، تنوع و تعداد عوارض موجود در نقشه حائز اهمیت است [۲۰،۱۱]از آنجایی که اطلاعات مکانی یکی از اجزاء اصلی سیستم اطلاعات جغرافیایی به حساب می‌آید، لذا انتخاب مقیاس بهینه به عنوان عاملی موثر بر دقت هندسی و تنوع عوارض، یکی از پارامترهای مهم موثر بر کیفیت سیستم اطلاعات جغرافیایی صنعت برق به شمار می‌آید [۲۰]

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ :

نقشه‌های توپوگرافی پوششی کشور در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ از سال ۱۳۴۱ به بعد توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تولید شده است. در چند سال اخیر اطلاعات فوق توسط وزارت مسکن و شهرسازی رقومی و ذخیره‌سازی گردیده است. همچنین مرکز سنجش از دور ایران تعدادی از لایه‌های اطلاعاتی این نقشه‌ها را به هنگام‌سازی نموده است. در بحث مسیریابی خطوط انتقال برق (علی‌الخصوص پست‌های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت) این مقیاس به عنوان یکی از مقیاس‌های مناسب جهت ذخیره‌سازی و پردازش لایه‌های اطلاعاتی پیشنهاد می‌گردد.

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ :

در حال حاضر در حدود ۹۰٪ از نقشه‌های توپوگرافی پوششی کشور در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تحت عنوان پایگاه اطلاعات توپوگرافی ملی (NTDB)[2]، تهیه شده است. نقشه‌های فوق به منظور اجرای عملیات مورد نیاز شرکت‌های برق منطقه‌ای مناسب بوده و بهنگام‌ترین اطلاعات توپوگرافی کشور محسوب می‌گردند. این نقشه‌ها به صورت رقومی موجود بوده و دارای پایگاه داده توصیفی می‌باشند. اطلاعات نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ به منظور استفاده در یک سیستم GIS، آماده‌سازی شده‌اند. تطابق عوارض در لبه نقشه‌ها و حذف خطاهای Overshoot، Undershoot، Silver و ... از مزایای این نقشه‌ها به حساب می‌آیند [۲۰].

با توجه به توضیحات فوق و مشخصات اطلاعات مکانی و توصیفی موثر بر مسیریابی خطوط انتقال برق، مقیاس

[1] Entity Ralationship Diagram

[2] National Topographic Data Base

۱:۲۵۰۰۰ به عنوان مقیاس مناسب جهت ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های مورد نیاز مسیریابی خطوط انتقال برق پیشنهاد می‌گردد. دلایل انتخاب این مقیاس به طور خلاصه عبارتند از:

۱- بهنگام‌ترین نقشه‌های توپوگرافی پوششی کشور می‌باشند.

۲- نقشه‌های فوق دارای اطلاعات توصیفی نسبتاً جامعی هستند.

۳- نقشه‌های مذکور به منظور استفاده در سیستم GIS آماده‌سازی شده‌اند.

۴- دقت هندسی این نقشه‌ها که در حدود ۷.۵ متر می‌باشد با ابعاد و اندازه عوارض لایه‌های اطلاعاتی موثر بر مسیریابی خطوط هم‌خوانی دارد.

لازم به ذکر است از آنجایی که در مناطق شهری نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به طور کامل جوابگوی نیازهای شرکت‌های برق منطقه‌ای در تعیین کاربری‌ها، موقعیت عوارض جغرافیایی و حریم خطوط و پست‌های انتقال و فوق‌توزیع نمی‌باشند، لذا پیشنهاد می‌گردد که در این مناطق پس از پی‌جویی اولیه مسیر خطوط در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، از نقشه‌های بزرگ مقیاس‌تر به منظور مسیریابی خطوط انتقال برق استفاده نمود [۲۰].

انتخاب نرم‌افزار

پس از کلاسه‌بندی و تفکیک لایه‌های اطلاعاتی، انتخاب ساختار داده، تعیین مقیاس لایه‌ها و انتخاب پیکسل سایز، نوبت به انتخاب نرم‌افزار به منظور پیاده‌سازی و اجرای آنالیزهای مورد نیاز می‌باشد. در این مرحله پس از بررسی نرم‌افزارهای مختلف GIS، نرم‌افزار ArcGIS10.2 به عنوان نرم‌افزار مناسب جهت پردازش داده‌ها و اجرای آنالیزهای مورد نیاز انتخاب گردید. این نرم‌افزار به لحاظ قابلیت‌هایی نظیر نحوه دریافت و ذخیره‌سازی اطلاعات، محیط نمایش اطلاعات، نحوهٔ بازیابی اطلاعات، ویرایش داده‌ها، ابزارهای پردازش داده‌ها، توابع تحلیلی مورد نیاز جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و توانایی ارتباط با محیط‌های برنامه‌نویسی نظیر پایتون و NET. در سطح مطلوب‌تری نسبت به دیگر بسته‌های نرم‌افزاری قرار دارد. همچنین به منظور وزن دهی به فاکتورها از روش AHP استفاده شده است. سپس با استفاده از تابع Cost Path کم‌هزینه‌ترین مسیر بین دو نقطه بدست آمده است. همچنین به منظور تلفیق اطلاعات، مدل استنتاج فازی (Fuzzy Logic) و روش وزن دهی به قانونهای استنتاج فازی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت مدل فازی گاما در روش آخر به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید و این مدل جهت مسیریابی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله با توجه به دستورالعمل مسیریابی توانیر و چک لیستهای مربوطه که در فصل ۳ آورده شد، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز را تعیین و جمع‌آوری می‌نماییم

۳-۱- لایه های اطلاعاتی جمع‌آوری شده

لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در این پایان نامه در جدول۴-۲ آمده است.

