

ارائه مدل ارزش راه ها با تکیه به روش AHP¹

و کاربرد آن در GIS²

امیر میربد دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- راه و ترابری دانشکده فنی دانشگاه فردوسی مشهد

تلفن: 09133292594

Amir_mirbod@yahoo.com

دکتر ماشا... سعیدیان استادیار گروه عمران دانشکده فنی دانشگاه فردوسی مشهد

saeidiant@yahoo.com

چکیده:

معضلات و مشکلاتی که امروزه در زمینه حمل و نقل و خصوصا ترافیک متراکم شهری بوجود آمده، نتیجه گسترش ناهماهنگ، میان رشد بالای تقاضای سفر از یک طرف و توسعه کمتر تسهیلات مورد نیاز حمل و نقل از طرف دیگر است. بنابراین مدیریت بهینه منابع یکی از مهمترین موضوعاتی است که امروزه در این زمینه مورد توجه قرار گرفته و هر روز بر اهمیت آن افزوده می شود. گرفتاری همیشه نبود راه های مناسب و فقدان امکانات حمل و نقلی نبوده بلکه گاه هزینه های بالا و کارایی پایین به همان اندازه مشکل آفرین است. مشکلات بهره برداری ناصحیح علاوه بر آثار اقتصادی، آثار سیاسی و اجتماعی بیشماری را بوجود می آورد.

در این پژوهش مدل کامل و جامعی متشکل از معیارهای کمی و کیفی به نام مدل ارزش راه ها ارائه شده که به کمک آن توانایی انجام مقایسات بین خیابان های شهری بوجود آمده و در نتیجه راه بر انجام اقدامات مدیریتی مانند مسیر یابی بهینه در شبکه راه ها در محیط GIS، هموار می گردد. نتایج مثبت به دست آمده از مسیر یابی بهینه در منطقه ای از اصفهان تایید کننده صحت مدل به دست آمده است.

واژگان کلیدی: الگوریتم دایسترا، تحلیل سلسله مراتبی، توزیع بهینه جریان، قانون کیرشهف، مدل ارزش، مدل کمی، مدل کیفی، مسیر یابی بهینه

