

# مدیریت زیست محیطی حمل و نقل شهری اراک به کمک مدل سازی کاهش مصرف سوخت در مسیریابی مناسب به کمک GIS

مهرداد هادی پور (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران  
شراره پورابراهیم، استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

E-Mail: mhadipour50@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۱۰/۱۳ پذیرش: ۹۲/۰۲/۳۰

## چکیده

کاهش روز افزون منابع انرژی در جهان، لزوم توجه به مدیریت زیست محیطی مصرف انرژی را افزایش می دهد. در این راستا حمل و نقل شهری با توجه به نقش پررنگ در مصرف منابع سوختی حایز اهمیت شایانی است که با رشد قابل ملاحظه شهرسازی، به عنوان یک نگرانی عمده در مدیریت محیط زیست مطرح شده است. هدف تحقیق طراحی و توسعه یک مدل در محیط GIS با رویکرد معرفی مناطق قابل توسعه جهت توسعه جاده ها و جانمایی بهینه مقاصد عمده حمل و نقل شهری با هدف افزایش دسترسی و کاهش مصرف سوخت است. شهر اراک به عنوان یک شهر در حال توسعه در ایران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. روش تحقیق طراحی یک مدل محاسبه مصرف سوخت در مسیرهای پر تردد و استقرار درست شبکه حمل و نقل نسبت به مناطق تجاری، تفریحی و اداری بوده است. ابزار GIS با توانایی ارزیابی گزینه های مختلف و نیز هم پوشانی لایه ها ابزاری کارآمد در این تحقیق تلقی می شود. نتایج، بیانگر کارآیی مدل طراحی شده جهت مکان گزینی مناسب شبکه و مقاصد عمده تردد شهری است. نقشه های مختلف بیانگر استقرار نامناسب بخشی از مقاصد عمده تردد در شبکه حمل و نقل است که عوارض ناشی از مصرف بی رویه سوخت را به همراه دارد. با توجه به مصرف بالای سوخت در مسیر های پر تردد فعلی، نتایج تحقیق ضمن تأکید بر بررسی کمی و دلایل مصرف سوخت در این مناطق بر راهکارهایی چون تغییر نوع جاده ها در برخی از مناطق پر تردد حاضر، تغییر مکان کاربری های تجاری، اداری و تفریحی و نیز مدیریت مسیر های تردد شهری تأکید دارد. این تحقیق به روشنی در بر دارنده یک رهیافت علمی در حمل و نقل شهری است که می تواند در برنامه ریزی شهری در سطوح منطقه ای و کشوری مورد استفاده واقع شود

واژه های کلیدی: مصرف سوخت، شبکه حمل و نقل، مدل سازی، مدیریت زیست محیطی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

## ۱. مقدمه

ونقل شهری ارائه می کند که می تواند تامین کننده اهداف زیر

باشد:

- محاسبه و شناسایی درست مسیرهای بهینه تردد جهت کاهش مصرف سوخت در حمل و نقل شهری در شهر اراک
- شناسایی عوامل موثر بر مصرف سوخت در حمل و نقل شهری اراک

- بررسی وضعیت موجود در شهر اراک از لحاظ تأثیر جانمایی کاربری های شهری ( نقاط مبدا و مقصد) بر مصرف سوخت حمل و نقل از طریق نقشه سازی با کمک نرم افزار

### GIS

شهر اراک به عنوان یک کلان شهر در حال توسعه به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. عمده دلایل این انتخاب را می توان تراکم و تعدد مراکز مختلف صنعتی و تجاری مسکونی در این شهر، وجود مسیرهای جاده ای مختلف، دسترسی این مراکز به یکدیگر و لزوم بهینه سازی حمل و نقل شهری، تردد قابل ملاحظه خودروها به ویژه در بخش دولتی و جاذبه های زیست محیطی شهر دانست. مصرف بهینه منابع انرژی می تواند ضامن توسعه پایدار به ویژه در محیط شهری باشد که نقش مهمی در ایجاد تعادل بین عوارض زیست محیطی و کیفیت زندگی ایفا می کند. چرا که از یک سو با مصرف مدیریت شده، سوخت های فسیلی عوارض زیست محیطی به ویژه آلودگی هوا کاهش چشمگیری خواهد داشت و از سوی دیگر منجر به صرفه جویی و مدیریت مصرف انرژی در بهره مندی برای بخش های ضروری تر زندگی خواهد شد. مبانی تحقیق می تواند با بررسی های بیشتر به عنوان یک استاندارد زیست محیطی در حمل و نقل کشوری مورد توجه قرار گیرد که اهمیت و ضرورت چنین تحقیقاتی را بیشتر بیان می دارد.