جدول ۴-۲- لایه های اطلاعاتی در این پایان نامه

شماره	عنوان لایه	نوع عارضه			ساختار داده	
		نقطه	خط	پلیگون	برداری	رستری
۱	توپوگرافی(منحنی میزان)		*		*	
۲	شیب زمین					*
۳	بزرگراه		*		*	
۴	راه آسفالته درجه یک		*		*	
۵	راه آسفالته درجه دو		*		*	
۶	راه شوسه		*		*	
۷	خطوط انتقال برق موجود		*		*	
۸	پستهای برق موجود			*	*	
۹	گسلها		*		*	
۱۰	رودخانه‌ها		*		*	
۱۱	پارکها و زیارت گاهها			*	*	
۱۲	راه آهن		*			
۱۳	مناطق مسکونی			*		
۱۴	مراکز آموزشی			*		
۱۵	مراکز درمانی			*		

لایه های فوق از برق منطقه‌ای یزد گرفته شده است و مقیاس آنها ۱:۲۵۰۰۰ می‌باشد.

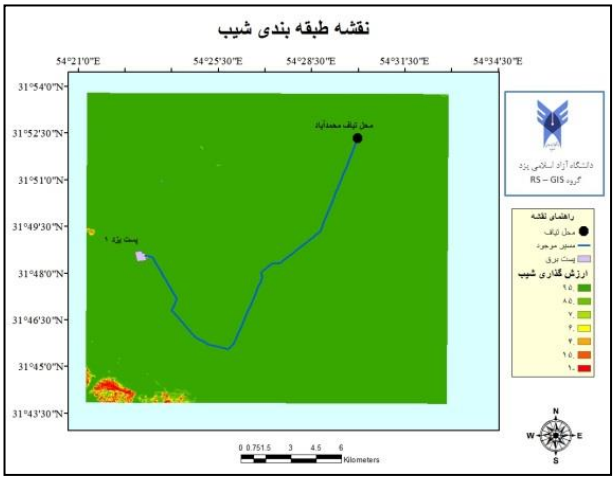
آماده سازی لایه‌ها

در این قسمت ابتدا نقشه‌های مربوط به عوارض مورد نیاز از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه گردید .بعد از تعیین فاکتورهای مؤثر در مسیریابی خطوط انتقال نیرو، بایستی لایه‌های اطلاعاتی مربوطه را آماده‌سازی نمود. در ادامه نحوه آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به تابع تجزیه و تحلیل مورد نظر تشریح می‌گردد

پردازش دادهها جهت ورود به مدلهای تلفیقی

پردازش لایه شیب زمین

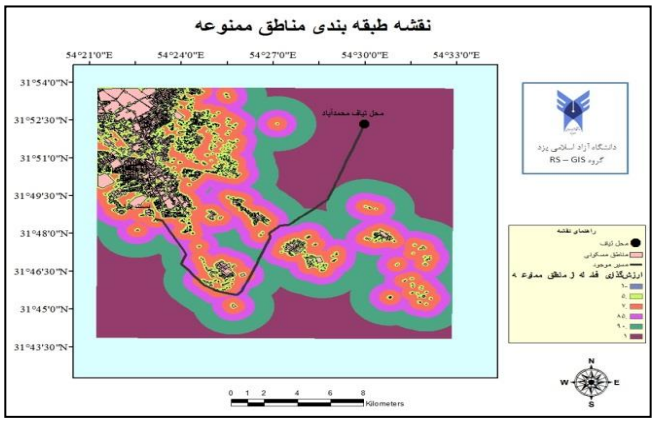
بعد از این که مدل رقومی ارتفاع با استفاده از خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ تهیه گردید با استفاده از تابع Topo to Raster نقشه شیب منطقه استخراج شد. نقشه استخراج شده در هفت کلاس طبقه‌بندی شده و با توجه این که احداث خطوط انتقال نیرو در شیبهای بالاتر از ۲۰ درجه با مشکلات عدیده‌ای همراه است به شیبهای بالاتر از این مقدار ارزش کمتری داده شد که هزینه زیادی را شامل می‌شود. تا در هنگام تعیین مسیر بهینه در حد امکان مسیر انتخابی از شیبهای تند نگذرد.



شکل ۴-۲- نقشه طبقه بندی شیب

پردازش لایه مناطق ممنوعه

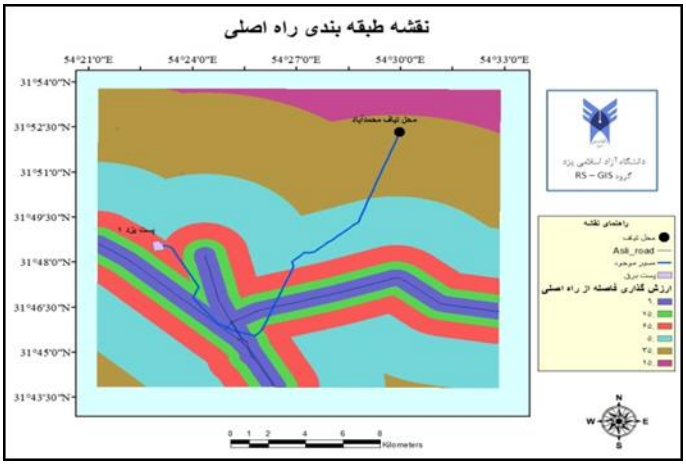
لایه مناطق ممنوعه، نشانگر مناطقی است که به هیچ عنوان امکان احداث خط انتقال در آنها وجود ندارد.. مطابق با مدل مفهومی مسیریابی پارامترهای بسیاری به عنوان عوامل محدود کننده معرفی شدند.