¹ Analytical hierarchy process

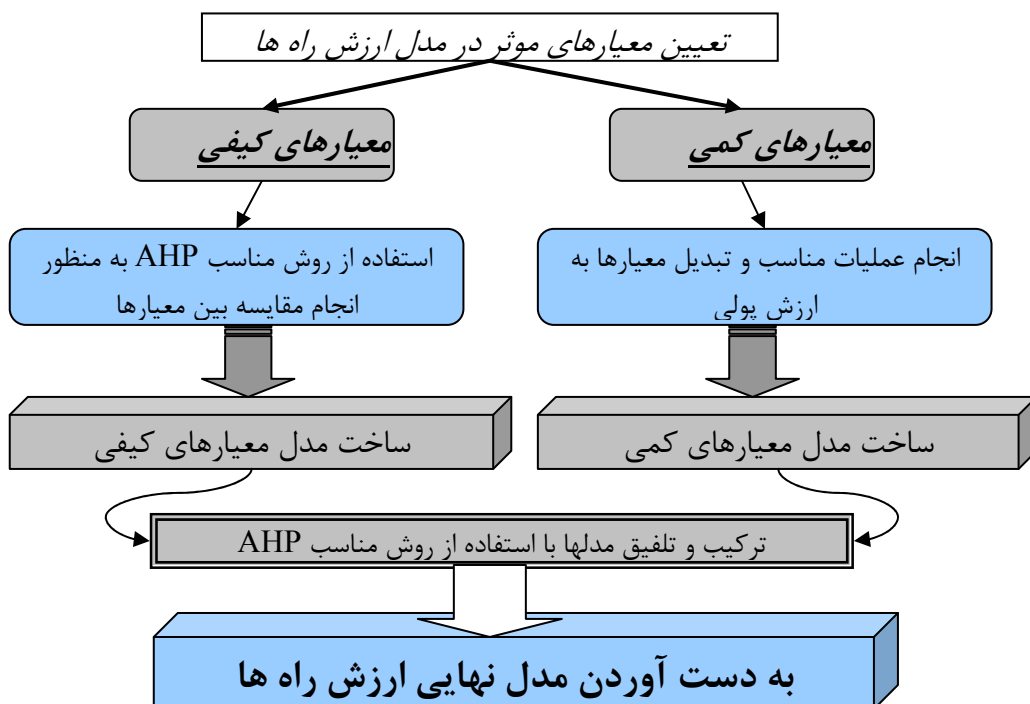
² Geographic information system

۱- مقدمه

از اساسی ترین گامها در پرداختن به مسائل مدیریتی یافتن روشی مناسب جهت مقایسه هزینه ای بین راه های گوناگون پیش رو در هر سفر است. بدین جهت در این پژوهش حداکثر سعی و تلاش در جهت ارائه مدل مناسب و دقیق در راستای ارزیابی هزینه یا ارزش عبوری راهها صورت گرفته تا با تکیه بر آن، راه بر انجام اقداماتی نظیر مسیر یابی بهینه که پیش از این به آنها اشاره شد هموار گردد. معیارهای مناسب در این زمینه گرد آوری شده و در مدل نهایی به کار رفته است. از نقاط قوت مدل ارائه شده می توان به فراگیر بودن مدل در مورد معیارهای کیفی و کمی اشاره کرد. در این مدل، معیارهای کیفی با استفاده از روش نسبتاً نوین فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که بر پایه های قوی علمی استوار است، به دست آمده و با مدل معیارهای کمی تلفیق شده و در نتیجه مدل جامع و کاملی که توانایی های گسترده ای در امور مدیریتی دارد، به دست آمده است. در پایان برخی کاربردهای مدل ارائه شده مورد توجه قرار گرفته است.

۲- روش تحقیق:

شکل زیر به خوبی بیانگر روند کار پژوهشی است که در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۱: روش به دست آوردن مدل ارزش عبوری از راه ها

۳- شناسایی معیارها

معیارهای دخیل در مدلسازی را می توان به دو قسمت زیر تقسیم کرد:

۱- معیارهای کمی

۲- معیارهای کیفی

منظور از معیارهای کمی معیارهایی هستند که به روشهای ساده ای به هزینه ریالی تبدیل می شوند و در مقابل معیارهای کیفی آن دسته معیارهایی خواهند بود، که در مقایسه آنها با یکدیگر و تبدیل به ارزش پولی بایستی روش های ویژه ای به کار رود. در جدول ۱ و ۲ به ترتیب معیارهای کمی و کیفی که در مدل دخالت داده شده اند مشاهده می شوند.

جدول ۱- معیارهای کمی دخیل در مدل ارزش عبوری از راه ها

معیارهای کمی	زیر معیار های کمی
معیار راه	طول راه، سرعت متوسط سفر، ایمنی
معیار وسیله نقلیه	مصرف سوخت، هزینه عملیاتی خودرو ها، میزان انتشار آلاینده های هوا
معیار انسان	ارزش زمان، هدف سفر

جدول ۲- معیارهای کیفی دخیل در مدل ارزش عبوری از راه ها

معیار های کیفی	زیر معیارهای کیفی
معیار راه	کیفیت سطح آسفالت راه
معیار انسان	میزان آشنایی با راه
معیار محیط	زیبایی محیط اطراف راه، امکانات جانبی راه، امنیت راه

۴- ارائه مدل نهایی

مراحل زیر تا رسیدن به مدل نهایی گام به گام مورد بررسی قرار می گیرد:

۱- ارزش گذاری معیارهای کمی و ارائه مدل معیارهای کمی

۲- ارزش گذاری معیارهای کیفی و ارائه مدل معیارهای کیفی

۳- تلفیق مدل معیارهای کمی و کیفی با یکدیگر و ارائه مدل نهایی ارزش عبوری از راه ها

چگونگی انجام مراحل سه گانه فوق در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۱- ارزش گذاری معیارهای کمی و ارائه مدل کمی

توجه به معیارها و زیر معیارهای تعیین شده بیانگر این است که پیشنیاز ارائه مدل کمی محاسبه هزینه زمان، تصادفات، انتشار آلاینده های هوا و هزینه عملیاتی خودروها است. نتیجه محاسبات انجام شده در این زمینه در جدولهای بعدی مشاهده می شود:

جدول ۳- هزینه های زمان و تصادفات بر حسب ریال ۱۳۸۴ [۴]

ارزش یک ساعت سفر تفریحی برای هر نفر	۳۶۰ ریال
ارزش یک ساعت سفر کاری برای هر نفر	۲۵۲۰ ریال
ارزش میانگین یکساعت	۲۰۰۰ ریال
هزینه یک معلولیت دائم	۱۸۴۳۳۴۲۲۰۰ ریال
هزینه یک نفر فوتی	۱۱۵۲۱۰۵۰۰۰ ریال
هزینه یک نفر جرحی سبک	۴۸۲۷۰ ریال
هزینه یک نفر جرحی متوسط یا معمولی	۳۴۰۸۶۵۷ ریال
هزینه یک نفر جرحی شدید	۲۳۹۱۳۶۷۱ ریال
هزینه یک تصادف خسارتی	۱۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ بهای خودرو

جدول ۴- هزینه انتشار آلاینده ها بر حسب سرعت براساس ریال ۱۳۸۴ [3]

$v(km/h)$	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
هزینه انتشار آلاینده ها به ریال در هر کیلومتر	۴,۸۷۰,۴۸	۴,۲۷۷,۵۴	۴,۴۰,۴۵	۴,۷۴۵,۳۶
$v(km/h)$	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
هزینه انتشار آلاینده ها به ریال در هر کیلومتر	۴,۸۲۲,۶۴	۴,۹۲۷,۹۵	۵,۰۳۷	۵,۵۰۷,۵۸

جدول ۵- هزینه عملیاتی بر حسب ریال ۱۳۸۴ [2]

سرعت خودرو (Km/h)	هزینه عملیاتی بر حسب ریال در هر کیلومتر
V=۱۰	۴۹۷,۲
V=۲۰	۴۹۲,۳
V=۳۰	۴۹۳,۰
V=۴۰	۴۹۳,۰
V=۵۰	۴۹۳,۲
V=۶۰	۴۹۷,۲

پس از انجام محاسبات فوق توانایی ارائه مدل کمی بدست می آید که در زیر مدل کمی معیارها و زیر معیارهایی که پیش از این به آنها اشاره شد مشاهده می شود.

$$F_1 = L(N \times \frac{T}{v}) + L(C_{ca} \times N_{ca} + C_{li} \times N_{li} + C_{mi} \times N_{mi} + C_{hi} \times N_{hi} + C_F \times N_F + C_H \times N_H) + L(C_O) + L(C_E)$$

که در آن:

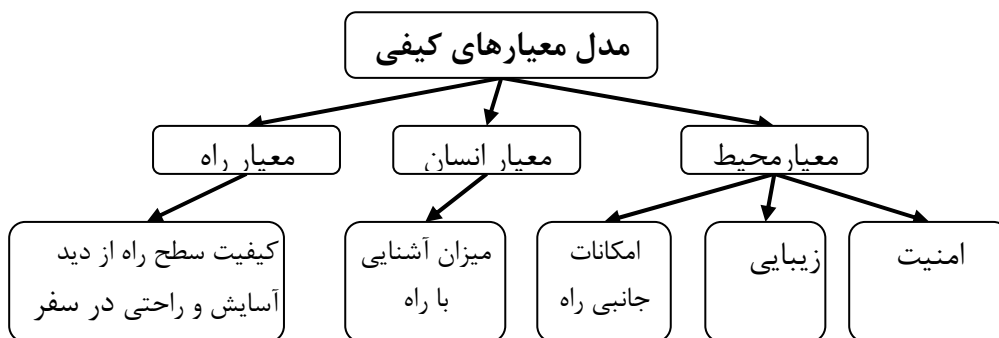
L طول مسیر بر حسب کیلومتر،
 T برابر است با ارزش واحد زمان،
 N تعداد سرنشینان خودرو
 γ برابر است با سرعت بر حسب Km/h
 N_H = تعداد معلولیت های دائم در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور یک خودرو
 N_F = تعداد فوتی ها در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور هر خودرو
 N_{hi} = تعداد جرحی های شدید در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور هر خودرو
 N_{mi} = تعداد جرحی های متوسط در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور هر خودرو
 N_{li} = تعداد جرحی های خفیف در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور هر خودرو
 N_{ca} = تعداد تصادفات خسارتی در ۱ کیلومتر راه به ازای عبور هر خودرو باشد
 C_H برابر هزینه یک معلولیت دائم،
 C_F برابر با هزینه یک نفر فوتی
 C_{hi} برابر هزینه یک نفر جرحی شدید،
 C_{mi} برابر هزینه یک نفر جرحی متوسط
 C_{li} برابر هزینه یک نفر جرحی خفیف،
 C_{ca} برابر هزینه میانگین یک تصادف خسارتی
 C_O هزینه عملیاتی خودرو و
 C_E هزینه انتشار آلاینده ها می باشد.

