

انتخاب مسیر بهینه در حمل و نقل زباله های هسته ای با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

بابک جعفری سلیم^۱، اکبر باغوند^۱، علی وثوق^۱، علیرضا کرکوتی^۱

گروه مهندسی عمران - محیط زیست - دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

Email: babak_jafari_salim@yahoo.com

Email : baghvand@ut.ac.ir, ali.vosoogh@gmail.com, karkuti@gmail.com

چکیده

امروزه انرژی هسته ای به صورت گسترده ای در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد . نیروگاه های هسته ای در حال کار مقادیر زیادی زباله های رادیو اکتیو تولید می کنند که این زباله ها برای ساماندهی و مدیریت مناسب ؛ نیازمند انتقال به مکان های ویژه و امن هستند . هرچند که تولید زباله های هسته ای در کنار مزایا و فواید بسیار زیاد انرژی هسته ای امری گریز ناپذیر است ؛ اما با وجود حساسیت افکار عمومی در مورد حفاظت از محیط زیست و دغدغه های موجود جهت حمل و نقل ایمن زباله های هسته ای ؛ انتخاب مسیر مناسب جهت انتقال این زباله ها یک مساله بسیار مهم است . یکی دیگر از ملاحظات انتخاب مسیر عدم برخورد با جمعیت های طرفدار و علاقمند محیط زیست است که ممکن است در طول مسیر قرار داشته باشند. تا وقتی که افکار عمومی نگران انتقال ایمن و مطمئن زباله های هسته ای است ؛ انتخاب مسیر مناسب برای حمل و نقل این زباله ها باید با دقت صورت گیرد. اگر زباله های هسته ای تولید شده به طور نامناسب به محل های مورد نظر برای ساماندهی و اقدامات بعدی منتقل نشوند محیط زیست طبیعی در اثر آلودگی ایجاد شده نابود خواهد شد. در این مقاله با استفاده از روش تصمیم گیریهای چند معیاره (MCDM) و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و نرم افزار چند منظوره Arc view GIS برای انتخاب مسیر مناسب از بین چند مسیر مدنظر، راهکار هایی ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی

انرژی هسته ای، زباله های رادیو اکتیو، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، مسیر یابی

۱- مقدمه

زباله های هسته ای گروهی از مواد شیمیایی رادیواکتیویته ای هستند که دارای هیچگونه مصرف کاربردی نمی باشند. این قبیل زائدات در بعضی مواقع ناشی از تولیدات فرایند های هسته ای از قبیل شکافت هسته ای می باشند. هرچند بسیاری از صنایع به طور مستقیم با صنعت هسته ای در ارتباط نیستند، با این حال توانایی تولید مقدار زیادی از زائدات و زباله های رادیواکتیو را دارا می باشند. بر اساس تحقیقات به عمل آمده ، طی ۲۰ سال گذشته تلاش دولت آمریکا در جهت تولید نفت ، باعث تجمع و تولید ۸ میلیون تن زباله رادیواکتیو شده است. از عمده ترکیبات زباله های اتمی می توان به موادی که دارای مقادیر پایینی از مواد رادیواکتیو به ازاء جرم و حجم مشخص در خود می باشند اشاره کرد. این زائدات اغلب شامل لباس های محافظ و پوشش های جلوگیری کننده مستعمل هستند که مقدار کمی آلوده شده اند، اما هنوز به دلیل وجود آلودگی های رادیواکتیویته ای که برای بدن انسان از طریق تماس ، جذب ، تزریق ، بلعیدن و استنشاق ایجاد می کنند ، خطرناک می باشند.

زائدات هسته ای نیازمند مراقبت و مدیریت بسیار پیچیده ای به منظور جلوگیری از ورود به محیط زیست طبیعی می باشند. اینگونه مراقبت های لازم معمولاً شامل استراتژی مدیریت دراز مدت از قبیل ، ذخیره سازی و حمل و نقل زباله ها به شکل غیر سمی و بهداشتی به گونه ای که کمترین آسیب را به محیط زیست وارد نمایند می باشد. به هر حال زباله های هسته ای به صورت غیر قابل اجتنابی با مزایای استحصال انرژی اتمی عجین می باشند اگر چنانچه زباله های هسته ای تولید شده به صورت بهداشتی به مکان های مناسب انتقال داده نشوند محیط زیست در اثر خطرات ناشی از این آلودگی به حیطه نابودی خواهد رفت.

در سال ۱۹۸۷ برنامه های محیط زیست سازمان ملل (UNEP) اصول و خط مشی مدیریت زیست محیطی مواد زائد خطرناک را مورد پذیرش قرار داده و به دنبال آن در سال ۱۹۸۹ معاهده بازل در کشور سوییس به منظور کنترل حمل و نقل برون مرزی زائدات توسط ۳۵ کشور شرکت کننده به امضا رسید که در حال حاضر ۱۰۵ کشور از جمله کشور جمهوری اسلامی ایران از شهریور ماه ۱۳۷۱ به عضویت این معاهده در آمده اند. [۲۱]

از آنجاییکه جامعه جهانی و عموم مردم نگران حمل و نقل مناسب و بدون خطر زباله های اتمی می باشند ، معضل انتخاب یک مسیر مقتضی برای حمل زائدات هسته ای باید همواره تحت توجه باشد ، انتخاب مسیر برای انتقال زباله های اتمی یکی از تصمیمات مهم و سرنوشت ساز برای حمل و نقل مواد خطرناک می باشند. [۶۰]

مدل های چند منظوره برای حمل مواد خطرناک هم اکنون جزو اهداف مهندسان می باشند ، این تصمیم گیریها ی چند منظوره تا به حال در بین شاغلین و صاحب نظران این رشته به صورت گسترده رایج نشده است ، از دلایل عمده این امر عبارتند از :
الف) این مدل ها برای شبکه های حمل و نقل جاده ای کوچک دارای اعتبار بیشتری در مقابل شبکه های جاده ای طولانی و بزرگ بوده و هزینه جمع آوری و جابجایی در شبکه های بزرگ با استفاده از این روش زیاد می باشد.

