مسیریابی خطوط لوله در سیستم‌های انتقال آب (از سد طالقان تا شهر جدید هشتگرد) با کاربرد و مقایسه روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و شبکه‌ای

سعید قره حسن لو[۱*]، مهدی عربی[۲] و حمید قره حسن لو[۳]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، تهران، ایران

۲) دانش آموخته دکتری برنامه‌ریزی منطقه‌ای و GIS، دانشگاه تربیت معلم تهران(خوارزمی)، تهران، ایران

۳) دانش آموخته کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی رباط کریم، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: **saeidgharehhassanloo@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۵ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۳**

چکیده

تعیین مسیر بهینه خط لوله که در آن ملاحظات فنی ومهندسی، اقتصادی و زیست محیطی اعمال شده باشد؛ نیاز به تکنیک‌هایی داردکه پارامترهای موثر در تعیین مسیر را به‌طور توام در نظر بگیرند. در این پژوهش از سد طالقان تا شهر جدید هشتگرد ابتدا پارامترهای موثر در تعیین مسیر وضعیت توپوگرافی (شیب، ارتفاع)، پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی، تراکم جمعیت، طول خط لوله، رودخانه و جاده، نواحی و مکان‌های مهم، سکونت‌گاه‌ها، نواحی حساس زیست‌محیطی و مراکز مذهبی- فرهنگی تعیین، و با کاربرد نقشه‌های پایه و استخراج مکان هندسی نقاط مورد نظر از Google Earth، اقدام به عملیات میدانی پیمایش و برداشت اطلاعات زمینی شد. پس از آن اطلاعات لایه‌های مربوط به پارامترهای مورد نظر در محیط GIS بارگذاری و پس از اعمال وزن‌دهی‌های خاص، عملیات تولید نقشه هزینه بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارزش‌گذاری، ترکیب و نهایتاً مسیر بهینه با استفاده از الگوریتم کمترین هزینه تعیین گردید. نهایتاً مسیرها شامل: مسیر آبفا و مسیر بهینه تعیین شده، با هم مقایسه شدند. مقایسه مسیر بهینه تعیین شده با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و ادریسی نشان می‌دهد دو مسیر بر هم منطبق هستند و مقایسه هزینه این مسیر با مسیر آبفا، ۱۴ درصد کاهش هزینه را نشان می‌دهد که عمده هزینه اضافی مسیر آبفا ناشی از تقاطع بیشتر با رودخانه و جاده، عبور از نواحی غیر مجاز، عبور از کاربری‌های مختلف با هزینه بالاتر و نهایتاً افزایش طول خط لوله است.

واژه‌های کلیدی: وزن‌دهی، خطوط لوله آب، سد طالقان، شهر جدید هشتگرد، تحلیل سلسله مراتبی.

مقدمه

طراحی اولیه مسیر و مطالعات فاز صفر، یکی از مهم‌ترین مراحل احداث مسیر خطوط لوله انتقال آب است که در طی آن محل عبور خطوط لوله، پیش از شروع ساخت، از جنبه‌های مختلف بررسی شده و ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین موقعیت احداث مسیر خطوط لوله شناسایی می‌شود (نگاهداری و همکاران،۱۳۹۱). پردازش و تحلیل به منظور تعیین کوتاه‌ترین مسیر، همواره یکی از کاربردی‌ترین راه‌ها است. تاکنون الگوریتم‌های مختلفی برای مسیریابی بهینه، باتوجه به پارامترهای مؤثر و خصوصیات مختلف آن‌ها ارائه شده است. اینکه کدام روش ارزیابی و تحلیل تناسب جغرافیایی، مکانی و زمانی از پارامترهای پایه تأثیرگذار دارد، امری مهم و نیاز به کاربرد فنون و روش‌های خاص خود دارد. بهینه‌سازی، یک فعالیت مهم و تعیین‌کننده در طراحی است. طراحان زمانی قادر خواهند بود طرح‌های بهتری تولید کنند که بتوانند با روش‌های بهینه‌سازی در صرف زمان و هزینه طراحی صرفه‌جویی نمایند. هدف از بهینه‌سازی، یافتن بهترین جواب قابل قبول، باتوجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسئله است. برای یک مسئله، ممکن است جواب‌های مختلفی وجود داشته باشد که برای مقایسه آن‌ها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود و انتخاب این تابع به طبیعت مسئله وابسته است (واحد منشوری، ۱۳۷۲: ۲). به عنوان مثال، کاهش زمان یا هزینه از جمله اهداف رایج بهینه‌سازی مسیریابی خطوط لوله انتقال آب است. در طراحی مسیر علاوه بر رعایت نکات فنی و اقتصادی، باید به خصوصیات زیست‌محیطی نیز توجه نمود، تا احداث آن حداقل آسیب‌ها را به محیط‌زیست وارد نماید. از آنجا که استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده یکی از روش‌های تأمین آب مورد نیاز محسوب می‌شود و با توجه به این‌که استان البرز با مشکل کم آبی روبه‌رو شده است و مسائل و پیامدهایی را به همراه آورده است؛ در این تحقیق سعی شده تا از تکنیک نوین GIS که جهت تصمیم‌گیری و مشاوره کارشناسان در طراحی مسیر خطوط لوله است استفاده؛ و همچنین با به کارگیری روش الگوریتم کم هزینه‌ترین مسیر[1] و ارزیابی چند معیاره[2] بهترین مسیر برای خطوط لوله انتقال آب در نظر گرفته شود. به علاوه می‌توان عوامل مختلف فنی و مهندسی، اقتصادی و زیست‌محیطی مؤثر در طراحی مسیر را مدل‌سازی کرد و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف، مسیر بهینه را تعیین نمود. با توجه به این‌که تاکنون روش‌های مختلفی برای مسیریابی خطوط لوله انتقال آب ارائه گردیده است، این سؤال مطرح می‌گردد که کدام روش برای استفاده مسیریابی خطوط لوله انتقال آب انتخاب شود؟ از آنجا که تقاضای روز افزون جهت تهیه آب مصرفی، سامان‌دهی بهداشتی فاضلاب و محدودیت منابع آب کشور، نیاز به یک تفکر سیستمی جامع و بهینه در مدیریت این منابع را ایجاب می‌نماید؛ از این‌رو با توجه به وسعت کشورمان و هزینه بالای احداث خط لوله، عدم بررسی لازم در هنگام طراحی و ساخت خطوط لوله هزینه‌های گزافی را تحمیل می‌نماید. بنابراین ضروری است قبل از عملیات لوله‌گذاری خطوط لوله انتقال آب، در تعیین مسیر بهینه تمام ملاحظات فنی و مهندسی، اقتصادی و زیست‌محیطی

1- Least Cost Path Algorithm

2- Multi Criteria Evaluation

لحاظ شده باشد و دقت ویژه‌ای مبذول داشت. طراحی مسیر اعم از جاده، راه‌آهن، خطوط نفت و گاز، آب، کابل‌های مخابراتی و غیره با استفاده از GIS بیش از دو دهه است که مورد توجه قرار گرفته و در زمینه مسیریابی بهینه خطوط لوله به کمک GIS در سطح جهان فعالیت‌های مختلفی انجام شده، ولی در داخل کشور ایران انجام این کار در مراحل اولیه اجرا است. شوبیری و همکاران (۱۳۹۴) به مسیریابی بهینه خطوط انتقال آب با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی و ابزار GIS پرداختند. در این تحقیق از مدل ارتفاعی رقومی بدست آمده از ماهواره‌ها، و GIS برای رسیدن به مسیر بهینه استفاده شد. طبق این هدف، معیارهای اصلی و ارزش هر معیار نیز با نظر کارشناس مشخص و برای ارزش‌گذاری مناطق مورد استفاده در عبور خطوط انتقال لایه‌های اطلاعاتی بدست آمد. با توجه به ارزش آن‌ها نسبت به یکدیگر، با هم ادغام شده و مسیر بهینه مشخص گردید. مسیر بهینه پیشنهادی در تحقیق حاضر دارای ارزش مهندسی بالاتر و طول خط لوله کوتاه‌تر نسبت به مسیر مورد استفاده برای خط لوله در منطقه مورد مطالعه بود. سدیدی و امین پور (۱۳۹۸) در دانشگاه خوارزمی تهران به مسیریابی خطوط انتقال نیرو با استفاده از GISو AHP بر روی بخشی از مسیر خطوط انتقال نیرو شهرستان نمین و اردبیل پرداختند. در این مطالعه از روش AHP برای وزن‌دهی معیارهای مربوط مسیریابی خطوط انتقال نیرو استفاده شد و بر اساس معیارها، نقشه‌های منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری، ویرایش، وزن‌دهی و به فرمت مناسب برای انجام تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار تبدیل شد؛ و پس از تولید نقشه سطح وزن دارشده از ابزار LCP برای یافتن بهترین مسیر استفاده گردید. Yildrirm و Yomuralioglu (۲۰۱۱) به مسیریابی خطوط لوله نفت و گاز با مقایسه GIS و روش‌های سنتی در ترکیه پرداختند. در این پژوهش ثابت شد مسیریابی خطوط لوله با استفاده از این سیستم نسبت به روش‌های سنتی ۱۴ درصد کاهش هزینه و نیز نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاربر پسندتر و نه تنها مدل مفهومی، بلکه یک پژوهش واقعی را نشان داده است. با استفاده از این سیستم اکثر جنبه‌های مهم به عنوان مثال، تعیین پارامترهای موثر در مسیریابی خطوط لوله شناسایی شد، سپس برای تعیین وزن هر عامل، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. Balogun و همکاران (۲۰۱۲) پژوهشی با عنوان انتخاب مسیر بهینه خطوط نفت با استفاده از GIS انجام دادند. در این پژوهش اشتقاق وزن متغییرها وابسته به میزان اهمیتی بود که جامعه برای آن‌ها تعیین می‌کند. آنان نتیجه گرفتند متغیرهای وزن‌دار را بر اساس میزان آسیب‌پذیری که بر محیط زیست دارند ارزیابی کرده و روش پیشنهادی آنان کاهش خطرات زیست‌محیطی را دربر داشت. نتایج حاصل از تحقیق‌های یاد شده، مؤید قابلیت GIS در تعیین مسیر به صورت خودکار بوده است و همچنین نتایج تجربی در بسیاری از کاربردها نشان می‌دهند که جواب نهایی حاصل از اجرای الگوریتم کم‌ترین هزینه معمولاً بسیار نزدیک به جواب بهینه است. اما نکته قابل توجه، شناسایی عوامل مؤثر با توجه به هدف و منطقه مورد بررسی و همچنین تعیین اولویت و وزن‌دهی نسبی آن‌ها است که بهتر است با دقت کامل و نظر متخصصان انجام پذیرد. هدف کلی در این پژوهش، دخالت پارامترهای مؤثر و به کارگیری روش‌های GIS، Least Cost Path Algorithm و Multi Criteria