کاهش روز افزون منابع انرژی در جهان لزوم توجه به مدیریت زیست محیطی مصرف انرژی را افزایش می دهد. انرژی های پایان پذیر در نظام برنامه ریزی از جایگاه ویژه ای برخوردارند که اولویت نگرش راهبردی به آن را انکار ناپذیر می سازد [Xing and Hussain, 2010]. طبیعی است که سوخت های فسیلی در این راستا جایگاه ویژه ای دارند. در این راستا مقوله حمل و نقل به ویژه حمل و نقل شهری با توجه به نقش پررنگ در مصرف منابع سوختی حائز اهمیت شایانی است. با توجه به تمرکز برنامه ریزان حمل و نقل بر دسترسی ها و سایر جنبه های دینامیک حمل و نقل شهری، عوارض زیست محیطی آن به شدت مورد بی توجهی واقع شده است. در این راستا تداخل اصول حمل و نقل و محیط زیست شاید مهم ترین بحث باشد که برنامه ریزی مصرف سوخت در این بستر به شدت خودنمایی می کند. نحوه تردد در جاده ها و از مسیرهای مناسب جهت پرهیز از اتلاف منابع سوختی در حمل و نقل شهری موضوع تحقیقاتی مهمی محسوب می شود. این مهم مستلزم محاسبه درست دسترسی ها بین نقاط اصلی مبدا و مقصد شهر است که با شناخت مسیرهای اصلی تردد و برخی از پارامترهای حمل و نقل شهری چون حجم ترافیک، نوع و عمر متوسط خودروها و در چارچوب محاسبات و نقشه سازی میسر است. نرم افزار GIS می تواند کمک شایانی به تسهیل روند مکانیابی مسیرهای اصلی حمل و نقل شهری کند. نظر به جایگاه برنامه ریزی حمل و نقل به عنوان یک معیار ارزشمند در زندگی انسان امروزی، استقرار درست کاربری های شهری در سیستم حمل و نقل شهری اهمیت زیادی پیدا می کند. با توجه به اینکه شبکه حمل و نقل به طور معمول ۲۰-۱۰٪ سطح شهر را پوشش می دهد [Paül, 2013] عنصر مهمی در برنامه ریزی های شهری محسوب می شود. در این راستا این پژوهش روشی را برای تعیین موقعیت مناسب استقرار کاربری های تجاری و اداری نسبت به شبکه حمل

## ۲- مدیریت حمل و نقل و توسعه شهری

شبکه حمل و نقل در واقع نمایش ریاضی، فیزیکی و فراساختاری حمل و نقل شهری محسوب می شود که شامل مختصات و مشخصات خیابانها می شود [Qureshi, 2012]. اگرچه حمل و نقل در شهرها از دیرباز ذهن بشر را به خود مشغول کرده، اما به ویژه، پس از انقلاب صنعتی و افزایش بی سابقه شهرنشینی و پیدایش وسایل گوناگون جابجایی، بر اهمیت آن بیش از پیش افزوده شده است [Kashanijou, 2010]. آن چنان که حمل و نقل به یکی از مهم ترین چالش های شهرنشینی در سراسر جهان کنونی بدل شده است. انجام پژوهش در این زمینه در کشورمان، با توجه به رشد شتابان شهرنشینی، مراحل گذار به توسعه یافتگی و شرایط بومی از اهمیت بیشتری نیز برخوردار است. یکی از سوژه های مهم تحقیقاتی در این زمینه مصرف بهینه انرژی (سوخت) در سیستم حمل و نقل شهری است. پژوهش حاضر بر بهینه سازی مسیرهای تردد با توجه به مصرف سوخت در شبکه حمل و نقل در چارچوب روابط ریاضی و مکانمند متمرکز است.

### ۲-۱ طبقه بندی جاده ها

طبقه بندی جاده ها یکی از عوامل فراساختاری کلیدی در مطالعات حمل و نقل محسوب می شود. طبق اطلاعات دریافت شده از دفتر تحقیقات کاربردی ناجا، طبقات جاده ها در ایران با جدول ذیل مطابقت دارد:

### ۲-۲ حجم ترافیک و ظرفیت جاده

حجم ترافیک از عناصر کلیدی در برنامه ریزی حمل و نقل

شهری محسوب می شود که طبق تعریف عبارت است از تعداد خودروهای عبورکننده از یک مکان مشخص در یک فاصله زمانی مشخص [Hassan, 2011]. حجم ترافیک در واقع تابعی است از تقاضاهای حمل و نقل که در بردارنده خدمات لازم بین مبدا و مقصد در فواصل زمانی مشخص است. بر این اساس، حجم ترافیک ارتباط نزدیکی با بخش اصلی تحقیق یعنی % مصرف سوخت% خواهد داشت که بررسی و اندازه گیری آن را در این مقوله ضروری می سازد. حجم ترافیک معمولاً در ارتباط با عنصر دیگری به نام ظرفیت جاده ای تعریف می شود. ظرفیت جاده ای عبارت است از حداکثر قابل انتظار تعداد خودروهایی که به طور منطقی می توانند از یک بخش از جاده در فاصله زمانی معین عبور کنند [TRB, 2000]. اگرچه اندازه گیری این پارامتر، ابعاد مختلفی خواهد داشت و به عوامل زیادی بستگی دارد، اما در این تحقیق با توجه به ماهیت موضوع ساده ترین شکل آن مورد استفاده خواهد بود: حداکثر تعداد خودروهای عبورکننده از یک طول مشخص تحت شرایط خاص ترافیکی [Tan, 2012]. پارامترهای عمده در اندازه گیری ظرفیت جاده ای عبارتند از عرض جاده، طول جاده طی شده توسط خودروها در زمان معین، سرعت خودرو و سطح متوسط اشغال شده توسط خودرو [Wang, 2013]. حجم ترافیک بر اساس نسبت حجم ترافیک (ترافیک موجود در طول مشخصی از جاده) به ظرفیت جاده (حداکثر ترافیک ممکن در طول مشخصی از جاده) طبقه بندی می شود که طبقه بندی عمومی آن در جدول (۲) دیده می

جدول ۱. بررسی خصوصیات جاده های مختلف شهری

نوع جاده	عرض متوسط (متر)	سرعت (متر بر ثانیه)
شریانی	۲۸	۲۲
شبه - شریانی	۲۴	۱۹
ارتباطی	۱۳	۱۳
محلی	۱۱	۸-۱۱
بزرگراه	۴۰	۳۰

منبع: FHWA (2000)

