فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و چهارم، شماره ۹۹، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۶۲-۵۵

کمّی کردن حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر با استفاده از نظریه اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی

فاطمه مختاری، دانشجوی کارشناسی ارشد ایمنی راه و ترابری، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امین‌میرزا بروجردیان (مسئول مکاتبات)، دانشیار گروه راه و ترابری، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: boroujerdian@modares.ac.ir

چکیده

برای بهبود ایمنی و سرعت سفر کاربران در معابر، انتقال دقیق و به‌موقع اطلاعات بسیار حائز اهمیت است. موقعیت‌های پیچیده ترافیکی و بار کاری زیاد رانندگی، عوامل اصلی در تصادفات ترافیکی هستند. علائم راهنمایی و رانندگی به‌تدریج افزایش یافته و تعداد و اشکال مختلف آن‌ها در جاده‌های شهری نصب شده است. بااین‌حال، با افزایش علائم راهنمایی و رانندگی، اشکال آن‌ها پیچیده‌تر و متنوع‌تر شده است. نتیجه این است که بار بصری راننده به‌طور مجازی افزایش می‌یابد. گاهی اوقات، راننده نمی‌تواند اطلاعات مؤثر را در زمان مناسب توسط علائم راهنمایی و رانندگی به‌درستی درک کند، درنتیجه نمی‌تواند وضعیت خودرو را به‌موقع تغییر دهد و مقصد صحیح را از دست می‌دهد. این مطالعه با هدف کمی کردن حجم اطلاعات علائم راهنمای مسیر که یکی از گام‌های ارزیابی حجم اطلاعات علائم است، با استفاده از فرمول نظریه اطلاعات و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. از نظرات ۶۳ کارشناس حمل‌ونقل و راننده با تجربه برای وزن دهی عناصر تابلوهای راهنمای مسیر استفاده شد. همچنین پس از کمی سازی حجم اطلاعات با استفاده از نظریه اطلاعات، (حجم اطلاعات عینی) تعدادی تابلو راهنمای مسیر با حجم اطلاعات متفاوت طراحی گردید و از ۴۷ شرکت‌کننده خواسته شد بر اساس حجم اطلاعات تابلوها، رتبه‌ای به آن‌ها اختصاص دهند (حجم اطلاعات ذهنی). نتایج تحلیل همبستگی پیرسون (ضریب همبستگی=۰/۹۸۴) اطلاعات عینی و ذهنی نشان می‌دهد، مقدار حجم اطلاعات عینی و ذهنی رانندگان به‌خوبی مطابقت دارد؛ بنابراین می‌توان از روش محاسبه حجم اطلاعات عینی برای محاسبه و ارزیابی حجم کار ناشی از تابلوهای راهنمای مسیر استفاده کرد؛ بنابراین، فرمول آنتروپی اطلاعات با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده برای عناصر داخل تابلوهای راهنمای مسیر از روش AHP می تواند مبنای مناسبی برای کمی سازی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر باشد.

