



## اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری تابلوهای ترافیکی راه‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

محمدعلی پیرایش<sup>۱</sup>، ابوالفضل محمدزاده مقدم<sup>۲</sup>، علی اصغر صادقی<sup>۳</sup>

۱- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع

۲،۳- دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی عمران،

گرایش راه و ترابری

pirayesh@um.ac.ir

ab\_mohammadzadeh@yahoo.com

al\_sadeghi@yahoo.com

### خلاصه

برای انجام رانندگی صحیح لازم است رانندگان داده‌های ورودی را که اکثراً دیداری هستند دریافت و پردازش کنند و در موقعیتهای مختلف مناسبترین تصمیم را اتخاذ نمایند. بنابراین رانندگی یک امر اطلاعات- وابسته است و راننده نیاز دارد تا علائم را مشاهده نموده و از آنها به عنوان ورودی برای تصمیم‌گیری استفاده کند. بررسی وضعیت کیفیت اطلاع‌رسانی تابلوها به کاربران راه و کیفیت تابلوهای یک مسیر در مورد نیاز به تعمیر و نگهداری و تعویض آنها، همیشه یکی از مسائل پیش‌روی مهندسين ترافیک بوده است. محدودیت‌های مالی ایجاب می‌کند که بودجه‌ها و امکانات تعمیر و نگهداری به راه‌های دارای اولویت و نیاز بالاتر اختصاص یابد. عوامل موثر بر اولویت‌بندی مسیرها یا قطعات راه؛ کیفیت تابلوهای موجود و اهمیت راه می‌باشد. عوامل اصلی برای دریافت درست پیام تابلوها و یا به عبارتی کیفیت آنها؛ وضوح، خوانا بودن، قابل فهم بودن و قابل اطمینان بودن تابلوها است. این عوامل خود به پارامترهایی مانند اندازه تابلو، اندازه فونت، بازتابندگی، تضاد، سرعت، آسانی دید و غیره وابسته است. در این مقاله عوامل اثرگذار بر کیفیت تابلوها بررسی شده و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> (AHP) روشی برای اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری تابلوهای مسیرها پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: تابلوهای ترافیکی، تعمیر و نگهداری، تحلیل سلسله مراتبی

### ۱. مقدمه

اغلب اطلاعاتی که راننده برای هدایت و کنترل وسیله نقلیه نیاز دارد بصری می‌باشد. استفاده از تابلوها در کنار خط‌کشی روسازی از معمول-ترین روش‌های تامین این نیازها است. موفقیت بسیاری از اقدامات مهندسی ترافیک و کارایی سیستم‌هایی ترافیک و ایمنی تا حد زیادی بستگی به میزان موفقیت ارسال اطلاعات به رانندگان توسط تابلوها دارد. نیازهای کلیدی کاربران در ارتباط با اطلاعات کنترل ترافیک عبارتند از [۱]:

- وضوح (علامت باید دیده شود)
- خوانا بودن (پیام باید قابل خواندن باشد)
- قابل فهم بودن (پیام باید فهمیده شود)
- قابل اطمینان بودن (درستی پیام باید درک شود)

تابلوها وقتی به خوبی نگهداری شوند وظیفه‌شان را انجام می‌دهند و اهداف ایمنی و کارایی ترافیک را تأمین خواهند کرد. آنها در اثر نور خورشید کم‌رنگ می‌شوند و در معرض صدمات ناشی از تصادفات و خرابکاری قرار دارند و اغلب در برنامه‌های نگهداری بطور برجسته در نظر گرفته نمی‌شوند. تابلوها باید تحت نگهداری و بازرسی منظم قرار داشته باشند تا اطمینان حاصل شود که هر تابلو در شرایط فیزیکی مناسبی قرار دارد و وظیفه انتقال اطلاعات را تحت شرایط روز و شب بدرستی انجام می‌دهد.

<sup>1</sup> Analytical Hierarchy Process



در مشخصات فنی عمومی راهداری در مورد بازرسی تابلوها تنها به این نکته اشاره شده است که "ارزیابی میدانی برای تعیین وضعیت تابلوها حداقل دوبار در سال انجام شود. برای حصول اطمینان بیشتر از عملکرد صحیح و مناسب تابلو باید ارزیابی در روز و شب و شرایط آب و هوایی نامناسب صورت گیرد". اما هیچ‌گونه شاخصی که نشان‌دهنده وضعیت کیفی تابلوهای یک مسیر باشد ذکر نشده است. از این رو شناخت عوامل مؤثر بر کیفیت تابلوهای ترافیکی و تعیین اهمیت آنها، که نشان‌دهنده وضعیت تابلوها و نیاز برای تعمیر و تعویض آنها باشد احساس می‌گردد. در این تحقیق عوامل مؤثر بر کیفیت تابلو و نحوه اثرگذاری این عوامل و اهمیت راه بر اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری بررسی می‌شود.