جدول ۲. طبقات حجم ترافیک

نسبت حجم ترافیک به ظرفیت جاده ( درصد )	طبقات	سطوح حجم ترافیک
۰-۲۰	۱	بسیار کم
۲۰-۴۰	۲	کم
۴۰-۶۰	۳	متوسط
۶۰-۸۰	۴	زیاد
۸۰-۱۰۰	۵	بسیار زیاد

منبع: [Victoria Transport Policy Institute, 2007]

شود:

سوخت در شهرها عبارتند از: حمل و نقل، صنعت، مراکز تجاری و مسکونی. در این بین حمل و نقل نقش مهمی را بازی می‌کند. بنابراین لزوم نظارت و کنترل بیشتر آن در این زمینه به چشم می‌آید. آگاهی از شرایط مصرف سوخت در حمل و نقل جاری شهری می‌تواند کمک مؤثری به برنامه ریزان حمل و نقل شهری برای اتخاذ سیاست‌های کاهش مصرف سوخت و توسعه زیربنایی حمل و نقل اعم از شبکه‌های خیابانی و سیستم‌های حمل و نقل همگانی باشد. دانش شهرسازی به طرق مختلف از جمله اعمال سیاست‌ها و خط مشی‌ها، تدوین ضوابط اجرایی و عملیاتی انواع مختلف طرح‌های با مقیاس ملی و منطقه‌ای و محلی می‌تواند در کاهش مصرف سوخت در حمل و نقل شهری نقشی کارا و مؤثر داشته باشد. از جمله این راهکارهای مستقیم یا غیر مستقیم می‌توان به مکان‌یابی کاربری‌ها، توزیع منطقی کاربری‌ها، توزیع منطقی کالا و خدمات، کاهش فاصله نواحی مسکونی از نواحی اشتغال و انتقال جغرافیایی کاربری‌های عمده (تمرکز زدائی) اشاره کرد.

### ۳. روش تحقیق

#### ۳-۱ چارچوب روش تحقیق:

- روش تحقیق دربردارنده فازهای اصلی زیر است:
- پردازش یک مدل در محیط GIS برای جانمایی مسیرهای بهینه دسترسی در حمل و نقل شهری و محاسبه مصرف سوخت در مسیرهای بهینه

### ۲-۳ ابزار GIS در برنامه ریزی حمل و نقل

در سال‌های اخیر کاربرد GIS در حمل و نقل، رونق خاصی پیدا کرده که عمدتاً در مباحثی چون نقشه‌سازی‌های جاده‌های ساده، مسیر یابی و کوتاه‌ترین مسیر بوده است. کاربرد GIS در مدل‌سازی یکی از کاربردهای مورد تأکید در برنامه‌ریزی حمل و نقل بوده است که نقش ارتباطی خوبی را بین پارامترهای ریاضی و مکاندار بازی می‌کند [Sui,1998]. در تکمیل این مهم GIS همواره یک نقش کلیدی در سیستم‌های پشتیبانی‌گیری ایفا کرده است که در بردارنده شفاف‌سازی تحلیل نتایج، بهینه‌سازی تصمیم‌ها و آنالیز رفتارهای ترافیکی بوده است. مبانی اقتصادی و تحلیل هزینه - فایده یکی دیگر از نقش‌آفرینی‌های اخیر GIS در حمل و نقل است که طبعاً مسائل زیست محیطی از جمله مصرف سوخت در این خصوص حائز نقش عمده‌ای خواهند بود. اما بی‌توجهی به این امر (مسائل زیست محیطی) در ارتباط با GIS و حمل و نقل تا حد زیادی به چشم می‌آید که این مطالعه به نوعی تلاش به رفع این چالش دارد.

### ۲-۴ اهمیت مصرف سوخت در برنامه ریزی حمل

#### و نقل شهری

با توجه به گسترش مصرف سوخت در زندگی شهری، یافتن راهی به منظور تحلیل الگوی مصرف سوخت و در نتیجه مدیریت مصرف آن جایگاه ویژه‌ای می‌یابد. مصرف‌کننده‌های عمده

## مدیریت زیست محیطی حمل و نقل شهری اراک به کمک مدل سازی کاهش مصرف سوخت در مسیریابی مناسب به کمک GIS

- شناسایی مسیرهای پرتردد شهر اراک

- برآورد مصرف سوخت فعلی در حمل و نقل شهری اراک

- مقایسه وضعیت بهینه و موجود در مصرف سوخت به

کمک برآوردهای ریاضی و نقشه سازی در محیط GIS

در این پژوهش، تصمیم‌گیری نهایی، به در نظر گرفتن توام مشخصات مکان‌دار و ریاضی در قالب یک روش مشخص باز می‌گردد. با توجه به ماهیت این پژوهش اطلاعات مکانمند و ریاضی و آماری زیادی در ارتباط با سیاست‌ها و معیارهای علمی مورد نیاز است. نقشه‌های پایه منطقه در قالب فایل‌های CAD در دسترس قرار داشتند که بر حسب ضرورت به Shape file تغییر فرمت داده شدند. داده‌های اولیه حجم ترافیک و مصرف سوخت از مطالعات کتابخانه‌ای و کار میدانی حاصل شدند. برای نقشه‌های پایه از اطلاعات اداره مسکن و شهرسازی استان استفاده شد و اطلاعات آماری نیروی انتظامی و شهرداری اراک برای استخراج داده‌های ترافیکی مورد استفاده قرار گرفت.