تعداد معلولیت های دائم، فوتی ها، جرحی های شدید، متوسط، خفیف و تصادفات خسارتی با استفاده از امار گذشته هر راه مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۲- ارزش گذاری معیارهای کیفی و ارائه مدل معیارهای کیفی

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی کارآمد و مناسب برای مقایسه بین معیارهای کیفی و ارائه مدل کیفی است. که در ادامه از آن به خوبی استفاده شده است. برای آنکه این معیارها و زیر معیارها را به هزینه تبدیل کنیم، روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده از نوعی مقایسه بین معیارها را پیشنهاد می کند. انجام این مقایسات بر اساس فرم های نظر سنجی انجام می شود.

شکل زیر چگونگی ارتباط بین معیارها و مدل کیفی را بیان می کند.



شکل ۲: سلسله مراتبی مدل معیارهای کیفی

۴-۲-۱- محاسبه وزن سلسله مراتبی

نظر سنجی های صورت گرفته و انجام عملیات وزن دهی نتایج زیر را در ارائه مدل کیفی در بر داشته است:

$$F_2 = 0.192R + 0.6337H + 0.1743P$$

و با جاگذاری مقادیر محیطی فرمول هزینه عبوری زیر برای سفر کاری به دست می آید.

$$F_2 = 0.192R + 0.6337H + [0.01743B + 0.078435S + 0.07435E]$$

در ادامه مدل به دست آمده برای سفر های تفریحی مشاهده می شود:

$$F_2 = 0.1078R + 0.1082H + 0.7890P$$

با جاگذاری مقادیر محیطی فرمول هزینه عبوری زیر برای سفر تفریحی به دست می آید

$$F_2 = 0.1078R + 0.1082H + [0.4734B + 0.1578S + 0.1578E]$$

که در فرمولهای بالا

F معرف مدل هزینه عبوری معیارهای کیفی است

R معرف معیار راه زیر معیار کیفیت سطح راه

H معرف معیار انسانی زیر معیار میزان آشنایی با راه

P معرف معیار محیط شامل زیر معیارهای زیبایی، امنیت و امکانات جانبی راه.

B معرف زیر معیار زیبایی از معیار محیطی

S معرف زیر معیار امنیت از زیر معیار محیطی

E معرف زیر معیار امکانات از زیر معیار محیطی می باشد.

۴-۳- تلفیق مدل معیارهای کمی و کیفی با یکدیگر و ارائه مدل نهایی ارزش یا هزینه راه ها

خروجی مدل معیارهای کیفی عددی بین ابرای بدترین راه ها و ۹ برای بهترین راه ها می باشد. این در حالیست که مدل کمی محدوده وسیعی از هزینه ریالی را در بر می گیرد. بنابراین اولین اقدام اساسی در زمینه ترکیب دو مدل کمی و کیفی ارائه روشی است که خروجی دو مدل کمی و کیفی با یکدیگر همخوان و قابل مقایسه گردد. به همین منظور روش زیر در مورد مدل کمی دنبال می شود.

- حداقل هزینه عبوری با چشم پوشی از هزینه تصادفات برای شبکه مشخص شود
 - حداکثر هزینه عبوری با توجه به آمار گذشته خیابان ها تعیین گردد
 - به حداقل هزینه عبوری محاسبه شده و هر هزینه کمتر از آن عدد ۹ و به حداکثر هزینه محاسبه شده و بیشتر از آن عدد ۱ نسبت داده شود
 - برای سایر هزینه ها از درونیابی استفاده می شود
- با انجام تمهیدات فوق خروجی مدل کمی نیز عددی بین ۱ تا ۹ خواهد بود. نتایج محاسبات انجام شده در مورد شهر اصفهان در جدول زیر مشاهده می شود.

