نقشه شناختی شبکه حمل‌ونقل و یادگیری پنهان (ناخودآگاه) مسافران در سفرهای روز-به-روز

نوید خادمی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مصطفی بابابیک (مسئول مکاتبات) ، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

رامین ساعدی گرمی، دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

E-mail: bababeik@ut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹٤/۰۵/۳۱ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۳/۱۲

چکیده

هدف این مقاله بررسی نحوه ایجاد نقشه شناختی (ذهنی) از زمان سفر کمان‌های شبکه ترابری در ذهن مسافران در اثر تجربیات روز به روز است. وجود این نقشه باعث می‌شود که افراد در انتخاب‌های خود برای سفرهای روز بعد تصمیم‌های مبتنی بر اطلاعات این نقشه اتخاذ نمایند. هدف دوم این مقاله چگونگی توسعه و نقش یادگیری پنهان مسافران در هنگام انجام سفرهای روزانه است. در این مطالعه برای بررسی عوامل تأثیرگذار بر نقشه شناختی و یادگیری پنهان، مطالعات آزمایشگاهی بر روی یک شبکه واقعی در دو حالت ترافیکی در دستور کار قرار می‌گیرد. سپس اطلاعات زمان سفر بصورت کمان-مبنا و مسیر مبنا از ذهن مسافران بازیابی می‌شود. همچنین برای بخش یادگیری پنهان، مسافران زمان سفری را برای برخی از کمان‌ها که تا بحال انتخاب نکرده‌اند، حدس می‌زنند. در ادامه فرضیه‌هایی در مورد چگونگی شکل‌گیری نقشه شناختی و یادگیری پنهان در افراد مطرح شده و برای بررسی صحت‌وسقم آنها، شاخص‌های ارزیابی مناسبی تعریف می‌شود. استنباط آماری فرضیه‌های آزمایش نشان می‌دهد عوامل میزان پراکندگی زمان سفر در بین کمان‌های شبکه ترابری، تعداد سفرها، تجربه رانندگی مسافر در شبکه‌های دیگر، میزان درجه خوش-بینی/بدبینی مسافر، و وجود چراغ‌های راهنمایی در سطح شبکه به‌طور معنی‌داری بر روی نقشه شناختی شبکه حمل‌ونقل و یادگیری پنهان مسافران تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تقاضای روز-به-روز، نقشه شناختی، یادگیری پنهان، روان‌شناسی تجربی، ادراک و دریافت، برنامه‌ریزی حمل-ونقل

۱. مقدمه

مسافران با تجمع اطلاعات و تجربه‌های کسب‌شده از سفرهای قبلی در حافظه خود و با پردازش ذهنی آن‌ها، برای تصمیم‌های خود در سفرهای روزهای بعد، مانند انتخاب زمان شروع سفر، انتخاب مد سفر یا انتخاب مسیر، استفاده می‌کنند. مدل‌سازی رفتار دینامیک روز-به-روز مسافران و بررسی چگونگی واکنش‌های آن‌ها به اطلاعات دریافت شده از سفرهای انجام‌شده، یکی از مطالعات ضروری برای ارتقای کیفیت سرویس‌دهی مسافران است. بدون در اختیار داشتن ابزار مدل-سازی رفتار دینامیک روز-به-روز مسافران، ره‌گیری روز-به-روز تغییر در عملکرد مسافران و واکنش‌های آن‌ها به این تغییر، برای تحلیل‌گر شبکه حمل و نقل آشکار نخواهد بود. به‌منظور فهم چگونگی کسب اطلاعات از سفرهای قبلی توسط مسافر و چگونگی پردازش و کاربست آن برای سفرهای آینده، مطالعه ویژگی‌های رفتاری-ذهنی مسافران ضروری است. یکی از این ویژگی‌ها، یادگیری و نحوه شکل‌گیری نقشه زمانی شبکه در ذهن مسافران در طی انجام سفرهای روز-به-روز است.

تاکنون، یادگیری مسافران در سفرهای روز-به-روز با روش‌های مختلفی توسط محققان مدل‌سازی شده است. مدل به‌روزرسانی Bayesian برای به‌روز کردن ادراک زمان سفر توسط مسافران در فرآیند روز-به-روز در حضور سیستم‌های اطلاع‌رسانی پیشرفته مسافران و در کنار تجربیات کسب‌شده ارائه شده است[Jha, Madanat and Peeta,1998]. در همین راستا یک مدل استنتاج آماری Bayesian برای مدل-سازی فرآیند یادگیری مسافران با استفاده از روش ابتکاری ایجاد شده است[Chen and Mahmassani, 2004]. یکی دیگر از مدل‌های به‌کاربرده شده، الگوریتم یادگیری تقویتی است که توسط اتما ارائه شده است[Ettema et al. 2005]. روش یادگیری تقویتی نیز توسط تعداد دیگری از محققان نیز به کار گرفته شده است. [Arentze and Nakayama, Kitamura and Fujii,1999 , Nakayama, Kitamura and Fujii, 2001]. در اغلب این تحقیقات، زمان سفر به عنوان بخشی از فرآیند یادگیری، از طریق یک مدل ریاضی با توجه به سفرهای قبلی توصیف می-شود.

موشکافی علم روان‌شناسی ذهن و یادگیری و عوامل دخیل در آن‌ها، منجر به فهم قابلیت‌های ذهن افراد در مورد اکتساب و تداعی تجربه‌های آموخته‌شده خواهد شد و این موضوع می-تواند رفتار مسافران را در مدل سفرهای روز-به-روز روشن نماید. ایده اصلی این پژوهش آن است که که مسافران چگونه اطلاعات کسب‌شده در مورد یک سفر، از ابتدا تا انتها، را در ذهن خود ثبت می‌کنند و چالش بعدی اینکه چگونه آن‌ها از تصویر ذهنی شکل‌گرفته بر پایه این اطلاعات، برای انجام سفرهای بعدی استفاده می‌کنند. دو مقوله فوق به ترتیب، (۱) نقشه شناختی شبکه حمل‌ونقل و (۲) یادگیری پنهان مسافران نام دارند. در ابتدا لازم است مفهوم هریک از این دو عبارت بطور دقیق روشن شود.

۱-۱ مفهوم نقشه شناختی

مفهوم نقشه شناختی در علم روان‌شناسی توسط تولمن ارائه شده است[Tolman,1948]. او چند موش را انتخاب کرد و آن‌ها را به دو دسته تقسیم نمود. یک دسته از موش‌ها (دسته ۱) را در قفس نگه داشته و دسته دیگر (دسته ۲) را در یک پازل بدون هیچ‌گونه هدفی، مانند غذا، رها کرد تا به‌طور آزادانه در آن بچرخند. او مشاهده نمود زمانی که موش‌ها در داخل پازل، حتی اگر هدف خاصی مانند یافتن غذا یا محل خروج نداشته باشند، حرکت می‌کنند، شکل کلی و انتزاعی از مسیرهای پازل در ذهن آن‌ها تصویر می‌شود و این امر باعث می‌شود که اگر آن‌ها حتی از مبادی متفاوت در داخل پازل نیز شروع به حرکت کنند، سریع‌تر از موش‌های بی‌تجربه به هدف برسند چون نقشه شناختی در ذهن آن‌ها شکل گرفته است. در آزمایش دیگر، او برخی از مسیرهای اصلی را که عمدتاً توسط موش‌ها انتخاب می‌شد، مسدود کرد و در این حالت نیز مشاهده کرد که موش‌هایی که تجربه آزاد گشتن در پازل را دارند (دسته ۲) با انتخاب مسیرهای جایگزین، سریع‌تر می‌توانند به مقصد (نقطه وجود غذا) برسند. بر پایه این آزمایش، او عبارت نقشه

شناختی را که در حقیقت معرف درونی و روان‌شناختی تصویر مکانی جهان بیرون است، به کار برد.

۱-۲ مفهوم یادگیری پنهان

ثبت وقایع و حافظه بشری به سه عامل مهم بستگی دارد: مجاورت، تکرار و تشابه رخداد [Gluck, Mercado and Myers, 2007]. عامل اول، مجاورت یا نزدیکی در زمان و مکان است. وقایع تجربه‌شده در زمان و مکان یکسان تمایل به همبسته شدن بهتر دارند. به‌عنوان‌مثال تداعی مشخصات ترابری و طرح هندسی یک معبر ترافیکی که در آن تجربه تصادفی را داشته‌ایم، راحت‌تر صورت می‌گیرد. عامل دوم تکرار است. بدیهی است که هرچه تعداد تکرار یک رخداد مشخص بیشتر باشد آن رخداد بهتر در حافظه ثبت می‌شود. تعداد سفرهای کاری یک فرد که به‌طور روزانه از یک مبدأ مشخص (خانه) به یک مقصد مشخص (محل کار) صورت می‌گیرد باعث می‌شود که فرد زمان سفر مسیر انتخابی خود را به‌راحتی تخمین زده و بر اساس آن یک زمان شروع سفر (زمان ترک منزل) دقیق برای خود انتخاب کند. عامل سوم یعنی تشابه هم به این واقعیت اشاره دارد که اگر دو واقعه به هم دیگر شبیه باشند، اندیشه یا احساس یکی از آن‌ها، تداعی واقعه دیگری را در پی خواهد داشت. تجربه سفر در کریدورهایی که ازنظر جریان ترافیکی شبیه یکدیگرند یا انتخاب وسیله نقلیه مشابه در کریدورهای مختلف نمونه‌هایی از مسئله تشابه هستند.