### ۲-۳ برآورد مصرف متوسط سوخت در حمل و نقل

#### شهری اراک

برآورد مصرف سوخت در حمل و نقل شهری اراک، از طریق محاسبه گام به گام ریاضی در مصرف سوخت منطقه مطالعاتی با استخراج تعداد کل خودروهای در حال تردد در شهر اراک بر حسب نوع و سن خودرو و طبقه بندی خودروها بر اساس مصرف و محاسبه تغییر مصرف متوسط سوخت خودرو بر حسب عمر در شهر اراک انجام شد. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

- بازبینی مصرف سوخت خودروها در چک لیست‌های مراکز تنظیم موتور خودرو و واسنجی مقادیر فوق برای تردد شهری

- تفکیک آمار فوق بر حسب نوع و سن خودرو

- محاسبات آماری و ریاضی برای مقادیر چک لیست‌ها با مبنای قراردادن مصرف متوسط سوخت تردد شهری برای

خودروهای صفر کیلومتر (مثلاً ۸٪ برای پراید و ۱۱٪ برای

سمند).

- تعمیم و اعمال محاسباتی نتایج حاصل به خودروهای شماره

گذاری شده در اراک

بر آورد های آماری و ریاضی نشانگر آن بود که در شهر اراک، به ازای گذشت هر سال از سن خودرو، به طور متوسط ۴-۳ درصد به میزان مصرف سوخت اضافه می‌شود. با در نظر داشتن موارد فوق متوسط مصرف سوخت خودرو در شهر اراک ۱۱،۴۶ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر محاسبه شد. این محاسبه با توجه به مراجعات محدود خودروهای فرسوده به مراکز تنظیم موتور ممکن است خطاهایی داشته باشد، اما با توجه به تعداد کم چنین خودروهایی در شهر صنعتی اراک، این خطای احتمالی قابل چشم‌پوشی است. به علاوه بررسی‌های نهایی و ارائه نتایج تحقیق بر حسب نسبت و در صد تغییر مصرف سوخت در تردد شهری است که تاثیر این خطای احتمالی را به حداقل می‌رساند.

### ۳-۳ مدل‌سازی در GIS برای مسیریابی مناسب در حمل

#### و نقل شهری

دلیل اصلی تردد در شهر به مقصد اصلی تردد و حمل و نقل شهری باز می‌گردد که در نظام تردد شهری این مقاصد را می‌توان شامل اماکن اداری، اماکن تجاری و اماکن تفریحی دانست، [Haghton, 2003]. شناسایی کوتاه‌ترین طول و زمان دسترسی به این مقاصد می‌تواند یکی از گزینه‌های کاهش مصرف سوخت باشد. این فرآیند در غالب شناسایی مسیرهای ممکن T با توجه به پارامترهای سرعت متوسط در جاده‌ها (جدول ۱) و تفکیک مقاصد اصلی تردد شهری میسر است. به کمک مدل‌سازی در متمم Network Analys نرم‌افزار ArcGIS، طی مراحل زیر می‌توان این مسیریابی را انجام داد:

الف) تجمیع لایه‌های اطلاعاتی مربوط به اماکن تجاری، اداری و تفریحی شهر به صورت یک لایه اطلاعاتی با عنوان مقاصد اصلی

سوخت منابع متحرک (وسایل نقلیه) و میزان سفرهای درون شهری نقش بسیار اساسی در تعیین میزان مصرف سوخت در حمل و نقل شهری دارد. با دستیابی به اطلاعات ذکر شده می‌توان سوخت مصرفی شهر را در طول یک دوره زمانی معین مشخص کرد. شهر اراک از این حیث حائز اهمیت شایانی است، جایگاه صنعتی شهر و نیز موقعیت خاص جغرافیایی آن در قرار داشتن در گلوگاه ارتباط جاده ای کشور از جمله دلایل حجم بالای تردد است. براساس آمار سازمان ترافیک شهرداری و راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی اراک، مسیرهای پرتردد اراک به قرار شکل (۲) ارائه شده است.

همچنین تمرکز قابل ملاحظه مقاصد اصلی حمل و نقل شهری (اماکن اداری، اماکن تجاری و اماکن تفریحی) در اطراف مسیرهای پرتردد شهر اراک ( شکل ۳)، مؤید اهمیت ذکر شده این مقاصد در تردد شهری [Houghton, 2003] است.

#### ۳-۴ محاسبه مصرف سوخت در مسیرهای پرتردد

با توجه به مقادیر و پارامتر های فوق الذکر محاسبه مصرف سوخت در مسیرهای پرتردد با فرمول ریاضی ذیل امکان پذیر است:

$$F=R*T*L/100$$

F=مقدار کل مصرف سوخت( لیتر در ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت)

تردد شهری (Main Destination)

ب) ساختن یک سری داده اطلاعاتی مناسب برای لایه جاده های

شهری در ArcCatalog

ج) پردازش و بارگذاری مدل در متمم Network Analyst نرم

افزار ArcGIS

مدل ساخته شده به صورت شکل (۱) در خواهد آمد که پس از فعال سازی قادر به تعیین بهترین مسیرهای دسترسی به مقاصد اصلی تردد شهری خواهد بود.

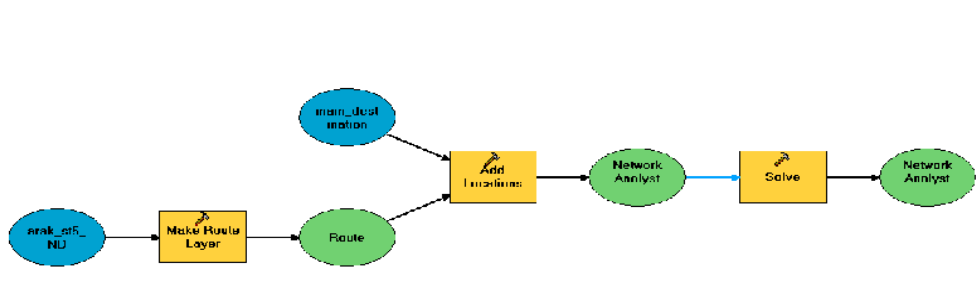
#### ۳-۴ نقشه سازی در محیط GIS

فرآیند نقشه سازی در واقع استفاده و تبدیل ارزش های مفهومی و ریاضی به نقشه با استفاده از توانمندی های نرم افزار ArcGIS است. این فرآیند مبتنی بر استفاده از عناصر کلیدی و شاخص های عددی مستخرج از مدل برای محاسبه بهترین مسیر دسترسی و مکانیابی مناسب کاربری ها است. در این راستا و به تناسب اهداف، مقاصد و مسیرهای موجود و بهینه تردد ، به عنوان پارامترهای اصلی در شبکه حمل و نقل و محدوده منطقه مطالعاتی مورد آنالیز و نقشه سازی قرار می گیرد.