واژه‌های کلیدی: تابلوهای هدایت مسیر، تحلیل سلسله مراتبی، حجم اطلاعات علائم

۱. مقدمه و ادبیات پژوهش

علائم راهنمایی و رانندگی به‌عنوان یک عنصر اساسی در سیستم ترافیکی با ارائه اطلاعات ضروری در مورد وضعیت جاده به رانندگان، عابران پیاده و غیره، خطر تصادفات را کاهش می‌دهد. اختلال در رفتارهای رانندگی ناشی از موقعیت‌های پیچیده ترافیکی، عوامل مؤثر در بسیاری از تصادفات ترافیکی است. هنگامی‌که محیط پیچیده‌تر می‌شود، رانندگان باید این اطلاعات را پردازش کنند که منجر به بارهای کاری[1] رانندگی بالا می‌شود. بار کاری توسط فرستنده به‌عنوان معیاری از تلاشی که توسط یک اپراتور انسانی در حین انجام یک کار صرف می شود، مستقل از عملکرد خودکار تعریف شده است. این رابطه بین عملکرد رانندگی و حجم کاری رانندگی را نشان می‌دهد. وقتی سطح حجم کار کم است، عملکرد نیز پایین است، زیرا اطلاعات به دلیل بی‌توجهی از دست رفته است. با افزایش حجم کار، سطح عملکرد تا حداکثر سطح افزایش می‌یابد. این حداکثر عملکرد نشان‌دهنده سطح بهینه حجم کار برای یک کار معین است. بار کاری اضافی رانندگی منجر به کاهش ناگهانی عملکرد به دلیل حجم زیادی از اطلاعات مورد پردازش می شود. انتقال و بازخورد اطلاعات ترافیکی تا حد زیادی با استفاده از علائم راهنمایی و رانندگی به دست می‌آید. اهداف اولیه علائم راهنمایی و رانندگی اطلاع‌رسانی به رانندگان از وضعیت فعلی ترافیک به شیوه‌ای واضح، به‌موقع و مناسب، هدایت و سازمان‌دهی جریان ترافیک، ترویج عملکرد ایمن، منظم و کارآمد وسایل نقلیه است. درنتیجه، ایمنی عملیات جاده به‌طور مستقیم به منطق و استدلال اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی بستگی دارد. در این میان، حجم اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر عملکرد شناختی و حجم کاری رانندگان در حین رانندگی داشته باشد، به این معنی که علائم راهنمایی و رانندگی مختلف حجم کاری اطلاعاتی متفاوتی برای رانندگان خواهند داشت. درنتیجه، ابتدا باید اطلاعات موجود در علائم راهنمایی و رانندگی را کمی سازی کنیم. نامبا در سال ۱۹۸۳ با پذیرش نظریه اطلاعات، تلاش کرد تا رابطه بین حجم اطلاعات و زمان نمایش را با درخواست از افراد برای توصیف آنچه دیده‌اند (تصاویر ثابت تلویزیون، کلمات و تصاویر با استفاده از فراخوانی رایگان بدون محدودیت در زمان)، بررسی کند. نامبا فرض کرد که احتمال وقوع رویدادها در جمعیت M یکسان است، بنابراین $P_i = 1/M$. او متوجه شد رابطه قوی بین حجم اطلاعات و زمان نمایش و همچنین درک مطالب نمایش داده‌شده وجود دارد. علاوه بر این، افراد اولویت‌های متفاوتی را برای زمان نمایش و حجم اطلاعات مختلف نشان دادند. اگرچه افزایش زمان نمایش سطح درک را افزایش می‌دهد، اما باعث ایجاد خستگی می‌شود، که یک عارضه جانبی نامطلوب است. آزمون‌های پایایی و روایی نشان داد که روش محاسبه فوق معقول و نسبتاً امکان‌پذیر است. مقدار اطلاعات همچنین بر سرعت پاسخ گیرنده تأثیر می گذارد، به‌طوری‌که این دو یا تابع لگاریتمی اطلاعات را نشان می‌دهند. یا فقط یک رابطه خطی با تعدادی گزینه دارند. صرف‌نظر از اینکه کدام‌یک مناسب‌تر است، هر دو اثر حجم اطلاعات را بر زمان واکنش گیرندگان برجسته می‌کنند. بر این اساس زمانی که رانندگان اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی را پردازش می‌کنند، تحت تأثیر میزان اطلاعات قرار می‌گیرند و واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. در فرآیند واقعی رانندگی، درک راننده از عناصر ترافیکی متفاوت است. وانگ با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تحقیقی را در مورد عنصر ترافیک انجام داده است که در آن وزن شش نوع عنصر توسط پنج راننده باتجربه از طریق مقایسه زوجی علائم راهنمایی و رانندگی مهم تعیین شد.

در آیین‌نامه‌های مختلف نیز حجم اطلاعات مناسب تابلوهای راهنمای مسیر به‌صورت کمی ذکر نشده است و صرفاً پیشنهاداتی برای تعداد کلمات داخل تابلو داده شده است. این در حالی است که مطالعات پیشین بیان کرده‌اند، برای طراحی یک تابلو رنگ نوشتار و حتی فونت و چیدمان اهمیت بسیاری