ب) اغلب صاحب نظران و شاغلین در این زمینه با چنین مدل های پیچیده ای آشنایی ندارند و برای آنان نا ملموس می باشد.
ج) کمبود ویا حتی نبود اشخاصی که علاوه بر تخصص در زمینه برنامه نویسی برای مدل های چند منظوره ، کارشناس حمل و نقل نیز به شمار می آیند که بتوانند یک نقش واسطه ای را برای پیشبرد این هدف ایفاد نمایند.

برای کمک به منظور یافتن راه حل هایی برای معضلات جغرافیایی طراحی (GIS) سیستم اطلاعات جغرافیایی گردیده است [۷-۸] برای مثال مشکلات موقعیت یابی ، معضل یافتن کوتاه ترین مسیر، توزیع پراکنش انسان ها از معضلاتی است که می توان با استفاده از این سیستم نرم فزاری به راحتی پیش بینی و راه حل های مناسبی را ارائه کرد.

در کوتاه مدت (GIS) این فرصت را برای مسؤو لین امر و تئوریسین ها فراهم می نماید تا محدوده وسیع تری از اماکن اطراف خود را تحت نظر داشته وموقعیت های جدید و بکر تری را کشف نمایند.

توانایی ذخیره شبکه جاده ایی را دارا می باشد، از این سیستم در جهت (GIS) از آنجایی که سیستم یافتن بهترین مسیر شبکه جاده ایی برای حمل و نقل زائدات اتمی می توان استفاده کرد [۹]. تحقیق فوق برگرفته از بخش های زیر می باشد: بخش دوم که در آن ویژگی ها و خصوصیات مسئله طی سوابق و مستندات بازگو می شود و در بخش سوم یافتن کوتاه ترین مسیر با استفاده از تصمیم گیری های چند منظوره (MCDM) بازگو شده و مفهوم GIS چند منظوره در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای انتخاب کوتاه ترین و بهینه ترین مسیر برای حمل زباله های اتمی معرفی می گردد. در بخش چهارم نیز مثالی در این زمینه بازگو می گردد و در انتها نتیجه گیری از مطالب و تحقیقات فوق ارائه می گردد.

۲- ویژگی های مساله

معضل زباله های اتمی جزو دغدغه های جدید جوامع بشری نبوده و بیش از چندین دهه می باشد که انسان با این مشکل دست به گریبان است. امنیت و سلامت یکی از دغدغه هایی است که با مواد رادیواکتیو در طول قرن بیستم در ارتباط بوده است. در این بخش بر ویژگی های مساله برای حمل و نقل زباله های اتمی تمرکز خواهیم نمود. این مطالب به منظور استفاده از روابط ریاضی برای انتخاب مدل کوتاه ترین مسیر در بخش سوم می باشد.

استراتژی گسترش حمل و نقل برای مدیریت زائدات اتمی با مشارکت بخش های مختلف باید میسر گردد. بالاخص ، این برنامه باید زیر نظر سازمان انرژی اتمی و با همکاری با سایر بخش ها از قبیل فرمانداری ها ، استانداری ها ، پلیس ، وزارت راه و ترابری ، وزارت کشور و دیگر سازمان های دولتی و غیر دولتی باشد. ماموریت و وظیفه اصلی سازمان انرژی اتمی ، مدیریت و ساماندهی زباله های هسته ای به منظور پیشگیری از بیماری ها و ارتقاء بهداشت عمومی ، امنیت جامعه و امنیت انرژی بستر سازی جهت ایجاد اعتماد جامعه به این سازمان می باشد.

همچنین سازمان انرژی اتمی مسوول مستقیم برای طراحی و توسعه یک سیستم حمل و نقل امن و با بازدهی بالا بوده که قادر به تحت پوشش قرار دادن این دسته از زائدات می باشد. [۲۰]

۲-۱. مراحل انتقال

زباله های اتمی اغلب در نیمه های شب و به منظور مواجه نشدن با ترافیک سنگین یا کاهش خطر در حمل و نقل جاده ای جابجا می شوند. در جابجایی آنها باید از حمایت و پشتیبانی پلیس به منظور اجتناب از حوادث غیر مترقبه استفاده نمود و همچنین باید از ایجاد خطر انتشار تشعشعات اطمینان حاصل نمود.

برای اتخاذ تصمیم برای جابجایی ، سه مرحله نیاز می باشد که به ترتیب عبارتند از : تصویب ، دادن مجوز و شروع عملیات. این مراحل را به صورت زیر می توان خلاصه نمود: الف) تقاضا برای حمل و نقل ب) بررسی موشکافانه جهت عملیاتی شدن طرح ج) حمل و نقل جاده ای [۱۰].