تابلوهای ترافیکی در یک مسیر می‌تواند انواع گوناگونی داشته باشد که عبارتند از:

- تابلوهای انتظامی: که کاربر را درباره الزامات قانونی که باید از آنها پیروی شود مطلع می‌سازد. تابلوهای سرعت مجاز، محدودیت پارک، تابلوهای توقف یا رعایت حق تقدم از این جمله‌اند.
- تابلوهای هشداردهنده: که راننده را در مورد پتانسیل خطرهای پیش‌رو در مسیر مانند وجود قوس یا لغزنده بودن جاده آگاه می‌سازد.
- تابلوهای اطلاعاتی: که به راننده اطلاعاتی را درباره جهت‌های مسیر مانند مقاصد، امکانات گردشگری و خدمات ارائه می‌دهد.

## ۲. بررسی عوامل بر کیفیت تابلوها

### ۲.۱.۲. وضوح<sup>۲</sup>

وضوح عبارتست از میزان قابل تشخیص و قابل تمییز بودن یک تابلو از محیط پیرامونی، بطوریکه توسط چشم قابل کشف باشد. بنابراین هم شرایط فیزیکی و هم شرایط مشاهده کننده را در بر می‌گیرد و یک معیار ذهنی و کیفی می‌باشد. یک راننده ممکن است به راحتی یک علامت را ببیند و تشخیص دهد در حالی که راننده دیگر ممکن است اصلاً متوجه آن نشود.

تابلوهای ترافیکی یک وسیله مهم تبادل اطلاعات با کاربر می‌باشد و برای موثر بودن باید نمایان باشد. یک تابلو باید هم در شرایط روز و هم شب واضح باشد، اما فاکتور مهم برای آنها نمایانی در زمان شب است. در شب کاربران راه بسیاری از نشانه‌های دیداری که در روز قابل دید است را نمی‌توانند مشاهده کنند و این وظیفه تابلو را برای شب سنگین‌تر می‌کند. بدین منظور برای تأمین دید در شب تابلو باید از مواد بازتابنده ساخته شود. این گونه مواد نورتابشی را به سمت وسیله نقلیه برمی‌گردانند و این عاملی است که باعث دید تابلوها در شب می‌گردد. بدین ترتیب تابلو حتماً باید در ناحیه-ای باشد که توسط چراغ اتوموبیل روشن می‌شود مگر اینکه منبع روشنایی دیگری وجود داشته باشد.

وضوح با محل تابلو در مخروط دید کاربران رابطه دارد. حتی اگر تابلو ضوابط وضوح را داشته باشد باید در مخروط تیزی کاربران قرار گیرد. از این رو تابلو باید در نزدیکی شانه یا درست در شانه قرار گیرد. در خطوط چندخطه با حجم ترافیک زیاد و سرعت‌های زیاد مخروط تیزی راننده به ۵ درجه کاهش می‌یابد (حالت معمول ۱۰ تا ۱۲ درجه). بنابراین ممکن است تابلو سمت راست از خط انتهایی چپ به راحتی قابل رویت نباشد. این مشکل ممکن است با نصب علائم در سمت چپ، اندازه بزرگتر حروف و نصب علائم بالاسری مرتفع گردد. شکل، رنگ، تضاد رنگ‌ها، تضاد تابلو با محیط نیز در وضوح تابلو اثرگذار است. شکل و رنگ تابلو معمولاً نسبت به نوشته آن از فاصله دورتری قابل تشخیص است. درختان، سازه‌ها، هوای طوفانی و ... عوامل خارجی‌اند که ممکن است باعث از بین رفتن وضوح تابلو شوند.

وضوح یک تابلو در شرایط روشنایی از طریق محاسبه تراز نمایانی حاصل می‌گردد. معادلات آدرین<sup>۳</sup> برای محاسبه تراز نمایانی استفاده می‌گردد و حداقل اختلاف روشنایی لازم برای شناسایی یک هدف طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta L = L_f - L_b \quad (1)$$

که در آن  $L_f$  روشنایی هدف و  $L_b$  روشنایی زمینه می‌باشد. اگر زمینه دارای روشنایی کمتر نسبت به هدف باشد به آن تضاد مثبت و برعکس آن را تضاد منفی گویند. زاویه‌ای که تحت آن زاویه ( $\alpha$ ) هدف در برابر روشنایی زمینه دیده می‌شود را زاویه دید می‌گویند. تراز نمایانی به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$VL = \Delta L_{actual} / \Delta L_{threshold} = (L_f - L_b) / \Delta L_{threshold} \quad (2)$$