جدول ۶: حداکثر و حداقل هزینه های عبوری برای طی یک کیلومتر مسیر در شهر اصفهان

۶۰۰ ریال	حداکثر هزینه عبوری برای طی یک کیلومتر مسیر برای یک خودرو
۵۰۵ ریال	حداقل هزینه عبوری برای طی یک کیلومتر مسیر برای یک خودرو

اکنون مدل کمی و کیفی خروجی هایی دارند که با یکدیگر همخوان بوده، بنابراین امکان ترکیب و تلفیق آنها به نحو صحیح امکان پذیر است.

۵- نتایج ترکیب مدل کمی و کیفی

برای ترکیب دو مدل کمی که توسط نمودار اصلاح شده و مدل کیفی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده می شود. نتایج زیر حاصل استفاده از چنین روشی است:
مدل ارزش عبوری از راه ها برای سفر کاری

$$f_1 = 0.8F_1 + 0.2F_2$$

مدل ارزش عبوری از راه ها برای سفر تفریحی

$$f_2 = 0.33F_1 + 0.67F_2$$

که در آن

f_1 تابع نهایی سفر کاری f_2 تابع نهایی سفر تفریحی و F_1 و F_2 به ترتیب تابع مدل کمی اصلاح شده توسط نمودار و مدل کیفی هستند.

از آنجا که برای بهترین راه ها عدد بیشتری به دست می آید بهتر است مدل نهایی به دست آمده مدل ارزش دهی به راه ها نامیده شود.

۶- کاربرد مدل ارزش راه ها:

از مهمترین کاربردهای مدل ارزش راه ها می توان به کاربرد مدل در تعیین مسیر بهینه اشاره کرد.