ما برای سومین مرحله یعنی حمل و نقل جاده ای از مدل سیستم GIS استفاده می نماییم. اهداف چالش برانگیز، نظیر اجتناب از حوادث ، به حداقل رساندن فاصله سفر ، کاهش خطر آلایندهی و غیره باید به طور همزمان مورد توجه و جزو اهداف اصلی سازمان انرژی اتمی قرار بگیرد. بنابراین معضل اصلی ما یافتن یک مسیر در خور و مناسب با دنبال کردن اهداف فوق و استفاده از یک شبکه جاده ای تعریف می گردد. این مدل انتخاب مسیر در بخش سوم بیان گردیده است.

۲-۲. آنالیز شبکه جاده ای

در مثال عملی محل قرار گیری نیروگاه هسته ای درون یک ناحیه شهری در منطقه ای کوهستانی می باشد ، در حالیکه محل ذخیره زائدات در یک بندر گاه نزدیک دریا قرار دارد جایی دورتر از نیروگاه هسته ای. در شکل فوق دایره بزرگ معرف مرکز شهر می باشد. تعداد ساکنان شهر بالغ بر ۱۰۰۰۰۰ نفر تخمین زده می شود. همچنین فرودگاه شهر نیز در نزدیکی دریا قرار دارد. حومه شهر شامل روستاهای کوچک و کم جمعیت می باشد که اغلب این جمعیت متمرکز بوده و کمتر گسترش یافته است.

مسیر انتقال ما بین نیروگاه و بندر جزو مناطق پر جمعیت می باشد. رانندگان و مسئولان حمل زائدات مجبور به عبور از بین چندین روستا و شهر می باشند و در طول مسیر خود باید از جاده های بی شهری ، آزاد راه ها و اتوبان ها برای رسیدن به مقصد خود که همان بندر می باشد عبور نمایند. در نقشه مکانی که با (O) نمایش داده شده است ، سایت اصلی نیروگاه بوده و مقصد و محل ذخیره زباله های اتمی که همان بندرگاه می باشد با (d) نمایش داده شده است.

در این تحقیق ، مساله اصلی تعریف و طراحی یک مسیر مناسب از نیروگاه به بندر گاه می باشد که پاسخ گوی چند هدف مورد نظر ما می باشد.

۲-۳. سازمان های مرتبط

یکی از تصمیمات مؤثر برای انتقال و حمل و نقل زباله های اتمی تشخیص این مطلب می باشد که چه تعداد از تشکل ها و ارگانها درگیر این رویداد می باشند.

یکی از تجربیات در این زمینه مربوط به ائتلاف بین چند شرکت برای ارزیابی خطرات ناشی از جابجایی مواد خطرناک در ایالات متحده آمریکا می باشد. این شرکت های سهامی ائتلافی از شرکت های ملی از سراسر ایالات متحده بودند که همگی گروه های تحقیقاتی دانشگاهی به حساب می آمدند و تحت حمایت های مالی سازمان انرژی اتمی آمریکا بودند [۱۱-۱۳]. یکی از اهداف مهم این شرکت ها ، ارتقا عملکرد و هماهنگی بین تصمیم گیرندگان ، تکنسین ها و سایر ارگانهای درگیر در این زمینه به منظور تصمیم گیری برای جابجایی زباله های اتمی بود. همچنین سازمان انرژی اتمی اقدام به تأسیس یک سرویس حمل و نقل به نام (T - REX) و یک کتابخانه جهت گردآوری مدارک و مستندات مرتبط نمود. یکی از وظایف (T - REX) ، آموزش مطالب علمی درباره حمل بارهای هسته ای به وسیله کشتی از طریق دریا ، بسته بندی کردن بارهای هسته ای ، آیین نامه ها و ... می باشد . [۱۴]

به نظر می رسد آگاه سازی عموم جامعه از نحوه حمل و نقل زباله های اتمی می تواند یک ایده خوب باشد ، از طرفی پیچیدگی تخصصی در مورد مواد زائد اتمی می تواند یکی از موانع موجود برای اجرایی کردن این ایده و مشارکت مردم در این کار محسوب گردد . [۱۵] طبیعی است که ساکنان هیچ منطقه ای تمایل به عبور زباله های اتمی از اطراف محل سکونت خود را ندارند. [۱۶].

۳- انتخاب مسیر چند منظوره توسط GIS

در این بخش برای انتخاب مسیر توسط سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی از مثالی استفاده خواهد شد:

۳-۱. ساخت مدل و ارائه راه حل

در ابتدا تمامی متغیرهای لازم جهت فرمول های این بخش را تعریف می نمایم

X_{ij} : متغیر تصمیم ، اگر ارتباط از گره i به گره j برقرار باشد در این صورت $X_{ij}=1$ در غیر این صورت $X_{ij}=0$

t_{ij} : زمان سفر (زمان حرکت) در طول مسیر از گره i به گره j .

\bar{t}_{ij} : ریسک در طول مسیر از گره i به گره j .

O : نقطه اولیه یعنی همان نیروگاه انرژی اتمی و d ، مقصد نهایی یعنی بندرگاه می باشد .