شکل ۴-۳- نقشه طبقه بندی مناطق ممنوعه

پردازش لایه راههای اصلی

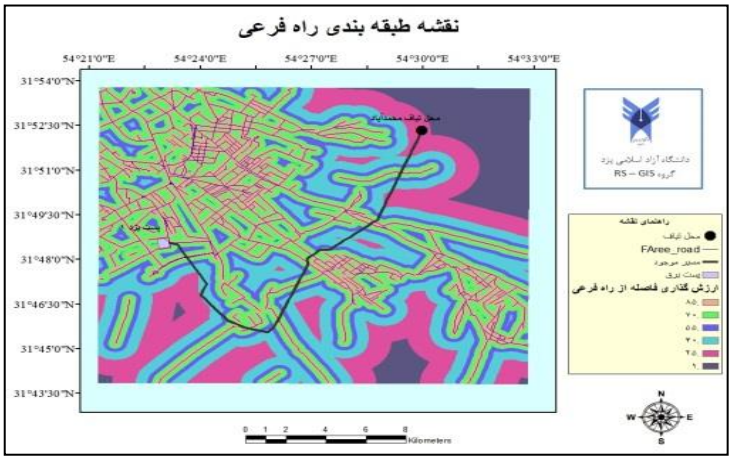
ابتدا تمامی راه‌ها شامل راه‌های اصلی آسفالته درجه ۱ و ۲ و سپس لایه‌های مربوط به آزادراهها و بزرگراهها با توجه به ارزش یکسان آنها در مسیریابی خطوط انتقال نیرو با یکدیگر ترکیب شده و لایه مربوط به راه اصلی ایجاد گردید. در ادامه فاصله از این عوارض محاسبه شده که در نقشه مربوطه فاصله پیکسلها از این عوارض به عنوان مقدار هر پیکسل در نظر گرفته می‌شوند؛ بنابراین نقشه فاصله هر فاکتور، به صورت مجزا و با ابعاد پیکسلی ۳۰*۳۰ تهیه گردید. در نهایت هر فاکتور بر ا ساس میزان اهمیت کلاسها و واحدهای مکانی موجود در آن طبقه‌بندی گردید



شکل ۴-۴- نقشه استاندارد شده عارضه راههای اصلی

پردازش راههای فرعی

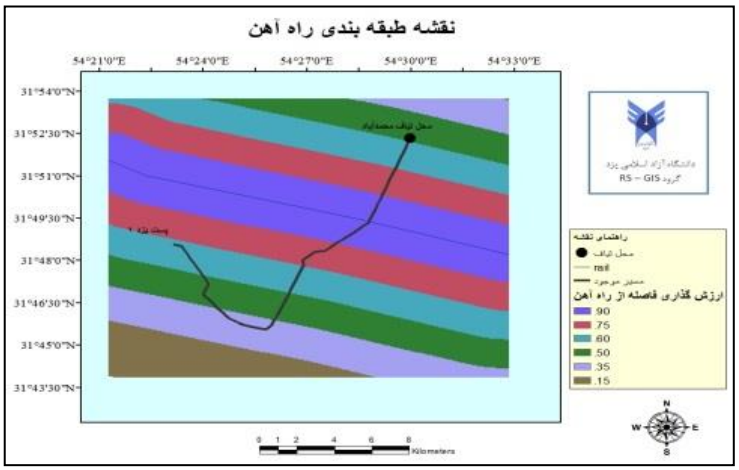
ابتدا لایه مربوط به راههای درجه ۲ و ۳ را با توجه به اهمیت یکسان آنها در مسیریابی خطوط انتقال نیرو باهم ترکیب کرده و لایه راههای فرعی ایجاد می‌گردد .و برای نمایش اهمیت کلاسها بازه صفرتا یک به‌کاررفته است.



شکل ۴-۵- نقشه استاندارد شده عارضه راههای فرعی

پردازش لایه راه‌آهن

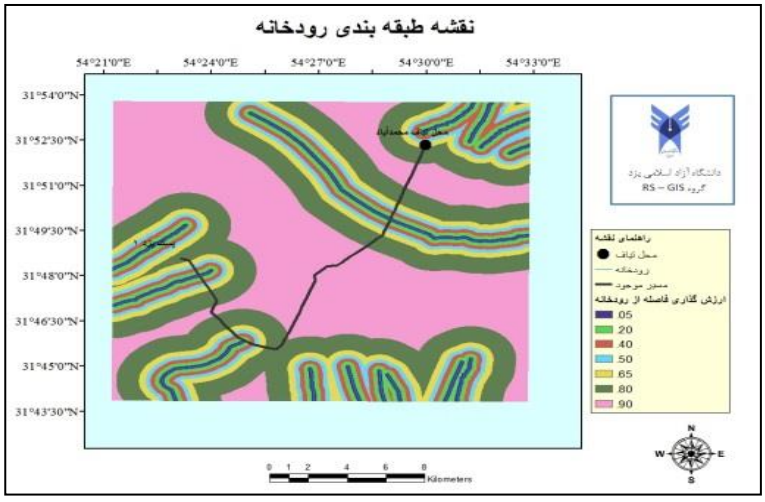
ابتدا لایه بخشی از راه‌آهن که در این مطقه واقع شده است بریده و در ادامه فاصله از این عوارض محاسبه شده که در نقشه مربوطه فاصله پیکسلها از این عوارض به عنوان مقدار هر پیکسل در نظر گرفته می‌شوند؛



شکل ۴-۶- نمایش نقشه استاندارد شده راه‌آهن

پردازش لایه مسیل

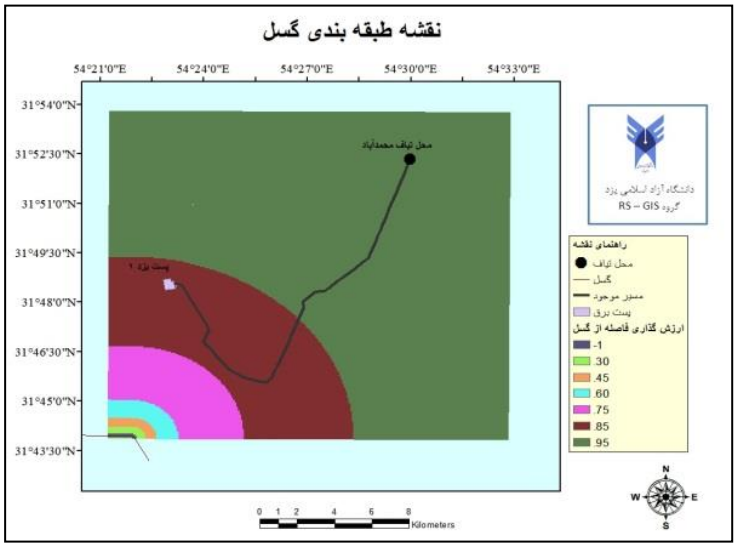
لایه رودخانه یکی از لایه‌های مهم در تعیین مسیر و برآورد هزینه عبور می‌باشد؛ و با توجه به هزینه بالای عبور از بستر رودخانه باید سعی گردد تا حد امکان از بستر رودخانه عبور نکند. از آن جایی که مسیر رودخانه به صورت دینامیک عمل می‌کند و با گذشت زمان ممکن است تغییرات زیادی در مسیر رودخانه ایجاد شود بنابراین در تهیه لایه رودخانه باید سعی گردد از نقشه‌های به هنگام استفاده گردد.



