Archive of SID

مکان‌یابی بهینه حسگرهای مانیتورینگ ترافیکی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی و روش تاپسیس

ابوالقاسم صادقی نیارکی[۱] محمودرضا دلاور[۲]
سمیه رخساری طالمی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۳/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۵/۲۶

****

چکیده

امروزه شبکه حسگرهای هوشمند به عنوان یکی از روش‌های نوین اخذ اطلاعات، در مدیریت ترافیک مطرح است که با امکان پایش هوشمند معابر شهری منجر به کاهش سوانح جاده‌ای می‌گردد. علیرغم اهمیت نصب و استقرار چنین تجهیزاتی مهمترین دغدغه تعیین مکان بهینه جهت نصب آنهاست. بنابراین آنچه در این تحقیق هدف ماست ارائه روشی مناسب در جهت مکان‌یابی بهینه حسگرهای ترافیکی است، روش پیشنهادی ترکیبی از روش‌های فازی سلسله مراتبی و تاپسیس است. لازم به ذکرست که برای تست روش پیشنهادی در این تحقیق بخشی از شبکه معابر شهری در شمال آمریکا به عنوان داده نمونه انتخاب گردید. در مرحله بعد با نظر کارشناسان ترافیک معیارهای تعیین مکان بهینه انتخاب گردید که در این تحقیق عبارت بودند از ترافیک متوسط سالیانه، شدت تصادفات، شیب متوسط و فاصله هر اتصال در شبکه شهری تا مکان‌های نیازمند کنترل ترافیک. برای مشخص کردن میزان اهمیت معیارهای ورودی از روش سلسله مراتبی فازی استفاده گردید، این روش با استفاده از اعداد فازی در مقایسه زوجی معیارها برای محاسبه وزن آنها، منجر به افزایش دقت محاسبات می‌گردد. در مرحله بعد وزن‌های محاسبه شده با استفاده از روش تاپسیس به رتبه‌بندی اتصالات شهری در محدوده مورد مطالعه پرداخت. در نهایت بعد از اجرای تحلیل مذکور با استفاده از نمره حاصل از روش تاپسیس اتصالات شهری در منطقه مورد مطالعه به سه کلاس متفاوت طبقه‌بندی شدند. اتصالات شهری قرار گرفته در کلاس اول به عنوان اتصالات شهری با بیشترین اولویت برای نصب حسگرها انتخاب شدند. بنابراین اتصالات مذکور در بیشترین اولویت برای نصب حسگرهای ترافیکی خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: روش فازی سلسله مراتبی، تاپسیس، مکان‌یابی بهینه، حسگرترافیکی

۱- استادیار گروه نقشه برداری دانشکده نقشه برداری خواجه نصیر a_sadeqi313@yahoo.com

۳- دانشیار گروه نقشه برداری،دانشگاه تهران، دپارتمان جی آی اس mdelavar@ut.ac.ir

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد عمران نقشه برداری گرایش جی آی اس از دانشگاه تهران s.rokhsari@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه شبکه های پایش هوشمند که از حسگرها برای اخذ اطلاعات بهره می گیرند به عنوان یکی از روش‌های نوین جمع آوری اطلاعات به شمار می‌روند. استفاده از این حسگرها در حوزه‌های مختلف از جمله ترافیک گسترش زیادی پیدا کرده است، این حسگرها ضمن کمک به اخذ پارامترهای مختلف ترافیکی با کیفیت مناسب، امکان پایش لحظه به لحظه معابر شهری را فراهم می‌کنند. بنابراین استفاده از آنها نقش مهمی در کمک به تدوین استراتژی‌های کنترل ترافیک و کاهش سوانح جاده‌ای خواهد داشت.

علیرغم اهمیت موضوع مورد بحث، مهمترین چالش استقرار این تجهیزات در مکان‌های بهینه است که این امر علاوه بر کاهش هزینه‌های نصب منجر به پوشش مناسب اطلاعاتی در منطقه استقرار حسگرها می‌گردد، بنابراین مکان یابی بهینه حسگرهای ترافیکی یکی از مهمترین اصول جهت افزایش کارایی آنهاست.

یکی از اطلاعات مهمی که برای دست یابی به هدف فوق کمک می‌نماید، اولویت‌بندی اتصالات شهری است که در زمرهٔ بیشترین نیاز جهت استقرار چنین حسگرهایی هستند، برای دسترسی به هدف نیاز است که روش مناسبی اتخاذ گردد که (اتصالات شهری است با بیشترین نیاز جهت استقرار چنین حسگرهایی) انتخاب شوند.

به منظور انتخاب روش مذکور نیازست که در مورد سؤالاتی به شرح زیر ارزیابی مناسبی به عمل آید:

- چه معیارهایی در انتخاب مکان بهینه وجود دارد.
- چه روشی می‌تواند در ارزیابی وزن‌های معیارهای مکان یابی استفاده شود.
- با چه روشی می‌توان با رعایت معیارهای ورودی به انتخاب مکان‌های بهینه پرداخت.
- با چه روشی می‌توان انتخاب مکان‌های بهینه را ارزیابی کرد.