اهداف و محدودیت های مدل به صورت زیر خلاصه می گردند :

الف) به حداقل رساندن زمان سفر

زمان جابجایی در هر سفر (t_{ij}) به صورت مستقیم به وسیله مسافت هر سفر در سرعت حرکت در آن سفر تعیین می گردد .

$$\text{Min } z_1 = \sum_i \sum_j t_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

ب) به حداقل رساندن خطرات در هر سفر

محاسبه و برآورد خطر در هر سفر یکی از مراحل دشوار مدل می باشد که باید بر اساس احتمال اتفاق تصادفات یا سایر حوادث و همچنین بر اساس میزان مسافت و زمان سفر محاسبه گردد ، یعنی هر چقدر مسافت جابجایی طولانی تر باشد و زمان جابجایی مواد بیشتر گردد ، میزان خطر نیز بالاتر خواهد رفت . برای پایین آمدن میزان خطرات محققان در سال ۱۹۹۹ استاندارد و ضوابطی را جهت ظروف حمل زباله های اتمی تعیین کردند . در واقع میزان ریسک جابجایی بر اساس حجم ترافیکی جاده در ساعت تعیین می گردد .

بر اساس تحقیقات انجام گرفته توسط سازمان انرژی اتمی ، میزان ریسک هر مسیر را بر اساس حجم ترافیکی آن مسیر فرض می نمایم :

$$\text{Min } z_2 = \sum_i \sum_j r_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

ج) به حد اقل رساندن جمعیتی که در طول مسیر قرار دارند :

عموم جامعه از جابجایی و حمل زباله های اتمی احساس خوشایندی ندارند ، و همیشه با اینگونه جابجاییهای خطرناک که تهدیدی برای محیط زیست به شمار می رود مخالفت می کنند، بالاخص زمانی که این عمل در نزدیکی محل زندگی آنها اتفاق بیافتد. به طور قطع هر

چقدر جمعیت نواحی که، در معرض عبور وسائل نقلیه حاوی زباله های اتمی می باشند ، بیشتر باشد طبیعتاً گروه ها و جمعیت های مخالف در برابر جابجایی این مواد در طول مسیر بیشتر خواهند بود. این نکته در معادله ۳ نشان داده شده است:

$$\text{Min } z_3 = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

بر طبق فرضیات بالا محدودیت های دارای اهمیت در مدل عبارتند از:

(د) اولین محدودیت: هیچ کدام از گروه ها (ایستگاه های توقف) نباید به نقطه مبدا و مقصد مسیر متعلق باشند

$$\sum_i x_{ij} - \sum_u x_{ju} = 0 \quad \text{if } j \neq o, d; \forall i \neq j, u \neq j. \quad (4)$$

(ه) هر ایستگاه یا نقطه ای که در ارتباط با مبدا حرکت باش دارای ارزش یک می باشند

$$\sum_j x_{oj} = 1 \quad \forall j \quad (5)$$

(ی) محدودیت سوم: هر ارتباطی با مقصد فقط دارای مقدار یک می باشد

$$\sum_i x_{id} = 1 \quad \forall i \quad (6)$$

معادلات ارائه شده در بخش (۳-۱) نشان دهنده هزینه جابجایی کل در طول مسیر ، هزینه خطر و میزان مقاومت و مخالفت توسط جامعه در طول مسیر می باشد و در حالیکه معادلات ۴ و ۵ محدودیت هایی در مقابل حرکت مستمر می باشند . همچنین در این پژوهش به وسیله وزن دهی به قادیرو و با استفاده از تصمیم گیری های چند معیاره بهترین مسیر انتخاب می گردد. [۱۷]

۳-۲. تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از GIS

مساله کوتاهترین مسیر چند منظوره با روش وزن دهی در تصمیم گیری های چند معیاره (MCDM) حل شد. روش وزن دهی به خاطر سازگاری با کد گذاری زبان کامپیوتر به کار گرفته شد .

اونیو اسکریپت (AVENUE SCRIPT) در Arc View GIS 3.0 : اونیو اسکریپت نوعی از زبان برنامه ریزی شی گراست ، اما نه به سهولت ویژوال بیسیک و یا زبان C ، این برنامه همچنین از فرمولهای ریاضی پیچیده و کافی برخوردار نیست [۱۸]. از آنجایی که بسیاری از مشخصات مورد نیاز شبکه جاده ای ما برای سال های طولانی در Arc View 3.x بوسیله سازمان انرژی اتمی ثبت شده است ، بسیار دشوار است که مدلهای و اطلاعات را به نسخه های دیگری از زبان برنامه نویسی انتقال دهیم . مراحل ساخت یک GIS چند منظوره در زیر آمده است :

الف) جمع آوری اطلاعات

در ابتدا اطلاعات مورد نیاز برای مدل سازی در بانک اطلاعات GIS جمع آوری می شوند .

ب) یکسان سازی اطلاعات

از آنجایی که فقط ۴ تابع ریاضی جمع ، تفریق ، ضرب و تقسیم در اونیو اسکریپت در دسترس است و این مشخصات با مقیاس های متفاوت دیگری اندازه گیری شده اند ، ما روش های تبدیل مقیاس ساده خطی را برای نرمال کردن اطلاعات جمع آوری شده به کار می بریم :

$$(7) nV_{ab} = \frac{V_{ab}}{\max V_{ab}}$$

که در آن n مقدار نرمال شده است $0 \leq nV_{ab} \leq 1$ ، V_{ab} ، b امین سهم از a امین داده در بانک اطلاعاتی GIS است .