حافظه‌هایی که عمدتاً به ثبت وقایع و تجربیات گذشته می‌پردازند عبارت‌اند از: حافظه ضمنی و حافظه معنایی [Gluck, Mercado and Myers, 2007]. حافظه ضمنی، حافظه‌ای است برای وقایع شخصی منحصربه‌فرد. یک خاطره ضمنی که در حافظه ضمنی ثبت می‌شود شامل اطلاعات مکانی و زمانی در رابطه با موضوع رخداده است؛ یعنی واقعه کجا و کی اتفاق افتاده است [Craik and Tulving, 1975 , Tulving and Markowitsch,1998]. خاطره دیر رسیدن به مقصد موردنظر در یک سفر کاری مهم به علت انسداد یک معبر ترافیکی در اثر تصادف، نمونه‌ای از این نوع خاطره‌ها است. نوع دیگر حافظه، حافظه معنایی است. حافظه معنایی حافظه‌ای است برای حقایق یا دانش‌های کلی در مورد جهان. برخلاف حافظه ضمنی، حافظه معنایی بر اساس زمان و مکان رخداد شکل نمی‌گیرد. به‌عنوان‌مثال داشتن اطلاعاتی در مورد معبرهای دارای باند HOV در شبکه ترابری، مستلزم دانستن مکان و زمان اکتساب آن اطلاعات نیست. در حقیقت، حافظه ضمنی به آن دسته از اطلاعات اشاره دارد که ما «به خاطر می‌آوریم» و حافظه معنایی اطلاعاتی را دربر می‌گیرد که «ما می‌دانیم» [Tulving,1985Tulving, 1972 ,]. در اینجا این سؤال پیش می‌آید که آیا این حافظه‌ها فقط به ثبت وقایعی می‌پردازند که ما آگاهانه آن‌ها را درک و تجربه می‌کنیم یا یادگیری ما در شرایط ناخودآگاهی هم اتفاق می‌افتد. به‌عبارت‌دیگر، آیا یادگیری فقط زمانی اتفاق می‌افتد که ما مستقیماً پاسخی را آگاهانه از هر واکنش دریافت می‌کنیم. تولمن با مشاهده نتایج آزمایش‌های خود ملاحظه کرد که موش‌هایی که نقشه شناختی راهروهای تودرتو را ناخودآگاهانه در ذهن سپرده‌اند، در جستجوهای بعدی آن را تداعی می‌کنند، هرچند که مبدأ و مقصد (هدفی مانند غذا) با دفعات قبل یکی نباشد. او این مسئله را یادگیری پنهان نامید. این مسئله به این معنی است که امر یادگیری حتی در مواقعی که رسیدن به هدف مشخص یا اجتناب از امری مشخص وجود نداشته باشد، نیز اتفاق می‌افتد. یعنی در خیلی از مواقع، انسان‌ها و حیوانات بدون اینکه هدف خاصی برای تجربه یک واقعه را داشته باشند، حافظه بسیاری از وقایع را به‌صورت ناخودآگاه ثبت می‌کند [Gluck, Mercado and Myers, 2007].

از تحقیقاتی که از مفهوم نقشه شناختی در زمینه حمل‌ونقل استفاده کرده‌اند، می‌توان به مدل ابتکاری ایجادشده توسط مانلی جهت انتخاب مسیر در مناطق شهری [Manley, Orr and Cheng, 2015] ، استفاده از سیستم راهبری درون وسیله برای رانندگان مسن در کار [Emmerson et al. 2013] و همچنین مدل انتخاب مسیر روز-به-روز در کار [Kim and Lim, 2012] اشاره کرد. تأثیر جنسیت بر روی میزان اثرگذاری سیستم‌های راهبری مسافران [Lin and Chen, 2013]، مدل‌سازی تقاضای فعالیت-مبنا [Malayath and Verma,2013]، طریقه پرداخت کرایه وسایل نقلیه عمومی [2015 Di Pietro et al.] و مدل‌سازی میزان آشنایی رانندگان جهت تولید مسیرهای راهبری [Ramachandran et al. 2013] از دیگر مواردی است که از مفهوم نقشه شناختی در علم حمل‌ونقل مورداستفاده قرار گرفته است.

همچنین برنامه‌ریزی برای سفر با مد حمل‌ونقل عمومی ناآشنا در کار[Schmitt, Currie and Delbosc, 2015] ، ارزیابی ارتقای زیرساخت‌های حمل‌ونقل در شرایط عدم قطعیت در کار [Shiau,2014] و نهایتاً یادگیری کامپیوتر- مبنای رانندگان در کار[Weiss et al.,2013] از مهم‌ترین موارد مربوط به کاربرد نقشه شناختی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است.

موضوع بسیاری از کارهای صورت گرفته، توجه به ویژگیهای رفتاری مسافران، بررسی عملکرد آن‌ها در سفرهای قبلی و ایجاد یک رابطه ریاضی برای یادگیری آن‌ها بوده است. بااین‌وجود، اینکه چگونه یک تصویر کلی از کلیه مسیرها و تقاطع‌ها در هر مجموعه سفر در حافظه مسافران شکل می‌گیرد، موضوعی است که تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین استفاده از این تصویر ذهنی که تمامی اطلاعات کسب‌شده در مورد اجزای سفر را در حافظه مسافر گردآوری می‌کند، موضوع دیگری است که بررسی آن ضروری به نظر می‌رسد.

بنابراین هدف این مقاله، با تکیه بر مطالعات روان‌شناسی مربوط به نقشه شناختی و یادگیری پنهان، پاسخ به دو سؤال مهم است: (۱) چگونه مسافران تصویر کلی تجربیات آموخته‌شده در مورد زمان سفر کمان‌های یک شبکه را درک می‌کنند؟ به‌بیان‌دیگر آیا نقشه شناختی در مورد تجربه‌های مسافران در یک شبکه ترابری نیز وجود دارد یا خیر؟ (۲) افراد چگونه می‌توانند آموخته‌های خود را از زمان سفر مسیرهای تجربه‌شده در یک شبکه ترابری به سایر مسیرهای مشابه یا موازی تعمیم دهند. سؤال دوم به این موضوع می‌پردازد که آیا مسافران می‌توانند در مورد مشخصات ترافیکی بخش‌هایی از یک شبکه ترابری که تجربه سفر در آن را ندارند با توجه به تجربیاتی که از سفر کردن در معابر مجاور بخش‌های ذکرشده دارند قضاوت‌هایی را انجام دهند.

ساختار مقاله به این صورت است که در بخش۲ نحوه انجام آزمایش و بازیابی داده‌ها بر روی شبکه منتخب تشریح می‌شود. در بخش۳ فرضیه‌هایی برای نقشه شناختی و یادگیری پنهان مسافران مطرح می‌شود. بررسی صحت‌وسقم این فرضیه-ها با استفاده از آزمون آماری ونیز تفسیر نتایج بدست آمده در بخش٤ مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان، نتیجه‌گیری در بخش۵ ارائه می‌شود.

۲.طرح آزمایش و اخذ داده‌ها

برای بررسی چگونگی شکل‌گیری نقشه شناختی و یادگیری پنهان مسافران و عوامل مؤثر بر آن‌ها، مطالعات آزمایشگاهی بر روی گروهی از افراد و با طرح آزمایش جداگانه‌ای برای هریک به شرح زیر اجرا گردید.

۲-۱ شرکت‌کنندگان

برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، از دانشجویان دانشگاه تهران که عمدتاً از مقطع کارشناسی رشته مهندسی عمران بودند، استفاده شد. مدت‌زمان آزمایش هر یک از افراد به‌طور متوسط پنج ساعت طول کشید و کل زمان جمع‌آوری داده‌ها حدود یک ماه (خرداد ماه ۱۳۹٤) به طول انجامید. در جدول۱ مشخصات کلی افراد آزمایش‌شونده ارائه شده است.

جدول۱. مشخصات کلی افراد آزمایش‌شونده

مشخصات کلی افراد شرکت‌کننده در آزمایش				
۱	**تعداد :**	۹۰ نفر		
۲	**سن(سال) :**	کمترین: ۲۰	بیشترین: ۲۸	میانگین: ۲۲/۷۱ انحراف معیار:۱/۳۹
۳	**جنسیت :**	مرد: ۷۰ نفر – ٪۷۷		زن: ۲۰ نفر – ٪۲۳
٤	**وضعیت تأهل :**	مجرد: ۸٤ نفر – ٪۹۳		متأهل: ٦ نفر – ٪۷
۵	**رشته تحصیلی :**	مهندسی عمران: ۸٤ نفر – ٪۹۳		
		سایر رشته‌ها (مهندسی معدن، ژئوفیزیک، تربیت‌بدنی، جغرافیا، الهیات): ٦ نفر – ٪۷		
٦	**مقطع تحصیلی :**	کارشناسی: ۷۷ نفر – ٪۸۵/۵		کارشناسی ارشد: ۱۳ نفر – ٪۱٤/۵

۷	**دانشگاه محل تحصیل :**	دانشگاه تهران: ۹۰ نفر – ۱۰۰٪
۸	**تجربه رانندگی :**	تعداد افراد دارای گواهینامه رانندگی: ۷۹ نفر – ۸۸٪
		تعداد افراد فاقد گواهینامه رانندگی: ۱۱ نفر – ۱۲٪
		تجربه رانندگی در بین افراد دارای گواهینامه (سال):
		کمترین: ۱ بیشترین: ۸ میانگین: ۳/۸٦ انحراف معیار: ۱/۵۸
۹	**بیماری کوری رنگ**	هیچ‌یک از افراد شرکت‌کننده به این بیماری مبتلا نبودند

۲-۲ سنجش‌های اولیه

۲-۲-۱ آزمایش کوری رنگ

به دلیل اینکه طریقه بازیابی اطلاعات از ذهن افراد به‌صورت رنگ و طیف رنگی است، لذا وجود بیماری‌های مربوط به تشخیص رنگ ازجمله کوری رنگ باعث ایجاد خطا در نتایج آزمایش می‌گردد. بر همین اساس، قبل از شروع آزمایش افراد با آزمایش‌های مربوط به تشخیص کوری رنگ تست می‌شوند [Ishihara,1972].

۲-۲-۲ سنجش میزان خوش‌بینی

برای بررسی میزان دخالت درجه خوش‌بینی افراد در این آزمایش، آزمونی شامل ٤٨ سؤال برای تعیین میزان خوش‌بینی آن‌ها صورت می‌گیرد. این عمل توسط پاسخ‌گویی افراد به سؤالات روان‌شناختی مثبت‌گرا که توسط سلیگمن طراحی شده است، انجام می‌شود [Seligman, 2011]. با توجه به امتیازات کسب‌شده در این آزمون، سطح خوش‌بینی افراد به شکل زیر تعیین می‌گردد:

– اگر امتیاز به‌دست‌آمده بیشتر از ۵ باشد، فرد خوش‌بین است،
– اگر امتیاز به‌دست‌آمده بین ۳ تا ۵ باشد، فرد معمولی است،
– اگر امتیاز به‌دست‌آمده کمتر از ۳ باشد، فرد بدبین است.