این نسبت نشان می‌دهد که چقدر تضاد یک هدف برای شناسایی، بالاتر از تضاد آستانه قرار دارد. در این رابطه  $\Delta L_{actual}$  تفاوت واقعی در روشنایی هدف و زمینه است و  $\Delta L_{threshold}$  تفاوت لازم برای دیده شدن یک هدف با زاویه دید مشخص  $\alpha$  و زمینه مشخص است [۳،۲].



برای محاسبه سطح نمایانی ابتدا مقادیر  $\Delta L_{\text{threshold}}$  محاسبه گردد. محاسبه  $\Delta L_{\text{threshold}}$  مبتنی بر ترکیب دو قانون مشخصات شار نوری ( $\Phi$ ) و تابع روشنایی ( $L$ ) است که برای قانون وبر بسته به مقدار تراز روشنایی محاسبه می‌گردد.

$$\Delta L_{\text{threshold}} = 2.6 \left( \frac{\theta^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right) \cdot F_{CP} \cdot \frac{\alpha(\alpha, L_b) + t}{t} \cdot AF \quad (3)$$

در روابط بالا ضرایب  $AF, F_{CP}$ ،  $\frac{\alpha(\alpha, L_b) + t}{t}$  ضرایب مربوط به اثر تضاد منفی، ضریب مربوط به اثر سن رانندگان و ضریب مربوط به زمان در معرض قرارگیری تابلو است که هر کدام نیز به متغیرهای سن ناظر و مشخصات قدرت دید، مدت زمان مشاهده، رنگ و شکل هدف، روشنایی هدف، پیچیدگی زمینه و دینامیک حرکت مربوط می‌شوند [۴].

عامل مهم دیگر بازتابندگی مربوط به تابلو است که عامل مهمی در وضوح تابلو می‌باشد. تابلوهای جدید بیشتر بوسیله مواد بازتابنده ساخته می‌شوند. این گونه تابلوها نور تابشی را به سمت خودرو بازمی‌تابانند و باعث وضوح تابلوها در شب می‌شوند [۵].

## ۲.۲. خوانایی<sup>۴</sup>

خوانایی، ویژگی‌های فیزیکی یک تابلو است که تشخیص بین حروف، کلمات، اعداد و یا اشکال گرافیکی را ممکن می‌سازد و بطور مستقیم به دقت دید مشاهده کننده مربوط است. به عبارت دیگر یک علامت خوانا است اگر جزئیات آن به اندازه کافی قابل دید باشد تا اجازه دهد پیام تابلو تفسیر گردد. برای مقایسه و قضاوت در مورد خوانایی یک تابلو لازم است در ابتدا فاصله‌ای که یک تابلو باید از آن فاصله قابل خواندن باشد تعیین گردد. در اغلب تحقیقات از حداقل فاصله دید بعنوان "حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی" اشاره شده است. حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی برحسب سرعت نزدیک شدن، جای علامت در راه، وضوح و پیچیدگی پیام تغییر می‌کند. جدول (۱) حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی را بر حسب سرعت تعیین می‌کند. این فواصل برحسب دقت دید ۲۰/۴۰ (می‌نیم مورد نیاز برای کسب یک گواهینامه رانندگی) محاسبه شده است و فرض شده است که علامتی که باید دیده شود در فاصله ۵ تا ۱۰ فوتی لبه راه قرار دارد و بطور بهینه واضح بوده و در معرض موانع دید نمی‌باشد.

گام بعدی تعیین اندازه بزرگی حروف است که باید در فاصله دید، قابل خواندن توسط راننده باشد. فوربس و هولمس<sup>۵</sup> [۶] یک شاخص خوانایی ( $LI$ ) را تعریف کردند تا خوانایی نسبی اندازه حروف مختلف مورد استفاده در علائم راه را شرح دهند. آنها فهمیدند که برای هر ۶/۱ متر فاصله یک سانتی‌متر ارتفاع حروف مورد نیاز است تا توسط یک شخص با دقت دید ۲۰/۲۳ قابل خواندن باشد. برای اشخاص با دید کمتر اداره فدرال راه‌های ایالات متحده مقدار استاندارد را برای دید ۲۰/۴۰، یک سانتی‌متر ارتفاع برای هر ۳/۴۳ متر فاصله تعیین کرده است.