شکل ۴ – ۷ نمایش نقشه فاصله از رودخانه

پردازش لایه گسلها

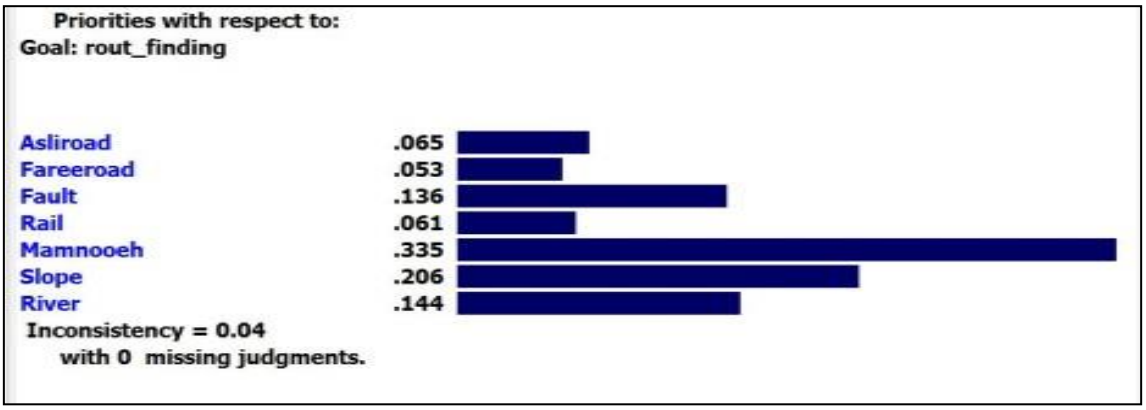
با توجه به این که خطوط گسل تنها به صورت یک خط عمل نمی کنند، بلکه دارای یک شعاع تأثیرگذاری می‌باشند، بنابراین با استفاده از تابع بافر با در نظر گرفتن شعاع عمل گسل یک محدوده اطمینان برای آن تعیین گردید. مقدار ۵۰ متر برای هر یک از یالهای گسلها و یا به عبارت دیگر پهنه ۱۰۰ متر برای تمام خطوط گسل موجود در منطقه در نظر گرفته شد



شکل ۴–۸ نقشه استاندارد گسل

وزن دهی به معیارها

وزن هر فاکتور نشان دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین مسیر مناسب جهت احداث خطوط انتقال برق می‌باشد. بنابراین انتخاب آگاهانه و صحیح وزن ها کمک بزرگی در جهت تعیین مکان مناسب جهت احداث خطوط انتقال می‌باشد.پس از اعمال توابع عضویت به لایه ها، با توجه به اینکه هر یک از آن ها تأثیر متفاوتی در مسیر خطوط انتقال برق دارند، وزن دهی به لایه ها ضرورت می یابد. عملیات وزن دهی فاکتورها با استفاده از دانش کارشناسی انجام می‌گیرد. در این روش با در نظر گرفتن نظرات کارشناسان متخصص و مجریان خطوط انتقال برق شرکت برق منطقه‌ای یزد در زمینه مسیریابی خطوط انتقال برق و با در نظر گرفتن خصوصیات محدوده مطالعاتی، وزن مناسب برای هر فاکتور به دست آمد. برای محاسبه وزن معیارها به دلیل عدم وجود چارچوب خاصی در این زمینه از روش سلسله مراتبی فازی که یکی از روش های دانش مبنا است، استفاده شد. سپس ماتریس مقایسه زوجی از معیارهای مورد استفاده ایجاد شد. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و تکمیل آن با روش AHP ، وزن هر یک از معیارها مشخص شد. برای انجام این کار از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد و با وارد کردن داده های جدول مقایسه زوجی که به صورت فازی‌اند، وزن هر معیار مشخص شد.



شکل ۴-۹- خروجی نرم‌افزار Expert Choice و تعیین وزن فاکتورها

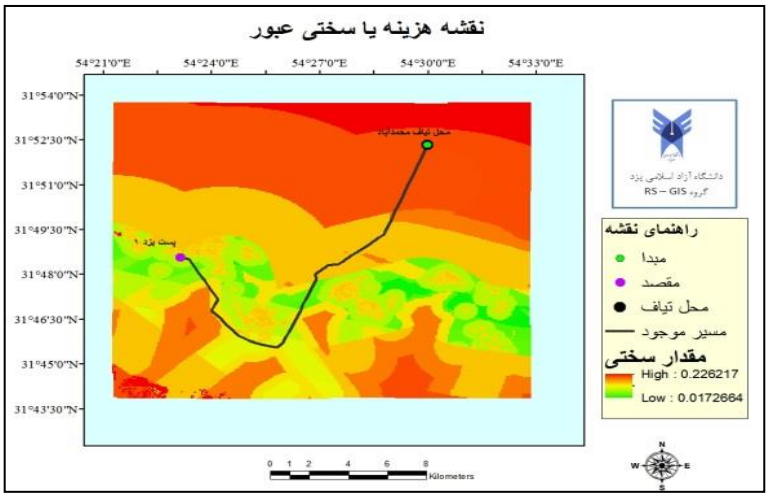
جدول۴-۱۱- وزن معیارها

معیار	وزن
راه اصلی	۰/۰۶۵
راه فرعی	۰/۰۵۳
گسل	۰/۱۳۶
شیب	۰/۲۰۶
راه آهن	۰/۰۶۱
رودخانه	۰/۱۴۴
مناطق ممنوعه	۰/۳۳۵