دارند. در پژوهش‌های پیشـین از فرمول آنتروپی اطلاعات برای کمی سازی حجم اطلاعات استفاده شده است که برای استفاده از این فرمول نیاز به داشـتن وزن همه عناصـر در علائم اسـت زیرا زمانی که رانندگان هنگام رانندگی متوجه علائم راهنمایی و رانندگی می‌شـوند، درک و توجه آن‌ها به انواع اطلاعات و عنا صر داخل علائم متفاوت ا ست. همچنین به دلیل اینکه زبان مورداسـتفاده در تابلوهای راهنمای مسـیر با توجه به زبان هر کشـوری تعیین می‌گردد، بنابراین مطالعات بر روی تابلوهای راهنمای مسیر با توجه به زبان هر کشوری با بقیه، نتایج متفاوتی دارد؛ بنابراین با توجه به اهمیت حجم اطلاعات تابلوها و علائم در زمان واکنش رانندگان، در این پژوهش به کمی سازی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر به زبان فارسی پرداخته شده است.

۲. روش پژوهش

در این بخش به ترتیب روش کمی سازی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر، طراحی تابلو با حجم‌های متفاوت و نتایج مقایسه حجم اطلاعات از طریق فرمول و نظر کارشناسان ارائه شده است.

۲-۱ کمی سازی حجم اطلاعات عناصر تابلوهای راهنمای مسیر

شانون برای اولین بار در سال ۱۹۴۸ مفهوم نظریه اطلاعات را مطرح و "آنتروپی اطلاعات" را تعریف کرد. تئوری اطلاعات توضیح می‌دهد که حجم اطلاعات موجود در یک پیشینه و شرایط خاص با احتمال هر عنصر در اطلاعات ارتباط نزدیک دارد. فرمول محاسبه حجم اطلاعات مطابق با نظریه اطلاعات شانون در رابطه (۱) نشان داده شده است:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{m} P(X_i) log_2 P(X_i) \qquad (۱)$$

که در آن:

$H(X)$ = مقدار اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی (بیت)،

X_i = شمارش i حالت یک شی خاص،

m = تعداد کل حالت‌های ممکن برای رویداد X و

$P(X_i)$ = احتمال وضعیت i است.

با فرض اینکه رویداد در هر حالت با احتمال یکسان رخ می‌دهد، یعنی $P(X_i) = 1/m$ ، روش محاسبه حجم اطلاعات کاهش می‌یابد و مطابق رابطه (۲) می‌باشد:

$$H_i(X) = log_2 m \qquad (۲)$$

طبق آیین‌نامه ایمنی راه‌ها، نشریه ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه)، عناصر تشکیل‌دهنده تابلوهای راهنمای مسیر بزرگراه، شامل هشت نوع هستند:

- حروف فارسی (۳۲ حرف از الف تا ی)
- حروف انگلیسی (۲۶ حرف از A تا Z)
- نمادهای گرافیکی (۲۱ نماد مختلف گرافیکی مانند نماد بزرگراه، فرودگاه و ...)
- اعداد انگلیسی (۱۰ عدد از ۰ تا ۹)
- اعداد فارسی (۱۰ عدد از ۰ تا ۹)
- پیکان‌ها (۸ پیکان با زاویه‌های مختلف مانند ۰، ۹۰، ۴۵ و...)
- رنگ‌ها (۷ رنگ مانند سبز، سفید و ...)
- شکل‌های هندسی (۵ شکل مانند مستطیل افقی، مستطیل پرچمی و...)

با استفاده از فرمول (۲) حجم اطلاعات عناصر تابلوهای راهنمای مسیر محاسبه شد:

جدول ۱. حجم اطلاعات عناصر تابلوهای راهنمای مسیر

عناصر اطلاعاتی	حجم اطلاعات (بیت)
حرف فارسی	۵/۰۰
حرف انگلیسی	۴/۷۰
نماد گرافیکی	۴/۴۰
عدد انگلیسی	۳/۳۲
عدد فارسی	۳/۳۲
پیکان	۳/۰۰
رنگ	۲/۸۰

عناصر اطلاعاتی	حجم اطلاعات (بیت)
شکل هندسی	۲/۳۲

۲-۲ وزن دهی به عناصر تابلوهای راهنمای مسیر

وزن عناصر اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی باید مشخص شود زیرا زمانی که رانندگان هنگام رانندگی متوجه علائم راهنمایی و رانندگی می‌شوند، درک و توجه آن‌ها به انواع اطلاعات و عناصر علائم راهنمایی و رانندگی متفاوت است. وزن عناصر تابلو با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[۲] تعیین و برای ارزیابی اهمیت عناصر اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی استفاده می‌شود. این فرآیند شامل ۳۰ راننده باتجربه و ۳۰ مهندس ترافیک بود که عناصر اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی را دوبه‌دو با هم مقایسه کردند. برای وزن دهی عناصر تابلوهای راهنمای مسیر بزرگراه‌ها جهت ارزیابی اهمیت عناصر از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مطابق با تحقیقات پیشین از نظرات ۲۹ راننده باتجربه و ۳۳ نفر از کارشناسان حمل‌ونقل، ترافیک، ایمنی و راه و ترابری استفاده گردید.