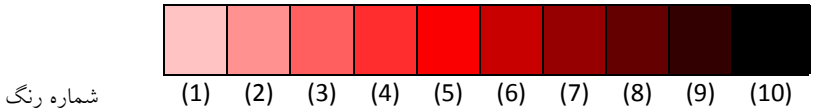
۲-۳ دستگاه طراحی‌شده برای آزمایش

شبکه ترافیکی مورداستفاده برای آزمایش، شبکه منطقه ۱۳ شهر تهران است که شامل ٤٢ گره و ٦٧ کمان است (شکل۱). قبل از شروع آزمایش به افراد آزمایش‌شونده گفته می‌شود که شبکه در حالت متراکم است. لذا ممکن است یک کمان با طول کوتاه‌تر با توجه به حجم ترافیک زیاد، زمان سفر بیشتری از کمان‌های بلندتر داشته باشد. تمامی کمان‌ها در هر دو شبکه، زمان سفری بین ۱ تا ۱۰ دقیقه دارند. هرکدام از این شبکه‌ها شامل کوتاه‌ترین مسیری است که در آن تمامی کمان‌ها، زمان سفری برابر ۱ دقیقه دارند. تمامی کمان‌ها در شبکه ترافیکی دوطرفه هستند و تقاطع‌ها به‌غیراز آن‌هایی که دارای چراغ هستند، بدون زمان تأخیر هستند. در مورد چراغ‌های راهنمایی (گره‌های ۱۱، ۲۹، ۳۳ و ۳۵)، تمامی آن‌ها به شکل پیش‌فرض قرمز هستند. یعنی افراد هنگامی‌که به آن‌ها می‌رسند، فاز قرمز آن‌ها شروع می‌شود. هر یک از چراغ‌ها سیکل ثابت و از پیش تعیین‌شده دارند که از افراد می‌خواهیم زمان تأخیر تجربه‌شده در هر چراغ را به زمان سفر کمان انتخاب‌شده بعد از آن گره اختصاص دهند. به‌عنوان‌مثال فرض کنید مطابق شکل۱ فردی از گره ۳۳ به گره ۳۷ سفر کند و زمان سفر ۵ دقیقه را در این کمان و همین‌طور زمان تأخیر ۱۲۰ ثانیه را در گره ۳۳ تجربه کند. اگر فرض کنیم قضاوت ذهنی او با زمان سفرش بی‌نقص باشد، زمان سفر او برای کمان ۳۳ به ۳۷ برابر ۷ دقیقه اعلام می‌شود.

قبل از انجام آزمایش، طی یک فیلم آموزشی ۱۰ دقیقه‌ای، نحوه انجام آزمایش و چگونگی انجام آن برای آزمایش‌شوندگان تشریح می‌شود تا ابهام و سؤالی برای آن‌ها باقی نماند. همین‌طور فردی که متخصص طرح آزمایش‌ها بوده است طریقه انجام آزمایش را تشریح می‌کند و به سؤالات احتمالی شرکت‌کنندگان در آزمایش پاسخ می‌دهد.

شکل۱. شبکه مورداستفاده برای آزمایش (منطقه ۱۳ تهران)

مسیر شلوغ و تراکم ترافیکی شدید **مسیر خلوت و زمان سفر آزاد**



شکل۲. طیف رنگی به‌کاررفته برای تداعی زمان سفرها در آزمایش اول

۲-٤ طرح آزمایش نقشه شناختی

در این آزمایش از افراد آزمایش‌شونده خواسته می‌شود که در شبکه نشان داده‌شده در شکل۱ از نقطه شروع (گره ۱) به نقطه پایان (گره ۲۳) به تعداد مشخص سفر کنند. در طول آزمایش، افراد پلان کل شبکه را مشاهده می‌کنند، ولی اطلاعاتی در مورد شلوغی معابر و زمان سفر در کمان‌های این شبکه در ابتدای کار ندارند. در این سفر، افراد گره‌ها را یکی پس از دیگری انتخاب کرده تا به مقصد برسند. آن‌ها در هر گره که قرار دارند مجاز هستند یکی از کمان‌های متصل به آن گره را انتخاب کنند؛ به عبارت دیگر آن‌ها مجاز به انتخاب کمان‌ها و گره‌های تکراری (کمان‌ها و گره‌هایی که در سفرهایی قبلی انتخاب شده است) در هر بار سفر جدید نیستند. منتها در برخی موارد که آن‌ها گزینه دیگری غیر از کمان‌ها و گره‌های تکراری برای انتخاب ندارند، مجاز به انتخاب زیرمجموعه‌ای از گره(های) تکراری هستند که لااقل یکی از کمان‌های متصل به آن(ها) قبلاً انتخاب نشده باشد. بعد از انجام سفر در هر کمان، افراد زمان سفری را در آن کمان تجربه می‌کنند. دلیل وادار کردن افراد به انتخاب کمان‌های غیر تکراری و درنتیجه مسیرهای مختلف آن است که هدف این پژوهش، ایجاد دامنه وسیع‌تری از تجربیات برای جستجو در عوامل مؤثر بر یادگیری زمان سفر مسافران است و نه مدل‌سازی فرآیند انتخاب مسیر مسافران. به این ترتیب افراد برای سفر در شبکه از گره مبدأ به گره مقصد، کمان‌های مختلفی از شبکه را می‌پیمایند، زمان سفر آن‌ها را تجربه می‌کنند و آن زمان سفرها را به خاطر می‌سپارند.

شبکه در دو حالت ترافیکی مورد آزمایش قرار می‌گیرد: در حالت اول ($p = 1$) مجموعه معابر (کمان‌های) متصل به هر تقاطع (گره) دارای پراکندگی (واریانس) زمان سفر کم است. کمان‌های متصل به هر گره در این حالت از شبکه، به میزان کمتری با یکدیگر تفاوت دارند. این شبکه، شبکه۱ نامیده می‌شود. در حالت دوم ($p = 2$) مجموعه معابر متصل به هر تقاطع دارای پراکندگی (واریانس) زمان سفر زیاد است. یعنی کمان‌های متصل به هر گره در این حالت به‌صورت فاحشی ازنظر زمان سفر با یکدیگر تفاوت دارند. این شبکه، شبکه۲ نامیده می‌شود. به‌عنوان‌مثال در شبکه نشان داده‌شده در شکل۱، در حالت اول ($p = 1$)، کمان ۱۳-۱٤ دارای زمان سفر ۵ دقیقه و کمان ۱۵-۱٤ دارای زمان سفر ٦ دقیقه است. اما در حالت دوم ($p = 2$) زمان سفر این دو کمان به ترتیب برابر ۱۰ دقیقه و ۱ دقیقه است. این زمان سفرها در دو حالت $p = 1$ و $p = 1$ کاملاً از هم مستقل هستند و بر اساس حجم ترافیک مستقل در این دو حالت به‌دست‌آمده‌اند.

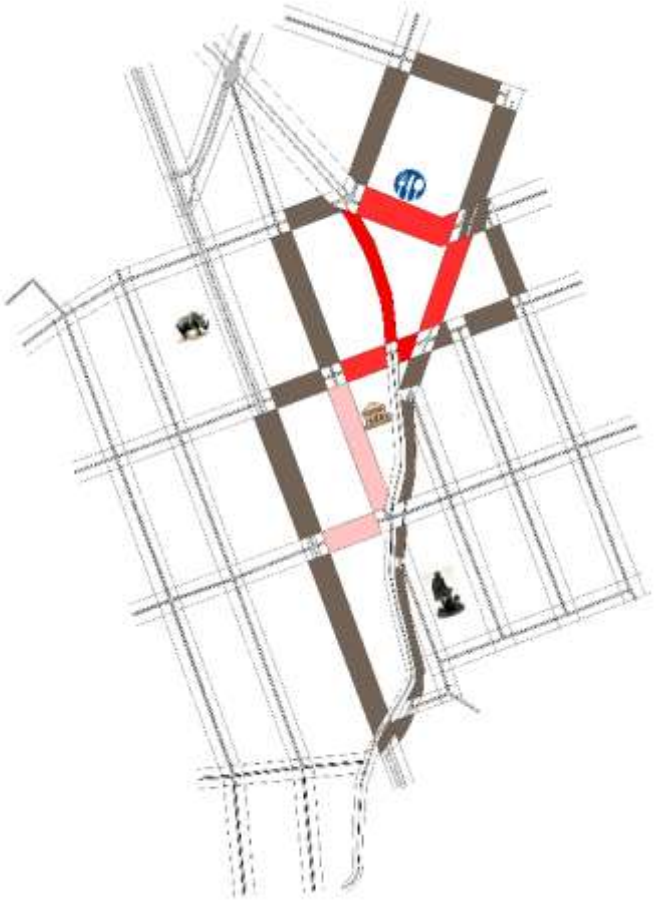
در این آزمایش ۹۰ نفر به سه گروه ۳۰ نفره تقسیم می‌شوند که گروه الف به تعداد دو بار از نقطه مبدأ به نقطه مقصد سفر می‌کنند، گروه ب ٤ بار و گروه ج هم ٦ بار (جدول۲). همچنین افراد آزمایش‌شونده سفرها را برای هر دو حالت شبکه انجام می‌دهند. مثلاً فردی را در نظر بگیرید که در گروه الف قرار دارد. این فرد برای شبکه ۱ دو بار، طبق ضوابطی که ذکر شد، از نقطه شروع به نقطه پایان می‌رود. سپس در شبکه ۲ (با زمان سفرهای متفاوت در این حالت) مجدداً این بار هم به تعداد دو بار از نقطه شروع به نقطه پایان سفر می‌کند. نصف تعداد افراد آزمایش‌شونده آزمایش را با یکی از شبکه‌ها آغاز می‌کند و سپس با شبکه دیگر آزمایش می‌شود و بقیه افراد عکس این کار را انجام می‌دهند.

پس از اتمام کل سفرهای یک فرد در هریک از شبکه‌ها از وی خواسته می‌شود که زمان سفرهای تجربه‌شده را به شکل یک طیف رنگی تداعی کند، چرا که که تجربه‌های یک فرد در مورد زمان سفر کمان‌های شبکه ترابری به‌صورت انتزاعی است و افراد وقتی‌که می‌خواهند زمان سفر کمانی را تداعی کنند احساس خود را از آن بیان می‌کنند نه اینکه زمان سفر دقیق آن را به خاطر بیاورند. شکل۲ این طیف رنگی را بر اساس زمان سفر کمان‌های موجود در شبکه نشان می‌دهد. با این‌حال در مورد طیف رنگی، زمان سفر مشخصی به افراد ارائه نشد.

همانطور که ملاحظه می‌شود رنگ‌های تیره‌تر نشانگر زمان سفرهای بیشتر و رنگ‌های روشن‌تر نشانگر زمان سفرهای کمتر است. یعنی روشن‌ترین رنگ، مربوط به زمان سفر برابر ۱ دقیقه و تیره‌ترین رنگ، مربوط به زمان سفر برابر ۱۰ دقیقه است. این دو مقادیر کرانی را پاسخ‌دهنده ممکن است به‌هیچ‌عنوان تجربه ننماید. ازآنجاکه بر اساس نظریه کانمن انسان‌ها در انتخاب‌های خود به مقادیر نسبی به‌جای مقادیر منفرد قطعی توجه دارند[Tversky and Kahneman,1981]، بنابراین آنچه برای ما مهم است این است که افراد بر اساس خصوصیات رفتاری و شاخص‌های خوش‌بینی و بدبینی خود چه نقشه نسبی از زمان سفر شبکه را به وجود می‌آورند.