تلفیق اطلاعات

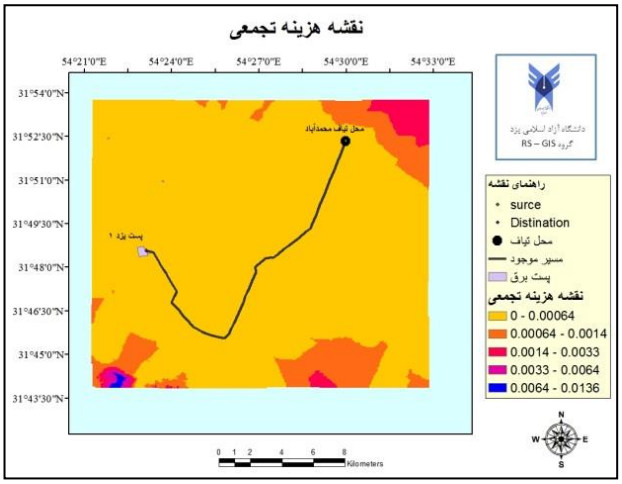
با توجه به اینکه معیارهای مؤثر، دارای وزن های مختلفی می‌باشند و بایستی همـهٔ آن‌هـا در همپوشانی شرکت کنند، از روش همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay) برای این کار استفاده شد. در این روش لایـهٔ به دست آمده از معیارها(xi) در وزن آن معیار(wj) ضرب شد، این کار برای تمامی معیارها انجـام

شد و لایه های جدید به دست آمده در این قسمت با یکدیگر تلفیق شدند. با انجام این عمل نقشه‌ای به دست آمد که بـه آن نقشـه هزینـه یـا سـختی عبـور از هـر پیکسـل می‌گویند.در این نقشه برای هر پیکسل یک عدد بین صفر تا یک به دست می‌آید کـه مقـادیر تعیـین شده، بیان کننده مکان‌های مناسب و نامناسب جهت عبور خطوط انتقال برق می‌باشد به این صورت کـه مناطق دارای ارزش بالاتر برای عبور خط انتقال ، نامناسب ترند.

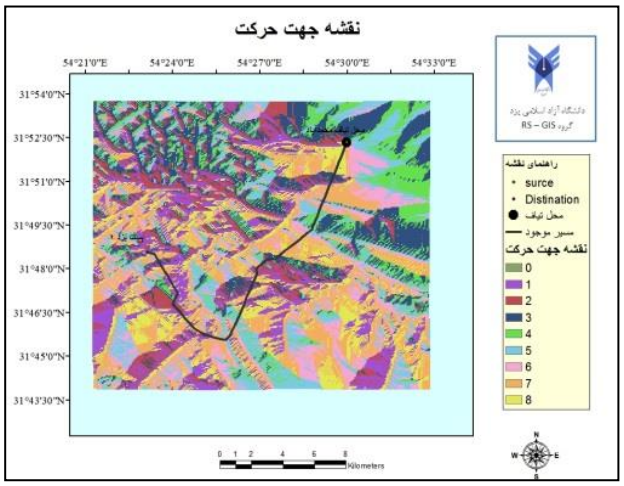


شکل ۴-۱۰-نقشه هزینه یا سختی عبور

پس از بدسـت آوردن نقشـه هزینـه منطقه و با معرفی نقاط مبدأ (محل تیاف محمدآباد) و مقصد (پست یزد یک) و بـا ابـزار Cost Distance رسـتری بـه دست می آید که در آن به هر سلول حداقل هزینه تجمعی سفر (جابجایی) به نزدیک تـرین سـلول منبع اختصاص داده می شود که به آن هزینه تجمعی می گویند. این کار تا زمانی که همه سلول ها هزینه دار شوند، ادامه مییابد. برای تعیین مسیر بهینه ، تـابع جستجو از سلولی که موقعیت مقصد را روی سطح هزینه تجمعی نشان میدهد، آغاز می‌شود و به سلول های همسایه با کوچک ترین هزینه تجمعی پیشروی می کند.این عملیات تا زمانی که به نقطـه مرجع برسیم انجام میشود. در هر گام حرکت هزینه تجمعی همسـایه اولـیهـا (هشـت پیکسـل مجاور) در نظر گرفته میشود و پیکسلی که دارای کم ترین هزینه تجمعی باشد بـه عنـوان جهـت حرکت انتخاب می‌گردد.



شکل ۴-۱۱- نقشه هزینه تجمعی



شکل ۴-۱۲- نقشه جهت حرکت

از منظر سلولی ، هدف ابزارهای هزینه ، تعیین کردن مسیر با حداقل هزینه از مبدأ به مقصد می باشد. ابزار Cost Path ، مسیر حداقل هزینه از نقطه مقصد تا نقطه مبدأ را تعیین می کند. قطع نظر از نیاز به معلوم بودن مکان مقصد، ابزار Cost Path نیاز به دو رستری دارد که از ابزار Cost Distance بدست می آید: رستر Least – Cost Distance که همان رستر هزینه تجمعی است و رستر Back link مسیر حداقل هزینه از مبدأ تا مقصد که همان نقشه جهت می باشد. این مسیر به عرض یک سلول از مبدأ تا مقصد و ارزان ترین مسیر می باشد. با توجه به اینکه در روش همپوشانی فازی بسته به اینکه از کدام عملگر فازی استفاده شود نتایج بدست آمده برای مسیر با حداقل هزینه (Cost Path)، متفاوت می‌باشد، در ادامه نتایج حاصل از استفاده از عملگرهای Gamma ، AND و OR در تهیه نقشه همپوشانی یا همان نقشه سختی عبور و مسیر بدست آمده از هرکدام از آنها بحث می‌گردد.