رانندگان با سابقه رانندگی بیش از ۲ سال به‌عنوان رانندگان مبتدی و رانندگان با تجربه رانندگی بیش از ۲ سال به‌عنوان رانندگان باتجربه تعریف شدند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی برای کمک به تصمیم‌گیری است و بر اهمیت داوری‌های شهودی یک تصمیم‌گیرنده و همچنین ثبات مقایسه گزینه‌های جایگزین در فرآیند تصمیم‌گیری تأکید دارد. ازآنجاکه یک تصمیم‌گیرنده قضاوت‌های خود را بر دانش و تجربه انجام می‌دهد، بنابراین تصمیم‌گیری را بر این اساس اتخاذ می‌کند، رویکرد AHP با رفتار یک تصمیم‌گیرنده مطابقت دارد. نقطه قوت این رویکرد این است که به‌طور منظم عوامل ملموس و نامشهود را سازمان می‌دهد و یک راه‌حل ساختاری اما نسبتاً ساده برای مسائل تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. در این روش مسئله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تقسیم می شود. در این فرایند گزینه‌های مختلفی در تصمیم‌گیری دخالت داده می‌شود و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها وجود دارد. تحلیل حساسیت به معنی این است که با تغییر وزن معیارها در رتبه گزینه‌ها چه تغییری ایجاد می‌شود. از مزایای دیگر این روش تصمیم‌گیری چند معیاره تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم است. فرایند AHP با تجزیه‌وتحلیل مسائل پیچیده آن‌ها را به شکل ساده تبدیل می‌کند. ارزیابی اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری و مقایسه گزینه‌های تصمیم‌گیری با توجه به هر معیار با مقایسات زوجی انجام می‌شود که شامل سه کار زیر است:

- ایجاد یک ماتریس مقایسه در هر سطح از سلسله‌مراتب، با شروع از سطح دوم و پایین آمدن
- محاسبه وزن‌های نسبی برای هر عنصر سلسله‌مراتب
- تخمین نرخ سازگاری برای بررسی سازگاری داوری.

همان‌طور که در بخش (۲-۱) گفته شد، عناصر تابلوهای راهنمای مسیر در تابلوهای فارسی‌زبان به هشت دسته تقسیم گردید. مطابق با روش تحلیل سلسله مراتبی بین همه عناصر مقایسات زوجی انجام می‌گیرد و اهمیت هر عنصر مشخص می‌گردد. برای این منظور، پرسشنامه‌ای آماده گردید و برای تسهیل در امر جمع‌آوری داده، پرسشنامه به‌صورت آنلاین تهیه شد و بین رانندگان با تجربه بیش از دو سال رانندگی مستمر و کارشناسان مربوطه توزیع گردید. در این پرسشنامه ابتدا عناصر موجود در تابلوهای راهنمای مسیر معرفی شدند و از شرکت‌کنندگان در مورد اهمیت و اولویت‌بندی عناصر موجود در تابلوهای راهنمای مسیر به‌صورت زوجی سؤالاتی پرسیده شد. سپس برای انجام مقایسات زوجی و وزن دهی به معیارها، از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. درنتیجه، عناصر موجود در تابلوهای راهنمای مسیر بر اساس میزان اهمیت اولویت‌بندی شدند و به آن‌ها به‌صورت کمی، وزنی اختصاص داده شد (ضریب سازگاری= ۰/۰۰۶). جدول (۲) وزن عناصر همراه با حجم اطلاعات آن‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۲. حجم اطلاعات و وزن هر عنصر اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر فارسی‌زبان