۲-۵ طرح آزمایش یادگیری پنهان

زمانی که بخش استخراج اطلاعات نقشه شناختی آزمایش به پایان رسید، از افراد آزمایش‌شونده خواسته شد تا زمان سفری را برای برخی از کمان‌هایی که تا بحال در هیچ‌کدام از تکرارهای آزمایش انتخاب نکرده‌اند، حدس زده و رنگی را به‌عنوان زمان سفر به آن اختصاص دهند. به آزمایش‌شوندگان گفته می‌شود که هیچ‌گونه اجبار و محدودیتی برای حدس زمان سفر کمان‌ها وجود ندارد ولی در عین حال این حدس را با توجه به سابقه عبور و مرور در شبکه حمل‌ونقل و تجربه‌های کسب‌شده از سایر کمان‌ها در این آزمایش و تا جایی که حدس آن‌ها از استدلال خارج نشده و به شکل تصادفی و شانسی تبدیل نشده است، انجام دهند. تجربه ما در این آزمایش نشان داد که افراد معمولاً زمان سفر کمان‌هایی را حدس می‌زنند که به کمان‌های تجربه‌شده نزدیک است. در شکل٤ نمونه‌ای از پاسخ‌دهی افراد در مورد برخی از کمان‌های تجربه نشده نشان داده شده است.



شکل٤. نمونه‌ای از حدس افراد در مورد زمان سفرهای تجربه نشده (کمان‌های به رنگ خاکستری مسیرهای پیموده شده را نشان می‌دهند)

جدول۲. آزمایش‌های انجام‌شده توسط گروه‌های مختلف شرکت‌کنندگان

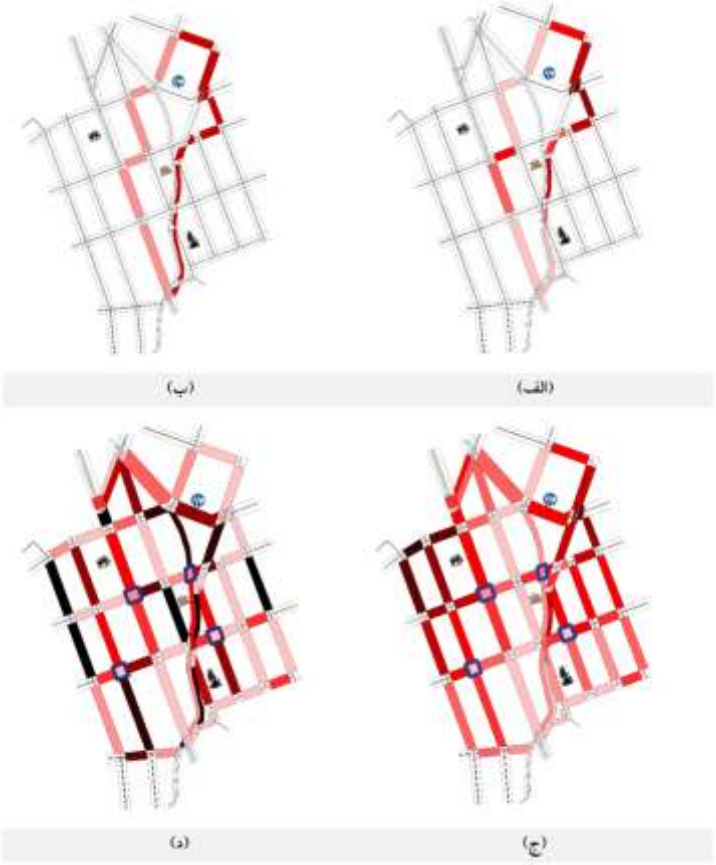
گروه	تعداد افراد آزمایش‌شونده	تعداد انجام سفر	شبکه ترافیکی آزمایش	آزمایش‌ها
گروه الف	۳۰ نفر	۲ بار	شبکه ۱	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان
			شبکه ۲	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان
گروه ب	۳۰ نفر	٤ بار	شبکه ۱	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان
			شبکه ۲	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان
گروه ج	۳۰ نفر	٦ بار	شبکه ۱	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان
			شبکه ۲	نقشه شناختی کمان – مبنا
				نقشه شناختی مسیر – مبنا
				یادگیری پنهان

۲-٦ بازیابی نقشه شناختی کمان-مبنا از ذهن مسافران

نحوه بازیابی اطلاعات زمان سفر تجربه‌شده مسافران چنین است که از آن‌ها می‌خواهیم به هر یک از کمان‌ها بر اساس زمان سفر تجربه شده، به ترتیب از آخرین کمان تجربه‌شده (یعنی آخرین کمان در آخرین مسیر پیموده شده) به سمت نخستین کمان تجربه‌شده (یعنی اولین کمان در اولین سفر)، رنگی را اختصاص دهند. در شکل ۳-الف نمونه‌ای از تداعی زمان سفر از ذهن افراد آزمایش‌شونده در حالتی‌که ۲ سفر را انجام می‌دهند (گروه الف) و در شکل‌های۳-ج و ۳-د نیز تصویر زمان سفرهای واقعی (و نه ذهنی) به ترتیب برای شبکه‌های اول $(p = 1)$ و دوم $(p = 2)$ ارائه شده است. در این شکل‌ها، محل چراغ‌های راهنمایی با حاشیه آبی مشخص شده است. با توجه به جهت حرکت فرد در شبکه، از وی خواسته می‌شود میزان تأخیر این چراغ‌ها را به زمان سفر کمان‌های بعد از چراغ اضافه کند.

۲-۷ بازیابی نقشه شناختی مسیر-مبنا از ذهن مسافران

از افراد پس‌ازاینکه زمان سفرهای تجربه‌شده را تداعی نمودند و نقشه ذهنی آن‌ها اتخاذ گردید، خواسته می‌شود که این بار به مسیرهایی که انتخاب کرده‌اند (نه کمان‌ها) رنگی را اختصاص دهند. یعنی از آن‌ها خواسته می‌شود که احساس خود را نسبت به زمان سفر (شلوغی) کل مسیری که در یک‌بار سفر کردن از نقطه شروع به نقطه پایان تجربه کرده‌اند بیان کنند. افراد آزمایش‌شونده معمولاً با میانگین‌گیری ذهنی بر روی زمان سفر کمان‌های واقع در هر مسیر، رنگی را به آن مسیر نسبت می-دهند. نمونه‌ای از این عمل در شکل۳-ب نشان داده شده است.



شکل ۳. (الف) نمونه‌ای از تداعی زمان سفر (زمان سفر ادراک‌شده) توسط مسافر برای حالتی که ۲ سفر را انجام می‌دهد. (ب) نمونه‌ای از اختصاص رنگ به مسیرهای پیموده شده (و نه به کمان‌های پیموده شده) توسط مسافر. (ج) تصویر کامل و صحیح رنگ‌های متناسب با زمان سفرهای واقعی (و نه ذهنی) برای شبکه اول $(p = 1)$. (د) تصویر کامل و صحیح رنگ‌های متناسب با زمان سفرهای واقعی (و نه ذهنی) برای شبکه دوم $(p = 2)$

۳. ارائه فرضیه‌ها و شاخص‌های ارزیابی

۳-۱ فرضیه‌های نقشه شناختی

همانطور که بیان گردید، زمانیکه شخص در شبکه‌ای مسافرت می‌کند، میزان شلوغی معابر در حافظه معنایی او به‌صورت یک تصویر انتزاعی و ذهنی نقش می‌بندد. این امر سبب می‌شود تا فرد در سفرهای بعدی، انتخاب‌های سفر خود را بر اساس آن تصویر ذهنی بهینه کند. در اینجا فرضیه‌هایی در مورد چگونگی شکل‌گیری این تصویر ذهنی یا همان نقشه شناختی در افراد مطرح شده سپس صحت‌وسقم آن‌ها را بررسی خواهیم کرد:

فرضیه ۱: یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.

فرضیه ۲: یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی نقشه شناختی مسیر–مبنا تأثیرگذار است.

فرضیه ۳: نقشه شناختی کمان–مبنا متفاوت از نقشه شناختی مسیر–مبنا است. به بیان واضح‌تر، نقشه شناختی در افراد بر اساس کمان‌های مجزا بهتر شکل می‌گیرد تا مسیرهای پیوسته.

فرضیه ٤: تعداد کمان‌های تجربه‌شده (تعداد انجام سفر) در شبکه، بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.

فرضیه ۵: تجربه رانندگی افراد (در شبکه‌های حمل‌ونقل دیگر) بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.

فرضیه ٦: وجود علائم خاص (مانند مکان‌های مهم، مجسمه‌ها و...) بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.

فرضیه ۷: میزان درجه خوش‌بینی افراد بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.

۳-۲ فرضیه‌های یادگیری پنهان

هدف از انجام این بخش از آزمایش، سنجش یادگیری پنهان مسافران است که در تعامل با حافظه معنایی افراد است. اینکه افراد آزمایش‌شونده با تجارب کسب شده در طول سفرهای گذشته خود تا چه اندازه می‌توانند آن را به سایر نقاط شبکه تعمیم دهند یا به‌عبارت‌دیگر چگونه می‌توانند حتی برای آن کمان‌هایی که از آن‌ها تجربه‌ای ندارند با یادگیری پنهان خود گمانی داشته باشد، در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش جستجوی صحت فرضیه‌های زیر برای ما حائز اهمیت است:

فرضیه ۸: یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی دقت و کیفیت یادگیری پنهان تأثیرگذار است.

فرضیه ۹: تعداد کمان‌های تجربه‌شده (تعداد انجام سفر) در شبکه، بر روی حدس صحیح و تعداد حدس‌های یک فرد (یادگیری پنهان) تأثیرگذار است.

فرضیه ۱۰: تجربه رانندگی افراد (در شبکه‌های حمل‌ونقل دیگر) بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است.

فرضیه ۱۱: وجود چراغ‌های راهنمایی بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است (به بیان واضح‌تر، عوامل ناخوشایند سفر به زمان سفر کمان‌های مجاور آن تعمیم داده می‌شود).