برای آنکه درک مناسبتری از مزیت روش انتخابی این تحقیق فراهم شود در ادامه به بررسی مطالعات مختلفی که در نقاط مختلف دنیا در این راستا انجام گرفته خواهیم پرداخت:

به منظور مکانیابی بهینه حسگرها در شبکه‌های شهری مطالعات مختلفی در نقاط مختلف دنیا انجام گرفته است بنابراین در این بخش نگاه کوتاهی خواهیم داشت بر برخی از تحقیقات.مرسوم‌ترین روشی که برای شناسایی اتصالات بهینه جهت نصب حسگرها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تصمیم‌گیری چند معیاره است که ضمن بهره‌گیری از معیارهای مختلف مکان‌یابی بهینه که معمولاً با نظر کارشناسان ترافیک تعیین می گردد، به مقایسه اتصالات شهری و رتبه‌بندی آنها جهت نصب حسگرها می‌پردازد. در این راستا روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، مرسوم‌ترین این روش‌ها روش سلسله مراتبی است که هم به عنوان روش مناسبی جهت تعیین وزن فاکتورهای ارزیاب است و هم می‌تواند به رتبه‌بندی اتصالات شهری بر اساس فاکتورهای ارزیاب جهت شناسایی اتصالات بهینه بپردازد.*(حبیبیان و همکاران،۲۰۱۱،ص ۱-٤)*[1] برای اولین بار از این روش برای رتبه بندی اتصالات شهری بر اساس فاکتورهای ارزیاب ترافیکی مانند پهنای جاده‌ها و میزان ترافیک و محدودیت سرعت در آنها استفاده کردند. نتیجه مطالعات حاصل در نمونه پروژه مشابه این تحقیق قابل استفاده بود.

روش‌های دیگری مانند تاپسیس و ویکر بر اساس فاصله از نقطه ایده اقدام به رتبه بندی اتصالات شهری می‌کنند، این روش ها علاوه بر این که سرعت بالایی در رتبه‌بندی اتصالات به دلیل استفاده از مفهوم فاصله از نقطه ایده‌آل دارند، در زمانی که بیشتر شاخص‌های ارزیاب جهت تعیین مکان بهینه کمی هستند نسبت به روش سلسله مراتبی دقت بالاتری خواهند داشت. *(بوآند و همکاران،۲۰۱۰،ص ۱-۵)*[2] در نمونه پروژه‌های مشابه از این روش استفاده کردند.

روش میانگین وزنی مرتب شده نیز روشی بود که توسط برخی از محققین مانند *(جانتاکات و همکاران،۲۰۰۷،ص ۱-٤)*[3] در نمونه پروژه‌هایی مانند پروژه مذکور پیشنهاد شد. مزیت

---

[1]- Habibian,Mesbah and Sobhani

[2]- Boand, Ruan, Yongjum and Hermans

[3]- Jantakat,Sarapirome,Ongsomwang and Littidej

www.SID.ir

Archive of SID

این روش در نمونه پروژه مشابه امکان رتبه‌بندی اتصالات با در نظر گرفتن میزان ریسک متفاوت در انتخاب بود که این مفهوم این امکان را فراهم می‌ساخت که اولویت‌های ذهنی متخصص ترافیکی در جهت انتخاب اتصالات بهینه جهت نصب حسگرهای ترافیکی در نظر گرفته شود. اگرچه روش‌های مذکور روش‌های مرسومی در نمونه پروژه های مشابه تحقیق ما بودند ولی این روش‌ها در زمانی که داده‌های ورودی ناکامل بودند یا عدم قطعیت داشتند کارا نبودند.

همچنین در محاسبه وزن پارامترهای ارزیاب استفاده از روش‌های مرسوم چند معیاره مانند سلسله مراتبی به دلیل استفاده از اعداد قطعی که برای مقایسه معیارها به شمار می‌رفت منجر به کاهش دقت ارزیابی وزن معیارها می‌گردید بنابراین در این راستا برخی از محققین مانند *(زو و همکاران،۲۰۱۰،ص ۱-۳)*[1] و *(موآزنگ و همکاران،۲۰۰۹،ص ۱-۲)*[2] و *(لیوی و همکاران،۲۰۰۹،ص ۱-۳)*[3] پیشنهاد کردند که از روش‌های فازی چند معیاره استفاده شود. در این روش ها با استفاده از اعداد فازی بجای استفاده از اعداد قطعی دقت نتایج جهت محاسبه وزن معیارهای ورودی یا ارزیابی اتصالات افزایش می‌یافت.

در ادامه برخی از محققین پیشنهاد کردند که برای افزایش پوشش در شبکه حسگرها و نصب حسگرهای جدید از روش‌های تخصیص فضایی مانند ورونوی دیاگرام یا مثلث‌بندی دلونی استفاده شود، در این روش‌ها فضای منطقه تحت پایش با ورونوی دیاگرام یا مثلث بندی دلونی به فضاهای کوچکتری تقسیم می‌شد، براین اساس مناطق نزدیک به هر حسگر مشخص می‌شد و لذا در صورتی که مشکل خلاء اطلاعاتی در هر بخش از مثلث‌های تشکیل شده یا پلیگون‌های ورونوی تشخیص داده می‌شد در نزدیکی این مکان حسگر جدید قرار می‌گرفت تا مشکل موجود را حل کند. *(ارغانی و همکاران،۲۰۱۱،ص ۱-۳)*[4] در نمونه پروژه‌های مشابه از این روش استفاده کردند.