استفاده از عملگر گاما

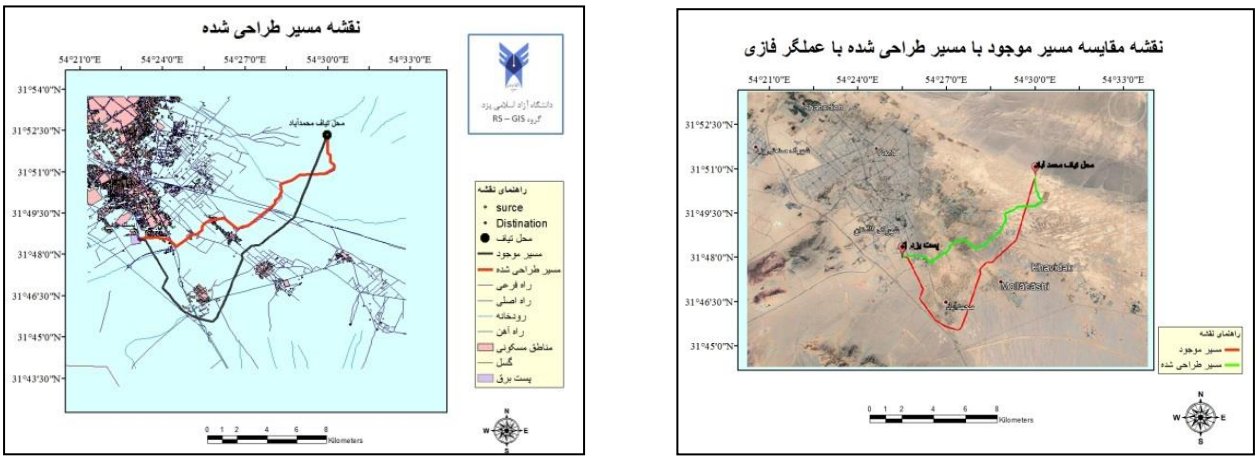
این عملگر حالت کلی عملگر ضربی و جمعی فازی می‌باشد و زمانی بکار میرود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد که رابطه آن به صورت زیر می‌باشد.

استفاده از روش وزن دهی به قوانین مورد استفاده در استنتاج فازی

این روش به منظور تلفیق مدلهای فازی وAHP به قوانینی که در روش استنتاج فازی بیان شده وزنهایی را اختصاص میدهد تا نشان دهد مسیر بدست آمده از این روش از هر لحاظ نسبت به روشهای قبلی مسیر بهتری است

استفاده از عملگر گاما برای قوانین وزن دار

رابطه استفاده شده در این روش همان رابطه استفاده شده در روش گاما است و تنها تفاوت آن وزن قوانین می‌باشد.



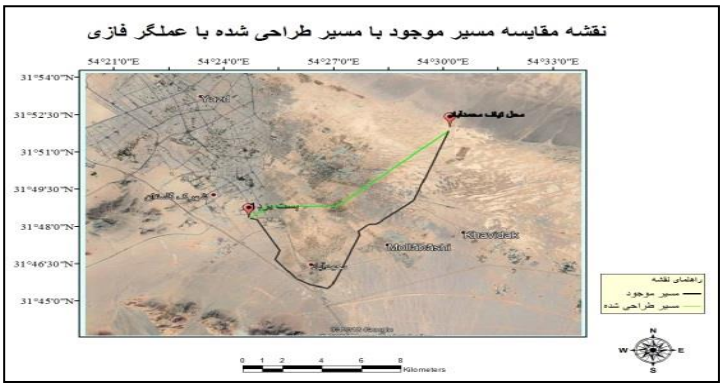
شکل ۴-۱۳-نقشه مسیر طراحی شده

طول مسیر موجود ۲۲/۴۶ کیلومتر و طول مسیر طراحی شده با نرم افزار با عملگر فازی گاما ۱۷/۰۲ کیلومتر می‌باشد که تقریبا ۵ کیلومتر از مسیر موجود کوتاه تر می باشد که این خود باعث صرفه جویی در هزینه و در مدت زمان احداث خط انتقال می شود.

استفاده از عملگر AND فازی

در این حالت از عملگر AND استفاده شد. سپس با اعمال محدودیتهای مطلق مورد نظر و بدست آوردن نقشه هزینه (همان طور که توضیح داده شد)، مسیر زیر به عنوان کوتاهترین مسیر به دست آمد. طول مسیر بدست آمده ۱۳/۶۴ کیلومتر شده که حدود ۹ کیلومتر کوتاهتر از مسیر موجود می‌باشد

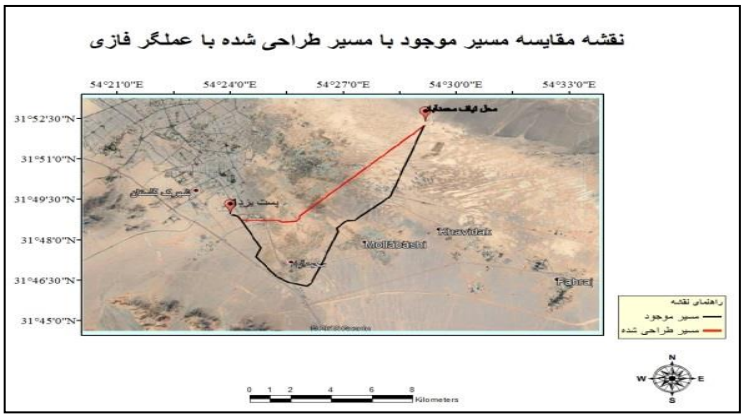
.



شکل ۴ - ۱۵ مقایسه مسیر طراحی شده با عملگر AND فازی با مسیر موجود

استفاده از عملگر استلزام فازی OR

ضعف این عملگر در اعمال اثر همه‌ی فاکتورها در خروجی می‌باشد؛ و زمانی استفاده می‌شود که معیارهای مثبت کافی در منطقه مطالعاتی وجود داشته باشد و حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را از بین فاکتورهای مختلف استخراج مینماید و در نقشه نهایی منظور می‌کند. طول مسیر بدست آمده ۱۴/۲۸ کیلومتر شده که حدود ۸ کیلومتر کوتاهتر از مسیر موجود می‌باشد.