عناصر اطلاعاتی	حجم اطلاعات (بیت)	وزن عنصر
حروف فارسی	۵/۰۰	۰/۲۲
حروف انگلیسی	۴/۷۰	۰/۰۷
نمادها	۴/۴۰	۰/۱۴
اعداد انگلیسی	۳/۳۲	۰/۰۷
اعداد فارسی	۳/۳۲	۰/۱۳
پیکان‌ها	۳/۰۰	۰/۱۹
رنگ‌ها	۲/۸۰	۰/۱
شکل هندسی	۲/۳۲	۰/۰۸

۲-۳ کمی سازی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر

پس از در نظر گرفتن جامع حجم اطلاعات و وزن هر عنصر، حجم اطلاعات علائم راهنمایی و رانندگی را می‌توان با فرمول (۳) محاسبه کرد:

$$H(X) = \sum_{i=1}^{m} (\varepsilon_i H_i n_i) \qquad (۳)$$

که در آن:

i = وزن عنصر (جدول (۲))،

H_i = حجم اطلاعات پایه عنصر i (جدول (۲)) و

n_i = تعداد عنصر i در علائم راهنمای مسیر است.

مثال:

محتویات تابلو شکل (۲) شامل ۲۰ حرف فارسی، ۲۵ حرف انگلیسی، ۲ نماد، ۳ عدد فارسی، ۳ عدد انگلیسی، ۱ پیکان، ۲ شکل هندسی (شامل یک مستطیل از کل تابلو و یک مستطیل کادر سفید رنگ دور تابلو)، ۶۹ رنگ (شامل ۵۱ رنگ حروف و اعداد، ۱۵ رنگ داخل نمادها، ۳ رنگ برای پیش‌زمینه، پیکان و کادر سفید دور تابلو).

شکل ۱. نمونه‌ای از تابلوهای طراحی‌شده برای محاسبه حجم اطلاعات

حجم اطلاعات = ۲۰ (حرف فارسی) ×۵ × ۰/۲۲ + ۲۵ (حرف انگلیسی) ×۴/۷ ×۰,۰۷ + ۲ (نماد) ×۰/۱۴×۴/۴ + ۳ (عدد فارسی) ×۰/۱۳×۳/۳۲ + ۳ (عدد انگلیسی) ×۰/۰۷×۳/۳۲+ ۱ (پیکان) ×۰/۱۹×۳ + ۲ (شکل هندسی) ×۲/۳۲×۰/۰۸+ ۶۹ (رنگ) ×۲/۸×۰/۱ = ۵۳/۷۱

با استفاده از فرمول (۳) میزان حجم اطلاعات این تابلو ۵۳/۷۱ بیت است.

۲-۴ طراحی تابلوهای راهنمای مسیر برای بزرگراه‌های درون‌شهری

تابلوهای طراحی‌شده در این پژوهش بر طبق استاندارد طراحی شده است. به‌منظور طراحی تابلوها نیز از نرم‌افزار گرافیکی ۲۰ Draw Corel استفاده شده است. ویژگی‌های تابلوهای راهنمای مسیر طراحی‌شده در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳. ویژگی‌های تابلوهای راهنمای مسیر طراحی‌شده

شکل هندسی	نوع معبر	سرعت مجاز معبر Km/h	قلم نوشتار	ارتفاع نوشتار(mm)	رنگ تابلو
مستطیل	بزرگراه شهری	۷۰	ابریشم	۵۰۰	سبز

در بین عناصر تابلوهای راهنمای مسیر درمجموع در تمامی تابلوهای طراحی‌شده، تعداد نمادها، اعداد انگلیسی و فارسی، شکل هندسی به‌کاررفته و پیکان ثابت است و فقط تعداد حروف فارسی و انگلیسی و همچنین رنگ که وابسته به تعداد حروف و نوع نماد است، تغییر می‌کند. همچنین با توجه به بررسی و تجزیه‌وتحلیل حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر

بزرگراه‌های درون‌شهری اصفهان و طراحی آزمایشی تعدادی تابلو، محدوده حداقلی و حداکثری حجم اطلاعات به‌صورت تقریبی به‌دست‌آمده آمد. بر این اساس، محدوده اطلاعاتی تابلوهای راهنمای مسیر حدود ۳۰ بیت تا ۱۶۰ بیت است.