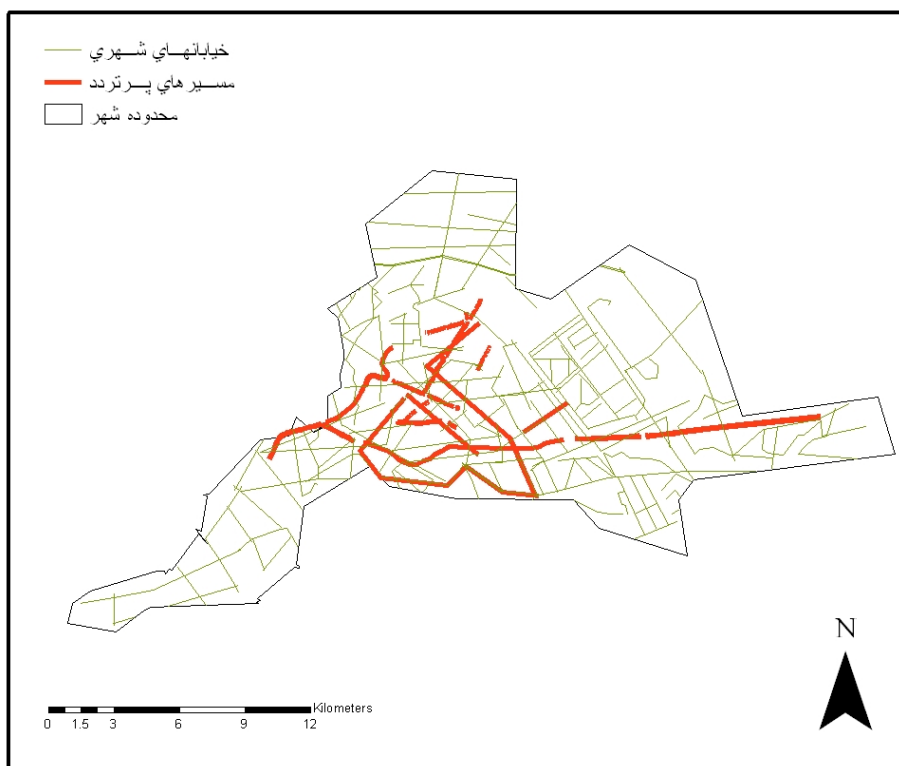
#### ۴. نتایج و یافته ها

۱-۴ شناسایی مسیرهای پرتردد و دلایل اصلی تردد شهری

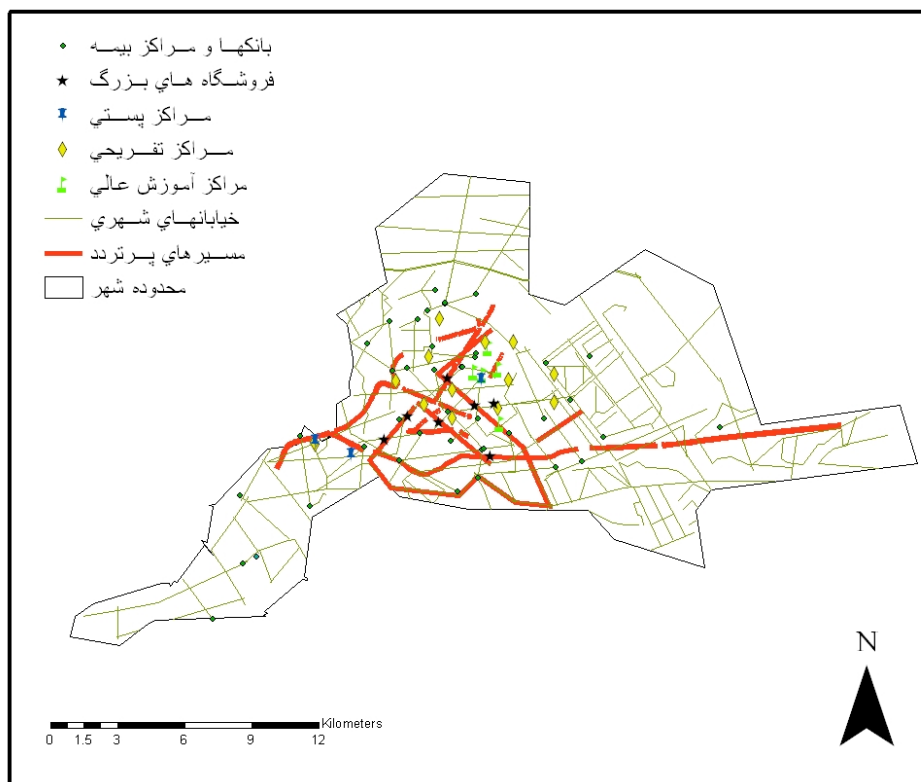
شناسایی و مشخص کردن میزان و همچنین چگونگی مصرف



شکل ۱. مدل پردازش شده در GIS جهت مسیریابی بهینه



شکل ۲. نقشه مسیرهای پرتردد اراک



شکل ۳. موقعیت مقاصد اصلی تردد شهری اراک

و مسیرهای طراحی شده به وسیله مدل با بررسی اختلاف بین نمونه برداری‌های میدانه ای و محاسباتی محاسبه و اثرات آن بررسی شده است. نتیجه امر حکایت از اختصاص طولی معادل ۸۳/۳۱ کیلومتر از جاده های شهری اراک به مسیرهای پرتردد با حجم ترافیک تقریبی ۱۰۰۰۰ خودرو در ساعت و مصرف سوخت ۹۵۵۰۴۳/۱۶۶ در ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت دارد.