با بررسی مطالعات پیشین در این مقاله ترکیب روش سلسله مراتبی فازی و تاپسیس برای مکان‌یابی بهینه حسگرهای ترافیکی پیشنهاد شد. اصول کار به این صورت است که در ابتدا روش سلسله مراتبی فازی برای تشخیص وزن فاکتورهای تأثیرگذار در مکان یابی بهینه حسگرهای ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و سپس وزن های محاسبه شده وارد روش تاپسیس خواهند شد که با رتبه بندی اتصالات شهری، اتصالات بهینه برای نصب حسگر ترافیکی انتخاب شود. در این راستا سعی شده که از معیارهای ترافیکی مانند میزان ترافیک متوسط سالیانه و شدت تصادفات و شیب متوسط و فاصله هر اتصال شهری از مکان‌های نیازمند به کنترل ترافیکی مانند مدارس استفاده شود. برای افزایش سرعت محاسبات در محاسبه شاخص فاصله از آنالیز شعاع بافر استفاده شد. این روش با تخصیص مدارس نزدیک به هر اتصال شهری که در فاصله ۲۰۰ متری آن بودند، به ما کمک خواهند نمود که در محاسبه فاصله، فاصله هر اتصال از نزدیک‌ترین مدرسه مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین در بخش بعد مروری خواهیم داشت بر مراحل انجام گرفته شده در روش پیشنهادی که برای تعیین اتصالات بهینه جهت نصب حسگرها مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۲- روش‌شناسی تحقیق

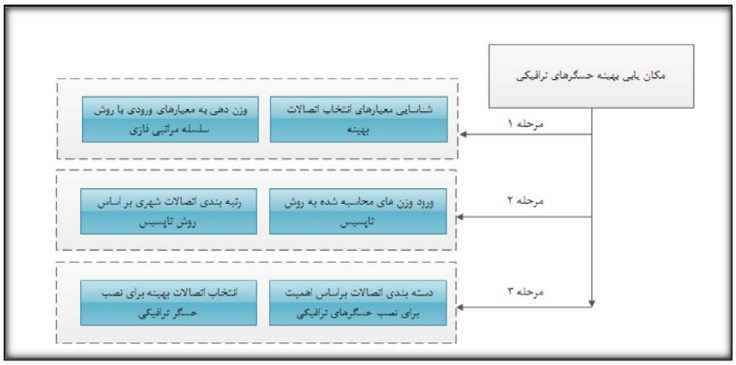
همان طور که در بخش قبل نیز توضیح داده شد مهمترین مسئله در تعیین مکان‌یابی بهینه جهت نصب حسگرها انتخاب معیارهای ارزیاب مناسب و همچنین بررسی روشی است که با استفاده از این معیارها به تعیین اتصال بهینه جهت نصب حسگرها می‌پردازد، با توجه به موارد ذکر شده در روش پیشنهادی مراحلی به شرح زیر طی خواهند شد:

- شناسایی معیارهای مورد نیاز و وزن‌دهی به آنها با روش سلسله مراتبی فازی
- ورود وزن های محاسبه شده به روش تاپسیس برای اولویت‌بندی اتصالات شهری
- دسته‌بندی اتصالات شهری با خروجی حاصل از روش

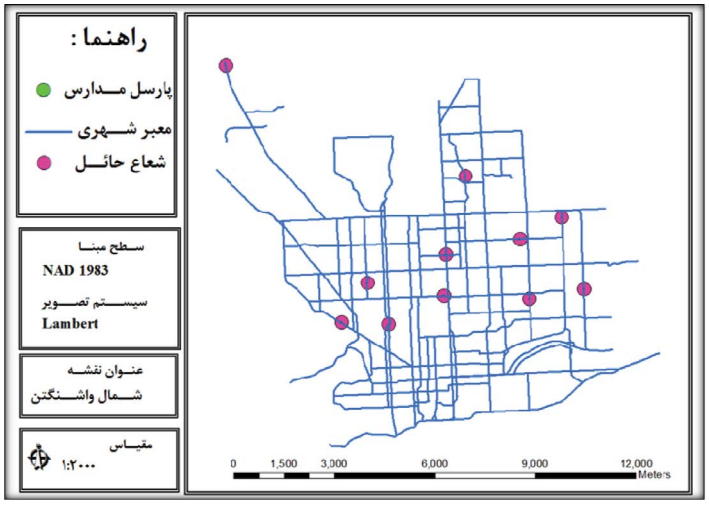
[1]- Zhou,Cheng and Shi
[2]- Maozeng and Yang
[3]- Liwe,Pei,Qiuz and Liu
[4]- Argany,M., Mostafavi,F.,Karimipour,F.and Gagné

www.SID.ir

Archive of SID



نگاره (۱): مراحل اجرای تحقیق



نگاره (۲): شعاع حائل تشکیل شده در منطقه مطالعاتی

تاپسیس برای مشخص کردن اتصالات بهینه جهت نصب حسگرهای ترافیکی، مراحل اجرای تحقیق در نگاره ۱ آمده است.

- شناسایی معیارهای مورد نیاز

برای اجرای تحقیق مذکور شاخص‌هایی مانند میزان ترافیک متوسط سالیانه- شدت تصادفات- شیب متوسط و فاصله هر اتصال شهری از مدارس با نظر کارشناسان انتخاب گردید. جدول (۱) نحوه محاسبه شاخص‌های کمی ذکر شده برای اجرای تحقیق مذکور را نشان می دهد.