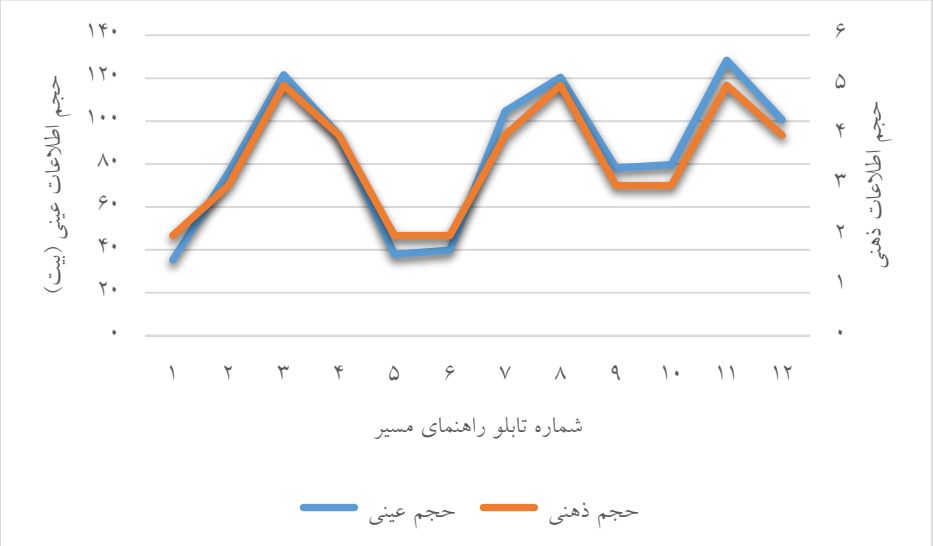
۲-۵ ارزیابی حجم بار ذهنی یا پیچیدگی ذهنی

حجم اطلاعات علائم درگیر محاسبه‌شده با استفاده از روش محاسبه شرح داده‌شده در بخش ۲-۳ (فرمول نظریه اطلاعات) حجم اطلاعات عینی[۳] نامیده می‌شود. با استفاده از پرسشنامه حجم بار ذهنی[۴]، میانگین حجم اطلاعات موجود در تابلوها توسط رانندگان مشخص می‌گردد. به‌منظور تأیید منطقی بودن کمی سازی اطلاعات، امتیاز حجم بار ذهنی از علائم در سطح‌های مختلف اطلاعاتی، ۴۷ شرکت‌کننده که از کارشناسان حمل‌ونقل، ترافیک، ایمنی و راه و ترابری و رانندگان باتجربه با میانگین سن ۲۹/۸۳ و انحراف معیار ۶/۷۱ بودند، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. حجم بار ذهنی در مقیاسی از ۱ تا ۷ در پرسشنامه‌ای رتبه‌بندی شد که از NASA-TLX[۵] منتقل شده است که عدد ۱ نشان‌دهنده کمترین و عدد ۷ نشان‌دهنده بالاترین حجم بار اطلاعات است. نتیجه به‌عنوان یک ارزیابی اطلاعاتی ذهنی در نظر گرفته شد. مقدار متوسط نمرات همه محرک یا تابلوها نتیجه نهایی حجم اطلاعات ذهنی است، مقدار اطلاعات عینی در تابلوهای طراحی‌شده، نیز از ۳۵/۲۷ بیت تا ۱۲۸/۳۷ بیت متغیر بود.

۳. تحلیل داده‌ها

۳-۱ تحلیل رابطه بین مقدار اطلاعات عینی و ذهنی تابلوهای راهنمای مسیر

تحلیل همبستگی اطلاعات عینی و ذهنی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی پیرسون (r) برابر ۰/۹۸۴ است ($p<0/05$) این نشان می‌دهد که مقدار حجم عینی و حجم بار ذهنی اطلاعات رانندگان به‌خوبی مطابقت دارد؛ بنابراین می‌توان از روش محاسبه حجم اطلاعات عینی برای محاسبه و ارزیابی حجم بار ناشی از تابلوهای راهنمای مسیر استفاده کرد. میزان حجم کار اطلاعات ذهنی و عینی ۱۲ تابلو راهنمای مسیر طراحی‌شده در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲. روابط بین حجم اطلاعات عینی و ذهنی تابلوهای راهنمای مسیر