Evaluation در تعیین مسیر بهینه، و همچنین مقایسه مسیر بهینه تولید شده با مسیر آب و فاضلاب استان البرز از لحاظ فنی و مهندسی، اقتصادی و زیست‌محیطی است.

مواد و روش ها

مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

خطوط لوله انتقال آب با اختصاص هزینه‌های هنگفت جهت تأسیس و احداث آن‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های صنعت آب و فاضلاب کشور بوده که حتی صرفه‌جویی‌های اندک در این زمینه، نقش بسیار مهمی در سرنوشت ریالی و فنی پژوهش‌ها ایفا می‌نماید. در مسیرهای انتقال با توجه به وضعیت جغرافیایی کشور ایران سابقاً برای انتقال، بحث کوتاه‌ترین مسیر مد نظر بوده که با استفاده از الگوریتم‌های مختلف مسیرهای کوتاه پیاده‌سازی می‌شده است. اما امروزه بحث بهینه‌ترین مسیر مد نظر بوده که علاوه بر کوتاه‌ترین مسیر، عوارض زمین و کم‌ترین هزینه و موارد دیگر نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

بدیهی است بدون در نظر گرفتن کلیه عوامل تأثیرگذار در طراحی مسیر، کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه همواره مسیر مستقیم بین آن دو نقطه خواهد بود اما در عین حال این کار امکان‌پذیر نیست و در طبیعت همیشه موانعی بر سر راه قرار می‌گیرند که باعث بالا رفتن هزینه‌ها می‌شوند. این هزینه‌ها یا اقتصادی هستند؛ مانند هزینه‌های اضافی جهت ساخت پل برای عبور از رودخانه‌ها، کانال‌کنی، خاکبرداری، تخریب پوشش آسفالتی، تملک کاربری و یا محیط‌زیستی، مانند از دست دادن چشم‌اندازهای طبیعی، نابودی اکوسیستم‌های شکننده و نظیر آن، که آثار این اقدامات مستقیم یا غیرمستقیم به انسان برمی‌گردد. این هزینه‌ها را می‌توان به عنوان موانع نسبی و موانع مطلق در نظر گرفت. موانع مطلق، پدیده‌هایی هستند که مسیر خطوط لوله انتقال آب نباید از آن عبور کند مانند (سکونت‌گاه‌ها، مدارس، قبرستان و...)، در صورتی که موانع نسبی جلوی ادامه مسیر را نگرفته و به نسبت میزان هزینه‌ها (اقتصادی یا محیط‌زیستی) بر روند طراحی مسیر تأثیر می‌گذارد. طراحی مسیر باید به گونه‌ای باشد که مسیر خطوط لوله انتقال آب از مناطقی عبور کند که هزینه‌ها کمینه باشد. چون هزینه‌های در نظر گرفته شده هم از لحاظ اقتصادی باید کمینه باشد و هم کمترین خسارت زیست‌محیطی را شامل شود؛ بنابراین مسیر مورد نظر باید یک مسیر بهینه باشد (Malczewski, 2006).

روش وزن‌دهی بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی

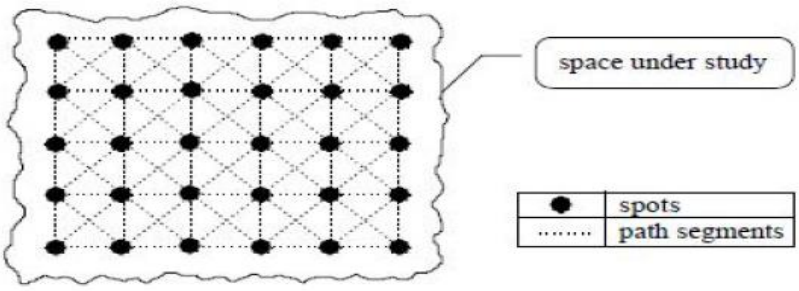
مدل تحلیل سلسله مراتبی[3] که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته، یکی از سیستم‌های تصمیم‌گیری برای معیارهای چندگانه بوده که بر پایه دانش کارشناسی استوار و توسط توماس ساعتی (۱۹۸۰) طراحی گردیده است. در تحلیل سلسله

3- Analytical Hierarchy Process

مراتبی امکان فرموله کردن مسـألله و در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی وجود دارد. در این مدل می‌توان گفت گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی پارامترها وجود دارد. تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسه است؛ که قضاوت را آسان و دقت محاسبات را بالا می‌برد (نظری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰).

مدل‌سازی شبکه

مدل شبکه‌ای، نمایشی از داده‌های یک شبکه است که به صورت یک گراف خطی تعریف می‌شود (Lupien et al., 1987) و از اتصالاتی که نشان‌دهنده کانال‌های خطی جریان است، تشکیل می‌یابد. در مدل شبکه، گره‌ها تقاطع هستند و لبه‌ها می‌تواند بخشی از یک خط لوله باشد که در شکل(۱) این شبکه نمایش داده شده است. برای یک شبکه که نشان‌دهنده مدلی از دنیای واقعی است، یک لبه دارای جهت و اندازه مقاومت است. مقاومت، هزینه حرکت در یک شبکه و در طول یک لبه است (Husdal, 1999).



شکل ۱: نمایشی از یک سطح شبکه‌ای Stefanakis and Kavouras, (1995)