فرضیه ۱۲: میزان درجه خوش‌بینی افراد بر روی کیفیت حدس زمان سفرها و یادگیری پنهان تأثیرگذار است.

۳-۳ تعریف شاخص‌های ارزیابی فرضیه‌ها

برای بررسی صحت‌وسقم فرضیه‌های آزمایش (فرضیه‌های ۱ تا ۱۲)، لازم است که شاخصی برای هرکدام از متغیرها تعریف شود. از آنجایی‌که شبکه مورد بررسی در دو حالت ترافیکی با توجه به پراکندگی زمان سفر کمان‌های متصل به هر گره مورد بررسی قرار گرفته است ابتدا شاخص پراکندگی زمان سفر را به صورت زیر تعریف کنیم:

$$K^p = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} k_n^p \qquad (1)$$

بطوریکه: $$k_n^p = \frac{1}{m_n}\sum_{i,j\in M_n} \left|t_i^p - t_j^p\right| \ ;$$

در رابطه فوق داریم:

K^p : شاخص پراکندگی زمان سفر برای کل شبکه در حالت p شبکه،

p : حالت شبکه $\mathrm{p} = 1\ or\ 2$ (الگوی جریان ترافیک و زمان سفر در حالت اول (زمان سفر یکنواخت) و دوم(زمان سفر پراکنده))،

k_n^p : میانگین اختلاف دوبه‌دوی زمان سفر کمان‌های متصل به گره n در حالت p شبکه،

m_n : تعداد کمان‌های متصل به گره n،

$\mathrm{M_n}$: مجموعه کمان‌های متصل به گره n،

n : شماره گره،

$\mathrm{t_i^p}$ و $\mathrm{t_j^p}$: زمان سفر کمان i و کمان j در حالت p شبکه، و

N : تعداد کل گره‌ها.

در رابطه فوق واضح است که هر چه زمان سفر کمان‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، مقدار پراکندگی زمان سفرها از یکدیگر کمتر بوده و درنتیجه k_n^p مقدار کمتری را خواهد داشت. بنابراین کمتر بودن مقدار k_n^p نشانگر یکنواختی نسبی زمان سفر کمان‌های شبکه حول هر گره است. مقدار شاخص پراکندگی K^1 برابر ۱/۵ و K^2 برابر ٤/٤ است. درواقع دریکی از این شبکه‌ها، زمان سفر کمان‌های حول هر گره دارای واریانس کم‌تر و در دیگری دارای واریانس بیشتر و زمان سفر پراکنده‌تر است.

۳-۳-۱ تعریف شاخص ارزیابی دقت تداعی

شاخص زیر برای اندازه‌گیری دقت تداعی زمان سفر هریک از کمان‌های تجربه‌شده توسط افراد در آزمایش نقشه شناختی تعریف می‌شود:

$$TAC_i = \sum_{(k\in L_i^E)} I\left[\left(\hat{t}_k^p - t_k^p\right) > 0\right] - \sum_{(k\in L_i^E)} I\left[\left(\hat{t}_k^p - t_k^p\right) < 0\right] \quad (۲)$$

در رابطه فوق k شاخص کمان، t_k^p زمان واقعی و $\hat{t}_k^p$ زمان تداعی شده برای کمان i در شرایط $p=1$ یا $p=2$ است. L_i^E مجموعه کمان‌های انتخاب‌شده توسط آزمایش‌شونده iام و $I[\cdot]$ یک تابع نمایه است که در شرایط برقراری شرط داخل $[\cdot]$ مقداری برابر یک و در غیر این صورت مقداری برابر صفر دارد؛ تابع نمایه نخست $I[\cdot]$ یعنی $\left(I\left[\left(\hat{t}_i^p - t_i^p\right) > 0\right]\right)$ برابر تعداد کل کمان‌هایی است که آزمایش‌شونده زمان سفر آن را بیشتر از زمان سفر واقعی مربوط به آن کمان‌ها تداعی کرده است. به همین ترتیب تابع نمایه دوم $I[\cdot]$ یعنی $\left(I\left[\left(\hat{t}_i^p - t_i^p\right) < 0\right]\right)$ برابر تعداد کل کمان‌هایی است که آزمایش‌شونده زمان سفر آن را کمتر از زمان سفر واقعی مربوط به آن کمان‌ها تداعی کرده است.

به‌طور مشابه شاخص زیر برای اندازه‌گیری دقت تخمین زمان سفر هریک کمان‌های تجربه نشده توسط افراد در آزمایش یادگیری پنهان تعریف می‌شود:

$$TAL_i = \sum_{(l\in L_i^N)} I\left[\left(\hat{t}_l^p - t_l^p\right) > 0\right] - \sum_{(l\in L_i^N)} I\left[\left(\hat{t}_l^p - t_l^p\right) < 0\right] \quad (۳)$$

پارامترها دقیقاً در بالا تعریف‌شده‌اند و k با l و L_i^E با L_i^N جایگزین شده‌اند.

۳-۳-۲ تعریف شاخص ارزیابی نقشه شناختی کمان-مبنا

برای ارزش‌دهی به نقشه شناختی کمان-مبنای استخراج‌شده هر فرد توسط روش ذکرشده در بخش ۳-۲، شاخص $PRAL_i^p$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود. این شاخص، میانگین اختلاف‌زمان سفر واقعی (و نه ذهنی) کمان‌های تجربه‌شده را از زمان اظهار و تداعی شده (ذهنی) برای آن کمان‌ها توسط فرد در هر یک از شبکه‌ها محاسبه می‌کند:

$$PRAL_i^p = \frac{1}{|L_i^E|}\sum_{L_i^E}\left|t_k^p + \tau_{k,s}^p\delta_{k,s} - \hat{t}_k^p\frac{m_i^p}{10}\right| \quad (۴)$$

که در آن:

i : شاخص آزمایش‌شوندگان $(i=1,\cdots,90)$

k : شاخص کمان

p : شاخص الگوی جریان ترافیک $(p=1, 2)$

$\left|L_i^E\right|$: تعداد اعضای مجموعه L_i^E (یعنی تعداد کمان‌های تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده i در $p=1, 2$)

t_k^p: زمان سفر واقعی کمان k در $p=1, 2$

$\tau_{k,s}^p$: طول فاز قرمز چراغ راهنمایی s که به کمان k که توسط فرد i تجربه شده است.

$\delta_{k,s}$: متغیر ساختگی که برابر است با:

$$\delta_{k,s} = \begin{cases} 1 & \text{اگر چراغ s به کمان k وصل باشد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$\hat{t}_k^p$: زمان سفر تداعی شده برای کمان k در $p=1, 2$

m_i^p: حداکثر زمان سفر تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده i-ام در $\left(m_i^p = \max t_k^p, \forall k \in L_i^E\right)$ $p=1, 2$

در رابطه (٤)، متغیر $\tau_{k,s}^p\delta_{k,s}$ در صورت وجود چراغ راهنمایی در ابتدای کمان‌های انتخاب‌شده توسط فرد، وارد عمل می‌شود. وجود ضریب $\frac{m_i^p}{10}$ به دلیل اشل بندی زمان سفر تجربه‌شده توسط فرد و زمان واقعی در شبکه است. ازآنجایی‌که افراد ممکن است در طول سفرهایشان در شبکه با بیشترین مقدار زمان سفر کمان‌های شبکه که برابر ۱۰ دقیقه است مواجه نشوند و نظر به اینکه افراد به‌طور نسبی و از روی یک طیف رنگی دارای ۱۰ رنگ، کمان‌های شبکه را رنگ‌آمیزی می‌کنند، این ضریب پاسخ آن‌ها را تعدیل می‌کند. نیاز به اعمال ضریبی جهت تعدیل زمان سفر کران پایین شبکه که برابر ۱ دقیقه است، نیست، چراکه تمامی افراد در شروع آزمایش زمان سفر ۱ دقیقه را تجربه می‌کنند. بزرگ‌تر بودن شاخص به‌دست‌آمده نشانگر پایین بودن میزان دقت نقشه شناختی هر فرد است.

۳-۳-۳ تعریف شاخص ارزیابی نقشه شناختی مسیر-مبنا

برای ارزش‌دهی به نقشه شناختی مسیر-مبنای استخراج‌شده هر فرد توسط روش ذکرشده در بخش ۳-۳، شاخص $PRAR_i^p$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود. این شاخص اختلاف متوسط زمان سفر واقعی (و نه ذهنی) کمان‌های مشمول هر یک از مسیرهای تجربه‌شده را از زمان اظهار و تداعی شده (ذهنی) توسط فرد بر روی تمامی مسیرهای تجربه‌شده توسط وی در هر یک از شبکه‌ها میانگین‌گیری می‌کند. سایر توضیحات همانند شاخص قبلی است.

$$PRAR_i^p = \frac{1}{|R_i^E|}\sum_{R_i^E}\left|r_z^p - \hat{r}_z^p\frac{m_i^p}{10}\right| \qquad (۵)$$

بطوریکه : $r_z^p = \frac{1}{|L_i^E|}\sum_{L_i^E}\left(t_k^p + \tau_{k,s}^p\delta_{k,s}\right)$

که در آن:

i : شاخص آزمایش‌شوندگان $(i=1,\cdots,90)$

k : شاخص کمان

z : شاخص مسیر

p : شاخص الگوی جریان ترافیک $(p=1, 2)$

$|L_i^E|$: تعداد اعضای مجموعه L_i^E (یعنی تعداد کمان‌های تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده i در $p=1, 2$)

$|R_i^E|$: تعداد اعضای مجموعه R_i^E (یعنی تعداد مسیرهای تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده i در $p=1, 2$) $= |R_i^E| = 2,4,6$

t_k^p: زمان سفر واقعی کمان k در $p=1, 2$

$\tau_{k,s}^p$: طول فاز قرمز چراغ راهنمایی s که به کمان k که توسط فرد i تجربه شده است.

$\delta_{k,s}$: متغیر ساختگی که برابر است با:

$$\delta_{k,s} = \begin{cases} 1 & \text{اگر چراغ s به کمان k وصل باشد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$\hat{r}_z^p$: زمان سفر تداعی شده برای مسیر z در $p=1, 2$

m_i^p: حداکثر زمان سفر تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده iام در $(m_i^p = \max t_k^p, \forall k \in L_i^E)$ $p=1, 2$

واضح است که بزرگ‌تر بودن شاخص (۵)، نشانگر پایین بودن میزان دقت نقشه شناختی مسیر-مبنای هر فرد است.

