

# تحلیلی بر جهت‌گیری سیاست‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار: بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

محسن فلاح‌زواره (مسئول مکاتبات) استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

میلاذ مهدی زاد، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: m.fallah@khu.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۶

دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۴

## چکیده

یکی از سوالات مهم سیاست‌گذاران در کشور این است که برای کاهش آلودگی و مشکلات استفاده بیش از حد خودروهای شخصی در شهرها آیا بهتر است نخست به فرهنگ‌سازی پرداخت یا زیرساخت‌های حمل و نقلی پایدار را توسعه داد؟ تحقیق حاضر قصد دارد تا با گردآوری داده‌های مربوط به هنجارهای محیط‌زیستی مربوط به استفاده از خودروهای شخصی (فرهنگ‌سازی) و داده‌های مربوط به زیرساخت‌های پایدار حمل و نقلی از طریق پرسشگری میدانی (توزیع بیش از ۱۰۰۰ پرسش‌نامه) به سوال تحقیق پاسخ دهد. نتایج مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) برای آزمودن فرضیه تحقیق شامل ارتباط دو دسته متغیر مستقل و پنهان "فرهنگ‌سازی" و "زیرساخت" بر انتخاب شیوه پایدار (متغیر وابسته) حاکی از برآزش خیلی خوب مدل است ( $X^2/df=2.87, p<0.001, RMSEA=0.057, GFI=0.90$ ). نتایج نشان می‌دهد که ارتباط زنجیره‌ای در سیستم مدل فعال‌سازی هنجار (NAM) بین سه مولفه آگاهی از عواقب به انتساب مسئولیت (با ضریب ۰/۵۵) و اثر انتساب مسئولیت به هنجار شخصی (با ضریب ۰/۷۸) معنادار آماری و مثبت است. اما، ارتباط کل سیستم فعال‌سازی هنجار از طریق آخرین متغیر پنهان خود (هنجار شخصی) به انتخاب شیوه حمل و نقلی پایدار بی‌معنای آماری است. یافته‌های مدل نشان می‌دهد که در مناطقی از شهرها که بستر مناسب حمل و نقلی (از قبیل دسترسی مناسب به حمل و نقل عمومی، پیاده‌رو یکپارچه و ایمن) برای شهروندان فراهم نباشد، نمی‌توان توقع داشت که فرهنگ‌سازی سیاست کاربردی برای تغییر رفتار شیوه حمل و نقلی باشد. در واقع، تا بستر و زیرساخت مناسب فراهم نباشد، سیاست فرهنگ‌سازی یک حد آستانه داشته و توسعه‌ی زیرساخت شیوه‌های پایدار (از قبیل حمل و نقل عمومی و پیاده‌روی) دارای اولویت است.

واژه‌های کلیدی: توسعه زیرساخت، فرهنگ‌سازی، مدل‌سازی معادلات ساختاری، مدل فعال‌سازی هنجار

## ۱. مقدمه

افزایش نرخ مالکیت خودرو و استفاده مکرر از خودروهای شخصی در جوامع در حال توسعه موجب ایجاد مشکلاتی همچون تراکم ترافیک و آلودگی هوا می‌شود [OECD, 2008]. بین تمام شیوه‌های (مدهای) حمل و نقلی سفر در شهرها، خودروهای شخصی بیشترین سهم در تولید گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌هایی همچون دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) را دارند [OECD, 2002]. برای مثال، متوسط دی‌اکسید کربن تولیدی در کشور ایران به عنوان یک کشور در خوشه‌ی خاورمیانه و شمال آفریقا خیلی بیشتر از متوسط مقدار آن در دنیا است [World Bank Data, 2011]. از این‌رو، تلاش برای کاهش آلاینده‌های حمل و نقلی در کشور ایران و به‌خصوص در کلان‌شهرها (از قبیل تهران) از اقدامات و سیاست‌های ضروری به‌منظور جلوگیری از عواقب‌های منفی آلودگی هوا و تراکم ترافیک در شهرها است.