مروری بر نظریه‌های مسیریابی

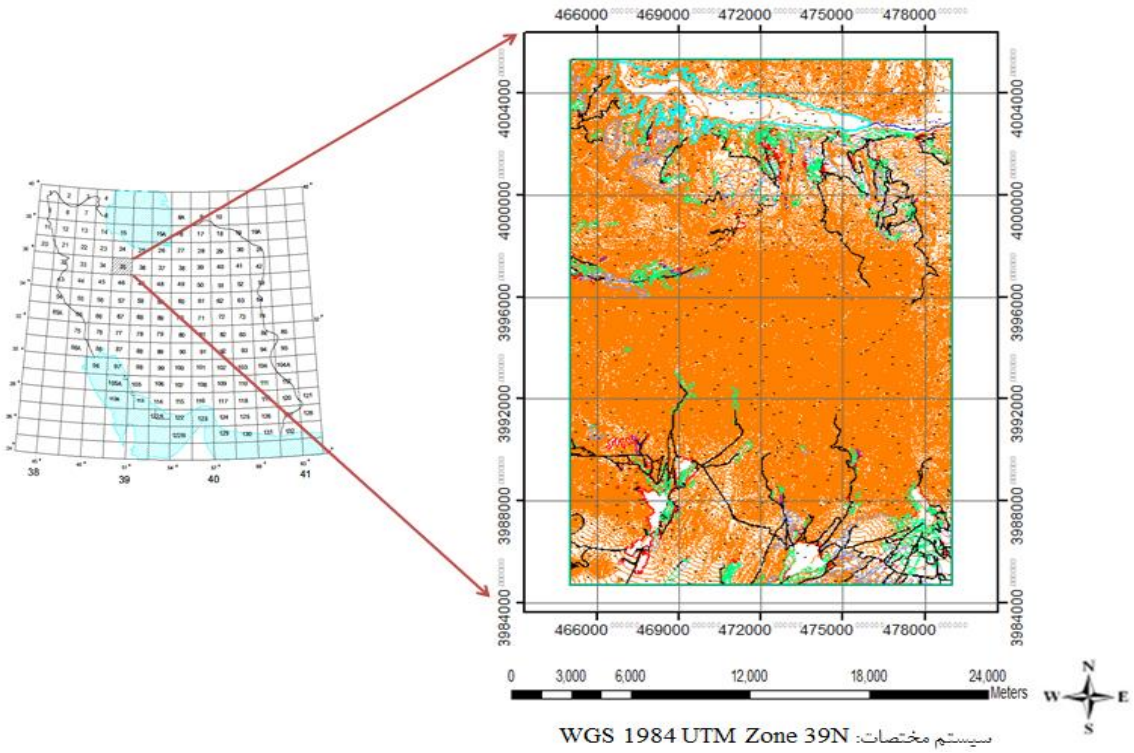
صاحب‌نظران در دنیا در سه دسته هستند؛ ۱) گروهی بر دیدگاه اقتصادی معتقدند که برای آنان کاهش زمان، هزینه و مسیر اهمیت بسزایی دارد. ۲) گروهی بر دیدگاه زیست‌محیطی معتقدند که به کاهش خطرات زیست‌محیطی (عوامل محیطی، عوامل اکولوژیکی و عوامل انسانی) اهمیت می‌دهند. ۳) دیدگاه تلفیقی؛ که شامل دو دیدگاه قبل می‌باشد، نظریه و دیدگاه جدید در دنیا است که در این پژوهش از آن استفاده شده و با توجه به این دیدگاه‌ها به برخی از نظریه‌های مربوط به مسیریابی در این پژوهش پرداخته می‌شود، از جمله این نظریه‌ها: با گسترش شهرستان‌ها تقاضا برای خطوط لوله آب افزایش یافته و این خطوط به عنوان اقتصادی‌ترین گزینه عملی و امن و کار آمدترین روش، مقرون به صرفه و سازگار با محیط‌زیست برای حمل و نقل مایع (آب) است (Ghose et al., 2006). ۲- روش‌های سنتی بهینه‌یابی مسیر خطوط لوله با توجه به پرهزینه و زمان‌بر بودن، دقیق نبوده و نمی‌توان در آن‌ها دخالت همه پارامترهای مؤثر در تعیین مسیر را به راحتی اعمال نمود. بنابراین در اغلب مسیرهای طراحی شده تمامی ملاحظات فنی و مهندسی، اقتصادی و زیست‌محیطی لحاظ نشده و به کارگیری تکنیک‌های نوین GIS و سنجش از دور که به عنوان سیستمی کارآمد جهت تصمیم‌گیری و مشاوره کارشناسان در طراحی مسیر خطوط

لوله می‌باشند، برای رسیدن به هدف ضرورت دارد (Rudolph, 1994; Feldman et al., 1995). ۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی با قابلیت‌های خاص خود مانند انعطاف‌پذیری، استحکام و ثبات می‌تواند با ترکیب اطلاعاتی از تصاویر ماهواره‌ای، به نتایج دقیق‌تر در زمان کوتاه‌تر منجر شود (Rudolph, 1994; Collischonn and Pilar, 2000). ۴- انتخاب یک مسیر مناسب برای اجتناب از موانع موجود، خطر از تأسیسات موجود مضر را کاهش می‌دهد، اما هدف به حداقل رساندن هزینه و زمان مورد نیاز برای ساخت و ساز است (Min-Yuan and Chang, 2001). ۵- GIS معمولاً تعدادی از ابزار را برای تجزیه و تحلیل شبکه‌های مکانی فراهم می‌کند و عموماً ابزاری را برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر و یا مینیمم کردن مسیر ارائه می‌دهد (*Derekenaris et al., 2001*). ۶- در فناوری مسیریابی برای محاسبه کوتاه‌ترین مسیر، کاهش هزینه استفاده شده توسط شرکت‌های گزارش شده به‌طور معمول بین ۱۰ و ۲۰ درصد است (Tarantilis et al., 2004).

این تحقیق از نوع تحلیلی- کاربردی است که ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی و برگزاری جلسات کارشناسی جهت انجام کار، چارچوب‌های تئوری و ادبیات مسیر و مسیریابی، مورد مطالعه قرار گرفت و سپس با مشاهدات و بررسی‌های میدانی، اطلاعات مورد نیاز تکمیل و با تلفیق نقشه‌های موجود و اطلاعات گردآوری شده در محیط نرم‌افزارهایی همچون ArcGIS و IDRISI Selva، به تفسیر آن‌ها با توجه به شرایط محیطی پرداخته شد و با مقدار دهی به مدل، تست‌های لازم و همچنین با ارزش‌یابی از نتایج و صحت‌سنجی آن‌ها مسیر بهینه انتخاب گردید و سپس بر اساس یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی برای موضوع مورد مطالعه ارائه شد. شهرستان طالقان در ۱۰۰ کیلومتری شمال غرب تهران و در میان دره بزرگی در کوه‌های البرز و شهر جدید هشتگرد از نظر جغرافیایی در غرب استان تهران در ارتفاع ۱۳۱۰ تا ۱۶۱۰ متر از سطح دریا قرار دارد. محدوده مورد مطالعاتی بین ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵ دقیقه قرار دارد شکل(۲). (سال‌نامه آماری استان البرز، ۱۳۹۵).

معیارهای مؤثر در مسیریابی خطوط لوله انتقال آب

در ارزیابی چندمعیاری برای دست‌یابی به یک هدف معین، باید سنجه‌ها یا شاخص‌هایی را تعریف و معین کرد که بر مبنای آن بتوان به آن هدف معین دست یافت. این سنجه‌ها یا شاخص را معیار ارزیابی می‌نامند (کرم، ۱۳۸۴: ۹۵) که به دو دسته فاکتور و محدودیت دسته‌بندی می‌شود (Eastman, 2006: 124). به‌طور کلی معیار و اصولی که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته‌اند، به دو دسته معیارهای اکولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی تقسیم می‌شوند که این معیارها با توجه به قوانین و دستورالعمل-های محیط‌زیستی انتخاب شدند. معیارهای اکولوژیکی شامل: شیب و ارتفاع و معیارهای اقتصادی- اجتماعی شامل: کاربری اراضی، مناطق شهری و روستایی، جاده‌های در دسترس، زیرساخت‌ها بوده است. سپس با استفاده از لایه‌های جدول (۱)، نقشه مربوط به معیارها و محدودیت‌ها استخراج شد.



شکل ۲: نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

جدول ۱: لایه‌های مورد استفاده در فرآیند مسیریابی

معیار	لایه‌های اطلاعاتی	تشریح	منبع
معیارهای اکولوژیکی	نقشه رودخانه‌ها	شامل رودخانه‌های اصلی و فصلی در منطقه	سازمان نقشه‌برداری کشور
	نقشه مدل رقومی ارتفاعی	شامل داده‌های ارتفاعی به صورت متوسط برای هر پیسکل است که از نقشه توپوگرافی منطقه تهیه شده است.	سازمان نقشه‌برداری کشور
	نقشه شیب	شامل داده‌های شیب بوده که از نقشه مدل رقومی ارتفاعی تهیه شده است.	سازمان نقشه‌برداری کشور
معیارهای اقتصادی و اجتماعی	نقشه جاده	شامل جاده‌های اصلی و فرعی	سازمان نقشه‌برداری کشور
	نقشه کاربری اراضی	شامل زمین‌های کشاورزی، باغات، تاکستان و...	سازمان نقشه‌برداری کشور
	نقشه مناطق شهری و روستایی	نشان‌دهنده لکه‌های سکونت‌گاهی	سازمان نقشه‌برداری کشور
	نقشه زیرساخت‌ها	شامل تأسیسات رفاهی، مراکز (فرهنگی-مذهبی) و...	سازمان نقشه‌برداری کشور

مسیریابی با استفاده از الگوریتم کم‌ترین هزینه در ArcGIS

الگوریتم مسیریابی در مدل برداری، شبیه الگوریتم‌های عمل‌کننده در مدل رستری است. اما مدل‌بندی جهات در شبکه‌های برداری به سختی شبکه های رستری نیست. به منظور یافتن مسیر با کم‌ترین هزینه بایستی ابتدا روی یک سطح با هزینه تجمعی حرکت کرد که این سطوح هزینه، مقاومت در برابر عبور از یک سلول به سلول دیگر را به صورت تجمعی نشان می‌دهد. برای حرکت روی سطح هزینه، بایستی مقادیر متنوع سلول‌ها با هم ترکیب شوند (Tomlin, 1999: 120). مسیریابی بهینه

خطوط لوله انتقال آب با استفاده از الگوریتم کم‌ترین هزینه به نقطه مبدأ و مقصد، نقشه هزینه و نقشه هزینه تجمعی بستگی دارد.