۶-۱- مسیر یابی بهینه در محیط GIS

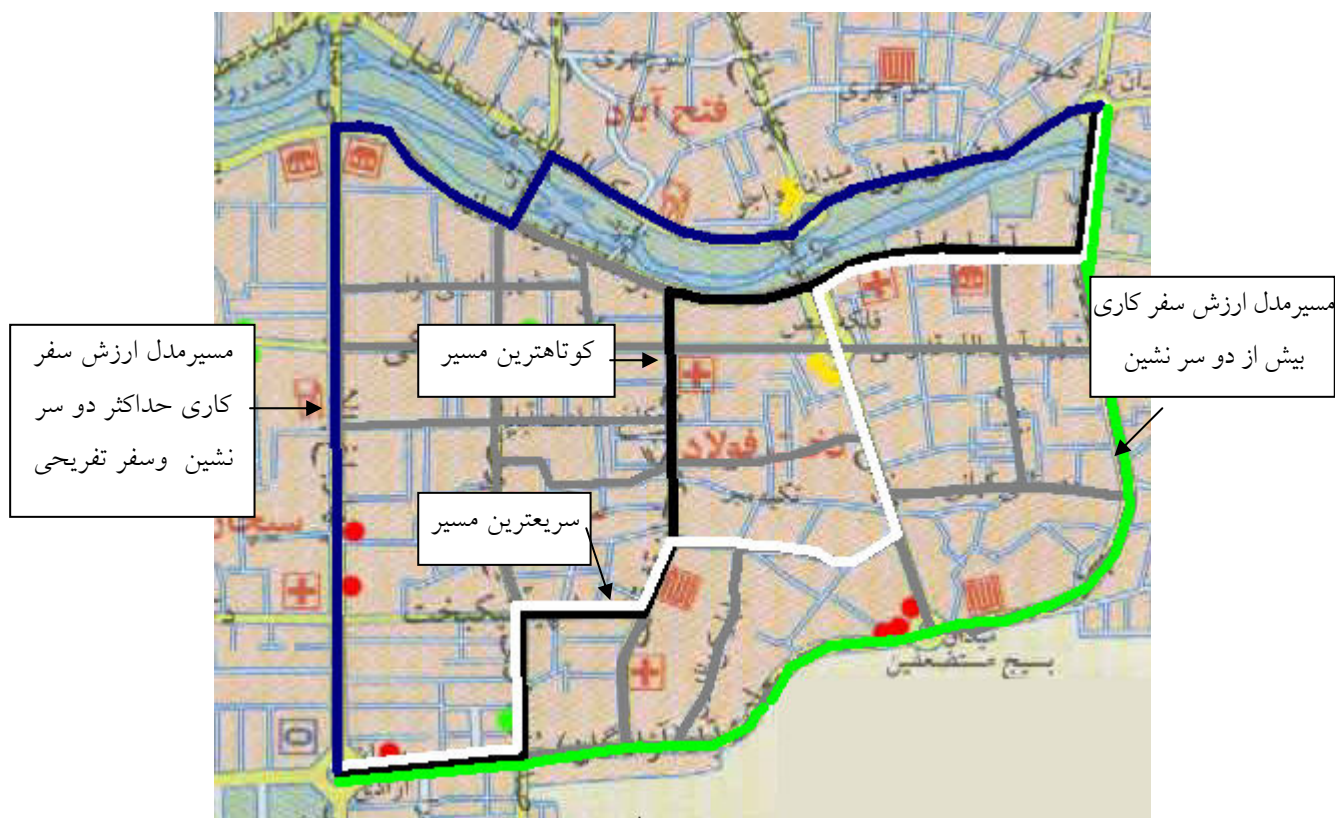
به طور خلاصه در مسیر یابی بهینه پیش از هر اقدامی شبکه خیابان ها بوسیله گراف ترسیم می شوند. سپس وزن دهی یالهای گراف (راهها) بر اساس معیار مورد نظر انجام می شود. این معیار می تواند بر اساس طول خیابان ها و یا زمان عبور از آنها مشخص شود. سپس با استفاده از الگوریتم هایی که از آنها به عنوان الگوریتم های بهینه ساز یاد می شود، مسیر بهینه به دست می آید. مثلا چنانچه وزن دهی بر اساس زمان عبوری صورت گرفته باشد، آنگاه مسیر پیشنهادی توسط الگوریتم بهینه ساز، سریعترین مسیر ممکن برای رسیدن به مقصد است. اما در بسیاری از موارد زمان تنها فاکتور موثر در تعیین مسیر نخواهد بود و توجه به دیگر فاکتورها مانند زیبایی، ایمنی، راحتی و حتی سر راست بودن می تواند نقش تعیین کننده ای در تعیین مسیر بهینه داشته باشد. اگر به جای روش فوق از مدل ارزش راهها در وزن دهی استفاده شود، بنابراین الگوریتم ها مسیری را به ما پیشنهاد می کند، که با ارزش ترین مسیرهای ممکن است. به عبارت دیگر کلیه معیارهایی که در ساخت مدل ارزش دخیل بوده اند، به بهترین نحو در تعیین مسیر بهینه مورد توجه قرار گرفته اند. بدین ترتیب مسیری پیشنهاد می شود که سریعترین، راحت ترین، ایمن ترین، زیبا ترین و سر راست ترین مسیر ممکن است.

۶-۱-۱- مطالعه موردی

با استفاده از مدل ارزش به دست آمده قسمتی از شبکه خیابان های شهری اصفهان وزن دهی شده و سپس با استفاده از الگوریتم دایسترا مسیر بهینه تعیین گردیده است. نتایج به دست آمده در شکل بعدی به خوبی مشاهده می شود. در این تحقیق برای شبکه مورد نظر مسیر یابی بر اساس کوتاهترین مسیر، سریعترین مسیر، ارزشمندترین مسیر سفر تفریحی و ارزشمندترین مسیر سفر کاری انجام شد.