۴-۳-۳ تعریف شاخص ارزیابی یادگیری پنهان

برای ارزش‌دهی به کیفیت یادگیری پنهان افراد که توسط روش ذکرشده در بخش ۳-۵ آزمایش می‌شود، شاخص $TTPA_i^p$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود. این شاخص مجموع اختلاف‌زمان سفر واقعی (و نه ذهنی) هر یک از کمان‌های تجربه‌شده را از زمان حدس زده‌شده برای آن کمان‌ها توسط فرد در هر یک از شبکه‌ها محاسبه می‌کند. اگر فرد زمان سفر هر یک از کمان‌ها را به‌صورت کاملاً صحیح حدس زده باشد، امتیاز ۱۰ را برای هرکدام از آن‌ها می‌گیرد و با افزایش میزان اختلاف این امتیاز کسر می‌گردد. بنابراین بزرگ‌تر بودن مقدار شاخص (٦)، نشان‌دهنده صحت بالای حدس‌های زده‌شده و قوی بودن یادگیری پنهان است.

$$TTPA_i^p = \frac{1}{|S_i^E|}\sum_{S_i^E}\left(10 - \left|t_k^p + \tau_{k,s}^p\delta_{k,s} - \hat{s}_k^p\frac{m_i^p}{10}\right|\right) \qquad (۶)$$

که در آن:

i : شاخص آزمایش‌شوندگان $(i=1,\cdots,90)$

k : شاخص کمان

p : شاخص الگوی جریان ترافیک $(p=1, 2)$

S_i^E: مجموعه کمان‌هایی که فرد iام زمان سفر آن‌ها را حدس زده است

t_k^p: زمان سفر واقعی کمان k در $p=1, 2$

$\tau_{k,s}^p$: طول فاز قرمز چراغ راهنمایی s که به کمان k که توسط فرد i تجربه شده است.

$\delta_{k,s}$: متغیر ساختگی که برابر است با

$$\delta_{k,s} = \begin{cases} 1 & \text{اگر چراغ s به کمان k وصل باشد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$\hat{s}_k^p$: زمان سفر حدس زده‌شده برای کمان k در $p=1, 2$

m_i^p: حداکثر زمان سفر تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده iام در $(m_i^p = \max t_k^p, \forall k \in L_i^E)$ $p=1, 2$

۵-۳-۳ تعریف شاخص ارزیابی تأثیر وجود علائم خاص بر روی کیفیت نقشه شناختی کمان-مبنا

به‌منظور بررسی میزان تأثیر وجود علائم خاص (مانند مکان-های مهم و...) در شبکه ترابری بر روی کیفیت نقشه شناختی مسافران، شاخص $\hat{s}_k^p$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود. این شاخص میانگین اختلاف‌زمان سفر واقعی (و نه ذهنی) هر یک از کمان‌های تجربه‌شده را که دارای علائم خاص هستند از زمان سفر تداعی شده (ذهنی) برای آن کمان‌ها توسط فرد در هر یک از شبکه‌ها محاسبه می‌کند.

$$SE_i^p = \frac{1}{|\tilde{L}_i^E|}\sum_{\tilde{L}_i^E}\left|u_k^p + \tau_{k,s}^p\delta_{k,s} - \hat{u}_k^p\frac{m_i^p}{10}\right| \qquad (۷)$$

که در آن:

i : شاخص آزمایش‌شوندگان $(i=1,\cdots,90)$

k : شاخص کمان

p : شاخص الگوی جریان ترافیک $(p=1, 2)$

$\left|\ddot{L}_i^E\right|$: تعداد اعضای مجموعه $\ddot{L}_i^E$ (یعنی تعداد کمان‌های علامت‌دار تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده i در $p=1, 2$)

u_k^p: زمان سفر واقعی کمان علامت‌دار k در $p=1, 2$

$\tau_{k,s}^p$: طول فاز قرمز چراغ راهنمایی s که به کمان علامت‌دار k که توسط فرد i تجربه شده است.

$\delta_{k,s}$: متغیر ساختگی که برابر است با

$$\delta_{k,s}=\begin{cases}1 & \text{اگر چراغ s به کمان k وصل باشد}\\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$

$\hat{u}_k^p$: زمان سفر تداعی شده برای کمان علامت‌دار k در $p=1, 2$

m_i^p: حداکثر زمان سفر تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده iام در $p=1, 2$ $\left(m_i^p=\max t_k^p, \forall k\in L_i^E\right)$

بزرگ‌تر بودن شاخص (۷) نشانگر تأثیر منفی وجود کمان‌های دارای علائم خاص بر روی کیفیت نقشه شناختی کمان‌مبنا است.

۳-۳-٦ تعریف شاخص ارزیابی تأثیر وجود چراغ‌های راهنمایی بر روی کیفیت یادگیری پنهان

به‌منظور بررسی میزان تأثیر وجود چراغ‌های راهنمایی در برخی تقاطع‌ها بر روی کیفیت یادگیری پنهان مسافران، شاخص SIE_i^p به‌صورت زیر تعریف می‌شود. این شاخص مجموع اختلاف‌زمان سفر واقعی (و نه ذهنی) هر یک از کمان‌های تجربه‌شده را که در ابتدای خود دارای چراغ راهنمایی هستند از زمان حدس زده‌شده برای آن کمان‌ها توسط فرد در قسمت مربوط به آزمایش یادگیری پنهان در هر یک از شبکه‌ها محاسبه می‌کند.

$$SIE_i^p=\frac{1}{\left|\ddot{S}_i^E\right|}\sum_{\ddot{S}_i^E}\left(10-\left|v_k^p+\tau_{k,s}^p-\hat{v}_k^p\frac{m_i^p}{10}\right|\right) \quad (۸)$$

که در آن:

i : شاخص آزمایش‌شوندگان $(i=1,\cdots,90)$

k : شاخص کمان

p : شاخص الگوی جریان ترافیک $(p=1, 2)$

$\left|\ddot{S}_i^E\right|$: تعداد اعضای مجموعه $\ddot{S}_i^E$ (یعنی تعداد کمان‌های چراغ‌دار حدس زده‌شده توسط آزمایش‌شونده i در $p=1, 2$)

v_k^p: زمان سفر واقعی کمان چراغ‌دار k در $p=1, 2$

$\tau_{k,s}^p$: طول فاز قرمز چراغ راهنمایی s که به کمان k که توسط فرد i تجربه شده است.

$\hat{v}_k^p$: زمان سفر تداعی شده برای کمان چراغ‌دار k در $p=1, 2$

m_i^p: حداکثر زمان سفر تجربه‌شده توسط آزمایش‌شونده iام در $p=1, 2$

بزرگ‌تر بودن مقدار شاخص (۸) ،نشان‌دهنده صحت بالای حدس‌های زده‌شده و قوی بودن یادگیری پنهان برای کمان‌های دارای چراغ راهنمایی است.

٤. آزمون فرضیه‌های آزمایش و تحلیل داده‌ها

ابتدا لازم است نرمال بودن توزیع مقادیر شاخص‌های به‌دست‌آمده از داده‌های جمع‌آوری‌شده بررسی گردد. چنانچه توزیع مقادیر هرکدام از شاخص‌ها نرمال باشد آنگاه برای بررسی صحت فرضیه‌هایی که با آن شاخص‌ها اعتبارسنجی می‌شوند از آزمون‌های آماری پارامتری استفاده می‌شود و در غیر این صورت، یعنی اگر توزیع مقادیر شاخصی غیر نرمال باشد، از آزمون‌های غیر پارامتری برای اعتبارسنجی فرضیه‌های مربوط به آن شاخص استفاده می‌شود. برای این کار آزمون کولموگرف–اسمیرنف برای بررسی نرمال بودن توزیع مقادیر شاخص‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده می‌شود[Sheskin,2003]. نتیجه این آزمون (sig.value<0.05) نشان داد که داده‌های مربوط به‌تمامی شاخص‌ها دارای توزیع غیر نرمال است. بنابراین برای جستجو در صحت فرضیه‌های مورد ارزیابی با تمامی شاخص‌ها باید از آزمون‌های غیر پارامتری استفاده شود[Sheskin,2003]. این آزمون‌ها عبارت‌اند از:

۱- Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test: این آزمون برای بررسی تفاوت معنی‌داری بین دو مجموعه وابسته و برای داده‌های توصیفی استفاده می‌شود. ازآنجاکه مقادیر شاخص‌های تعریف‌شده، توصیفی از کیفیت نقشه شناختی، یادگیری پنهان و... هستند بنابراین این آزمون برای داده‌های آزمایش ما مناسب است. فرض صفر این آزمون بیان می‌کند که تفاوت میانه بین دو مجموعه وابسته برابر صفر است. اگر معیار تصمیم نتیجه این استنباط آماری از سطح معنی‌داری کمتر باشد $(p-value=5\%)$ ، فرض صفر این آزمون رد می‌شود و این به

این معنا است که بین دو مجموعه وابسته تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

۲- Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks: این آزمون برای بررسی تفاوت معنی‌داری بین سه مجموعه مستقل وبرای داده‌های توصیفی استفاده می‌شود. فرض صفر این آزمون بیان می‌کند که میانه مجموعه‌های ۱، ۲ و ۳ باهم برابر است. اگر معیار تصمیم نتیجه این استنباط آماری از سطح معنی‌داری کمتر باشد $(p-value=5\%)$، فرض صفر این آزمون رد می‌شود و این به آن معنا است که حداقل بین دو مجموعه از سه مجموعه مستقل تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

۳- Spearman Bivariate Correlation: این آزمون برای بررسی همبستگی بین دو مجموعه و برای داده‌های توصیفی استفاده می‌شود. فرض صفر این آزمون بیان می‌کند که همبستگی بین دو مجموعه صفر است. اگر معیار تصمیم نتیجه این استنباط آماری از سطح معنی‌داری کمتر باشد $(p-value=5\%)$، فرض صفر این آزمون رد می‌شود و این به آن معنا است که بین دو مجموعه همبستگی وجود دارد.

فرضیه‌های آزمایش ما در این مقاله به سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول فرضیه‌هایی هستند که به دنبال بررسی تفاوت معنی‌داری بین دو مجموعه وابسته هستند و شامل فرضیه‌های ۱، ۲، ۳، ٦، ۸ و ۱۰ می‌باشند. فرضیه‌های دسته دوم تفاوت معنی‌داری بین سه مجموعه مستقل را بررسی می‌کنند. فرضیه‌های این دسته شامل فرضیه‌های ٤، ٥، ۹ و ۱۱ است. دسته سوم فرضیه‌ها در جستجوی وجود همبستگی بین دو مجموعه است که شامل فرضیه‌های ۷ و ۱۲ است.