جدول ۱- حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی برحسب سرعت

سرعت (km/h)	حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی (m)
۹۸	۱۳۴
۹۰	۱۲۲
۷۲	۱۱۰
۶۴	۹۸
۵۶	۸۵
۴۸	۷۳
۴۰	۶۱

مطالعات قبلی دیگر فعالیت‌های رانندگی را در نظر نمی‌گرفتند. در سال ۲۰۰۱ چیستر<sup>۶</sup> [۷] اثر رانندگان مسن، رفتار ایمن، علائم دو طرف جاده، پیچیدگی تابلو و انواع مواد بازتابشی را هم در نظر گرفت و فاصله خوانایی ( $LI$ ) را در شرایط متوسط برابر ۳m/cm، برای علائم سمت چپ با

<sup>۴</sup> Legibility

<sup>۵</sup> Forbes & Holmes

<sup>۶</sup> Chryster

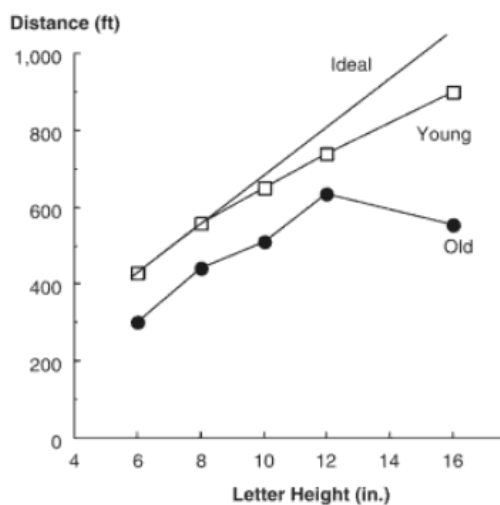


مواد بازتابشی ضعیف برابر  $1/92 \text{ m/cm}$  و برای علائم در موقعیت‌های با پیچیدگی بالا برابر  $0/66 \text{ m/cm}$  معرفی کرد. گاروی<sup>۷</sup> و همکارانش [۸] تحت بهترین شرایط (زمان روز و پیچیدگی پایین) LI را برابر  $3/6 \text{ m/cm}$  بدست آوردند. جدول (۲) حداقل ارتفاع حروف با فونت استاندارد راه را نشان می‌دهد.

جدول ۲- اندازه حروف بر حسب سرعت یا حداقل فاصله مور نیاز خوانایی

ارتفاع حروف (cm)	حداقل فاصله مورد نیاز خوانایی (m)	سرعت (km/h)
۱۸	۶۱	۴۰
۲۳	۸۵	۵۵
۳۰	۱۱۰	۷۰
۳۸	۱۳۴	۹۸

علاوه بر موارد بالا زمان مورد نیاز برای تشخیص و فهم پیام تابلو هم مهم است. گیفین<sup>۸</sup> [۹] در مطالعات خود مشخص کرده است که برای دقت  $0/75$ ،  $0/7$  ثانیه و برای دقت  $0/100$ ، یک تا دو ثانیه زمان برای هر کلمه مورد نیاز است. مشخص شده است که کسانی که بیماری خواندن<sup>۹</sup> دارند و یا افرادی که به زبان کلمات تابلو کاملاً مسلط نیستند زمان بیشتری نیاز دارند. عوامل مهم دیگر نوع فونت و فاصله بین حروف می‌باشد. هرچه فونت زیباتر باشد و فاصله بین حروف کمتر باشد خواندن آن مشکل‌تر است اما بزرگتر شدن اندازه به کمبود فاصله بین حروف و زیباتر بودن فونت کمک می‌کند. تحقیقات دیگر اثرات نوشتار سفید روی سبز را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که خوانایی برای افراد در رده‌های سنی مختلف فرق می‌کند. در شکل زیر نمودار فاصله بر حسب سن و ارتفاع حروف دیده می‌شود [۱۰].



شکل ۱- فاصله خوانایی تابلو بعنوان تابعی از سن و ارتفاع حروف

### ۳.۲. قابل فهم بودن<sup>۱۰</sup>

راننده باید اهمیت یک علامت را درک کند و اگر چنین نباشد آن علامت نادیده انگاشته خواهد شد. اغلب علائم بصری کنار راه که در مقابل راننده در یک سفر قرار می‌گیرند به خاطر اینکه به درستی توسط راننده به عنوان یک عامل مهم درک نمی‌شوند به آسانی کنار گذاشته می‌شوند.

<sup>۷</sup> Garvey

<sup>۸</sup> Giffin

<sup>۹</sup> Dyslexia

<sup>۱۰</sup> Comprehensibility



بنابراین علامت باید به گونه‌ای ارائه شود که راننده اهمیت آن را درک کند.