ج) تخمین وزن هر یک از اهداف

بطور کلی سه هدف وجود داشت :

(۱) به حداقل رساندن هزینه نهایی حمل و نقل

(۲) به حداقل رساندن هزینه ریسک

(۳) به حداقل رساندن ناراضیاتی عمومی

د) دقت مدل در GIS

داده های موجود برای حل معادلات مدل خطی چند منظوره ۱ تا ۵ بوسیله اونیو اسکریپت Arc view 3.x بازخوانی میشوند . الگوریتم Dijkstra برای حل مساله کوتاهترین مسیر به کار برده شده است ، این الگوریتم به صورت زیر نمایش داده شده است :

e_l را کوتاهترین فاصله از نقطه مبدا تا نقطه ۱ فرض کنید و f_{lm} را به عنوان طول کمان (l, m) در نظر بگیرید . (هزینه حمل و نقل) . سپس الگوریتم عنوانی را برای $f_{lm} \geq 0$ ، $[e_l + f_{lm}, l]$ تعریف میکند . عنوان برای نقطه شروع $[0, -]$ است که نشاندهنده این است که این نقطه ، نقطه ماقبل نداشته است . [۱۹] عنوانهای نقاط در این الگوریتم دو نوع است: موقت و دائم و در نهایت ، کوتاهترین مسیر بوسیله اونیو اسکریپت Arcview 3.x تعیین می شود ، این توضیحات در بخش ۴ آمده است .

۴- تصمیم گیری جهت جابجایی

مأموریت سازمان انرژی اتمی به عنوان یک آزمایشگاه ملی ؛ برای بالا بردن امکانات کنونی در تکنولوژی هسته ای و کمک های بیشتر به صنایع محلی در به کار بردن این تکنولوژی در جهت رفاه حال شهروندان است . به علاوه سازمان انرژی اتمی ، مسؤولیت کمک به افزایش اطلاعات مردم در خصوص دانش هسته ای و چگونگی حمل و نقل و مدیریت بهینه آن را به عهده دارد ؛ در نتیجه سازمان انرژی اتمی طرح حمل و نقل خود را در بخش (۲-۳) به شیوه تصمیم گیری های چند معیاره (MCDM) به بخشهای مختلف تقسیم کرده است . همانطور که در مراحل ساخت در بخش (۲-۳) گفته شد : وزن های بدست آمده برای کوتاهترین مسیر را به ترتیب زیر قرار دادیم : Z_1 برای ۰/۳۲ ، Z_2 برای ۰/۳۷ و Z_3 برای ۰/۳۱ نتایج بدست آمده برای هر یک از اهداف در جدول شماره (۱) آورده شده است . همچنین از رابطه شماره (۸) نیز استفاده شده است .

$$\text{Attainment}_k = 1 - \frac{z_k - z_k^{\min}}{z_k^{\max} - z_k^{\min}} \quad (8)$$

جدول شماره (۱) نتایج بدست آمده از وزن دهی برای مسیر بهینه

هدف	نهایی	ماکزیمم	مینیمم	Attainment
زمان سفر (Z_1)	۳۲۶/۵۵ (min)	۷۸۹/۹۳ (min)	۱۰۶/۴۴ (min)	۰/۶۸
ریسک حمل و نقل (Z_2)	۸۷۵/۹۸ (Veh/h)	۱۴۲۱/۰۵ (Veh/h)	۷۲۰ (Veh/h)	۰/۷۷
جمعیت (Z_3)	۱۶۱۲۴ (نفر)	۲۴۰۳۶ (نفر)	۱۲۸۱۹ (نفر)	۵

شکل شماره ۱ نشان دهنده کمترین زمان سفر است . مقدار بهینه این هدف ۱۰۶/۴۴ دقیقه برای استفاده از بزرگراه ها و اتوبانها به جای راه های فرعی محلی است .

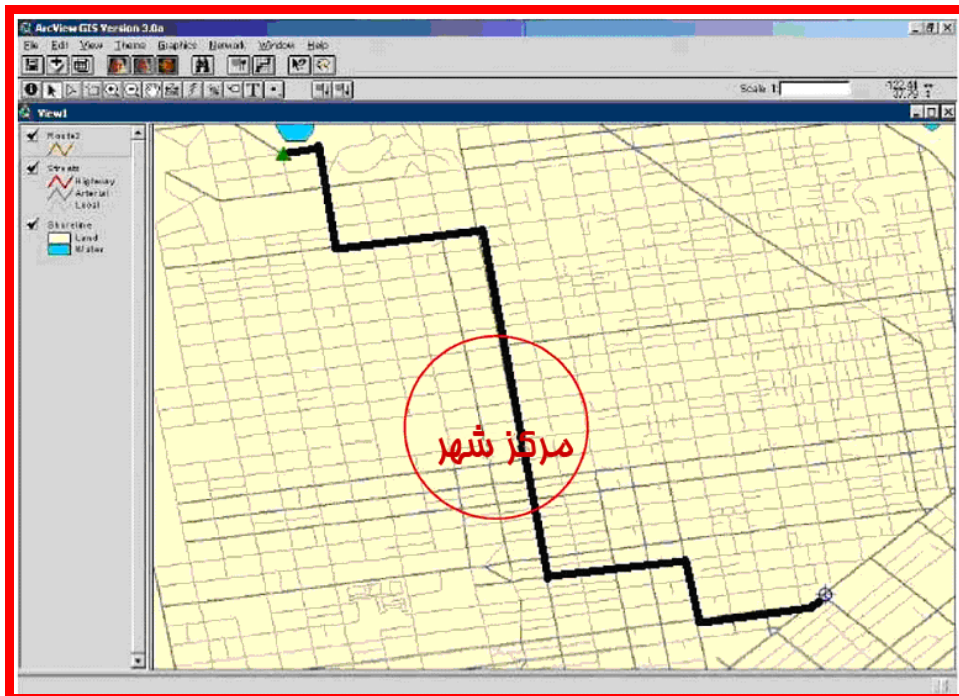
شکل شماره ۲ درباره کوتاهترین مسیر سفر است . مسیر های با ترافیک بالا ؛ خطر تصادف بیشتری را نیز دارند ؛ بنابراین مقدار بهینه ۷۲۰ وسیله نقلیه در ساعت ، می توانند به راحتی حرکت کنند و باعث کم شدن بار ترافیکی در مناطق پر ترافیک شوند .