در ادامه نتایج بررسی هریک از فرضیه‌های مطرح شده در بخش۳ با آزمون‌های آماری معرفی شده آورده شده است. جدول۳ نتایج آزمون‌های آماری فرضیه‌های نقشه شناختی و جدول٤ نتایج آزمون‌های آماری فرضیه‌های یادگیری پنهان را به‌تفصیل نشان می‌دهد.

. جدول۳. نتایج آزمون‌های آماری فرضیه‌های نقشه شناختی

فرضیه-ها	عنوان فرضیه	آزمون آماری	هدف آزمون آماری	جامعه آماری*	معیار تصمیم (sig. value)	تأیید/ رد فرضیه
فرضیه (۱)	یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۹۰ عضوی $\{PRAL_i^1 \mid i=1:90\}$ تفاوت معنی‌داری با مجموعه ۹۰ عضوی $\{PRAL_i^2 \mid i=1:90\}$ دارد.	۹۰	۰/۰۰٦	✓
فرضیه (۲)	یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی نقشه شناختی مسیر–مبنا تأثیرگذار است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۹۰ عضوی $\{PRAL_i^1 \mid i=1:90\}$ تفاوت معنی‌داری با مجموعه ۹۰ عضوی $\{PRAL_i^2 \mid i=1:90\}$ دارد.	۹۰	۰/٥٤٥	✗
فرضیه (۳)	نقشه شناختی کمان–مبنا متفاوت از نقشه شناختی مسیر–مبنا است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{PRAL_i^1 \cup PRAL_i^2 \mid i=1:90\}$ تفاوت معنی-داری با مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{PRAR_i^1 \cup PRAR_i^2 \mid i=1:90\}$دارد.	۱۸۰	۰/۰۰۰	✓
فرضیه	تعداد کمان‌های تجربه‌شده	Kruskal-Wallis one-way analysis of	اعضای مجموعه ۱۸۰ عضوی	۱۸۰	۰/۰۰۰	✓

(٤)	(تعداد انجام سفر) در شبکه، بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.	variance by ranks	بر اساس $\{PRAL_i^1 \cup PRAL_i^2 \mid i = 1:90\}$ تعداد سفرهای انجام‌شده افراد که ۲، ٤ و یا ٦ بار است به سه زیرمجموعه افراز می‌شوند که این سه زیرمجموعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.			
فرضیه (٥)	تجربه رانندگی افراد (در شبکه‌های حمل‌ونقل دیگر) بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.	Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks	اعضای مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{PRAL_i^1 \cup PRAL_i^2 \mid i = 1:90\}$ بر اساس سطح تجربه رانندگی افراد که به ترتیب فاقد تجربه (بدون گواهینامه)، کم‌تجربه (کمتر از ٥ سال رانندگی) و باتجربه (٥ یا بیش از ٥ سال تجربه رانندگی) است به سه زیرمجموعه افراز می‌شوند که این سه زیرمجموعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.	۱۸۰	۰/۰٥۰	✓
فرضیه (٦)	وجود علائم خاص (مانند مکان‌های مهم، مجسمه‌ها و...) بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{PRAL_i^1 \cup PRAL_i^2 \mid i = 1:90\}$ تفاوت معنی‌داری با مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{SE_i^1 \cup SE_i^2 \mid i = 1:90\}$ دارد.	۱۸۰	۰/٤۷۹	✗
فرضیه (۷)	میزان درجه خوش‌بینی افراد بر روی نقشه شناختی کمان–مبنا تأثیرگذار است.	Spearman Bivariate Correlation	مجموعه ۹۰ عضوی $\{TAC_i \mid i = 1:90\}$ با سطح خوش‌بینی افراد که به سه زیرمجموعه تقسیم می‌شود (خوش‌بین، متوسط و بدبین) همبستگی دارد.	۹۰	۰/۷۰۹	✗

** برای فرضیه‌های ۳، ٤، ٥، ٦ و ۷ داده‌های مربوط به هر دو شبکه با ویژگی $p = 1$ و $p = 2$ به‌صورت یکجا در نظر گرفته شده است. به همین دلیل اندازه جامعه آماری مربوط به آن‌ها ۱۸۰ شده است.*

جدول٤. نتایج آزمون‌های آماری فرضیه‌های یادگیری پنهان

فرضیه‌ها	عنوان فرضیه	آزمون آماری	هدف آزمون آماری	جامعه آماری*	معیار تصمیم (sig. value)	تأیید/ رد فرضیه
فرضیه (۸)	یکنواخت یا پراکنده بودن زمان سفر کمان‌های یک شبکه، بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۹۰ عضوی$\{TTPA_i^1 \mid i = 1:90\}$ تفاوت معنی‌داری با مجموعه ۹۰ عضوی $\{TTPA_i^2 \mid i = 1:90\}$ دارد.	۹۰	۰/۰۰۰	✓
فرضیه (۹)	تعداد کمان‌های تجربه‌شده (تعداد انجام سفر) در شبکه، بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است.	Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks	اعضای مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{TTPA_i^1 \cup TTPA_i^2 \mid i = 1:90\}$ بر اساس تعداد سفرهای انجام‌شده افراد که ۲، ٤ و یا ٦ بار است به سه زیرمجموعه افراز می‌شوند که این سه زیرمجموعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.	۱۸۰	۰/۰٤۷	✓
فرضیه	تجربه رانندگی افراد (در	Kruskal-Wallis one-way	اعضای مجموعه ۱۸۰ عضوی	۱۸۰	۰/۰٥۰	✓

(۱۰)	شبکه‌های حمل‌ونقل دیگر) بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است.	analysis of variance by ranks	$\{TTPA_i^1 \cup TTPA_i^2 \mid i = 1{:}90\}$ بر اساس سطح تجربه رانندگی افراد که به ترتیب فاقد تجربه (بدون گواهینامه)، کم‌تجربه (کمتر از ۵ سال رانندگی) و باتجربه (۵ یا بیش از ۵ سال تجربه رانندگی) است به سه زیرمجموعه افراز می‌شوند که این سه زیرمجموعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.			
فرضیه (۱۱)	وجود چراغ‌های راهنمایی بر روی یادگیری پنهان تأثیرگذار است.	Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test	مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{TTPA_i^1 \cup TTPA_i^2 \mid i = 1{:}90\}$ تفاوت معنی-داری با مجموعه ۱۸۰ عضوی $\{SIE_i^1 \cup SIE_i^2 \mid i = 1{:}90\}$ دارد.	۱۸۰	۰/۰۰۰	✓
فرضیه (۱۲)	میزان درجه خوش‌بینی افراد بر روی حدس درست زمان سفرها و یادگیری پنهان تأثیرگذار است.	Spearman Bivariate Correlation	مجموعه ۹۰ عضوی $\{TAL_i \mid i = 1{:}90\}$ با سطح خوش‌بینی افراد که به سه زیرمجموعه تقسیم می‌شود (خوش‌بین، متوسط و بدبین) همبستگی دارد.	۹۰	۰/۰۴۰	✓

** برای فرضیه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ داده‌های مربوط به هر دو شبکه با ویژگی $p = 1$ و $p = 2$ به‌صورت یکجا در نظر گرفته شده است. به همین دلیل اندازه جامعه آماری مربوط به آن‌ها ۱۸۰ شده است.*

٤-١ تفسیر نتایج فرضیه‌های نقشه شناختی

نتایج آزمون‌های آماری فرضیه‌های نقشه شناختی، در سطح معنی‌داری ۵٪ نشان می‌دهد که مقدار تغییر و پراکندگی زمان سفر کمان‌های یک شبکه در شکل‌گیری نقشه شناختی کمان – مبنا مؤثر است. همچنین نتیجه به‌دست‌آمده از فرضیه ۳ نشان می‌دهد که در کل، نحوه و میزان دقت شکل‌گیری نقشه شناختی کمان – مبنا متفاوت از نقشه شناختی مسیر – مبنا است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس تحقیق صورت گرفته در این مقاله، نقشه شناختی در افراد بر اساس کمان‌های مجزا بهتر شکل می‌گیرد تا مسیرهای پیوسته. یعنی افراد قضاوت سلیم‌تری در مورد تداعی زمان سفر کمان‌ها دارند تا زمان سفر مسیرها. افزونی تجربیات یک فرد به دو صورت می‌تواند نقشه شناختی وی را تحت تأثیر قرار دهد.: اول اینکه به دلیل تعدد اطلاعات زمان سفرهای مشابه در حافظه ضمنی او، تداعی کردن آن‌ها برای وی مشکل می‌شود؛ زیرا حافظه ضمنی با افزونی وقایع مشابه تضعیف می‌یابد [Gluck, Mercado and Myers, 2007]. دوم اینکه به دلیل اینکه فرد در اثر سفرهای متعدد در یک شبکه ترابری خاص، زمان سفر کمان‌های زیادی را تجربه می‌کند ازاین‌رو نقشه شناختی او بخش وسیع‌تری از زمان سفر کمان‌های شبکه ترابری را در بر خواهد گرفت. طبق آزمایش ما با جامعه آماری دانشجویان دانشگاه تهران، تجربه رانندگی افراد نقشه شناختی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افرادی که قبلاً تجربه رانندگی دارند می‌توانند در هنگام رانندگی در یک شبکه ترابری عملکرد بهتری در به خاطر سپاری و تداعی زمان سفرهایی که تجربه می‌کنند داشته باشند. وجود علائم خاص مانند بناهای مهم نیز شکل‌گیری نقشه شناختی را دستخوش تغییر نمی‌کند و این بدین معناست که در آزمایش انجام‌شده، افراد تفاوتی در تداعی کردن کمان‌های علامت‌دار و بقیه کمان‌ها ندارند.