در تعیین مسیر بهینه با فرض سفر تفریحی و تغییر تعداد سرنشین تا حد مجاز برای خودرو هیچگونه تغییری در مسیر پیشنهادی ایجاد نخواهد شد. قابل ذکر است که مسیر پیشنهادی برای سفرهای تفریحی از زیباترین منطقه شهر اصفهان عبور می کند، که این امر می تواند بیانگر صحیح بودن مدل ارزش راه ها برای سفر تفریحی باشد. مسیر پیشنهادی برای سفر کاری برای دو سرنشین و کمتر همانند مسیر پیشنهادی براس سفر تفریحی است این امر می تواند به دلیل پایین بودن ارزش زمان در ایران باشد. همانطور که مشاهده می شود، پس از افزایش تعداد سرنشینان خودرو از دو به سه نفر، ارزش راه هایی که سریعتر به مقصد می رسند، افزایش بیشتری پیدا خواهد کرد و بنابراین با افزایش تعداد سرنشین به بیش از دو نفر مسیر بهینه تغییر خواهد کرد. دلیل این امر صرفه جویی قابل ملاحظه در زمان تلف شده است.

مسیر پیشنهادی با فرض تعداد سرنشین بیش از دو نفر برای سفر کاری مطابق با مسیری است که، عموماً کاربران از آن استفاده می کنند. بنابراین مدل ارزش راه ها برای سفر کاری نیز تایید می شود.



۷- نتیجه گیری:

- برخی نتایج به دست آمده از این پژوهش عبارتند از:
- ✓ به منظور انجام کارهای مدیریتی ترافیک نظیر مسیر یابی بهینه در محیط GIS، نیازمند در اختیار داشتن مدل مناسبی جهت وزن دهی خیابان ها خواهیم بود.
 - ✓ معیارهای در نظر گرفته شده جهت ارائه مدل مناسب ارزش عبوری راه ها بایستی فراگیر بوده و به عبارت دیگر معیارهای کیفی چشم پوشی نشود. در این مورد می توان از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد.
 - ✓ استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در ساخت مدل کیفی و ترکیب آن با مدل کمی بسیار کارآمد بوده و نتایج کاملاً رضایت بخشی به دنبال دارد.
 - ✓ حداکثر و حداقل هزینه عبوری از مدل کمی برای طی یک کیلومتر مسیر برای یک خودرو در شهر اصفهان به ترتیب برابر ۱۶۰۰ و ۵۰۵ ریال می باشد.
 - ✓ استفاده از مدل ارزش در وزن دهی به راه ها و در نتیجه تعیین مسیر بهینه سبب می شود با ارزش ترین راه ها به عنوان مسیر بهینه تعیین گردد
 - ✓ مسیر پیشنهادی برای سفرهای تفریحی از زیباترین منطقه شهر اصفهان عبور می کند، که این امر می تواند بیانگر صحیح بودن مدل ارزش راه ها برای سفر تفریحی باشد
 - ✓ مسیر پیشنهادی برای سفر کاری رابطه تنگاتنگی با تعداد سرنشینان خودرو دارد.
- مسیر پیشنهادی با فرض تعداد سرنشین بیش از دو نفر برای سفر کاری مطابق با مسیری است که، عموماً کاربران از آن استفاده می کنند. بنابراین مدل ارزش راه ها برای سفر کاری نیز تایید می شود.

مراجع

- [۱] اسماعیل آیتی (۱۳۷۱) "تصادفات جاده ای ایران" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
- [۲] سید حسن قدسی پور (۱۳۸۱) "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP" انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- [۳] اسماعیل آیتی (۱۳۸۱) "هزینه تصادفات ترافیکی ایران" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
- [۴] ابوالقاسم صادقی نیارکی (۱۳۸۱) "مدل ارزش شبکه راه های ایران در محیط سیستم اطلاعات مکانی" ارائه شده جهت اخذ کارشناسی ارشد GIS دانشگاه پلی تکنیک تهران
- [5] Randall, Guensler. (1993), "Data Needs for Evolving Motor Vehicle Emission Modeling Approaches", The University of California Transportation Center, UCTC NO.74
- [6] Martin, Fellendorf. Peter, Vortisch. (2000), "Integrated Modeling of Transport Demand, Route Choice, Traffic Flow and Traffic Emissions" recommended for presentation at the 79th annual meeting of the transportation research board TRB.
- [7] Max, Cameron. (2003), "Potential Benefits and Cost of Speed Changes on Rural roads, Monash university.
- [8] William R. Roger P. Roess, (1990) "TRAFFIC ENGINEERING", Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey 07632
- [9] Theodore Young lore, George Scora and Matthew Barth. (2005), "Vehicle Emission Model", TRB paper NO.05-2770