بسیاری از مطالعات معتبر بین‌المللی بر این باورند که علاوه بر توسعه فنی خودروها (مثل هیبریدی یا برقی کردن خودروها)، تنها تکیه بر فن‌آوری مهندسی لازمی کاهش آلاینده‌های حمل و نقلی نیست. بسیاری از محققان معتقدند که رفتارهای به‌نفع محیط‌زیست<sup>۱</sup> از قبیل کمتر سفرکردن با خودروهای شخصی و یا تغییر شیوه سفر به شیوه‌های پایدار<sup>۲</sup> حمل و نقلی از مکمل‌های لازم برای افزایش پایداری حمل و نقل است [Lind et al. 2015; Jakovcevic and Steg, 2013].

رفتارهای به‌نفع محیط‌زیست در این مطالعه بدین‌گونه تعریف می‌شود که در آن افراد در یک جامعه به‌منظور به‌سود رساندن جامعه حاضرند تا برخی راحتی، آسایش و آزادی‌های شخصی در استفاده از خودروهای شخصی خود را نادیده گرفته و از شیوه‌های پایدار سفر استفاده کنند. کاهش احتمال استفاده از خودروهای شخصی و افزایش احتمال استفاده از شیوه‌های پایدار حمل و نقلی به عنوان "رفتار با اهمیت محیط‌زیستی"<sup>۳</sup> تلقی می‌شود [De Groot, Steg and Dicke, 2008]. از

این‌رو، به‌منظور کاهش مشکلات محیط‌زیستی استفاده از خودروهای شخصی، سیاست‌گذاران می‌توانند بر رفتارها و هنجارها علاوه بر پیشرفت‌های فنی توجه کنند. این موضوع، توجه به بررسی و تحلیل عوامل روان‌شناسی (بجای آموزش و فرهنگ‌سازی) را در استفاده از شیوه‌های پایدار حمل و نقلی را نشان می‌دهد.

همچنین، اکثر مطالعات در زمینه فرهنگ‌سازی (از قبیل بحث‌های هنجاری) در کشورهای توسعه‌یافته و غربی انجام شده که در آنجا زیرساخت‌های پایدار حمل و نقلی در بالاترین کیفیت و کمیت در اختیار مردم قرار می‌گیرد [Abrahamse et al. 2009; Nordfjærn and Rundmo, 2015]. برای مثال، سیستم‌های حمل و نقل عمومی و زیرساخت‌های پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری با یکپارچگی، ایمنی و گسترش قابل‌توجهی به شهروندان خدمت‌رسانی می‌کنند.

حال از طرفی دیگر، یکی از سوالات و چالش‌های مهم برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در کشورهایی مثل ایران این است که برای کاهش آلودگی و مشکلات استفاده بیش از حد خودروهای شخصی در شهرها آیا بهتر است مانند کشورهای توسعه‌یافته، نخست به فرهنگ‌سازی بپردازند یا زیرساخت‌های حمل و نقلی پایدار را توسعه دهند؟ و یا اینکه بایستی در وضعیت کنونی به هر دو سیاست به یک اندازه توجه کنند؟ انتخاب و اولویت‌دهی نادرست به هر کدام از این سیاست‌ها ممکن است منجر به هزینه‌های هنگفت و صرف انرژی زیاد در مسیری غیرموثر برای تصمیم‌گیران شود. از این‌رو، تحقیق حاضر به‌طور خاص قصد دارد تا با گردآوری داده‌های مربوط به هنجارهای محیط‌زیستی مربوط به استفاده از خودروهای شخصی و داده‌های مربوط به زیرساخت‌های پایدار حمل و نقلی از طریق پرسشگری میدانی به سوال تحقیق پاسخ دهد. علاوه بر این، به منظور تحلیل دقیق اثرات "توسعه زیرساخت" و "فرهنگ‌سازی" به عنوان متغیرهای پنهان بر انتخاب شیوه‌های پایدار در برابر خودروی شخصی از مدل‌سازی معادلات

## تحلیلی بر جهت‌گیری سیاست‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار: بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