شکل ۴ - ۱۶ مقایسه مسیر طراحی شده با عملگر OR فازی با مسیر موجود

ارزیابی روشهای تلفیق اطلاعات و پیشنهاد مدل مناسب

با توجه به اینکه در مدل مفهومی اندازه پیکسلها صد متر انتخاب شدند و فاصله مجاز دکلها صد تا سیصد متر می‌باشد، لازم است تعدادی از نقاط حذف گردند. هر چه فاصله نقاط به سیصد متر نزدیکتر باشد، هزینه ساخت مسیر کاهش می‌یابد. در نتیجه در نقاطی که مسیر دچار تغییر مسیر نشده است، دکلهای میانی حذف شده و فاصله دکلها به سیصد متر نزدیک می‌شود.

در مدل استنتاج فازی سه مدل اجتماع فازی، اشتراک فازی و فازی گاما اجرا گردید. البته با توجه به اینکه در دو مدل اجتماع و اشتراک فازی، در تعیین وزن پیکسلها تمام پارامترها دخالت داده نمی‌شود و ممکن است که پارامتر شیب که اساسیترین پارامتر در مسیریابی خطوط انتقال می‌باشد، در مسیریابی دخالت داده نشود و مسیر از مناطقی عبور کند که دارای مقدار شیب غیرمجاز باشد. لذا استفاده از این دو روش پیشنهاد نمی‌گردد. اما مدل فازی گاما جهت تلفیق اطلاعات دادهها روش مناسبی بوده و بکار گیری این روش به عنوان روشهای تلفیق اطلاعات جهت مسیریابی پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است که در مورد مدل فازی گاما، با تغییر مقادیر پارامتر γ و تعیین مسیر مربوطه، هر بار طول مسیر و همچنین میزان انطباق مسیر بدست آمده با مسیر موجود بررسی گردیده و در انتها مقدار ۰/۶ به عنوان مقدار بهینه پارامتر γ تعیین گردید.

منابع

سادات رضایی ، فاطمه. (۱۳۹۲)." مسیریابی خطوط انتقال نیرو با استفاده ازGIS مطالعه موردی خط انتقال قم-کهک ". پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS ،دانشگاه آزاد اسلامی یزد.

رستگار، عبدالمطلب (۱۳۸۹). " توسعه یک مدل تصمیم گیری چند هدفه برای مسیریابی خطوط انتقال برق با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری". پایان نامه کارشناسی ارشد GIS. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (۱۳۸۳) گزارش استاندارد پایگاه اطلاعات مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی صنعت برق. صفحات ۳۲ -۴۵ و ۱۰۸ – ۱۱۱

احمدی، سلمان، (۱۳۸۳). "مسیریابی خطوط انتقال نیرو با استفاده از GIS، "پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

بهشتی‌فر، سارا، مکان‌یابی نیروگاه‌های حرارتی با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ایران، تهران، ۱۳۸۴

جاویدی دشت بیاض، م.،(۱۳۸۳.(طراحی خطوط هوایی انتقال انرژی. انتشارات دانشگاه تهران، صفحه‌ی ۲۰ -۷

قاسمی، سیدعلی و دانش ، شهناز (۱۳۹۰)."کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)در تعیین گزینه بهینه تصفیه آب های لب شور زیرزمینی ". ششمین کنگره ملی مهندسی عمران - ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰

. وحیدنیا، م.، (۱۳۸۶). سمینار کارشناسی ارشد، تصمیم گیری چند معیاره و وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی. صفحات ۲۲-۳۵

صیری، علی‌رضا و چهرقانی، ابوالقاسم، (۱۳۸۹)، تعیین معیارهای موثر بر مکان ابی ی شبکهها و زیرساختهای برون شهری صنعت گاز با رویکرد GIS با تأکید بر مکانیابی جایگاه های سوخت CNG استان قم. آمایش سرزمین سال دوم، شماره دوم، بهار و تابستان ۱۳۸۹ صفحه ۱۳۳ ـ ۱۶۴

بهشتی فر, سارا؛ علی منصوریان و عباس علیمحمدی، ۱۳۸۸، ارزیابی SDI و GIS با استفاده از مدلEFQM ،بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو

ستوده ، احد و درویش صفت ، علی اصغر و مخدوم ، مجید. (۱۳۸۴)." استفاده از اصول محیط زیستی در مسیریابی راه آهن با استفاده ازGIS مطالعهٔ موردی: راه آهن رشت - انزلی ". محیط شناسی ، سال سی و سوم ، شماره ۴۴ زمستان ۸۶ ، صفحه ۶۵-۷۲

کیاورزمقدم ، حمید و دلاور، محمدرضا. (۱۳۸۴)." مسیریابی لوله های نفت و گاز با تلفیق منطق فازی و روش های احتمالاتی با استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی". همایش ژئوماتیک ۸۴ لفلر،ویلیام و میسنر،توماس (۲۰۰۶). "اصول عملی اجرای خطوط لوله نفت و گاز". ترجمه زارع ثانی، موسی .انتشارات دایره صنعت (۱۳۸۹).

نقیبی، فریدون، ۱۳۸۱ ،مسیریابی بهینه خطوط لوله نفت و گاز به کمک سیستمهای اطلاعات مکانی GIS(،(پایاننامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی نقشه‌برداری و ژئوماتیک، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

زرنگ ، مجید. (۱۳۸۹)."به کارگیری GIS در شبکه انتقال نیرو و امکان سنجی مسیریابی خطوط انتقال نیرو". پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS ،دانشگاه شهید چمران سایت دومین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز www.bahamayesh.com/cnf/۲۲ .