پیام در بعضی از تابلوها بخصوص تابلوهای انتظامی و اختطاری می‌تواند هم بصورت سمبولیک و هم نوشتاری باشد. تجربه نشان داده است که زمان عکس‌العمل در تابلوهای سمبولیک کمتر است.

عوامل مختلفی بر میزان فهم تابلوها توسط کاربران تاثیر می‌گذارد. طبق تحقیقات دیور<sup>۱۱</sup> و همکارانش [۱۱] رانندگان مسن فهم ضعیف‌تری از رانندگان جوان دارند. آنها مشخص کردند که از نظر آماری در ۳۹٪ تابلوها اختلاف در درک پیام بین رانندگان مسن و جوانان قابل توجه بوده و در ۶۱٪ دیگر این اختلاف قابل توجه نبوده است.

فهم دقیق علائم ترافیکی در سرعت‌های بالاتر کمتر است. وقتی اطلاعات در علائم ترافیکی افزایش می‌یابد نرخ فهم دقیق بطور غیرخطی کاهش می‌یابد. بنابراین ماکزیمم تعداد نام محل روی یک تابلو اطلاعاتی باید محدود گردد [۱۲].

افزایش حمل و نقل در جهان و پذیرش گواهینامه‌های رانندگی بین‌المللی در کشورهای مختلف مسائل مربوط به درک پیام علائم را افزایش داده است. بنابراین علائم باید استاندارد شده و از علائم سمبولیک غیرمبهم بیشتر استفاده شود. این مسئله را شینار<sup>۱۲</sup> و همکارانش [۱۳] در کشورهای کانادا، فنلاند و لهستان در بین پنج گروه رانندگان جوان، رانندگان مسن، دانش‌آموزان، رانندگان دارای معلولیت و گردشگران بررسی کردند. نیمی از علائم مورد استفاده برای این مطالعه در همه کشورهای یکسان و نیمی دیگر خاص مربوط به آن کشورها بود. نتایج این مطالعه نشان داد که تشخیص و فهم علائم بین گروه‌های مختلف تفاوت می‌کند. افراد مسن حتی از گردشگران خارجی فهم کمتری از تابلوهای مورد آزمایش داشتند. طبق تحقیقات آنها علائمی که فاکتورهای انسانی بخوبی در طرح آن بکار رفته بود سطح بالایی از درک شدن را داشتند در حالی که علائم با فاکتورهای انسانی ضعیف حتی در کشورهایی که استفاده از آنها اجباری بود درک شدن خوبی را نشان نمی‌داد.

انجی و چان<sup>۱۳</sup> [۱۴]، تعداد سال‌های داشتن گواهینامه و سطح تحصیلات را عوامل اصلی اثرگذار بر فهمیده شدن تابلوها، معرفی کرده‌اند.

## ۴.۲. قابل اطمینان بودن<sup>۱۴</sup>

قابل اطمینان یا باورپذیری، به اعتقاد رانندگان به درستی جانمایی تابلو و پیام مرتبط با آن اشاره دارد. این امر توسط زمینه‌ای که علامت در آن قرار دارد و چگونگی استفاده از آن توسط دیگر وسایل کنترل ترافیک تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

علامت، شکل و رنگ تابلوها باید براساس استاندارد باشد و باید از اینکه یک علامت یا تابلو در محتوا درست است اطمینان یافت. بعنوان مثال جهت اشاره تابلو هشدار قوس نباید متفاوت از جهت واقعی قوس باشد.

استفاده بیش از حد از علائمی نظیر ایست و احتیاط از قابل باور بودن آنها می‌کاهد و برعکس بعضی پیام‌ها نظیر محدودیت سرعت باید تکرار و بطور دقیق متناسب با شرایط واقعی و سازگار بکار برده شود. علاوه بر این فرهنگ مردم و میزان اجبار پلیس در قابل باور بودن علائم تاثیرگذار است [۱].