طول مسیرهای بهینه طراحی شده به وسیله مدل به وسیله مدل معادل ۱۰۴،۵۶ کیلومتر است، چنان که حجم ترافیک ۱۰۰۰۰ خودرو در این بعد از مسافت تقسیم شود، مصرف سوخت به ۷۶۱۱۵۰/۲۰۷ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت کاهش می یابد. این به آن معنی است که مدیریت بهینه تردد و حمل و نقل شهری در اراک منجر به کاهش ۲۰ درصدی مصرف سوخت می گردد. تفاوت مسیرهای بهینه و فعلی در شکل ۵ دیده می شود.

طبقاً توزیع فضایی متعادل تر مقاصد اصلی حمل و نقل می تواند

$L =$  طول مسیر ( کیلومتر)

$T =$  حجم ترافیک ( تعداد در ساعت)

$R =$  نرخ متوسط مصرف سوخت برای هر خودرو ( لیتر در ۱۰۰ کیلومتر)

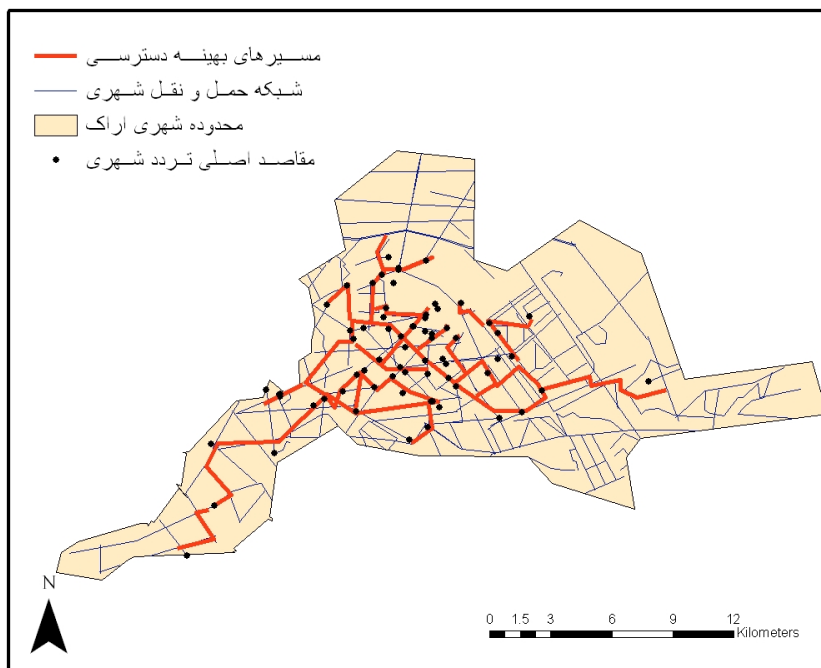
طول مسیرها یکی از پارامترهای لازم برای تعیین میزان مصرف سوخت است. برای این محاسبه از متمم X-TOOLS در نرم افزار ArcGIS استفاده می شود. با قرار دادن مقادیر معلوم ذکر شده مصرف سوخت مسیرهای پرتردد، بر حسب لیتر در ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت معادل خواهد بود با:

$$F = 11.46 * 1000 * 83.31 / 100 = 955043.166$$

۳-۴ مسیریابی بهینه در شبکه حمل و نقل شهر اراک به

کمک مدل پردازش شده در GIS

مدل پردازش شده در GIS شکل (۱) پس از فعال سازی، بهترین مسیرهای ممکن را برای دسترسی به مقاصد اصلی تردد شهری نشان می دهد شکل (۴). بررسی میزان کارآمدی مسیرهای موجود



شکل ۴. مسیرهای بهینه برای دسترسی به مقاصد اصلی تردد شهری اراک



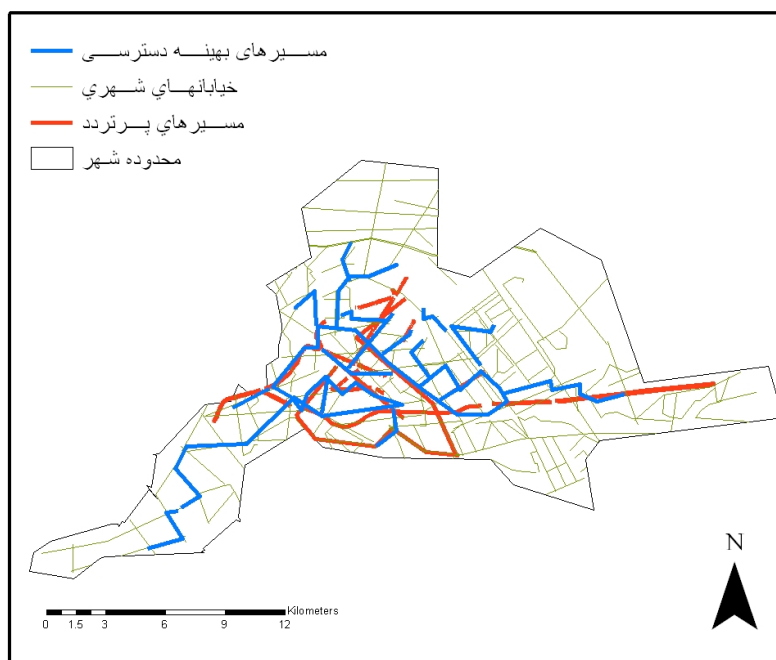
مدیریت زیست محیطی حمل و نقل شهری اراک به کمک مدل سازی کاهش مصرف سوخت در مسیریابی مناسب به کمک GIS

را تا ۴۰ درصد مد نظر داشت.