ســـاد ات رضـــایی، فاطمـــه، سرکارگر اردکانی، علی، تلفیق AHPو سیستم استنتاج فازی به منظور مسیریابی خطوط انتقال برق مطالعه موردی شهرستان کهک، جغرافیـــــا و برنامـــــه ریـــــزی محیطـــــی، ســـال ۲۶ ، پیـــاپی ۵۷ ، شـــماره ۱ ، بهـــار۱۳۹۴، ص ۱۵۸

محمدی, نازیلا؛ مهدی چابک؛ چنور محمدی و امیر انصاری، ۱۳۹۷، مسیریابی چند هدفه خطوط انتقال نیرو بر مبنای معیارهای زیست محیطی، دسترسی و اقتصادی مطالعه موردی: شهرستان ساری، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)

بهشتی فر، سارا و سعدی مسگری، محمد و ولدان زوج ، محمدجواد و کریمی، محمد.(۱۳۸۹)." استفاده از منطق فازی در GIS به منظور مکان یابی نیروگاه های گازی ". نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری -دانشکده فنی، دوره ۴۴ ، شماره ۴، دی ماه ۱۳۸۹ ، صفحه ۵۸۳ - ۵۹۵

دلایلی، رضا و همکاران، ۱۳۸۵ ،طراحی مسیر بهینه امدادرسانی حمل و نقل جادهای در محیط)GIS بر مبنای نقاط حادثه خیز(، مجموعه مقالات همایش سیستمهای اطلاعات مکانی ۸۵(GIS.۸۵

محمدی، مهدی، مدلسازی و حل مسأله مکان‌یابی بهینهٔ پست‌های فوق‌توزیع، هجدهمین کنفرانس بین المللی برق، ایران، تهران، ۱۳۸۲.

شاه حسینی، مهدی و مهبد، میرزاعلی.(۱۳۸۹). سامانه اطلاعات مکانی GIS و راهکارهای وزارت نفت برای استفاده بهینه از مزایای آن در صنعت نفت "، اکتشاف و تولید، شماره ۷۶ ،بهمن ۸۹ شرکت مهندسین مشاورNETPA نواندیشان توسعه پایدار آسیا. (۱۳۸۳). "مطالعـات تفصـیلی – اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز کوثر شهرستان اندیمشک (سد دز)"

شرکت توانیر(۱۳۹۵). دستورالعمل مسیریابی خطوط انتقال نیرو روش اجرایی و چک لیستها.

رمضانی، مریم، بررسی کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در صنعت برق، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰

[1] Kara, S., T. Efendigil & S. Onut (2010) A combined fuzzy MCDM approach for selecting shopping center site: An example from Istanbul, Turkey. Expert Systems with Applications, 37, 1973–1980.

[2] Kahraman, c. & I. Kaya (2010) A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives. Expert Systems with Applications, 37, 6270–6281.

[3] Chou, T., C. Hsu & M. Chen (2008) A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection. International Journal of Hospitality Management, 27, 293–301.

[4] Mohamadi, A. & P. Shojaei (2011) Determining gas pipeline optimum route by using integrated FAHP/GRA model. Australian Journal of Business and Management Research, 1 No.3.

[5] Monteiro, C. & Ramírez, J., 2005, GIS Spatial Analysis Applied to Electric Line Routing Optimization, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 2, PP. 934-942.

[6] Ahmadi, S., Ebadi, H. & Valadan Zeoj, M.J., 2008, A New Method for Path Finding of Power Transmission Lines in Geospatial Information System Using Raster Networks and Minimum of Mean Algorithm, World Applied Sciences Journal, 3 (2), PP. 269-277

[7] Rajopadhyay, Nagesh, Arora, Manish, Role of GIS in Preventing Power Pilferage, www. Gisdevelopment.net

[8] Beheshtifar, S., Karimi, M., Valadan Zoj, M., Data Integration Using Fuzzy Logic

Model Application in: Power-Plant Sitting,, Map India Conference, 2006.

[9] Cartina, G., Alexandrescu, V., Using of GIS Techniques in Optimization of Local Distribution Systems, IEEE Conference on Decision and Control, San Francisco, 1990

[10] Denmark's Largest Electricity Company Implements Enterprise GIS, ESRI News-ArcNews, Spring 2003 .

[11] Bagli, S., D. Geneletti & F. Orsi (2011) Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. Environmental Impact Assessment Review 31, 234–239.

[12] Eldrandaly, Khalid, A COM-Based Decision Support System for Industrial Site Selection, Geographic Information and Decision Analysis Journal, Vol. 7, No.2, PP. 72-92, 2003.

[13] Yildirim, V. & Nisanci, R., 2010, Developing a Geospatial Model for Power Transmition Line Routing in Turkey, Presented at the XXIV FIG cong- fac.sydney

[14] Lin, W., Tsay, T., Application of Geographic Information System for Substation and Feeder Planning, Electrical Power & Energy Systems Journal, Vol. 18, No. 3, PP. 175-183, 1996.

[15] Jungthirapanich, C., A Geographic Information System-based Decision Support System (GISDSS) for Facility Location, Assumption University, Bangkok, Thailand.

[16] Cowen, D. (1988). CAD versus DBMS: what are the differences? Photogrammetric engineering and Remote Sensing.54(2). pp: 1551- 1555.

[17] Ting, Y.C. and Cheueh, T.(۲۰۰۷). The interval -valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis.Immunological Reviews..۲۰۶ : ۲۳۲-۲۵۹.

Optimal Routing of Power Transmission Lines Using Fuzzy Logic and Hierarchical Modeling in Yazd Regional Electricity Company

(Mohammadabad TI Line Case Study)

Abstract

The construction of power lines is one of the most important concerns of the electricity industry in the country. The cost of building these lines on the one hand and the interaction of environmental factors on these lines on the other hand has led to different parameters in the routing of these lines. All of these parameters are directly related to the location of the transmission towers and equipment. GIS has various capabilities, including the ability to retrieve, retrieve, update, display, process and analyze reference location information, thus providing a suitable platform in which to define different conditions and parameters as information layers. And, based on the patterns defined by different experts, it was combined and achieved the desired results. The design and implementation of a suitable route in accordance with the natural and environmental conditions and the evaluation and comparison of the designed route with the existing and operating route (Muhammad Abad Line) is the main objective of this research. In this research, in order to find the optimal path between two points of interest, the fuzzy inference model is first obtained using suitable points for rig installation and cost map. The AHP method was also used to weight the factors. Then using the Cost Path function the optimal path between two points is obtained. Also, in order to integrate the information, the weighting method to fuzzy inference rules was evaluated. Finally, the fuzzy gamma model was selected as the best model in the latter method and it was used for routing between Yazd I Post and T-OFF site of Mohammad Abad.

Keywords: GIS, Power Transmission Network, Fuzzy Inference System, AHP