مراحل تعیین مسیر بهینه با استفاده از الگوریتم کم‌ترین هزینه در روش AHP

۱- وزن‌دهی به فاکتورها: وزن و اهمیت نسبی هر یک از فاکتورها را در رابطه با هدف مورد نظر باید تعیین کرد. از آنجایی که نقش و اهمیت هر یک از معیارها در تعین مسیر یکسان نیست و به عبارت دیگر، محدودیتی که این عوامل در تعیین مسیر ایجاد می‌کنند، با هم برابر نیست و برخی از مشخصه‌ها به عنوان عامل کلیدی عمل می‌کنند (Malczewski, 1999: 960)، از این‌رو باید این عوامل، ارزش‌گذاری و وزن‌دهی شوند. بنابراین در این مرحله بایستی مجموعه داده‌ها را به صورت وزن‌دار با یکدیگر ترکیب و طبق جدول (۲) میزان تأثیر هرکدام از آن‌ها را که در تجزیه و تحلیل نقش دارند وارد کرد. بنابراین طبق نظر کارشناسان آب و فاضلاب استان البرز برای شیب که تأثیر بسزایی در منطقه دارد، بالاترین درصد در نظر گرفته می‌شود. در ادامه برای ارزش‌گذاری مجموعه داده‌ها پرسش‌نامه‌ای در قالب ضریب وزنی به پارامترهای مؤثر در تعیین مسیر بهینه با توجه به نظرات ۴۰ نفر از کارشناسان و متخصصین آب و فاضلاب استان البرز تهیه، که پس از جمع‌بندی نظرات، مجموعه داده‌ها طبق جداول (۳) تا (۵) بر اساس AHP ارزش‌گذاری شده‌اند. در این جداول، ضریب ۱ دارای کم‌ترین هزینه و ضریب ۱۰ دارای بیش‌ترین هزینه برای عبور لوله از عارضه است و برای موانع مطلق (مسجد، قبرستان، ساختمان‌ها و...) که امکان عبور لوله از آنها وجود ندارد، ضریب ۱۰ در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: درصد تأثیر فاکتورهای مؤثر در تعیین مسیر بهینه

فاکتورها	درصد میزان تأثیر فاکتورها
شیب	۵۰
کاربری	۳۰
عوارض خطی	۲۰

جدول۳: وزن کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

کاربری		
عارضه	ضریب وزنی (۱۰- ۱)	علت ضریب داده شده
باغ	۹	املاک شخصی+ آسیب‌های زیست‌محیطی+ خسارت تخریب باغ+ هزینه تملک
تاکستان	۹	املاک شخصی+ آسیب‌های زیست‌محیطی+ خسارت تخریب تاکستان+ هزینه تملک
زمین خالی	۲	تخریب محیط‌زیست
زمین کشاورزی	۸	املاک شخصی+ آسیب‌های زیست‌محیطی+ خسارت تخریب زمین کشاورزی+ هزینه تملک

جدول ۴: وزن عوارض خطی موجود در منطقه مورد مطالعه

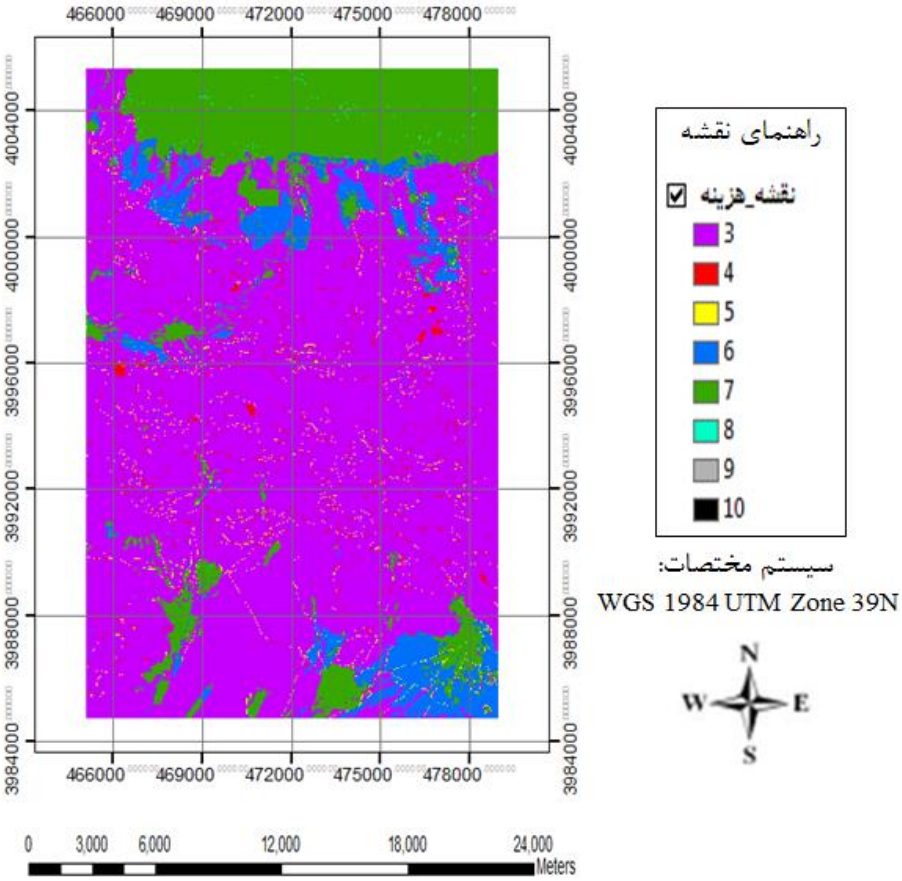
عوارض خطی		
عارضه	ضریب وزنی (۱۰-۱)	علت ضریب داده شده
راه درجه یک	۹	هزینه زیاد و مشکلات اداری در شهرداری و شهرسازی+ بالا بودن هزینه اجرا+ افزایش خطر ترکیدگی به دلیل تردد زیاد وسایل نقلیه (فشار بار خارجی)+ هزینه بالا عوارض شهری+ ایجاد ترافیک
راه درجه دو	۸	هزینه بالا عوارض شهری+ ایجاد ترافیک+ تحمل فشار زیاد عبور وسایل نقلیه
راه درجه سه	۷	هزینه بالا عوارض شهری+ ایجاد ترافیک+ تحمل فشار زیاد عبور وسایل نقلیه
راه درجه چهار	۵	هزینه عوارض شهری
راه درجه پنج	۴	هزینه عوارض شهری
رودخانه	۹	هزینه‌دار به علت ایجاد پل+ تخریب محیط‌زیست+ رعایت رژیم طبیعی رودخانه و آب‌های سطحی

جدول ۵: وزن شیب‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

شیب	ضریب وزنی (۱۰-۱)	علت ضریب داده شده
۰/۰۰ - ۷/۹۵	۴	به علت کم بودن شیب نیاز به هزینه دارد+ به دلیل شیب کم یا صفر و سرعت کم آب، امکان و ایجاد رسوب در لوله وجود دارد+ مسیر رسوب-گذاری و سرعت کم آب (افت اصطکاکی سرعت آب)+ نیاز پمپ برای پمپاژ آب+ هزینه احداث ایستگاه پمپاژ آب (هزینه خارجی برق و...)
۷/۹۵ - ۱۵/۹۱	۳	به علت کم بودن شیب نیاز به هزینه دارد + افزایش ضریب اصطکاک لوله
۱۵/۹۱ - ۲۳/۸۷	۴	به علت کم بودن شیب نیاز به هزینه دارد + افزایش ضریب اصطکاک لوله
۲۳/۸۷ - ۳۱/۸۳	۴	به علت کم بودن شیب نیاز به هزینه دارد+ فرسایش لوله
۳۱/۸۳ - ۳۹/۷۹	۵	فرسایش لوله
۳۹/۹۸ - ۴۷/۷۵	۶	فرسایش لوله
۴۷/۷۵ - ۵۵/۷۱	۷	فرسایش لوله
۵۵/۷۱ - ۶۳/۶۷	۸	فرسایش لوله
۶۳/۶۷ - ۷۱/۶۹	۱۰	غیر ممکن
۷۱/۶۹ - ۷۹/۵۹	۱۰	غیر ممکن

۲- ایجاد سطح هزینه یا اصطکاک[4]: هدف این مرحله، تولید یک لایه داده در فرمت شبکه‌ای است که به تمامی سلول‌های آن هزینه حرکت و عبور نسبت داده می‌شود و این لایه، سطح هزینه یا اصطکاک نام دارد. با جمع‌بندی که از نظرات کارشناسان و متخصصین سازمان آب و فاضلاب استان البرز در خصوص ضریب وزنی پارامترهای مؤثر در تعیین مسیر بهینه صورت گرفت، مجموعه داده‌ها ارزش‌گذاری شد و با استفاده از داده‌های وزن‌دار نقشه هزینه تولید گردید. شکل (۳).