٤-٢ تفسیر نتایج فرضیه‌های یادگیری پنهان

همانند نقشه شناختی، یادگیری پنهان افراد نیز از تفاوت در میزان پراکندگی و واریانس زمان سفر کمان‌های شبکه ترافیکی تأثیر می‌پذیرد. واضح است که وقتی‌که کمان‌های مجاور یک تقاطع دارای زمان سفرهای خیلی متفاوت با یکدیگر باشد، حدس درست زمان سفر آن کمان‌ها با دانستن زمان سفر یکی یا دو تا از آن کمان‌ها مشکل می‌شود. همچنین تعداد سفرهایی که فرد در شبکه ترابری از یک مبدأ به یک مقصد انجام می‌دهد و تعداد کمان‌هایی که تجربه می‌کند در یادگیری پنهان تأثیر دارد. این موضوع به دلیل اینکه نقشه شناختی یک فرد در اثر کسب تجربیات زیاد از شبکه ترابری وسیع‌تر می‌شود و می‌تواند راحت‌تر زمان سفر بقیه کمان‌ها را پیش‌بینی کند، قابل توجیه است. همچنین نتایج آزمایش نشان می‌دهد میزان درجه خوش‌بینی افراد، یادگیری پنهان آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افراد هنگام قضاوت در مورد زمان سفر کمان‌های که تجربه‌ای از آن نداشته‌اند با توجه به ویژگی‌های رفتاری، تبعیض خوش‌بینانه و بدبینانه از خود نشان می‌دهند. وجود چراغ‌های راهنمایی نیز سبب گردید یادگیری پنهان افراد برای کمان‌های متصل به این چراغ متفاوت از سایر کمان‌ها باشد. این مسئله به دلیل احساس منفی است که مسافران نسبت به تأخیر در چراغ‌های راهنمایی دارند و معبرهای متصل به آن را دارای زمان سفر بیشتر می‌دانند.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تجربیات کسب‌شده توسط مسافران در مورد زمان سفر کمان‌های شبکه به‌صورت یک نقشه شناختی در ذهن آن‌ها ایجاد می‌شود. این نقشه که به‌صورت تصویر ذهنی است عموماً به‌صورت ناخودآگاه ایجاد می‌شود و باعث می‌شود که افراد در انتخاب‌های خود برای سفرهای روز بعد تصمیم‌های مبتنی بر اطلاعات آن نقشه اتخاذ نمایند. افراد می‌توانند دانسته‌های خود در مورد زمان سفر کمان‌های شبکه ترابری را که به شکل ناخودآگاه و پنهان کسب کرده‌اند به سایر کمان‌های مجاور یا نزدیک به آن کمان‌ها تعمیم دهند. نتایج مطالعه آزمایشگاهی انجام‌شده نشان داد که عوامل مختلفی بر مسأله نقشه شناختی و یادگیری پنهان مسافران تأثیرگذار است. از میان عوامل مختلف موردبررسی، عواملی که کیفیت و دقت نقشه شناختی و یادگیری پنهان مسافران را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارت‌اند از: میزان پراکندگی و واریانس زمان سفر در بین کمان‌های شبکه ترابری، تعداد سفرهایی که مسافر در شبکه ترابری انجام می‌دهد، تجربه رانندگی مسافر در شبکه‌های دیگر، میزان درجه خوش‌بینی/بدبینی مسافر، وجود علائم خاص در محیط پیرامونی کمان‌ها و وجود چراغ‌های راهنمایی در سطح شبکه. تأثیرگذاری این عوامل با تعریف

شاخص‌های ارزیابی مناسب برای نقشه شناختی و یادگیری پنهان افراد آزمایش شد و استنباط آماری نتایج به‌دست‌آمده موردبررسی قرار گرفت و مشخص شد که به‌جز عامل وجود کمان‌های علامت‌دار، سایر عوامل ذکرشده به‌طور معنی‌داری بر روی نقشه شناختی شبکه حمل‌ونقل و یادگیری پنهان مسافران تأثیرگذار است.

با توجه به ماهیت دینامیکی تخصیص روزانه جریان ترافیک در معابر شبکه، نقشه شناختی مسافران از روزی به روز دیگر دچار تغییر می‌شود. با در دست داشتن الگوی تغییر نقشه شناختی مسافران از زمان سفرهای شبکه به‌صورت روز–به–روز می‌توان مدلی را ارائه داد که عملکرد و انتخاب مسافران را برای روزهای آینده و یا تغییر انتخاب و اولویت‌های آن‌ها در اثر تغییر در ارائه تسهیلات پیش‌بینی نمود و برنامه‌هایی را در جهت ارائه تسهیلات مناسب به‌منظور راحتی سفر آن‌ها تنظیم کرد. اطلاع داشتن از طریقه یادگیری پنهان مسافران و ایجاد مدلی بر مبنای الگوی یادگیری ناخودآگاه آن‌ها و اینکه چگونه افراد دانسته‌های خود را به سایر بخش‌های شبکه تعمیم می‌دهند، می‌تواند به پیش‌بینی رفتار و عملکرد آن‌ها منجر شود. بررسی الگوی تغییر نقشه شناختی و یادگیری پنهان در سفرهای روز–به–روز و ارائه مدل ریاضی آن جزو مطالعات آینده این پژوهش‌گران است.

٦. مراجع

-Arentze, T. and Timmermans, H. (2003) "Modeling learning and adaptation processes in activity-travel choice, A framework and numerical experiment", Transportation, Vol. 30, No.1, pp. 37-62.

-Bogers, E. A., Bierlaire, M. and Hoogendoorn, S. P. (2007) "Modeling learning in route choice",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2014, No.1, pp. 1-8.

-Bogers, E. A., Viti, F. and Hoogendoorn, S. P. (2005) "Joint modeling of advanced travel information service, habit, and learning impacts on route choice by laboratory simulator experiments",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1926, No.1, pp. 189-197.

-Chen, R. and Mahmassani, H. S. (2004) "Travel time perception and learning mechanisms in traffic networks",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1894, No.1, pp. 209-221.

-Craik, F. I. and Tulving, E. (1975)"Depth of processing and the retention of words in episodic memory", Journal of experimental Psychology: General, Vol. 104, No.3, pp. p268.

-Di Pietro, L., Mugion, R. G., Mattia, G., Renzi, M. and Toni, M. (2015) "The Integrated Model on Mobile Payment Acceptance (IMMPA): An empirical application to public transport",Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 56, pp. 463-479.

-Emmerson, C., Guo, W., Blythe, P., Namdeo, A. and Edwards, S. (2013)"Fork in the road: In-vehicle navigation systems and older drivers",Transportation research part F: Traffic Psychology And Behaviour, Vol. 21, pp. 173-180.

-Ettema, D., Tamminga, G., Timmermans, H. and Arentze, T. (2005) "A micro-simulation model system of departure time using a perception updating model under travel time uncertainty",Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 39, No.4, pp. 325-344.

-Gluck, M. A., Mercado, E. and Myers, C.E. (2007) "Learning and memory: From Brain to Behavior", Worth Publishers, New York, United States of America., p.

Ishihara, S. (1972)"The series of plates designed as a test for colour blindness. 36 plates",Kannehara Shuppan, Tokyo, Vol. pp.

-Jha, M., Madanat, S. and Peeta, S. (1998)"Perception updating and day-to-day travel choice dynamics in traffic networks with information provision", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 6, No.3, pp. 189-212.

-Kim, H. and Lim, Y. (2012) "A Day-to-day route choice model based on drivers' past experience", KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 16, No.7, pp. 1267-1279.

-Lin, P.-C. and Chen, S.-I. (2013)"The effects of gender differences on the usability of automotive on-board navigation systems–A comparison of 2D and 3D display",Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, Vol. 19, pp. 40-51.

-Malayath, M. and Verma, A. (2013) "Activity based travel demand models as a tool for evaluating sustainable transportation policies", Research in transportation economics, Vol. 38, No.1, pp. 45-66.

-Manley, E., Orr, S. and Cheng, T. (2015) "A heuristic model of bounded route choice in urban areas", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 56, pp. 195-209.

-Nakayama, S. and Kitamura, R. (2000)"Route choice model with inductive learning", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1725, No.1, pp. 63-70.

-Nakayama, S., Kitamura, R. and Fujii, S. (1999) "Drivers' learning and network behavior: dynamic analysis of the driver-network system as a complex system",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1676, No.1, pp. 30-36.

-Nakayama, S., Kitamura, R. and Fujii, S. (2001)"Drivers' route choice rules and network behavior: Do drivers become rational and homogeneous through learning?",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1752, No.1, pp. 62-68.

-Ramachandran, D., Karpov, I. V., Gupta, R. and Raux, A. (2013) Intelligent Transportation Systems-(ITSC), *2013* 16th International IEEE Conference on, pp. 2193-2200.

-Schmitt, L., Currie, G. and Delbosc, A. (2015)"Lost in transit? Unfamiliar public transport travel explored using a journey planner web survey",Transportation, Vol. 42, No.1, pp. 101-122.

-Seligman, M. E. (2011) "Learned optimism: How to change your mind and your life", Random House LLC, New York, United States of America, p.

-Sheskin, D. J. (2003) "Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures", CRC Press, United States of America, Florida, p.

-Shiau, T.-A. (2014)"Evaluating transport infrastructure decisions under uncertainty", Transportation Planning and Technology, Vol. 37, No.6, pp. 525-538.

-Tolman, E. C. (1948) "Cognitive maps in rats and men", Psychological Review, Vol. 55, No.4, pp. 189.

-Tulving, E. (1972) "Episodic and semantic memory 1",Organization of Memory", London: Academic, Vol. 381, pp. 402.

-Tulving, E. (1985) "Memory and consciousness", Canadian Psychology/Psychologie Canadienne, Vol. 26, No.1, pp.

-Tulving, E. and Markowitsch, H. J. (1998) "Episodic and declarative memory: role of the hippocampus",Hippocampus, Vol. 8, No.3, pp. 65-100

-Tversky, A. and Kahneman, D. (1981) "The framing of decisions and the psychology of choice", Science, Vol. 211, No.4481, pp. 453-458.

-Weiss, T., Petzoldt, T., Bannert, M. and Krems, J. (2013) "Calibration as side effect? Computer-based learning in driver education and the adequacy of driving-task-related self-assessments", Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour, Vol. 17, pp. 63-74.

نوید خادمی، گواهی پسادکتری در رشته اقتصاد حمل‌ونقل و مدل‌های رفتاری را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه سرژی پونتواز فرانسه، درجه دکتری در رشته مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه علم و صنعت ایران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی راه و ترابری را در سال ۱۳۸٤ از دانشگاه تهران اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مدل‌های رفتاری در حمل‌ونقل، مدل‌های انتخاب گسسته در تحلیل رفتار مسافران، تحلیل آسیب‌پذیری شبکه‌های حمل‌ونقل، مدل‌سازی آسیب شبکه و برنامه‌ریزی در شرایط بحران و در نهایت قابلیت اطمینان شبکه حمل‌ونقل است و در حال حاضر عضو هیئت‌علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه تهران است.

مصطفی بابابیک، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری در سال ۱۳۸۸ را از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی اخذ نمود. در حال حاضر دانشجوی دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری در دانشگاه تهران است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان تحلیل آسیب پذیری و برگشت پذیری در شبکه های حمل و نقل، و مدلسازی ریاضی در حمل و نقل است.