خاطر نشان می‌شود برای محاسبه شاخص فاصله، فاصله روی شبکه برای هر اتصال شهری تا نزدیکترین مدرسه تعیین گردید، برای مشخص کردن نزدیکترین مدرسه به هر اتصال شهری از آنالیز بافر استفاده گردید و لذا مدارسی که در شعاع ۲۰۰ متری هر اتصال شهری قرار داشتند برای اجرای تحقیق استفاده گردید. *(صادقی نیارکی و همکاران،۲۰۰۳،ص ۱-۳)*[1].

[1]- Sadeghi-Niaraki,Shi,Behrooz

جدول(۱): پارامترهای مورد استفاده در تحقیق

شاخص محاسباتی مورد استفاده	شاخص به کار رفته	نحوه محاسبه
میزان ترافیک متوسط سالیانه	AADT	این شاخص میزان ترافیک متوسط سالیانه را نشان می‌دهد
شدت تصادفات	IR	این شاخص از نسبت تعداد افراد صدمه دیده به کل تصادفات اتفاق افتاده بدست می‌آید
شیب متوسط	-	شیب متوسط هر اتصال شهری در طول شبکه مورد مطالعه
فاصله تا نزدیکترین مدرسه	-	فاصله شبکه هر اتصال شهری تا نزدیکترین مدرسه

بعد از مشخص شدن نزدیکترین مدرسه به هر اتصال شهری فاصله شبکه‌ای بین نزدیکترین مدرسه و هر اتصال شهری محاسبه گردید، برای محاسبه فاصله مذکور از الگوریتم دایجسترا استفاده شد. این الگوریتم در سال

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹۵۹توسط دیکسترا مطرح شد. الگوریتم فوق یکی از مهمترین الگوریتم‌ها در مسیریابی به شمار می‌رود، به این علت که نه تنها کوتاه‌ترین مسیربین دو رأس را پیدا می‌کند، بلکه کوتاه‌ترین مسیر از رأس به همه رئوس را پیدا می‌کند. دیکسترا یک نمونه از الگوریتم‌های تدریجی است که از فلسفه کلی جستجوی مسیر بهینه به صورت محلی تبعیت می کند و فقط بخش کوچکی از داده‌ها را در نظر گرفته و نزدیکترین رأس را به مجموعه جواب به گونه‌ای پیش می‌برد که جواب به صورت کلی بهینه شود و لذا دقیقاً کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه را می‌یابد. برای توضیح بیشتر پیرامون این روش مراجعه شود به *(شیرزادی بابکان و همکاران،۲۰۰۰،ص ۱-۳)*[1] و *(زانگ و همکاران،۲۰۰۰،ص ۱-٤)*[2]

۲-۱- وزن دهی به معیارهای مورد مطالعه

برای وزن دهی به معیارهای مورد مطالعه از روش سلسله مراتبی فازی استفاده گردید، همان طور که در بخش مقدمه نیز توضیح داده شد این روش به جای استفاده از مقیاس محدود ساعتی در روش سلسله مراتبی از اعداد فازی به جای اعداد یک تا ۹ ساعتی برای مقایسه زوجی معیارها به منظور محاسبه وزن آنها استفاده می‌کند.

خاطر نشان می‌شود اگرچه روش سلسله مراتبی یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها در ارزیابی گزینه‌های مورد ارزیابی در تحلیل ریسک و همچنین وزن دهی به شمار می‌رود، ولی یکی از مشکلات مهم آن استفاده از مقیاس محدود ساعتی (اعداد یک تا ۹) است، بنابراین برخی از محققین پیشنهاد کردند، که با استفاده از تئوری فازی روش مذکور بهبود یابد که این روش سلسله مراتبی فازی نامیده شد. پس در روش سلسله مراتبی فازی ما از اعداد فازی به جای اعداد یک تا ۹ ساعتی (برای مقایسه معیارها یا گزینه‌ها) استفاده می‌کنیم. در این صورت سؤال این خواهد بود که چگونه می‌توان در حالت فازی وزن را حساب کرد یا به مقایسه گزینه‌ها پرداخت، برای این کار روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته برخی از این روش‌ها مانند روش چانگ و میخائلوف از اعداد مثلثی برای مقایسه گزینه‌ها و معیارها و سپس محاسبه وزن استفاده می‌کنند. برخی دیگر از روش‌ها مانند روش بوکلی از اعداد ذوزنقه‌ای استفاده می‌کند. ما در این بخش به دلیل کاربرد گسترده اعداد فازی مثلثی در مورد روش چانگ و میخائلوف صحبت می‌کنیم برای توضیحات بیشتر در این زمینه مراجعه شود به *(موغار و همکاران،۲۰۱۲،ص ۱-٤)*[3]

-روش چانگ

روش چانگ روش نسبتاً ساده‌ای است که در تحلیل سلسله مراتبی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، این روش از مقایسه درجه احتمال بزرگترین بودن دو عدد فازی برای محاسبه وزن بهره می‌گیرد، برای درک بهتر مفهوم مذکور فرض کنید که دو عدد فازی $\mu_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $\mu_2 = (l_1, m_1, u_1)$ را می‌خواهیم با مفهوم فوق مقایسه کنیم.