4- Friction Surface

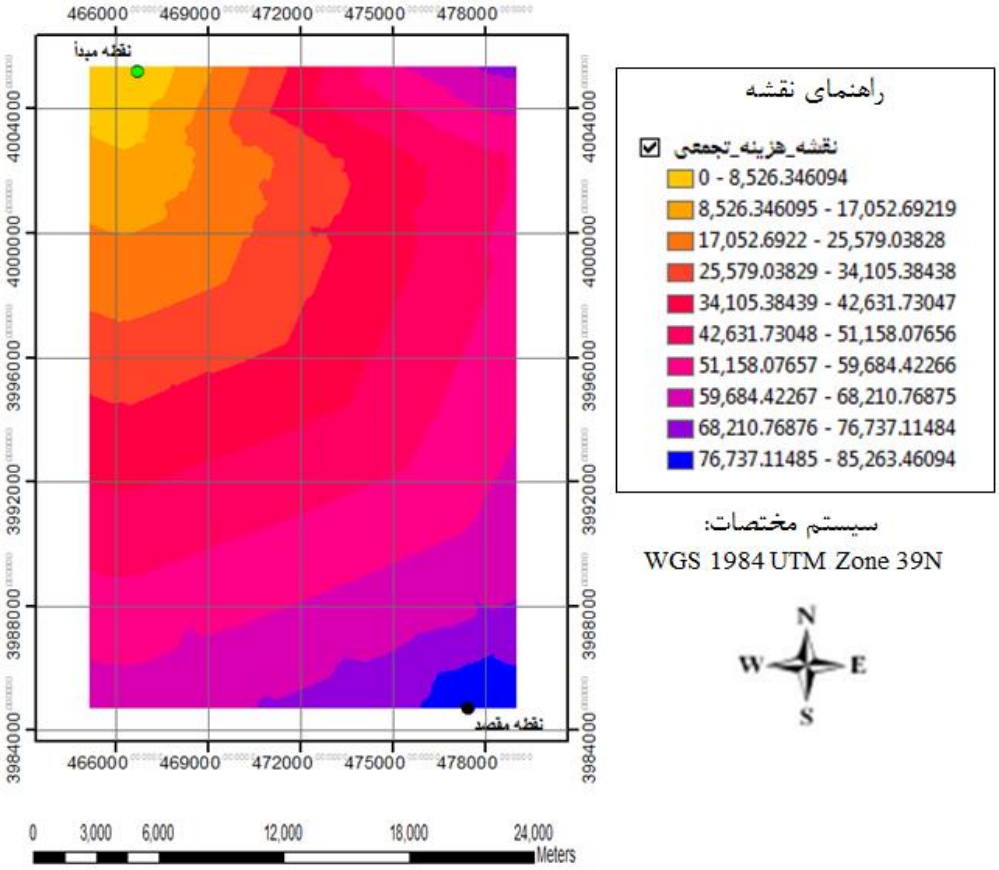


شکل ۳: نقشه اصطکاک منطقه مورد مطالعه

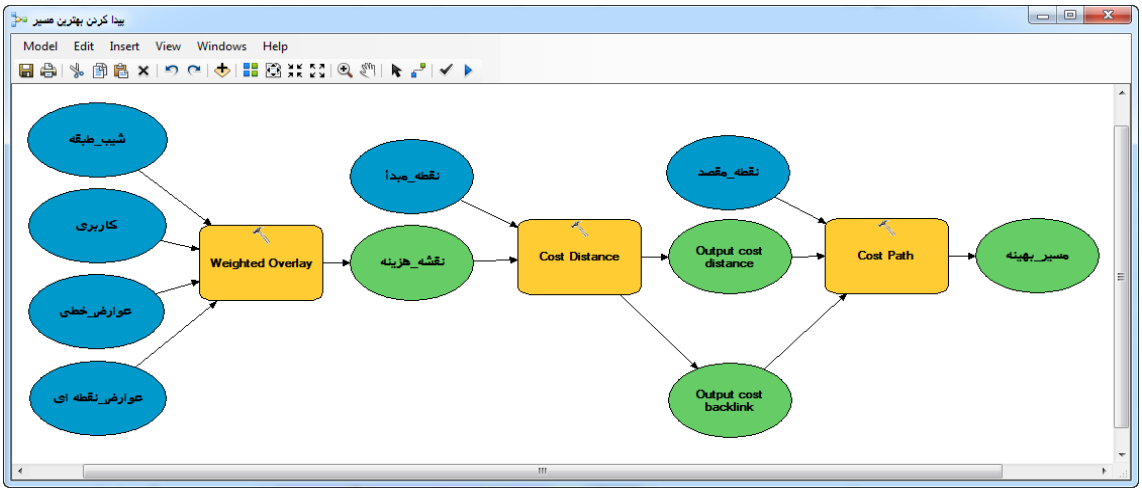
۳- ایجاد سطح هزینه تجمعی[5]: برای تولید این سطح همان‌طور که در شکل (۳) و (۴) دیده می‌شود نیاز به یک سطح به نام سطح وزن (هزینه یا اصطکاک) و یک یا چند نقطه به عنوان منبع یا نقاط شروع است. سطح وزن یا اصطکاک، هزینه حرکت از یک سلول به سلول دیگر بر اساس فاصله، زمان، هزینه و غیره است که در این پژوهش هزینه حرکت بر اساس هزینه است.

۴- تعیین Cost Path: برای تعیین مسیر بهینه با هزینه کم، بین دو نقطه مبدأ و مقصد، نیاز به ابزار Cost Distance و Cost Path است، بنابراین ابزار Cost Path را وارد مدل کرده و برای تعیین آن نیاز به Output cost distance، Output cost backlink و نقطه مقصد دارد که این مجموعه داده‌ها را به عنوان ورودی به Cost Path معرفی کرده و مسیر بهینه تولید می‌شود؛ شکل (۵).

5- Accumulated Cost Surface

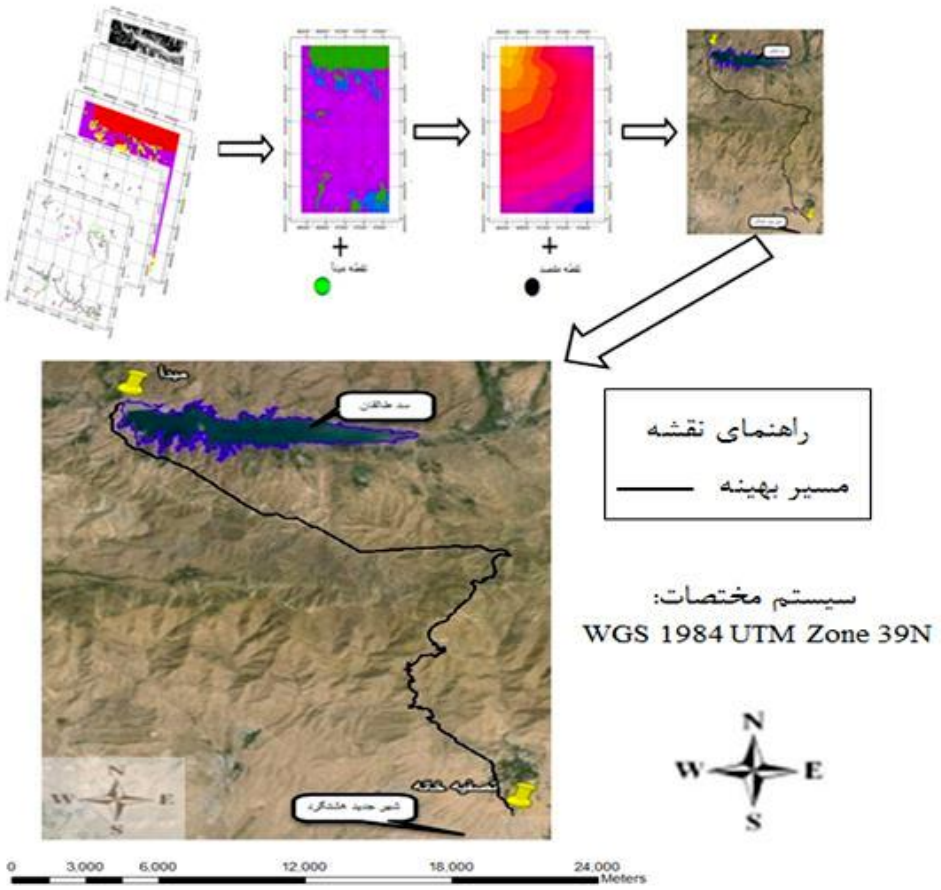


شکل ۴: نقشه هزینه تجمعی منطقه مورد مطالعه



شکل ۵: تعیین Cost Path

۵- تلفیق نقشه‌ها و تولید نقشه نهایی: یکی از فعالیت‌ها و بخش‌های مهم در تحلیل‌های منطقه‌ای، ترکیب و تلفیق داده‌ها و اطلاعات به منظور ایجاد نقشه‌ها، لایه‌ها و دیتاهای جدید بوده که در شکل (۶) نشان داده شده است. بر این اساس ابتدا نقشه‌های رستری وزن‌دار تولید شده و کلیه آن‌ها در نرم‌افزار ArcGIS نمایش داده می‌شوند. سپس این نقشه‌ها با یکدیگر تلفیق شده و نقشه نهایی با وزن نهایی از ترکیب نقشه‌های موجود تولید می‌گردد.