سیستم مدل فعال‌سازی هنجار است. سیستم مدل فعال‌سازی هنجار در بسیاری از مطالعات بین‌المللی در رابطه با رفتارهای سازگار با محیط‌زیست (از قبیل رفتار کاهش استفاده خودرو یا افزایش استفاده از شیوه‌های پایدار) مورد آزمون قرار گرفته است. آبراهام و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که آگاهی از عواقب و هنجارهای شخصی نسبت به کاهش استفاده از خودرو در کانادا اثر مثبتی و معناداری دارد [Abrahamse et al. 2009]. در مطالعه‌ای در نروژ، هنجارهای شخصی از عوامل معنادار و اثرگذار بر انتخاب شیوه سفر شهری یافت شد [Lind et al. 2015]. دی‌گروت و همکاران (۲۰۰۸) ساختار زنجیره‌ای از مولفه‌های سیستم NAM دارای ارتباط آماری معناداری با کاهش استفاده از خودرو در جوامع اروپایی دارد [De Groot, Steg and Dicke, 2008]. همچنین، آن‌ها باتوجه به زیرساخت‌های باکیفیت و یکپارچه در اروپا و معناداری اثرات زنجیره‌ای هنجاری بر انتخاب خودرو، فرهنگ‌سازی و آموزش را از سیاست‌های موثر در این جوامع پیشنهاد کردند. در اندک مطالعات جوامع غیر اروپایی، جاکوویچ و استگ (۲۰۱۳) علاوه بر معناداری روابط بین سیستم NAM و انتخاب شیوه، نقش زیرساخت‌ها را نیز بر انتخاب شیوه پایدار سفر در منطقه آمریکای لاتین معنادار یافتند [Jakovcevic and Steg, 2013]. آن‌ها استنباط کردند که در جوامعی مثل آرژانتین، در وضعیت کنونی، سیاست‌های فرهنگ‌سازی و توسعه زیرساخت هر دو به یک میزان اولویت دارد. علاوه بر متغیرهای روان‌شناسی، عواملی همچون دسترسی خوب به سیستم حمل و نقل همگانی در مسیر مبدا و مقصد سفر، وجود سیستم‌های اشتراکی یا همپیمایی، ایمنی درک‌شده نسبت به تسهیلات پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و فاصله زمانی یا مکانی از متغیرهای مهم و معنادار بر انتخاب شیوه سفر در مطالعات گذشته هستند [Mehdizadeh, Nordfjaern, and Mamdoohi, 2016; Mehdizadeh, Mamdoohi, and Nordfjaern, 2017; Şimşekoğlu,

ساختاری استفاده شده است. در ادامه به ادبیات موضوع و پیش‌زمینه‌های نظری، فرضیه‌های این پژوهش، روش تحقیق، نتایج مدل‌سازی، بحث و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

### ۲. ادبیات تحقیق

در مرور بر ادبیات تحقیق به‌طور ویژه به دلیل شناخته‌شدن متغیرهای روان‌شناسی در مطالعات حمل و نقلی به بررسی متغیرهای روان‌شناسی مرتبط با بحث فرهنگ‌سازی پرداخته می‌شود. همچنین، نحوه اثرگذاری متغیرهای زیرساختی و محیطی بر انتخاب شیوه نیز مرور خواهد شد.

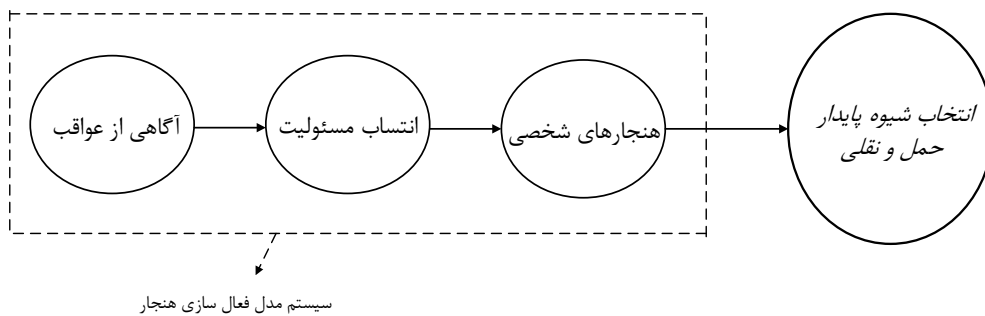
در این مطالعه، از نظریه یا مدل فعال‌سازی هنجار<sup>۴</sup> (NAM) به عنوان یک نظریه روان‌شناسی برای بررسی اثرات هنجاری (فرهنگ‌سازی) بر استفاده از شیوه‌های پایدار حمل و نقلی استفاده شده است [De Groot, Steg and Dicke, 2008]. این نظریه، مطابق با رفتارهای به‌نفع محیط‌زیست است. این مدل، از سه مولفه اصلی به نام‌های آگاهی از عواقب، انتساب مسئولیت و هنجارهای شخصی تشکیل شده است [Schwartz, 1977; Nordlund and Garvill, 2002; ] Joireman et al. 2001; Bamberg and Schmidt, 2003]. آگاهی از عواقب به این موضوع اشاره دارد که افراد عواقب‌های منفی رفتارهای غیردوستانه‌ی خود نسبت به محیط‌زیست را تشخیص می‌دهند. در مولفه انتساب مسئولیت، افراد بایستی به‌صورت شخصی مسئولیت خود را برای عواقب رفتار خودشان قبل از اینکه آن‌ها در یک رفتار به‌نفع محیط‌زیستی شریک شوند، درک کنند. مولفه‌ی هنجار شخصی به بحث‌های تعهدات شخصی، وجدانی و اخلاقی افراد برای انجام‌دادن یک رفتار به‌نفع اجتماع اشاره دارد. این مولفه‌ها می‌توانند در طی یک مسیر یا ساختار زنجیره‌ای، رفتار به نفع محیط‌زیست (از قبیل رفتار انتخاب شیوه پایدار حمل و نقلی در سفر) را پیش‌بینی کنند (شکل ۱) [De Groot, Steg and Dicke, 2008]. در این شکل، کادر خط‌چین بیانگر