## ۳. اهمیت راه

در زمینه اولویت بندی نگهداری و تعمیر تابلوها علاوه بر وضعیت کیفی تابلوها اهمیت مسیرها یا قطعه‌های راه باید در نظر گرفته شود. اهمیت راه به عواملی همچون وضعیت راه از نظر سلسله مراتب وظیفه‌ای، توپوگرافی، پیشینه تصادفات و وضعیت سیاسی-اجتماعی راه بستگی دارد. هرچه راه از نظر وظیفه در سطح بالاتری قرار گیرد کیفیت تابلوها باید بالاتر باشد و تعمیر و نگهداری آنها در اولویت بالاتری باید قرار گیرد. در راه‌های با توپوگرافی پیچیده‌تر لازم است که اطلاعات بیشتر به راننده داده شود تا راننده راحت‌تر رانندگی کند. تعمیر و نگهداری مناسب تابلوها احتمالاً اثر خوبی بر کاهش تصادفات دارد و طبعاً به راه‌های با پیشینه تصادفات بیشتر اولویت بیشتری باید داده شود. اهمیت سیاسی-اجتماعی مسیرها نیز باید در نظر گرفته شود. بعنوان مثال وقتی تنها یک راه بین دو مکان وجود داشته باشد نگهداری آن راه اهمیت بیشتری خواهد داشت.

انواع راه‌ها از نظر سلسله مراتب وظیفه‌ای عبارتند از:

- آزادراه و بزرگراه
- راه‌های اصلی درجه ۱ و ۲
- راه‌های فرعی درجه ۱ و ۲

<sup>۱۱</sup> Dewer

<sup>۱۲</sup> Shinar

<sup>۱۳</sup> Ng & Chan

<sup>۱۴</sup> Credibility



- راه‌های روستایی

انواع راه‌ها از نظر توپوگرافی نیز عبارتند از [۱۵]:

- کوهستانی

- تپه ماهوری

- دشتی

#### ۴. روش حل مسئله

با توجه به توضیحات بخشهای ۲ و ۳ مشخص می‌شود که قضاوت در مورد وضعیت و کیفیت تابلوها یک امر پیچیده با انواع گوناگون عوامل اثرگذار کیفی است که تنها تعداد محدودی از آنها در مطالعات پیشین بصورت کمی درآمده است. بنابراین بدست آوردن روشی برای اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری تابلوها و بدست آوردن یک عدد کمی، یک نوع تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که برای اولین بار توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد یکی از جامع‌ترین سیستم‌ها برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که امکان بررسی سناریوهای مختلف را ممکن می‌سازد زیرا این تکنیک امکان فرمول‌بندی مسئله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد. علاوه بر این، این روش بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده است که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است [۱۶].

روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر تصمیم‌گیری و ارزش‌گذاری برای آنها آغاز می‌شود. این عناصر شامل شیوه‌های مختلف انجام کار و اولویت دادن به معیارها یا ویژگی‌ها می‌باشد. بطور کلی مراحل حل مساله به روش AHP عبارت است از:

مرحله اول: ساختن درخت سلسله مراتبی

مرحله دوم: تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها

مرحله سوم: ترکیب ضرایب اهمیت

مرحله چهارم: آزمایش سازگاری

#### ۵. مدل‌سازی مساله در قالب AHP

در مرحله اول فرایند AHP ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها و زیر معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود. مراحل بعدی حل مساله بر مبنای خروجی این مرحله خواهند بود. لذا دقت در تهیه سلسله مراتب و درستی آن تاثیر مستقیم بر دقت و درستی نتایج دارد.

شکل (۲) سلسله مراتب مورد نظر برای اولویت‌بندی عملیات نگهداری و تعمیر تابلوهای مربوط به چند قطعه راه یا چند راه را نشان می‌دهد. بدین ترتیب هدف یافتن اولویت‌ها می‌باشد و سطح بعد به عنوان معیارها بوده که شامل کیفیت تابلوها و اهمیت راه می‌باشد.

زیر معیارهای مربوط به کیفیت تابلوها برای تابلوهای انتظامی، هشداردهنده یا اطلاعاتی شامل چهار عامل اصلی کیفیت (وضوح، خوانایی، قابل فهم بودن، قابل اطمینان بودن) می‌باشد. زیر معیارهای مرتبط با اهمیت راه شامل توپوگرافی، اهمیت اجتماعی - سیاسی، سلسله مراتب وظیفه‌ای و پیشینه تصادفات می‌باشد. در سطح بعد گزینه‌ها می‌باشد که می‌تواند مسیرها یا قطعات راه باشد.