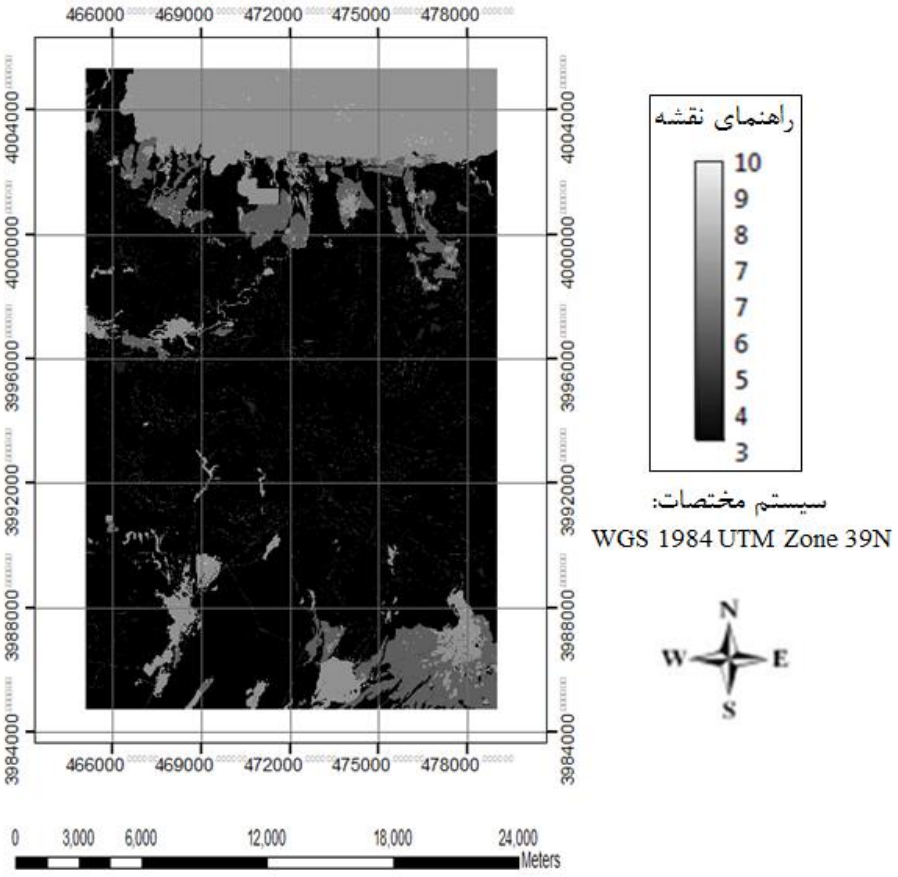
شکل ۶: نقشه نهایی مسیر بهینه خطوط لوله انتقال آب از سد طالقان به شهر جدید هشتگرد

مسیریابی در سیستم اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ای

به منظور یافتن مسیری با کم‌ترین هزینه بایستی ابتدا روی یک سطح با هزینه تجمعی حرکت کرد، برای حرکت روی سطح هزینه باید ارزش‌های متنوع سلول‌های مختلف را با هم ترکیب کرد که کمی پیچیده است، اما با نگاشت جبری در GIS شبکه‌ای، محاسبات به خودی خود آسان‌تر می‌شود (Tomlin, 1999).

مراحل تعیین مسیر بهینه در سیستم اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ای (ادریسی)

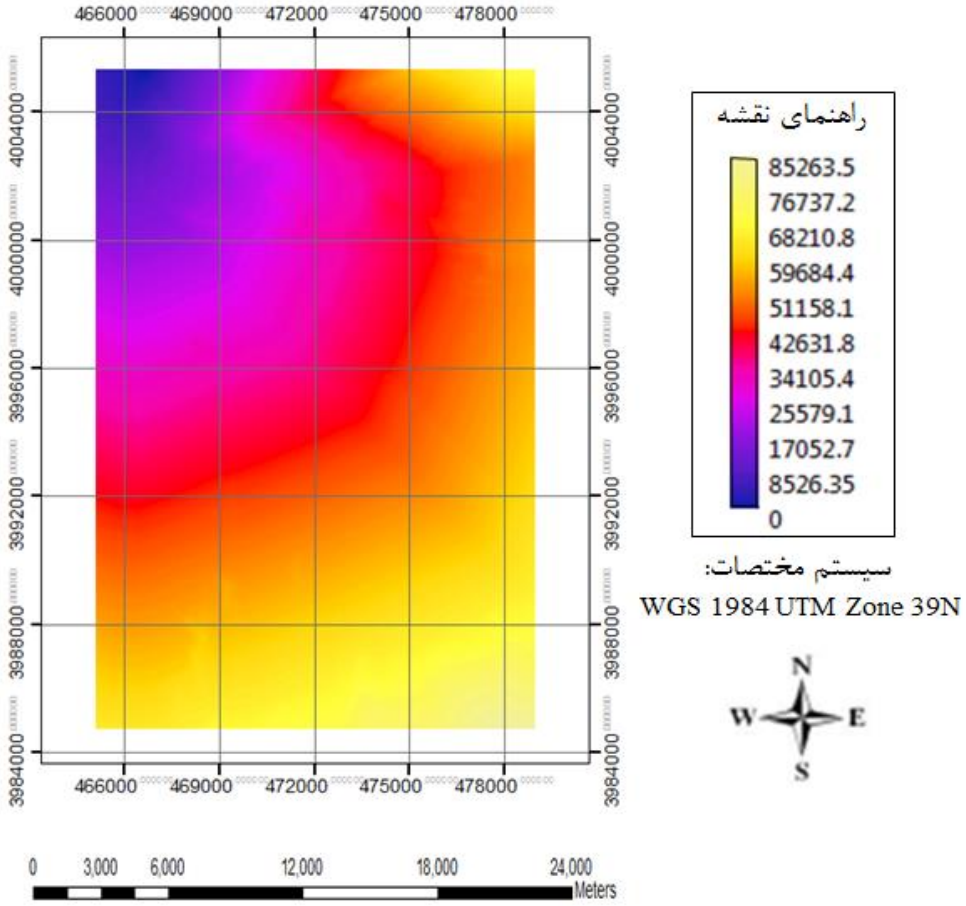
۱- ایجاد سطح هزینه یا اصطکاک: نحوه تشکیل این سطوح بستگی به معیارهای به کار گرفته شده در تعیین مسیریابی دارد. واحدهای سلولی این سطح می‌تواند هزینه، زمان، مسافت و... باشد. اما مسأله مهم، میزان مقاومت هر سلول است که با میزان ارزش آن مشخص می‌شود (Collischon and pilar, 2000). هدف این مرحله، تولید یک لایه داده در فرمت شبکه‌ای است که به تمامی سلول‌های آن هزینه حرکت و عبور نسبت داده شده است و این لایه، سطح هزینه یا اصطکاک نامیده می‌شود. در این لایه، مقدار هر پیکسل بیانگر مقاومت و یا هزینه هر پیکسل نسبت به پیکسل مبدأ است که در شکل (۷) هرچقدر این مقدار بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده اصطکاک و یا هزینه بیش‌تر آن سلول در برابر جهت عبور مسیر است.