شکل شماره ۳ در مورد عبور از مناطقی با حد اقل جمعیت است ، بنابراین برای این هدف مقدار ۱۲۸۱۹ نفر به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد که موجب طراحی مسیری بسیار دورتر از مناطق پر جمعیت مانند مرکز شهر شد .

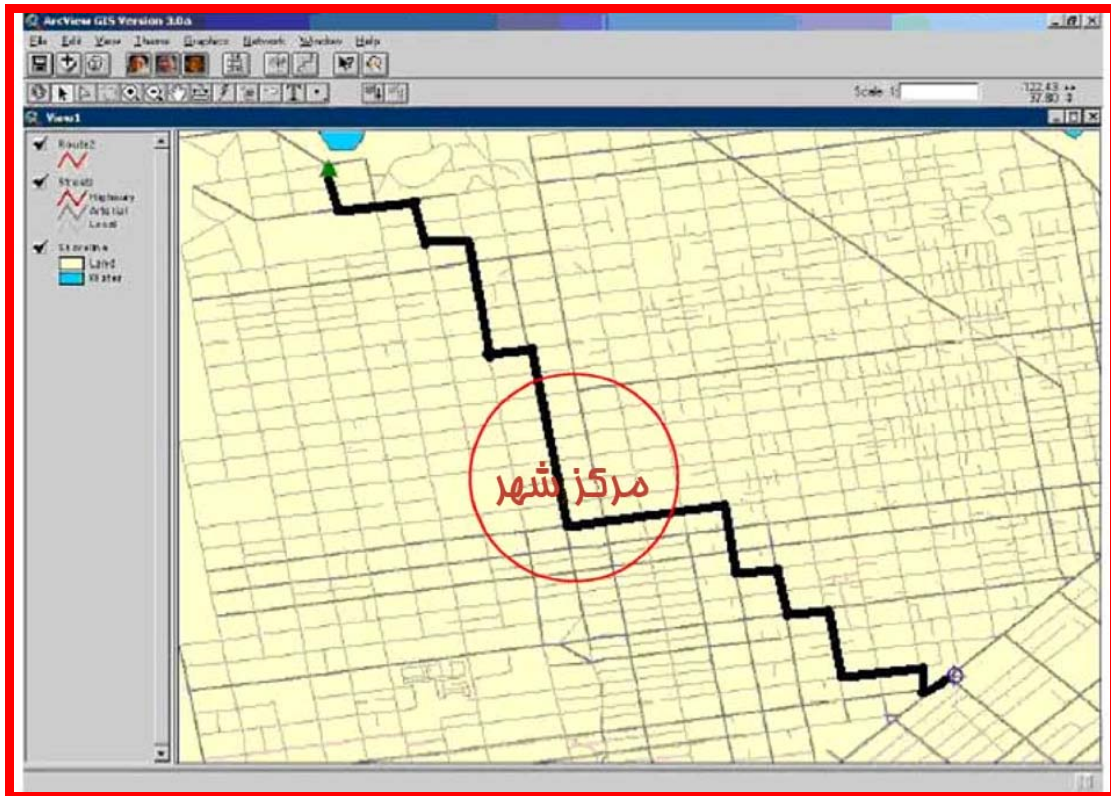
اشکال شماره (۱) تا (۳) پیدا کردن بهترین و منحصر به فرد ترین مسیر را به ترتیب برای Z_1 ، Z_2 و Z_3 نشان می دهد .
 مهمترین نتیجه این است که شکل شماره (۵) مناسب ترین نتیجه برای وزن دهی های Z_1 ، Z_2 و Z_3 است .
 نتیجه بیانگر استفاده از بزرگراه ها در سفرهای نزدیک به مرکز شهر است و همچنین جهت جلوگیری از ایجاد ترافیک سنگین در هنگام حرکت از اطراف مرکز شهر ، استفاده از راه های فرعی در حومه شهر نیز پیشنهاد می شود .
 راه های فرعی ، شبکه ای از راه ها هستند که به یک مقصد در نهایت منتهی می شوند ، اما برای اکثر رانندگان معمولی شناخته شده نیستند .
 بنابر این نتایج نهایی بدین صورت تنظیم گردید :

$Z_1 = 326.55 \text{ min}$
 $Z_2 = 875.98 \text{ v/hr}$
 $Z_3 = 16124 \text{ people}$