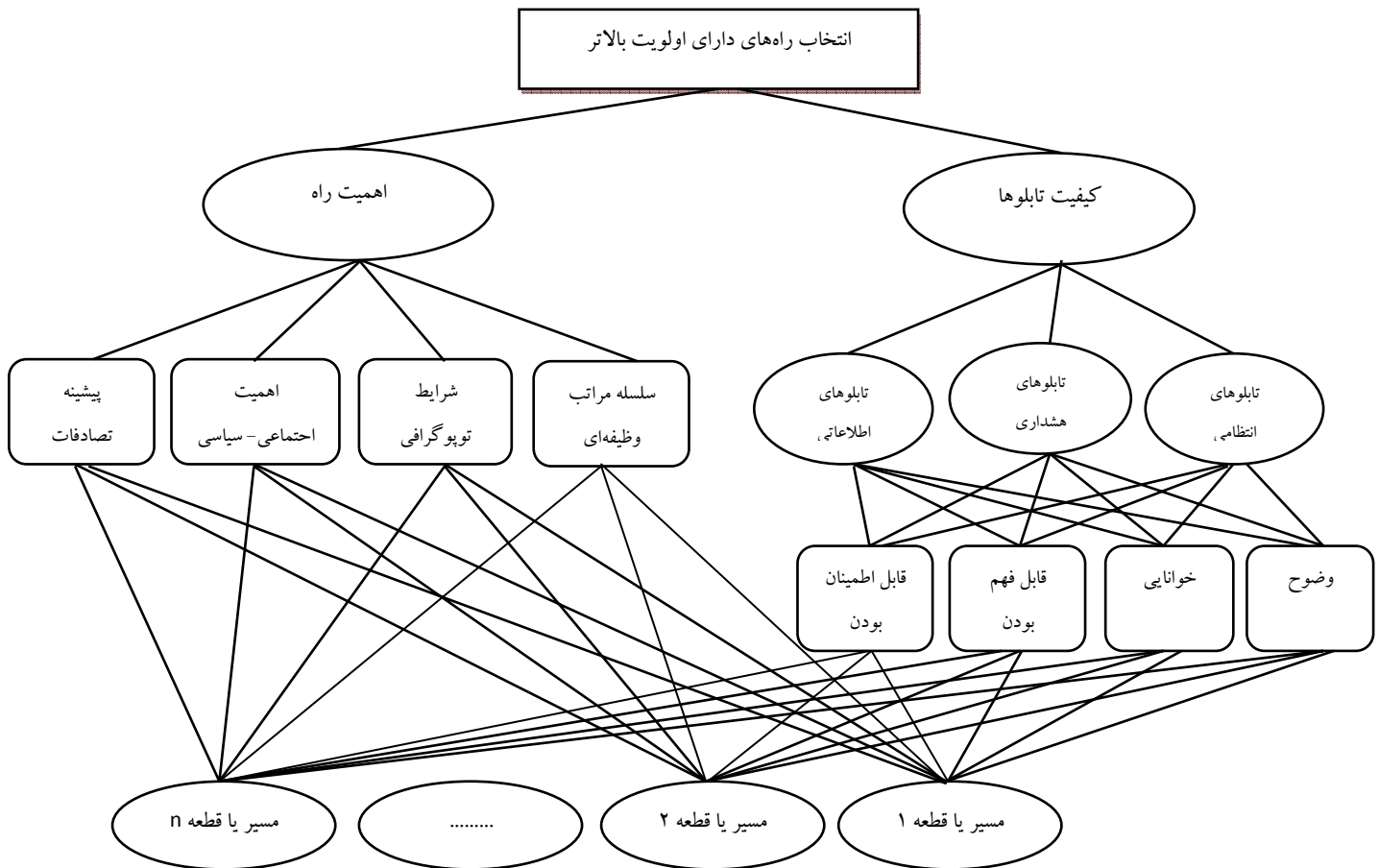
برای قضاوت در مورد معیارها و شناخت عوامل مهم تر و وزن‌دهی آنها می‌توان از تیم خبره‌گان استفاده کرد. یک روش برای دریافت نظرات کارشناسان استفاده از روش دلفی<sup>۱۵</sup> می‌باشد.

معمولاً تحقیق دلفی با تهیه یک پرسشنامه توسط یک متخصص شروع و به گروه بزرگ‌تری از متخصصان فرستاده می‌شود. با پرسیدن پرسشنامه‌ها، طیف پاسخها و دلایلی که متخصصان برای پاسخ‌هایشان بیان کرده‌اند مورد بررسی قرار گرفته و خلاصه‌نویسی می‌شود. این گزارش خلاصه دوباره برای متخصصان فرستاده می‌شود. متخصصان اجازه دارند که پاسخ‌هایشان را بر اساس نتایج تغییر دهند و این نتایج دور دوم مجدداً مورد ارزیابی محققان قرار می‌گیرد. این فرایند ادامه می‌یابد تا اینکه اجماعی در مورد نظرات حاصل شود. اعتبار روش دلفی به اعتبار علمی متخصصان شرکت‌کننده در پژوهش بستگی دارد. شرکت‌کنندگان در تحقیق دلفی از ۵ تا ۲۰ نفر را شامل می‌شوند.