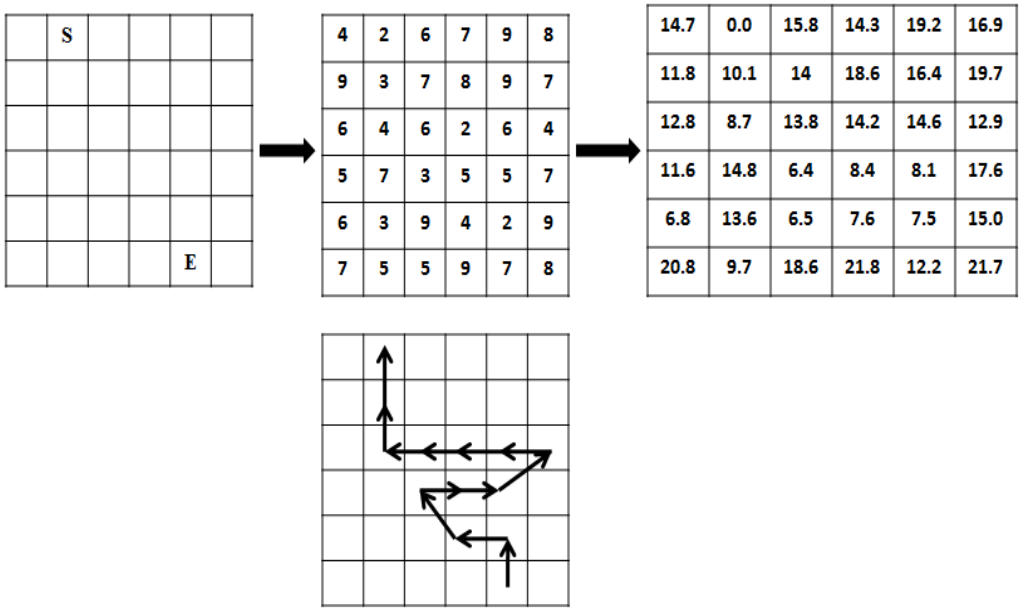
شکل ۷: نقشه اصطکاک منطقه مورد مطالعه

۲- ایجاد سطح هزینه تجمعی: در تابع سطح هزینه تجمعی، به جای آن‌که فاصله واقعی بین دو نقطه محاسبه شود، فاصله وزن‌دار میان آن‌ها در نظر گرفته می‌شود و نحوه عملکرد آن‌ها بدین صورت است که روی یک شبکه اولیه هر سلول آن میزان هزینه و یا مقاومت حرکت آن سلول را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۷) و (۸) دیده می‌شود، این تابع یک نقطه را به عنوان نقطه منبع و یک سطح هزینه را به عنوان ورودی می‌گیرد و یک شبکه خروجی به وجود می‌آورد که هر سلول این شبکه، نشان‌دهنده هزینه حرکت تا سلول منبع است. واحد سلول‌های این شبکه، واحد هندسی نیست، بلکه واحد آن، واحد هزینه حرکت است (Douglas, 1994). در این لایه، ارزش هر پیکسل نشان‌دهنده مجموع هزینه یا ارزش بین نقطه ابتدایی و پیکسل مورد نظر است که هرچقدر مقدار ارزش پیکسل بزرگ‌تر باشد، یعنی آن پیکسل اعتبار کم‌تری جهت عبور مسیر دارد.

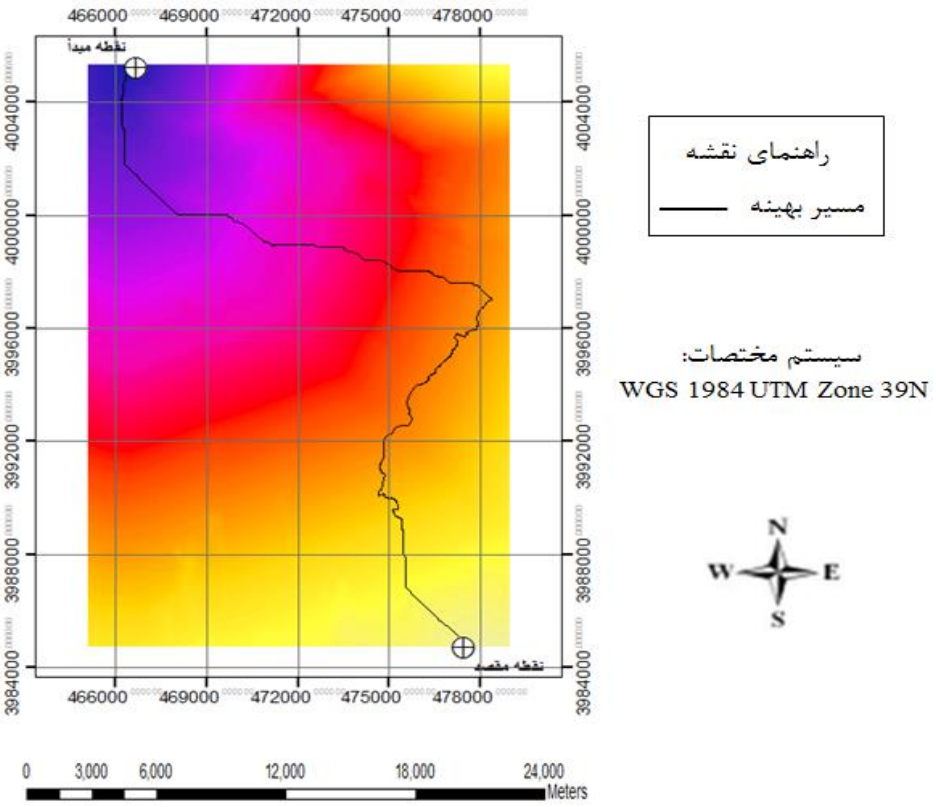
۳- تعیین مسیر بهینه: سطح هزینه تجمعی که در مرحله قبل ایجاد شد، اساس این مرحله برای تعیین مسیر بهینه به تمامی نقاط روی سطح هزینه است. با توجه به شکل (۹) در این مرحله، تابع مسیریابی از نقطه انتهایی، جست‌وجو را شروع کرده و با استفاده از یک پنجره ۳×۳، همسایه‌های اطراف هر پیکسل را جست‌وجو می‌کند و پیکسلی که کم‌ترین هزینه تجمعی را دارد به عنوان حرکت انتخاب می‌کند و به همین منوال، فرآیند مسیریابی به صورت تکرار ادامه می‌یابد تا به نقطه ابتدایی مسیر برسد (Stefanakis and Kavouras, 1995) و در نهایت مطابق شکل (۱۰) مسیر بهینه تعیین گردید.



شکل ۸: نقشه هزینه تجمعی منطقه مورد مطالعه



شکل ۹: فرآیند تعیین مسیر بهینه در مدل رستری



شکل ۱۰: تعیین مسیر بهینه در سیستم اطلاعات جغرافیایی شبکه‌ای

پس از تعیین مسیر بهینه، مسیر طراحی شده از نظر اقتصادی نسبت به مسیر آب و فاضلاب استان البرز طبق جداول (۶) و (۷) مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که هدف از انجام تحقیق، یافتن بهترین مسیر خطوط لوله انتقال آب با استفاده از آنالیز شبکه (GIS) و تحلیل فضایی است. بنابراین علاوه بر آنالیزی که با GIS انجام شد، یک‌سری آیتم‌ها برای مقایسه ریالی دو مسیر به تحقیق اضافه گردید تا از لحاظ اقتصادی هم مسیرها با یکدیگر مورد مقایسه قرار بگیرند. در نهایت با استفاده از آیتم‌های فهرست بهای رشته خطوط انتقال آب و راه سال ۱۳۹۵، که برای هزینه در نظر گرفته شد، هزینه کل احداث خطوط لوله برای آب و فاضلاب استان البرز و مسیر بهینه به ترتیب ۴۹،۶۵۶،۱۲۵،۷۰۴/۳۸۴ و ۴۲،۷۰۴،۲۶۸،۱۰۰ ریال است.

جدول۶: تحلیل اقتصادی مسیر بهینه با مسیر آب و فاضلاب استان البرز

نوع مسیر	متراژ عبوری خطوط لوله از کاربری (متر مربع)		هزینه عبوری خطوط لوله از کاربری (ریال)	
	باغ	زمین کشاورزی	باغ	زمین کشاورزی
الف	۵۰/۸۶۲	۶۰،۰۳۹	۱۵۲,۵۸۶,۰۰۰	۴۲،۰۲۷،۵۲۹،۶۰۰
ب	۱۲,۳۱۱/۵,۱۷۶	۳۴,۵۹۶	۲۵,۸۰۳,۴۱۰,۴۰۰	۲۳,۱۲۳,۴۵۳,۰۴۰

الف (مسیر بهینه)، ب (مسیر آبفا)

ادامه جدول۶: تحلیل اقصادی مسیر بهینه با مسیر آب و فاضلاب استان البرز

نوع مسیر	طول مسیر (Km)	قیمت کل لوله فولادی (ریال)	قیمت خاکبرداری تا عمق ۴ متر (ریال)	قیمت تخریب پوشش آسفالتی به دلیل تقاطع خطوط لوله با جاده (ریال)	جمع کل هزینه‌ها (ریال)
الف	۳۵	۱۱۰,۹۱۵,۰۰۰	۱۲۲,۶۱۶,۹۰۰	۲۹۰,۶۲۰,۶۰۰	۴۲،۷۰۴،۲۶۸،۱۰۰
ب	۴۰/۶	۱۲۸,۹۷۰,۶۹۴	۱۴۲,۵۷۷,۵۲۹	۴۵۷,۷۱۴,۰۴۰	۴۹،۶۵۶،۱۲۵،۷۰۴