۴. نتیجه‌گیری

همان‌طور که اشاره شد، در این مطالعه با استفاده روش تحلیل سلسله مراتبی و فرمول نظریه اطلاعات، وزن عناصر تابلوهای راهنمای مسیر مشخص و حجم اطلاعات تابلوها به‌صورت کمی محاسبه شد و نتایج مطالعه در ادامه ارائه شده است:

- در میان عناصر تابلوهای راهنمای مسیر به ترتیب حروف فارسی، پیکان‌ها، نمادها، اعداد فارسی، رنگ‌ها، شکل هندسی، اعداد و حروف انگلیسی دارای اهمیت و وزن بیشتری می‌باشند.
- نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، مقدار حجم عینی و حجم کاری ذهنی اطلاعات رانندگان به‌خوبی مطابقت دارد؛ بنابراین می‌توان از روش محاسبه حجم اطلاعات عینی برای محاسبه و ارزیابی حجم کار ناشی از تابلوهای راهنمای مسیر استفاده کرد؛ بنابراین، فرمول آنتروپی اطلاعات با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده برای عناصر داخل تابلوهای راهنمای مسیر از روش AHP می‌تواند مبنای مناسبی برای کمی سازی حجم اطلاعات تابلوهای راهنمای مسیر باشد.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Workload
2. Analytic Hierarchy Process
3. Objective information volume
4. Subjective workload
5. NASA Task Load Index (NASA-TLX)

۶. مراجع

– مختاری، ف.، ۱۴۰۲، «تحلیل زمان عکس‌العمل رانندگان نسبت به پیام تابلوهای راهنمای مسیر در خروجی بزرگراه‌های درون‌شهری». پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی راه و ترابری، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

– Chen, J., Jia, K., Chen, W., Lv, Z., & Zhang, R. (2022). A real-time and high-precision method for small traffic-signs recognition. Neural Computing and Applications, 34(3), 2233-2245.

– AASHTO, A. (2001). Policy on geometric design of highways and streets. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1(990), 158.

– Senders, J. W. (1970). The estimation of operator workload in complex systems. Systems psychology, 207-216.

– Cafiso, S., & La Cava, G. (2009). Driving performance, alignment consistency, and road safety: real-world experiment. Transportation research record, 2102(1), 1-8.

– Han, L., Du, Z., Wang, S., & Chen, Y. (2022). Analysis of traffic signs information volume affecting driver’s visual characteristics and driving safety. International journal of environmental research.

– Liu, Y. C. (2005). A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance. International Journal of Industrial Ergonomics, 35(12), 1147-1158.

– Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. Quarterly Journal of experimental psychology, 4(1), 11-26.

– Forrin, B., Kumler, M. L., & Morin, R. E. (1966). The effects of response code and signal probability in a numeral-naming task. Canadian Journal of Experimental Psychology, 20, 115.

– Bohua, L. I. U., Lishan, S. U. N., & Jian, R. O. N. G. (2011). Driver's visual cognition behaviors of traffic signs based on eye movement parameters. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 11(4), 22-27.

– Guo, Z., Wei, Z., & Wang, H. (2016). The expressway traffic sign information volume threshold and AGS position based on driving behaviour. Transportation research procedia, 14, 3801-3810.

– Fu, Q., Wu, C., & Lv, N. (2013). Study on the reaction time for road traffic signs information volume. In ICTIS 2013: Improving Multimodal Transportation Systems-Information, Safety, and Integration (pp. 1533-1541).

– Liu, K., & Deng, H. (2021). The relationship of the information quantity of urban roadside traffic signs and drivers' visibility based on information transmission. International journal of environmental research and public health, 18(20), 10976.

– Nengchao, L., Qiang, F., & Chaozhong, W. (2015, June). Analysis traffic safety for highway off-rampbased on visual reaction time on traffic signs. In 2015 International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) (pp. 235-239). IEEE.

– Tūskė, V., Šeibokaitė, L., Endriulaitienė, A., & Lehtonen, E. (2019). Hazard perception test development for Lithuanian drivers. IATSS research, 43(2), 108-113.

– Lyu, N., Xie, L., Wu, C., Fu, Q., & Deng, C. (2017). Driver's cognitive workload and driving performance under traffic sign information exposure in complex environments: A case study of the highways in China. International journal of environmental research and public health, 14(2), 203.