اثرگذاری بر انتخاب شیوه پرداخته شده و سایر متغیرها نقش توصیفی دارند.

### ۳. فرضیه و سوالات تحقیق

در مطالعه حاضر اثرات دو دسته متغیر مستقل زیرساخت حمل و نقلی و فرهنگ سازی بر انتخاب شیوه های پایدار سفر (متغیر وابسته) بررسی می شود. براساس ادبیات موضوع و معناداری آماری روابط منتهی به متغیر وابسته به سوال تحقیق پاسخ داده خواهد شد. مدل فرضیه ای مطالعه حاضر در شکل ۲ نشان داده شده است.

Nordfjærn, and Rundmo, 2017; Nordfjærn and Zavareh, 2017; Mamdoohi and Mehdizadeh, 2015]. برای مثال، دسترسی مناسب به حمل و نقل همگانی و ایمنی بالای تسهیلات پایدار حمل و نقلی موجب افزایش استفاده از شیوه های پایدار سفر در مقابل خودروی شخصی می شود. همچنین، علاوه بر این متغیرهای روان شناسی و زیرساختی، ویژگی های اقتصادی-اجتماعی افراد نیز بر انتخاب شیوه سفر بررسی شده است. مثلاً، افراد مسن علاقه ی بیشتری به پیاده روی و استفاده از حمل و نقل همگانی دارند [Lind et al. 2015]. در مطالعه ی حاضر بیشتر به رقابت بین دو دسته متغیر سیاست پذیر: متغیر روان شناسی و زیرساختی برای

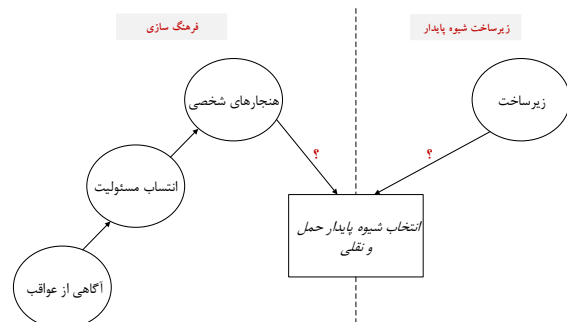


شکل ۱. ارتباط بین ساختار زنجیره ای سیستم مدل فعال سازی هنجار بر رفتار سازگار با محیط زیست

(در اینجا، رفتار انتخاب شیوه پایدار حمل و نقلی)

براساس شکل ۲، حالات زیر فرضیه می شوند:

- اگر ارتباط نهایی (علامت ؟) زیرساخت و فرهنگ سازی با انتخاب شیوه هردو معنادار باشند، هردو سیاست توسعه زیرساخت و فرهنگ سازی در وضعیت فعلی می توانند دارای اولویت یکسان باشند.
- اگر ارتباط نهایی زیرساخت با انتخاب شیوه معنادار و ارتباط نهایی فرهنگ سازی با انتخاب شیوه بی معنا باشد، آنگاه توسعه زیرساخت اولویت دارد.