در این صورت درجه احتمال بزرگتر بودن عدد فازی دوم نسبت به عدد فازی اول طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود:
رابطه (۱)

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & if\ (m_2 \geq m_1) \\ 0 & if\ (l_2 \geq u_1) \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases}$$

برای مقایسه M_1, M_2 محاسبه هر دو احتمال $M_1 \leq M_2$ و $M_2 \geq M_1$ ضروری است، اگر بخواهیم هر عدد فازی را با چندین عدد فازی مقایسه کنیم مینیمم احتمال عدد مذکور با سایر اعداد را در نظر می‌گیریم. اساس مقایسه در روش مذکور مستلزم طی گام‌هایی به شرح زیر است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری در مقایسه معیارها یا گزینه‌ها با استفاده از میانگین حسابی نظرات کارشناسان، در این مرحله برای مقایسه گزینه‌ها یا معیارها کارشناسان از اعداد فازی مثلثی بهره می‌گیرند.

[1]-Shirzadi Babakan,Delavar,Taleai and Karimi

[2]- Zhang and Qingyuan

3- Moghar and Mohammad Reza Fathi

www.SID.ir

Archive of SID

۲- محاسبه مجموع عناصر سطرها در ماتریس تصمیم‌گیری.

اگر فرض کنیم که i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون در ماتریس تصمیم گیری و a_{ij} بیانگر هر یک از عناصر ماتریس تصمیم‌گیری باشد که با عدد مثلث فازی نشان داده شده است، در این صورت مجموع عناصر سطرها به صورت زیر بدست می‌آید:

رابطه (۲)

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \qquad i = 1,2,3,...,n$$

۳- سپس مجموع سطرها را نرمال می‌کنیم برای این کار مجموع سطرها بر مجموع مجموع سطرها تقسیم می‌شود.

رابطه (۳)

$$\tilde{M}_i = \tilde{S}_i \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \tilde{S}_i \right]^{-1} \qquad i = 1,2,3,...,n$$

٤- تعیین درجه احتمال بزرگتربودن هر μ_i نسبت به سایر μ_i ها که ما آن را $d'(A_i)$ می‌نامیم.

رابطه (٤)

$$d'(A_i) = MinV(M_i \geq M_k) \qquad k = 1,2,3,...,n \qquad k \neq i$$

۵- در نهایت وزن ماتریس‌ها قابل محاسبه خواهد بود که در رابطه ۵ آمده است.

رابطه (۵)

$$w'(A_i) = \left(d'(A_1), d'(A_2),..., d'(A_T)\right)^T$$

٦- در نهایت با نرمالایز کردن بردار وزن(W[1])، وزن‌های نرمالایز را بدست می‌آوریم. در نهایت با ترکیب وزن معیارها و گزینه ها وزن نهایی بدست می‌آید.

رابطه (٦)

$$w = \left[\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, ..., \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)} \right]$$

روش دیگری که در محاسبه وزن در روش سلسله مراتبی فازی می تواند مورد استفاده قرار گیرد، روش میخائلوف است. این روش در سال ۲۰۰٦ پیشنهاد شد.

برای استفاده از این روش مراحلی به شرح زیر طی می‌شود: ***(میخائلوف و همکاران،۲۰۰۳،ص ۱-٤)*** [1]

*تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها با استفاده از اعداد مثلث فازی

*تشکیل معادلات غیرخطی در روش میخائلوف برای محاسبه وزن معیارها:

با استفاده از اعداد ماتریس مقایسه با استفاده از رابطه به فرم رابطه ۷ وزن معیارهای ورودی محاسبه می شود.در این رابطه اگر فرض کنیم هر درایه ماتریس مقایسه با (l, m, u) که بیانگر اعداد مثلثی فازی هستند نشان داده شده باشد.در این صورت برای محاسبه وزن از رابطه ۷ استفاده می شود که در این رابطه i,j سطرها و ستون‌های ماتریس مقایسه را نشان می دهد.

با حل این معادلات مجهول‌های ما که دو بخش کلی هستند (وزن معیارها w_k و شاخص ناسازگاری λ بدست می آید)،شاخص ناسازگاری مورد قبول بودن محاسبات را نشان می دهد مقدار مثبت این شاخص نشان دهنده سازگاری محاسبات است.

رابطه (۷)

$$maximize\ \lambda$$

$$\begin{cases} (\mu_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij}\, w_j \leq 0, \\ (u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij} w_j \leq 0, \\ \sum_{k=1}^{n} (w_k) = 1, w_k > 0, k = 1,2,...,n \end{cases}$$

$$Where: i = 1,2,...,n-1; j = 2,3,...,n; j > i,$$

برای افزایش دقت محاسبه وزن در روش مذکور محاسبات در در برش‌های آلفای مختلف محاسبات صورت

[1]- Mikhailov and Tsvetinov

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گیرد، برای درک بهتر برش آلفا فرض کنیم که هر عنصر ماتریس مقایسه با عدد مثلثی فازی مشخص شده است، اعمال برش آلفا روی این ماتریس خروجی به صورت زیر خواهد داد:
رابطه (۸)

$$\tilde{A}_\alpha = [l^\alpha, u^\alpha] = [l + \alpha(\mu - l)\ u - \alpha(u - \mu)]$$

۲-۲- اولویت‌بندی اتصالات شهری بر اساس روش تاپسیس

بعد از این که وزن معیارهای ورودی بر اساس روش فازی سلسله مراتبی حساب شد این وزن وارد روش تاپسیس می شود تا اتصالات شهری بر اساس میزان اهمیت برای نصب حسگرهای ترافیکی اولویت‌بندی شوند، بنابراین در این بخش نگاه کوتاهی خواهیم داشت بر اصول این روش:
روش تاپسیس یکی از روش‌های مرسوم در ارزیابی گزینه‌هاست در این روش گزینه‌های مورد ارزیابی بر اساس شاخص‌های ورودی بر اساس نزدیکی از نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بنابراین گزینه‌ای به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود که بیشترین فاصله را با ایده آل منفی و کمترین محاسبه را با ایده‌آل مثبت داشته باشد. برای ارزیابی گزینه ها در روش مذکور مراحلی به شرح زیر انجام می گیرد. *(زانگ و همکاران، ۲۰۰۰، ص ۱-٤)*[1]

- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم(N)

برای استفاده از روش مذکور، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری که از گزینه ها و شاخص های متناظر با هر گزینه تشکیل شده است، با رابطه‌ی(۹) نرمال می‌شود. در این رابطه i,j بیانگر سطر و ستون‌های ماتریس تصمیم هستند و عناصر ماتریس مقایسه به صورت a_j نشان داده شده‌اند.
۹- رابطه ۹

$$n_{ij} = \frac{a_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_j^{\,2}}}$$

- به دست آوردن ماتریس نرمال موزون(V)

این ماتریس از ضرب ماتریسی ماتریس نرمال شده(N) در ماتریس قطری وزن‌ها(W) بدست می‌آید.
رابطه (۱۰)

$$V = N * W$$

تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_j^+)، بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V است، و راه‌حل ایده‌آل منفی (V_j^-)، بردار بدترین مقدار هر شاخص ماتریس V است.
بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است. بدترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، کوچکترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگترین مقادیر است.

-به دست آوردن فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت (d_i^+) و منفی(d_i^-) طبق رابطه‌های ۱۱ و ۱۲
رابطه (۱۱)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad i = 1,2,\ldots,m$$

رابطه (۱۲)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad i = 1,2,\ldots,m$$

تعیین نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل با رابطه‌ی۱۳
رابطه (۱۳)

$$CL_i^* = \frac{d_i^+}{d_i^+ + d_i^-}$$

بعد از محاسبه شاخص نزدیکی، که نزدیکی نسبی اتصالات شهری را به نقاط ایده آل مثبت و منفی نشان می‌دهد، اولویت‌بندی (اتصالات شهری) مورد ارزیابی نهایی قرار خواهند گرفت، بنابراین اتصالات شهری به عنوان اتصالات بهینه انتخاب خواهد شد که دارای شاخص نزدیکی بالاتری باشد.

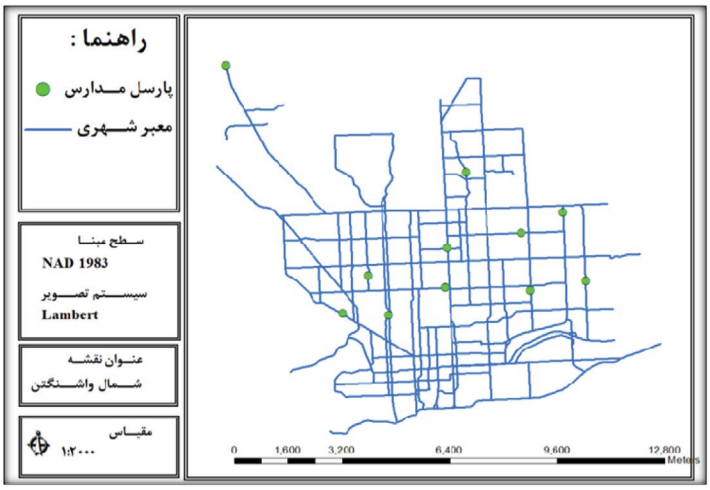
۳- منطقه مورد مطالعه

برای پیاده‌سازی تحقیق مورد نظر از بخشی از شبکه معابر شمال واشنگتن استفاده شد، منطقه مورد مطالعه

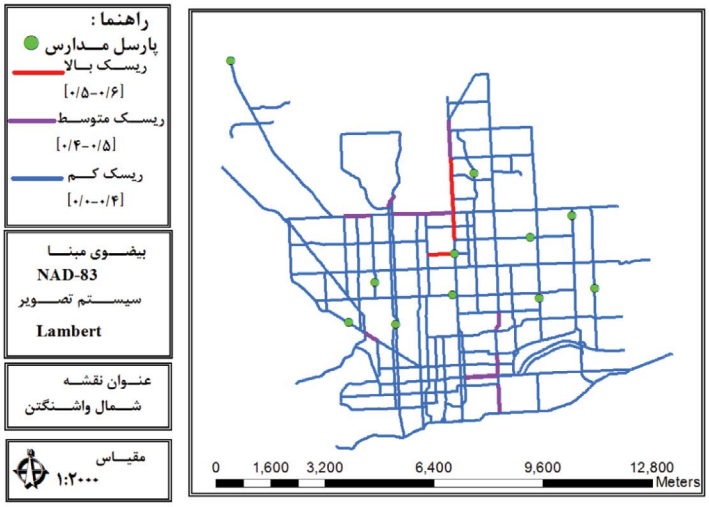
[1]- Mikhailov and Tsvetinov

www.SID.ir

Archive of SID



نگاره (۳): نقشه معابر شمال واشنگتن



نگاره(٤): اولویت بندی معابر شهری برای نصب حسگر ترافیکی بر اساس روش تاپسیس با محاسبه شاخص نزدیکی

درمقیاس ۱:۲۰۰۰ و سیستم تصویر مخروطی لامبرت و سیستم مختصات NAD83- که در طول جغرافیایی ً۳۰ ۱۷ ۱۱۷° و ً۳۰ ۳۰ ۱۱۷° و در عرض جغرافیایی ً۳۰ ۳۹ ۴۷° و ً۳۰ ۴۵ ۴۷° واقع است. نگاره (۳) نمایی از نقشه منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. داده مورد نظر در بخش پیاده سازی به منظور اولویت بندی اتصالات شهری بر اساس میزان اهمیت آنها برای نصب حسگرهای فراگستر ترافیکی مورد استفاده قرار گرفت.