نتیجه‌گیری

احداث خطوط لوله انتقال آب یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های صنعت آب و فاضلاب کشور محسوب می‌گردد که با توجه به هزینه هنگفت آن از یک‌طرف و تأثیرات متقابل عوامل طبیعی و محیطی با این خطوط از طرف دیگر باعث شده است که در مسیریابی این خطوط پارامترهای مختلفی در نظر گرفته شود و از آنجایی که در فرآیند مسیریابی، این پارامترها عملاً از هم مستقل نبوده و روی هم تأثیر متقابل دارند، لازم است از روش ارزیابی چند معیاره به عنوان یکی از روش‌های پشتیبان تصمیم-گیری در GIS استفاده شود. بنابراین در نظر گرفتن همزمان این پارامترها با هم می‌تواند جواب بهتری را در مقایسه با مستقل در نظر گرفتن این پارامترها بدست دهد. نتایج حاصل از این پژوهش اهمیت استفاده از ارزیابی‌های چند معیاره و تأثیر عوامل وزن‌دهی در روش‌های شبکه‌ای و تحلیل مکانی را نشان می‌دهد. به‌طوری که بدون در نظر گرفتن عوامل تأثیر گذار، هزینه‌ها و زمان بهره‌برداری از خطوط را نیز متناسباً به میزان زیادی افزایش دهد و بدیهی است که تأخیر در بهره‌برداری از خطوط نیز، خود در نهایت به هزینه تبدیل شد. به همین دلیل با توجه به هدف تحقیق در ارتباط با تعیین مسیر بهینه خطوط لوله انتقال آب از سد طالقان به شهر جدید هشتگرد، سعی گردید ابتدا با استفاده از قابلیت تجزیه و تحلیل در محیط GIS، ادریسی و اعمال نظر کارشناسان و متخصصین بخش فنی آبفا مسیر بهینه تعیین گردد. سپس، مسیر بدست آمده در این پژوهش با مسیر پیشنهادی مسیر آبفا استان البرز از لحاظ عوامل فنی و مهندسی، زیست‌محیطی و اقتصادی مقایسه گردید. مقایسه دو الگوی خطی نشان می‌دهد که هزینه مسیر بهینه صرفاً با اعمال تأثیرگذاری بعضی از لایه‌ها از مسیر آبفا بیشتر است. دو مسیر براساس هزینه کل مقایسه می‌گردند و مقایسه آنها نشان می‌دهد که مسیر بهینه نسبت به مسیر آبفا ۱۴ درصد کاهش هزینه خواهد داشت و عمده هزینه اضافی مسیر آبفا ناشی از تقاطع بیشتر با رودخانه و جاده، عبور از نواحی غیر مجاز، عبور از کاربری‌های مختلف با هزینه بالاتر و نهایتاً افزایش طول خط لوله است که به عنوان موانع اصلی اجرای مسیر بوده و قابل اجرا نیست، در حالی‌که مسیر پیشنهادی حاصل از این پژوهش قابلیت اجرایی دارد. در این پژوهش ارزش تأخیر زمان و تأثیرگذاری عوامل معارض به روش علمی و بیان ریاضی، ساده‌سازی و مقدمات اجرایی آن فراهم گردید.

تشکر و قدردانی

پس از ارادت خاضعانه به درگاه خداوند بی‌همتا لازم است ابتدا از پدر و مادر عزیزم و سپس از استاد ارجمند جناب دکتر مهدی عربی به خاطر سعه‌ی صدر و رهنمودهای دلسوزانه که در تهیه این پژوهش، اینجانب را مورد لطف خود قرار دادند، تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

خلیق معینی، م. (۱۳۸۰). بررسی اثرات تخریبی احداث خطوط انتقال بر محیط‌زیست. دومین همایش کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق. شرکت متن، ۲۳خرداد۱۳۸۰، تهران، ایران.

سدیدی، ج. و امین پور، ع. (۱۳۹۸). مسیریابی خطوط انتقال نیرو با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعه موردی شهرستان نمین و اردبیل). چهاردهمین کنگره انجمن جغرافیایی ایران،۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۸، تهران، ایران.

شوبیری، غ.، رجبی، ا. و کی‌پور، م. (۱۳۹۴). مسیریابی بهینه خطوط انتقال آب با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی و ابزار GIS. دومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه. تهران، مؤسسه آموزش عالی علاءالدوله سمنانی، ۱۰ بهمن ۱۳۹۴، تهران، ایران.

کرم، ع. (۱۳۸۴). تحلیل تناسب سرزمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره در محیط GIS. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، ص ۱۰۶- ۹۳.

نظری‌فر، م.، عظیمی حسینی، م.، نظری‌فر، ه. و مؤمنی، ر. (۱۳۹۰). کاربرد GIS در مکان‌یابی. چاپ دوم، تهران.

نگاهداری، ج.، رنگزن، ک.، قبادی، م. و آصف‌پور وکیلیان، ا. (۱۳۹۱). مسیریابی بین استان‌های همدان و مرکزی بر اساس اصول زمین‌شناسی زیست‌محیطی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره۴، شماره ۱، ص۲۶- ۱۵.

واحد منشوری، ع. (۱۳۷۲). بهینه‌سازی در روش دو بعدی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

Balogun, A., Matori, A., Umar Lawal, D. and Chandio, I. (2012). Optimal oil pipeline route selection using GIS: Community participation in weight derivation and disaster mitigation. ACSIT Press, Singapore.

Collischon, W. and Pillar, J.V. (2000). A direction dependent least cost path algorithm for roads and canals. International journal of geographic information system. 12, pp: 491 -508.

Derekenaris, G., Garofalakis, J., Makris, C., Prentzas, J., Sioutas, S. and Tsakalidis, A. (2001). Integrating GIS, GPS, and GSM technologies for the effective management of ambulances. Comput.Environ. Urban Syst., 25, pp:267-278.

Douglas, D.H. (1994). Least cost path in GIS using accumulated cost surface and slope line, 3, pp: 37–51.

Eastman, J.R. (2006). IDRISI and guide to GIS and image processing, Clark University. 328p.

Feldman, S.C., Pelletier, R.E., Walser, W.E., Smoot, J.C. and Ahi, D. (1995). A prototype for pipeline routing using remotely sensed data, and geographic information system analysis. Remote Sens.Environ., 53, pp: 123-131.

Ghose, M.K., Dikshit, A.K. and Sharm, S. (2006). A GIS based transportation model for solid waste disposal: A case study on asansol municipality. Waste Management, 26, pp:1287-1293.

Husdal, J. (1999). How to make straight line square. Thesis for the MSc at University of Leicester. PP: 1- 73.

Lupien, A.E., Moreland, W.H. and Dangermond, J. (1987). Network analysis in GIS, photogrammetric, engineering, and remote sensing. 53, pp:1417-1421.

Malczewski. J. (2006). GIS, and multi criteria decision analysis: a survey of the literature. international journal of geographical information system, 20(7), pp: 703-726.

Malczewski, J. (1999). GIS, and multi criteria decision analysis, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 392. pp.

Min-Yuan, C. and Chang, G.L. (2001). Automating utility route design, and planning through GIS. Automat. Construct., 10, pp:507-516.

Rudolph, G. (1994). Convergence analysis of canonical genetic algorithms. IEEE Trans. Neural Networks, 5, pp: 96-101.

Stefanakis, E. and Kavouras, M. (1995). Determination of the optimum path on the earth surface. proc 17th International cartographic association conference, Spain, pp:268–282.

Tarantilis, C.D., Diakoulaki, D. and Kiranoudis, C.T. (2004). Combination of geographical information system, and efficient routing algorithms for real life distribution operations. Eur.J.Operat. Res., 152, pp:437-453.

Tomlin, D. (1999). Geographic information systems and cartographic modeling, Prentice-Hall Inc., New Jersey, xi-xiv, pp: 119-122.

Yildrirm , V. and Yomuralioglu, T. (2011). NABACCO pipeline route selection through turkey, comparison of a GIS based approach to a traditional route selection approach. Oil, and Gas European Magazine.

Routing of pipelines in the water transmission systems (from Taleqan Dam to Hashtgerd New City) with Application and Comparison of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Network Methods

Saeed Qare Hassan Lou[*1], Mehdi Arabi[2] and Hamid Qare Hassan Lu[3]

1) Graduate of Geographical Information System, Tarbiat Dabir Shahid Rajaei University, Tehran, Tehran, Iran

2) PhD student in Planning and Regional Planning and GIS, Tehran Teacher Training University (Kharazmi), Tehran, Iran

3) Graduated from Civil Engineering, Islamic Azad University of Robat Karim, Tehran, Iran

[*]**Correspondence Author**: saeidgharehhassanloo@gmail.com

Received Date: 2019. 09. 27 **Accepted Date: 2016. 10. 03**

Abstract

Determine the optimal path of the water pipeline where technical and engineering considerations, economic and environmental to be applied that need to techniques all effective parameters consider in determining the path. in this study (from Taleqan Dam to Hashtgerd New City) by first of effective parameters in determining the path conditions topography (slope, altitude), vegetation, land use, population density, length of pipeline, river and road, areas and important areas, residential, environmentally sensitive areas and centers (religious-culture) determined and using the base map and extract the locus of points of interest from Google Earth to take action field operations navigation and to harvest land navigation. then the data layer related target parameters in GIS environment to load and then apply the specific weighting the operations of production cost map based on Analytical Hierarchy Process (AHP) rate, mix and finally the optimal path using the lowest cost algorithm is determined. finally ABFA path and the optimal path are compared. compare determine the optimal path using ArcGIS software and IDRISI shows the two paths coincide and compare the designed path with the ABFA path costs will be reduced by 14 percent. ABFA path major additional cost resulting intersection more with the river and the road, passing through unauthorized areas, passing through different land uses with higher costs and finally increase the pipeline.

Keywords: Weighting, Water Pipelines, Taleqan Dam, Hashtgerd New City, Analytical Hierarchy Process