شکل ۲. مدل مفهومی مطالعه حاضر

## تحلیلی بر جهت‌گیری سیاست‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار: بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

پرسش‌نامه پژوهش حاضر دارای بخش‌های متعددی است. چند بخش مهم از این پرسش‌نامه که در این مطالعه مورد فرضیه قرار گرفته، در ادامه توضیح داده شده است. سیستم مدل فعال‌سازی هنجار و مولفه‌های آن از طریق ابزار استاندارد و معتبر دی‌گروت از طریق ۱۹ پرسش (آیتم) اندازه‌گیری شده است [De Groot, Steg and Dicke, 2008; Nordfjærn and Rundmo, 2015]. همه‌ی این ۱۹ آیتم با مقیاس لیکرت ۵ تایی از (۱) کاملاً مخالف تا (۵) کاملاً موافق سنجش شدند. این ابزار، شامل ۸ آیتم مربوط به هنجارهای شخصی مثل "چنانچه به‌صورت انفرادی از خودروی شخصی استفاده کنم (خودروی تک سرنشین)، احساس عذاب وجدان می‌کنم" و "اگر گاهی مواقع به جای خودرو از سایر شیوه‌های سفر (مثلاً حمل و نقل عمومی) استفاده کنم، انسان بهتری هستم" است. انتساب مسئولیت با آیتم‌هایی نظیر "استفاده از خودرو، فضا برای دوچرخه‌سواران، پیاده‌ها و کودکان را تنگ می‌کند" و استفاده از خودرو به دلیل سر و صدا و دود، کیفیت زندگی را پایین می‌آورد" اندازه‌گیری شده است. آگاهی از عواقب نیز شامل ۵ آیتم نظیر "نه تنها دیگران (مثل دولت) مسئول ترافیک سنگین هستند، بلکه خودم نیز مسئولیت دارم" و "چون بخشی از گرم شدن کره زمین ناشی از ترافیک است، در قبال آن احساس مسئولیت می‌کنم" است. این ابزار در بسیاری از مطالعات گذشته اعتبارسنجی شده است.

انتخاب شیوه سفر افراد نیز به‌صورت انتخاب شیوه غالب سفر در یک هفته گذشته از زمان توزیع پرسش‌نامه‌ها پرسیده شد. متغیرهای محیطی و زیرساختی شیوه‌های پایدار حمل و نقلی نیز شامل دسترسی به حمل و نقل عمومی در مسیر خانه تا مدرسه (ACCPT؛ دارد=۱، ندارد=۰)، دسترسی به سرویس مدرسه (ACCSS؛ دارد=۱، ندارد=۰)، وضعیت ایمنی درک‌شده در تسهیلات پیاده‌روی (SAFE؛ خیلی ناایمن=۱ تا خیلی ایمن=۵) و نگرش نسبت به وجود مناظر و روسازی مناسب در

- اگر ارتباط نهایی زیرساخت با انتخاب شیوه بی معنا و ارتباط نهایی فرهنگ‌سازی با انتخاب شیوه معنادار باشد، آنگاه فرهنگ‌سازی اولویت دارد.
- اگر ارتباط نهایی جفت دسته متغیرهای زیرساخت و فرهنگ‌سازی با انتخاب شیوه بی معنا باشد، ممکن است متغیرهای دیگری که فرضیه نشده‌اند انتخاب شیوه را توضیح دهند.

### ۴. روش تحقیق

در این بخش، به داده‌های مورد استفاده و نحوه گردآوری آنها، سوالات و ابزارهای استاندارد پرسش‌نامه و مدل‌سازی تحقیق اشاره می‌شود.