٤- ارزیابی نتایج

برای ایجاد تحقیق مذکور در ابتدا وزن معیارهای ورودی با روش سلسله مراتبی فازی محاسبه گردید،برای دست یابی به این هدف معیارهای مختلف با استفاده از اعداد فازی مثلثی دو به دو مقایسه شدند، نتیجه مقایسه معیارها در جدول (۲) آمده است.

جدول(۲): ماتریس مقایسه زوجی معیارها

معیارها	شدت تصادفات	ترافیک متوسط سالیانه	فاصله از مدرسه	شیب
شدت تصادفات	(۱,۱,۱)	(۱/۲,۱,۳/۲)	(۱,۲/۳,۲)	(۳/۲,۵/۲)
ترافیک متوسط سالیانه	-	(۱,۱,۱)	(۱/۲,۱,۳/۲)	(۱,۳/۲,۲)
فاصله از مدارس	-	-	(۱,۱,۱)	(۱/۲,۱,۳/۲)
شیب متوسط	-	-	-	(۱,۱,۱)

در نهایت با استفاده از روابط مطرح شده در بخش روش تحقیق وزن معیارهای ورودی محاسبه شد. برای دقت بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

ما از هر دو روش چانگ و میخائلوف استفاده کردیم، وزن معیارهای ورودی در جدول ۳ آمده است ، خاطر نشان می شود برای ارزیابی محاسبات انجام گرفته شاخص ناسازگاری محاسبه شد که در این مطالعه عدد ۰/۵۷ بدست آمد،همان طور که در روش تحقیق معرفی شد میزان مثبت شاخص ناسازگاری در شکل فازی سلسله مراتبی(میخائلوف) قابل قبول بودن محاسبات انجام گرفته را نشان می‌دهد.

بعد از شناسایی پارامتر ورودی و محاسبه وزن آنها، اولویت بندی اتصالات شهری صورت می گیرد.برای اجرای مرحله مورد نظر از روش تاپسیس استفاده شد بنابراین وزن های ورودی معیارها وارد روش تاپسیس شد تا به اولویت بندی اتصالات شهری به منظور تشخیص اتصالات شهری بهینه برای نصب حسگرهای ترافیکی بپردازد.

جدول(۳): وزن معیارهای ورودی

معیار	وزن محاسبه شده
شدت تصادفات	۰/۳۲
ترافیک متوسط سالیانه	۰/۲۶
فاصله از مدارس	۰/۲۲
شیب	۰/۱۸

همان طور که در روش تحقیق اشاره شد، اساس روش فوق بر اساس انتخاب گزینه ایده‌آل با تخمین میزان نزدیکی آن به راه حل ایده‌آل مثبت و دوری از راه‌حل ایده‌آل منفی است. مبنای مقایسه در این روش براساس محاسبه شاخص نزدیکی است که نزدیکی گزینه مورد نظر را به راه حل ایده‌آل نشان می‌دهد. بنابراین در این گام برای کلیه اتصالات شهری در منطقه مطالعاتی، شاخص نزدیکی محاسبه شدکه نتایج خروجی حاصل در نگاره ٤ ارائه شده است که اولویت‌بندی اتصالات شهری را در سه کلاس از لحاظ میزان اهمیت برای نصب حسگرهای فراگستر ترافیکی نشان می دهد. کلاس یک که در برگیرنده اتصالات شهری با محدوده شاخص نزدیکی ۰/۷تا ۱است، مشخص کننده اتصالات در بیشترین اولویت برای استقرار حسگرهای مورد نظر است.

جدول(٤) : محدوده شاخص نزدیکی محاسبه شده در روش تاپسیس برای اولویت‌بندی اتصالات شهری

محدوده شاخص نزدیکی محاسبه شده	شماره کلاس به ترتیب اولویت
۰/۵-۰/٦	۱
۰/٤-۰/۵	۲
۰/۰-۰/٤	۳

خاطر نشان می‌شود که در نمونه پروژه‌های مشابه که در سازمان حمل و نقل آمریکا انجام می‌شود با بررسی انجام شده مشخص شد که بسیاری از حسگرهای ترافیکی در غالب موارد بر اساس پارامتر تصادفات (تعداد تصادفات سالیانه) یا شدت تصادفات نصب می‌شوند، در حالی که روش پیشنهادی مورد نظر ما که با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای ارزیابی مانند فاصله از مکان‌های کنترل ترافیکی، شیب متوسط، تصادف سالیانه و ترافیک سالیانه لحاظ شده بود و در قسمت های قبل خروجی مربوط به آنها با روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته بود، اتصالات بهینه برای نصب حسگر را با دقت مناسبتری به دلیل استفاده از تمامی شاخص‌های مؤثر فراهم نمود.بنابراین بهتراست مکان یابی حسگرهای ترافیکی با شاخص‌های معرفی شده و روش‌های تحلیل پیشنهاد شده در این مکالمه انجام گیرد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق تلاش شد که روش مناسبی جهت مکان یابی بهینه حسگرهای ترافیکی پیشنهاد گردد،روش پیشنهادی ترکیبی از روش های سلسله مراتبی فازی و تاپسیس بود، در این روش برای تعیین مکان های بهینه جهت نصب حسگرهای ترافیکی در منطقه مطالعاتی در ابتدا معیارهای مانند شاخص ترافیک متوسط سالیانه،شدت تصادفات،شیب متوسط و فاصله هر اتصال تا نزدیکترین مدرسه انتخاب شدند. برای ارزیابی فاصله نزدیک ترین اتصال تا مدرسه از آنالیز بافر استفاده شد،این روش با امکان شناسایی اتصالات شهری نزدیک هر مدرسه منجر به افزایش کارایی محاسبه فاصله گردید،سپس روش فازی سلسله مراتبی برای ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