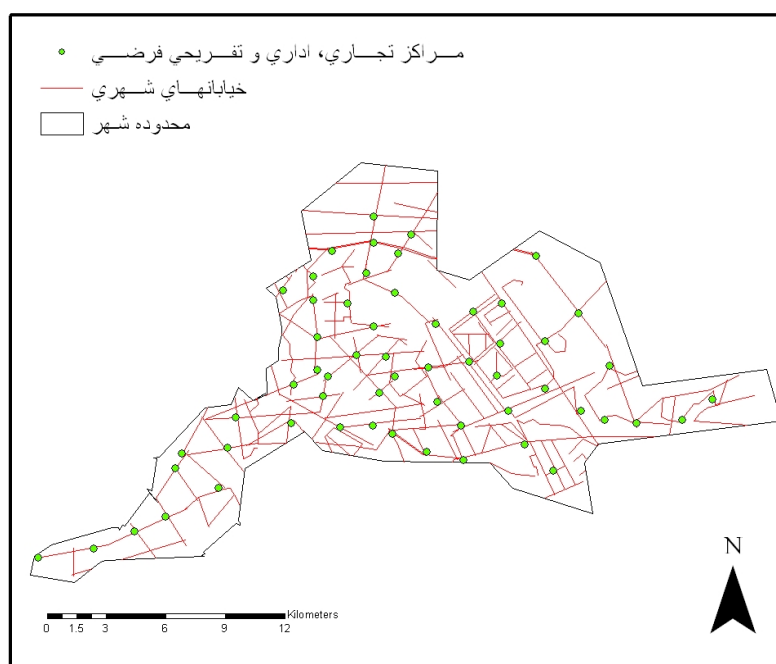
### ۶. جمع بندی و نتیجه گیری

کاهش مصرف سوخت از طریق مدیریت و توسعه شبکه های حمل و نقل و نیز کاربری های شهری، ملاحظات مشابهی از

تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت داشته باشد. به عنوان یک مثال با تحلیل و مسیریابی الگوی فضایی فرضی شکل (۶) که براساس توزیع متعادل فضایی کاربری ها در تمامی مناطق تردد شهری در نظر گرفته شده است می توان کاهش مصرف سوخت



شکل ۵. موقعیت مکانی مسیرهای بهینه دسترسی و مسیرهای پر تردد شهری اراک



شکل ۶. منالی از توزیع فضایی متوازن مقاصد عمده تردد شهری اراک

محدودیت‌های موجود در اراک به راحتی امکان پذیر نیست و جاده های ارتباطی تفاوت محسوسی را با جاده های محلی نشان نمی دهند، تغییر تیپ جاده های پرتردد از محلی و شبه شریانی به شریانی قابل بررسی است. تحقیقات انجام شده نشان می دهد که با اعمال این تغییرات می توان دسترسی ها را تا حدود ۲ برابر افزایش داد که طبیعتاً کاهش حجم ترافیک و بدنبال آن مصرف سوخت را تا نصف به همراه خواهد داشت. از این رو این سناریو می تواند گزینه مطلوبی برای اقدامات آتی محسوب شود، اما از محدودیت‌های فنی و اقتصادی چالش بر انگیز آن به ویژه در مناطق مرکزی شهر نمی توان چشم پوشی کرد.

ه. تغییر مکان کاربری های تجاری، اداری و تفریحی (مقاصد اصلی تردد شهری): این سناریو نیز با در نظر داشتن محدودیت های اقتصادی و اجتماعی در پاره ای از موارد می تواند مد نظر باشد. مشروط بر اینکه ارزیابی درستی از نقش جاده های موجود در دسترسی ها به عمل آید. انتقال برخی از مراکز تجاری، اداری و تفریحی به سایر نقاط شهر و پراکنش متوازن آنها با توزیع و متعادل سازی حجم ترافیک در سطح شهر می تواند تغییر بسزایی در مصرف سوخت داشته باشد. نگاهی گذرا به توزیع مکانی کاربری های تجاری، اداری و تفریحی شکل (۸) حاکی از تمرکز بیش از حد آنها در بخش های مرکزی شهر است، حال آنکه با تحلیل و مسیریابی درست می توان کاهش مصرف سوخت را تا در صد بالایی مد نظر داشت (الگوی فضایی فرضی شکل (۶)). از آنجا که اجرای این سناریو برای مراکز اداری کم هزینه تر و کم چالش تر از مراکز تجاری و تفریحی است، انتقال مراکز اداری می تواند در اولویت قرار گیرد.