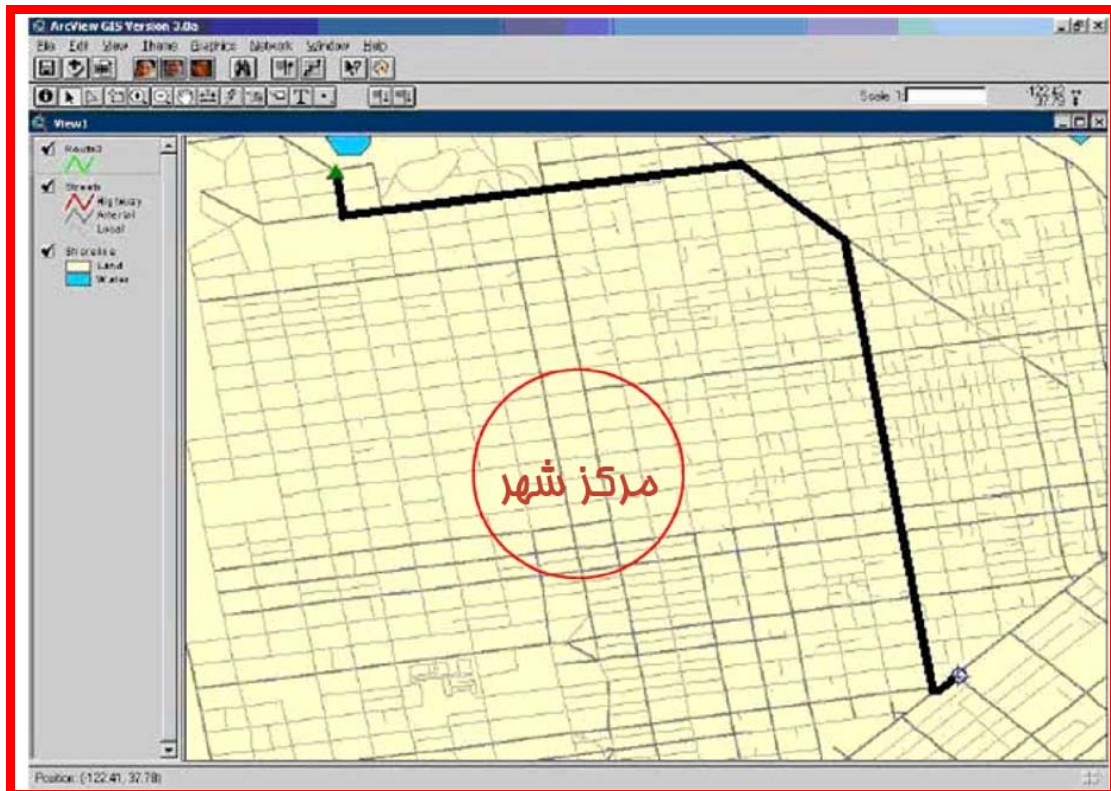
که این به تصمیم گیرندگان و برنامه ریزان برای سنجش و بررسی حداقل زمان سفر ، حداقل ریسک سفر و حداقل جمعیت در طول مسیر کمک میکند.
 مزیت اصلی GIS در مقایسه با سایر سیستم های اطلاعاتی ، توانایی آن در نمایش نقشه هاست ؛ نمایش دادن نقشه ها ، نتایج ، ساده و شفاف سازی آنها برای مدیران و برنامه ریزان از مزایای بارز سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است .
 راه حل های گرافیکی اشکال ۲ تا ۵ نه تنها نتایج وزن های مختلف را نمایش میدهد و به سازمان انرژی اتمی در تشخیص تفاوت بین بهینه سازی های مختلف کمک میکند ، بلکه یک راهنمای مسیر یابی از میان شبکه جاده ای را بوسیله Arcview 3.x فراهم می آورد .
 به علاوه رانندگان جهت مسیر یابی و دانستن فواصل میتوانند از مسیر تعیین شده بوسیله GIS کمک بگیرند ؛ این مسیر یابی در عین حال نام هر جاده را نیز به راننده نشان می دهد و رانندگان محموله ها می توانند مأموریت خود را از روی نتایج تصویری ارائه شده به سادگی به اتمام برسانند .



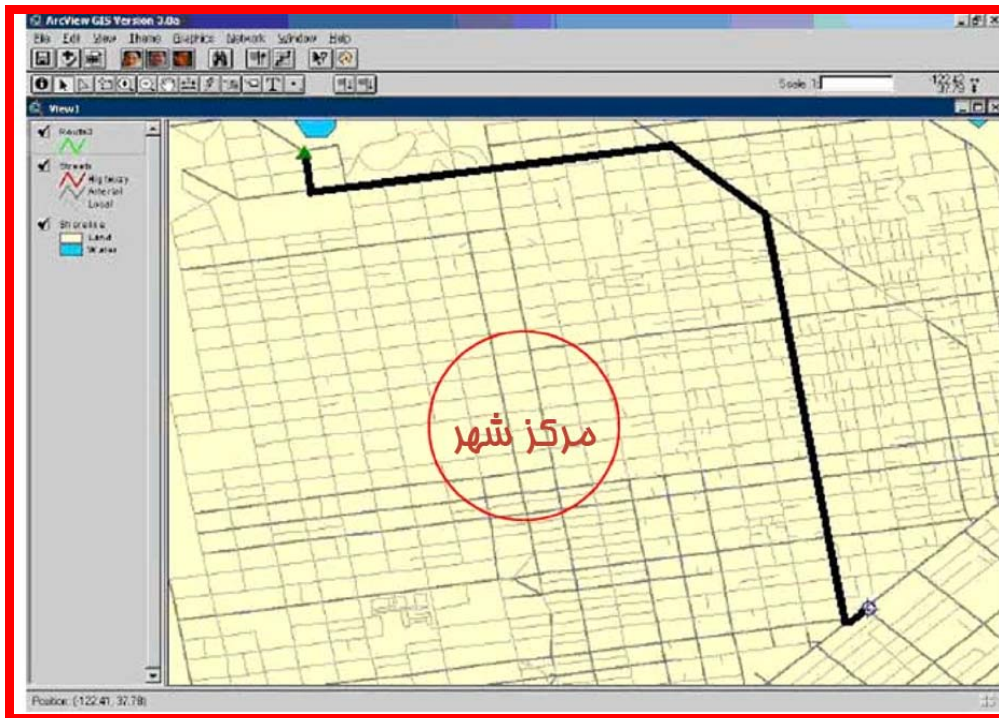
شکل شماره (۱) مسیر بهینه شده با حداقل زمان سفر (دقیقه) $Z_1 = ۱۰۶/۴$