وزن معیارها مورد استفاده قرار گرفت، علت استفاده از این روش، حل مشکل روش‌های مرسوم وزن‌دهی مانند سلسله مراتبی بود که تنها از اعداد محدود در مقیاس یک تا ۹ ساعتی برای محاسبه وزن معیارهای ورودی بهره می‌گیرند در نهایت با استفاده از اعداد فازی مثلثی ماتریس مقایسه زوجی معیارها تشکیل شد و سپس وزن‌ها محاسبه گردید. وزن محاسبه شده وارد روش تاپسیس شد تا اتصالات شهری بر اساس میزان اهمیت اولویت‌بندی شوند، علت استفاده از روش مذکور این بود که این روش جزء روش‌های چند معیاره است که ضمن استفاده از مفهوم فاصله از نقطه ایده‌آل با سرعت مناسب اقدام به اولویت‌بندی می‌کند. همچنین در زمانی که شاخص‌های ورودی در ارزیابی اتصالات شهری کمی هستند پیشنهاد می‌گردد. در نهایت اتصالات شهری با استفاده از روش تاپسیس اولویت‌بندی شدند تا اتصالات بهینه برای نصب حسگرهای ترافیکی تعیین گردند، اگرچه در نمونه‌های پروژه مشابه از شدت تصادفات تنها برای نصب حسگرها استفاده می‌شود ولی روش ما با استفاده از شاخص‌های مناسب تر که توسط کارشناسان حمل و نقل ایران انتخاب شدند به نحو کاراتری به انتخاب اتصالات بهینه جهت نصب حسگرهای ترافیکی می‌پردازد.

منابع و مآخذ

1- Argany,M., Mostafavi,F.,Karimipour,F.and Gagné,C (2011), "A GIS Based Wireless Sensor Network Coverage Estimation and Optimization: A Voronoi Approach", Springer, Berlin,pp.1-22.

2- Boand,Q., Ruan, D.,Yongjum,S. and Hermans,S. (2010) "Creating composite road risk performance index by hierarchical Fuzzy-TOPSIS approach",IEEE, Belgium,pp.1-6.

3- Habibian,M.,Mesbah,M. and Sobhani,A (2011) "Ranking of hazardous road locations in two-Lane two-way rural Roads with No Crash Record",Australasian Transport research forum,Adelaide,pp.1-11.

4- Jantakat, Y.,Sarapirome,S.,Ongsomwang,S. and Littidej, P (2007) "Research paper", Institute of Science, Suranaree University of Technology, Thailand,pp.1-7.

5- Liwe,H., Pei,Y., Qiuz,Z. and Liu,Z(2009) "Evaluation of Road Traffic Risk Based Improved Fuzzy-AHP Method",ASCE conference,USA,pp.1-4.

6- Maozeng,X. and Yang,D (2009) "Risk assessment of ordinary goods transportation on road segments based on AHP and COWA fuzzy decision method",IEEE, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Eighth International Conference, Shanghai,pp.1-3.

7- Mikhailov,L. and Tsvetinov,P (2003)"Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process", Journal of Applied Soft Computing, Elsevier , Vol.5, pp.23–33.

8- Moghar,A. and Mohammad Reza Fathi (2012) "A Combined VIKOR – Fuzzy AHP Approach to Marketing Strategy Selection", The journal of Business Management and Strategy,Vol. 3, No. 1, pp.13-27.

9- Rokhsari, S., Delavar, M., Sadeghi-Niaraki, A. and Moshiri, B.(2012) Optimum Site Selection of Urban Traffic Cameras Based on AHP, Voronoi Diagram and Image Fusion Concept,Itac conference,Iran.

10- Sadeghi-Niaraki,A.,Varshosaz,M. and Behroz, H (2003) "Implementation of the resulting cost model of the roads network in the geographic information system",ISPRS,Australia,pp.1-4.

11- Saghafian,S. and Hejazi,R (2005)"Multi-criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS Procedure", International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, IEEE,Iran,pp.1-5.

12- Shirzadi Babakan, A., Delavar, M. R., Taleai, M. and Karimi, F (2000)"Space allocation of emergency centers using Voronoi diagrams",ISPRS conference ,Austalia,pp.1-4.

13- Zhang,F. and Qingyuan , A.Q (2000)"Improve on Dijkstra shortest path algorithm huge data, ISPRS coference",China,pp.1-4.

14- Zhou, J., Cheng,L. and Shi,J (2010) "Traffic risk evaluation by using a comprehensive method based on Delphi-Fuzzy-AHP",ASCE,USA,pp.1-5.

www.SID.ir