وزنها و اولویتهایی که از ماتریس مقایسات زوجی بدست می‌آید، دقیقاً وابسته به قضاوتهای زوجی تصمیم‌گیرنده است و با کمک آنها می-



توان ارزش هر گزینه را تعیین کرد و آنها را نسبت به هم رتبه‌بندی نمود. بدین صورت که گزینه‌ای که بیشترین وزن را دارد نسبت به گزینه‌های دیگر در رتبه بالاتری قرار خواهد گرفت.



شکل ۲- نمودار سلسله مراتب AHP، شامل هدف، زیر اهداف و معیارها

## ۶. نتیجه‌گیری

کارایی بسیاری از سیستم‌های ترافیک و ایمنی تا حد زیادی بستگی به کارایی تابلوهای ترافیکی دارد. تابلوها وقتی به خوبی نگهداری شوند وظیفه‌شان را انجام می‌دهند و اهداف ایمنی و ترافیکی را تامین می‌کنند. لذا برخورداری از یک برنامه مناسب نگهداری و تعمیر در مورد تابلوها ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله عوامل اثرگذار بر کیفیت تابلو شناسایی گردید. از آنجاییکه که عوامل زیادی بر کیفیت تابلو و در نهایت اولویت بندی راه‌ها از نقطه نظر نیاز به نگهداری و تعمیر وجود دارد لذا مساله مورد نظر در حوزه مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره قرار دارد. با توجه به اینکه معیارها کیفی و کمی هستند لذا استفاده از رویکرد AHP روش مناسبی جهت حل مساله می‌باشد. گام اول در روش AHP ساختن سلسله مراتب است که در این مقاله با توجه به تحلیل صورت گرفته نسبت به عوامل تاثیرگذار بر اولویت بندی راهها، سلسله مراتب مورد نظر طراحی گردید.



## ۷. مراجع

1. Ogden, K.W., (1996), "*Safer roads: a Guide to Road Safety Engineering*", Avebury Technical, ISBN 0 291 39829 4.
2. Adrian, W.,(1989), "Visibility of Targets: Model for Calculation", *Lighting Res. Techn.*, pp 181-188.
3. CIE Pub. No. 115, (1995), "*Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic*".
4. Guler, O. and Onaygil, S., (2002), "*New Criteria for Road Lighting Calculation*", Istanbul Technical University, [www.energy.itu.edu.tr/epy/pubs/p4-3.pdf](http://www.energy.itu.edu.tr/epy/pubs/p4-3.pdf).
5. Charlton, S.G., (2006), "Conspicuity, Memorability, Comprehension, and Priming in Road Hazard Warning Signs", *Journal of Accident Analysis and Prevention*, 38, pp 496-506.
6. Forbes, T.W., Holmes, R.S., (1993), "Legibility Distance of Highway Destination Signs in Relation to Letter Height, Letter Width, and Reflectorization", *Proceedings: Highway Research Board*, Vol. 19, pp 321-326.
7. Chrysler, S., et al., (2001), "Improving Street Name Sign Legibility for Older Drivers", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting*, pp 1597-1601.
8. Garvey, P.M., et al., (2002), "Real World On-Premise Sign Visibility: The Impact of the Driving Task on Sign Detection and Legibility", Bristol, PA: The United States Sign Council.
9. Griffin, J.R. and Bailey, J.E., (2001), "*Visual Science and Signage*", Signtronix Report, 2001.
10. Transportation Research Board, (2004), "Transportation in an Aging Society: a Decade of Experience", technical papers and reports.
11. Dewar, R.E., Kline, D.W. and Swanson, H. A., (1994), "Age Differences in Comprehension of Traffic Sign Symbols", *Journal of Transportation Research Record*, No. 1456.
12. Sun, L., Rong, J., Yao, L., and Ren, F., (2008), "Study on Drivers' Comprehension of Traffic Signs Based on Emulate Experiment", ASCE, 2008.
13. Shinar, D., Dewar, R.E., Summala, H. and Zakowska, L., (2003), "Traffic Sign Symbol Comprehension: a Cross-Cultural Study", *Journal of Ergonomics*, 46(15), pp 1549-1565.
14. Ng, A.W.Y. and Chan, A.H.S.,(2008), "The effects of driver factors and sign design features on the comprehensibility of traffic signs", *Journal of Safety Research*, 39(3), p.p 321-328.
۱۵. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۷۵)، "آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها"، نشریه شماره ۱۶۱، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مرکز مدارک علمی و انتشارات.
۱۶. قدسی‌پور، س.ح.، (۱۳۷۹)، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.