شکل شماره (۲) مسیر بهینه شده با حداقل ریسک جابجایی $Z_2 = 720$ (veh/h)



شکل شماره (۳) مسیر بهینه شده با حداقل جمعیت (نفر) $Z_3 = 12819$



شکل شماره (۴) مسیر نهایی با تمام اهداف بهینه شده $Z_1 = ۳۲۶/۵۵$ (min), $Z_2 = ۸۷۵/۹۸$ (veh/h), $Z_3 = ۱۶۱۲۴$ (نفر)

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

بخش زیادی از این مقاله بر کاربرد حقیقی و سهولت تکنیکی استفاده از Multi objective GIS تمرکز دارد. Multi objective GIS را برای تعیین مسیر در حمل و نقل زباله های هسته ای به کار برده شد. از آنجا که عموم مردم در مورد حفظ محیط زیست و حمل و نقل ایمن نگران هستند؛ رویکرد ما در جلب رضایت عمومی بوده است. بهر حال موفقیت های فنی و تئوری، الزاما اجرای موفق طرح Multi objective GIS را تضمین نمی کند. این بدان معناست که نقشه ارائه شده در شکل شماره (۴) تعیین کننده نهایی مسیر نیست. به این دلیل که مشکلات سیاسی و امنیتی نیز مزید بر علت اهداف تئوری گردیده است. Multi objective GIS از جهات مختلف برای سازمان انرژی اتمی می تواند مفید و درخشان باشد به شرط اینکه بتوان به این سوالات پاسخ داد:

- چه اطلاعاتی برای شرکت در این فرآیند مورد نیاز است؟
- در حال حاضر چه کسی در پاک سازی زباله ها باید نقش داشته باشد؟
- و آیا بخش های مهم و مفید و قابل قبول برای ارائه به مردم تهیه شده است؟
- نظر به اینکه محاسبه ریسک حمل و نقل یک وظیفه دشوار است؛ دومین و سومین هدف مورد مطالعه ما می تواند بهتر تعریف شود.
- Arc view 3.x به Arcview 9 ارتقاء یافته است و Arcview 9 ارتباط بهتری با ویژوال بیسیک و C برقرار می کند.

- [1] Quirk T. *The safe disposal of nuclear waste. Review—Institute of Public Affairs* 2005.
- [2] Ryhanen V. *Nuclear waste management. Nuclear Plant Journal* 2003.
- [3] Turner WD. *Japanese plutonium stockpiles: a transportation, storage, and public relations challenge. Journal of Environment & Development* 2003
- [4] radioactive wastes article ,(www.wikipedia.org)
- [5] Witt CE. *Radioactive waste disposal: not too hot to handle material. Handling Management* 2005.
- [6] Aldrich M. *Regulating transportation of hazardous substances: railroads and reform, 1883–1930. Business History Review* 2002.
- [7] Carver SJ. *Integrating multi-criteria evaluation with geographic information systems. International Journal of Geographic Information systems* 1991.
- [8] Chrisman NR. *Exploring geographic information systems. New York: Wiley; 1997.*
- [9] DeMers MN. *Fundamentals of geographic information systems. New York: Wiley; 2000.*
- [10] Solid Waste Association of North America (SWANA),([http:// www.swana.org/](http://www.swana.org/)).
- [11] Boiko PE, Morrill RL, Flynn J, Faustman E, VanBelle G, Omenn GS. *Who holds the stakes? A case study of stakeholder identification at two nuclear weapons production sites. Risk Analysis* 1996.
- [12] Consortium for Risk Evaluation with Stakeholder Participation (CRESP). *Tribal nations and CRESP at Hartford: opportunities for collaboration. Proceedings of the consortium for risk evaluation with stakeholder; 1996.*
- [13] Goldstein BD. *CRESP: an experiment in developing research responsive to stakeholder concerns. Risk Policy Report* 1998.
- [14] Transportation Resource Exchange Center (T-REX), ([http:// www.trex-center.org](http://www.trex-center.org)).
- [15] Feldman DL, Hanahan RA. *Public perceptions of a radioactively contaminated site: concerns, remediation preferences, and desired involvement. Environmental Health Perspective* 1996.
- [16] Yu PL. *Multiple criteria decision making: concepts, techniques and extensions. New York: Plenum; 1985.*
- [17] Hwang CL, Yoon K. *Lecture notes in economics and mathematical systems: multiple attribute decision making, methods and application, a state of art survey. New York: Springer; 1981.*
- [18] Environmental Systems Research Institute (ESRI). *Avenue: customization and application development for ArcView GIS; 2000.*
- [19] Taha HA. *Operations research: an introduction. Singapore: Prentice-Hall; 2003.*
- [20] *Radioactive Waste Management; M.joshua Silverman, department of History , Carengie Mellon University.*