از این رو اولویت های این تحقیق برای بهینه سازی سیستم حمل و نقل اراک از منظر کاهش مصرف سوخت و با توجه به ارزیابی مناطق مستعد و موجود کاربری شهری در منطقه مطالعاتی اولویتهای ذیل برای کاهش مصرف سوخت در منطقه به شرح

لحاظ پارامترهای جغرافیایی و مکان مند را نشان می دهد. طبیعی است که تحت هر شرایطی، کاهش عملیات عمرانی و شهرسازی از اولویت بسیاری برای توسعه برخوردار است. اما مهم تر از توسعه آتی، اصلاح شرایط نامساعد فعلی است. برای این دو مبحث سناریوهای ذیر پیشنهاد می شود:

الف. مدیریت مسیرهای تردد شهری: همان گونه ذکر شد مسیر دسترسی به مراکز عمده تجاری، تفریحی و اداری فعلی می تواند جایگزینی مناسب تر از مسیرهای پرتردد فعلی شهر اراک داشته باشد شکل (۴) که کاهش ۲۰ درصدی مصرف سوخت را به همراه دارد. بالطبع مدیریت و سازماندهی مسیرهای تردد در مسیرهای بهینه طراحی شده به وسیله مدل تمام یا بخشی از این صرفه جویی در انرژی را میسر خواهد ساخت. این سازماندهی به وسیله راهکارهایی از قبیل استفاده از علائم راهنمایی و رانندگی، اطلاع رسانی جهت نشان دادن مسیرهای بهینه دسترسی، یک طرفه کردن برخی از مسیرهای پرتردد و استفاده از علائم راهنمایی و رانندگی محدود کننده در ایجاد محدودیت رفت و آمد در مسیرهای پرتردد امکان پذیر خواهد بود. اما اجرای کامل راهکار فوق به دلایل محدود کننده پرشماری ممکن است عملی نباشد، ضمن اینکه در برنامه ریزی حمل و نقل باید بیش از ۲۰٪ صرفه جویی سوخت را مد نظر داشت. به علاوه موقعیت جغرافیایی مسیرهای بهینه شکل (۵) انحراف چشمگیری را از مسیرهای پرتردد فعلی نشان نمی دهد.

ب. طراحی مجدد شبکه جاده های شهری با تغییر در تیپ جاده ها: با توجه به اینکه مصرف بالای سوخت عمدتاً در خیابان های پرتردد و مترکم صورت می گیرد که در نزدیکی مراکز عمده تجاری و اداری قرار دارند، تغییر تیپ این جاده ها می تواند در کاهش مصرف مفید واقع شود. اما توجه به این امر ضروریست که این نوع تغییر نمی بایست دسترسی ها را به همراه داشته باشد. از آنجا که ایجاد بزرگراه های شهری با توجه به

ذیل پیشنهاد می شود:

- Paul, V and McKenzie. F. (2013) "Peri-urban farmland conservation and development of alternative food networks: Insights from a case-study area in metropolitan Barcelona (Catalonia, Spain)", *Land Use Policy*, Vol. 30, No. 1, pp. 94-105

- Qureshi, A., Taniguchi. E. and Yamada. T. (2012) "A microsimulation based analysis of exact solution of dynamic vehicle routing with soft time windows", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 39, pp. 205-216

- Sui, D. Z. (1998) "GIS-based urban modeling: Practices, problems and prospects" *Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, No. 7, pp. 651-671.

- Tan, Z. (2012) "Capacity and toll choice of an add-on toll road under various ownership regimes", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 48, No. 6, pp. 1080-1092.

- Transportation Research Board (2000) "Highway capacity manual guidebook", USA.

- Victoria Transport Policy Institute (2007)

• تغییر نوع جاده ها در برخی از مناطق پر تردد حاضر.

• تغییر مکان تغییر مکان کاربری های تجاری ، اداری و

تفریحی

• مدیریت مسیرهای تردد شهری

روش توسعه یافته در این تحقیق برای انتخاب مکان دقیق کاربری ها یا مسیرها نیست، بلکه به عنوان ابزاری در برنامه ریزی شهری این امکان را به متخصصین امر می دهد که گزینه های مختلف را با سودمندی ها و مضراتشان بررسی کنند هدف اصلی این روش، توسعه سودمندی ها و از بین بردن زیان های حمل و نقل شهری است که برای شهری متراکم مثل اراک حائز اهمیت است. این روش با وارد کردن مباحث زیست محیطی در بحث صرفا اقتصادی حمل و نقل نه تنها میزان مصرف سوخت را در حمل و نقل شهری را کاهش می دهد بلکه به بهینه سازی سیستم حمل و نقل در سایر ابعاد نیز کمک می کند.

## ۷. مراجع

- Federal Highway Administration (2000) "Functional classification guidelines", US Department of Transportation, USA.

- Hassan. A., Maher Shahin, M. and Morsy, M. (2011) "Area traffic capacity in central areas – Alexandria city center as a case study", *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 50, No. 4, pp. 367-380

- Houghton, G., Hunter, C. and Houghton, H. (2003) "Sustainable cities", London: Routledge Publisher, UK.

“Land use impacts on transport- How land use patterns affect travel behavior”, USA.

- Wang. S., Meng, Q. and Liu, Z. (2013) “Fundamental properties of volume–capacity ratio of a private toll road in general networks”, Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 47, pp. 77-86

- Xing, L., Shi, L. and Hussain, (2010) “A corporation response to energy saving and pollution ambient policy”, International Journal of Environment, Vol. 4, No. 4, pp. 637-646.

- شهرداری اراک (۱۳۹۱) "گزارش طرح جامع حمل و نقل اراک"، اراک، شهرداری اراک

- کاشانی جو، خ (۱۳۸۹) "بررسی شیوه های حمل و نقل درون شهری از منظر پایدار"، نخستین همایش توسعه شهری پایدار

- نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران - ناجا (۱۳۸۸) "گزارش آمار و ارقام ترافیکی استان مرکزی"، تهران: دفتر تحقیقات کاربردی ناجا استان مرکزی