#### ۴-۱ داده

داده‌های مطالعه حاضر از توزیع پرسش‌نامه گردآوری شد. بدین ترتیب که در بهمن-اسفند سال ۱۳۹۳، ۹ مدرسه ابتدایی دولتی و غیرانتفاعی (پسرانه و دخترانه) در مناطق مختلف شهرداری و دو منطقه آموزش و پرورش شهر رشت با ترکیب دو روش نمونه‌گیری خوشه‌ای و طبقه‌بندی به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. حدود ۱۰۰۰ پرسش‌نامه بین دانش‌آموزان در مدارس توزیع و به آنان دو روز مهلت داده شد تا پرسش‌نامه‌ها را به منزل نزد والدین خود برده تا آنان به پرسش‌نامه‌ها پاسخ دهند. پرسش‌نامه با هدف بررسی عوامل فردی، روان‌شناسی شامل ایمنی، نگرشی، محیط‌زیستی و متغیرهای زیرساختی والدین (بزرگسالان) بر انتخاب شیوه سفر تحصیلی دانش‌آموزان تهیه شده بود. پس از پالایش ۸۵۸ داده بازگشت داده شده به مدارس، ۷۳۵ پرسش‌نامه معتبر برای تحلیل و مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

#### ۴-۲ پرسش‌نامه

برازش نسبت مربع کای به درجه آزادی، شاخص نیکویی برازش (GFI)، ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (RMSEA) گزارش می‌شوند. در شاخص نسبت مربع کای به درجه آزادی مقادیر بین ۱ تا ۳/۵ مناسب است. شاخص GFI، بیانگر میزان دقت مدل در تکرار ماتریس کواریانس مشاهده شده است. این شاخص، میزان بهبود برازش مدل فرضی در مقایسه با زمانی که هیچ مدلی بین پارامترها نیست را سنجش می‌کند. مقدار آماره GFI بین صفر و یک قرار دارد، که صفر بیانگر برازش ضعیف و یک گویای برازش کامل است. رابطه‌ی (۱) نحوه محاسبه این آماره را نشان می‌دهد:

$$GFI = 1 - \frac{F_k}{F_0} \quad (1)$$

که در آن،  $F_k$  تابع برازش کمینه مربوط به یک معادله ساختاری برآوردشده با  $k$  درجه آزادی و  $F_0$  تابع برازش در حالتی که تمامی پارامترهای مدل صفر است.

RMSEA، خطای برآورد در جمعیت را گزارش می‌دهد. این مقیاس بیانگر اختلاف در هر درجه آزادی است. مقدار کمتر از ۰/۰۶ ای آماره گویای یک مدل خوب، مقدار بین ۰/۰۶ الی ۰/۰۸ گویای برازش مدل در حد متوسط است [Kline, 2015]. مقدار RMSEA از رابطه (۲) بدست می‌آید:

$$RMSEA = \sqrt{\frac{X^2 - df_{model}}{(N - 1) \times df_{model}}} \quad (2)$$

که در آن،  $df_{model}$  بیانگر درجه آزادی مدل،  $X^2$  آماره مربع کای،  $N$  تعداد نمونه تحقیق است.

برای بررسی پایایی (اعتمادپذیری) سوالات مربوط به NAM از ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید. منظور از پایایی پرسش نامه این است که اگر سوال‌های مورد سنجش با وسیله و شرایط مشابه در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شوند، نتایج یکسان حاصل می‌شود. با استفاده از رابطه (۳) می‌توان مقدار این ضریب را محاسبه نمود.

پیاپیاده‌روها (ATT؛ خیلی مخالف=۱ تا خیلی موافق=۵) سنجیده شد. علاوه بر این، متغیرهای سن، جنسیت، تحصیلات، مالکیت خودرو، درآمد و وضعیت کاری افراد نیز پرسش شد.

#### ۴-۳ تحلیل و مدل‌سازی

به منظور تحلیل فرضیه‌ی مطالعه حاضر (شکل ۲)، مدل‌سازی معادلات ساختاری<sup>۵</sup> بیشترین توجه مفهومی، نظری و ریاضیاتی را از بین روش‌های مختلف آماری و مدل‌سازی دارد. زمانی که در چارچوب نظری مدل فرضیه‌شده علاوه بر متغیرهای مشاهده‌شده، متغیرهای پنهان نیز وجود داشته باشد، مدل‌سازی معادلات ساختاری مناسب‌ترین تحلیل است. تجزیه و تحلیل ساختارهای کواریانس یا مدل‌سازی علی یا مدل معادلات ساختاری یکی از اصلی‌ترین روش‌های تحلیل ساختارهای داده‌های پیچیده و چند متغیره است. ویژگی اصلی این تحلیل، تجزیه و تحلیل همزمان چندین متغیر مستقل و وابسته است [Kline, 2015]. در این روش مجموعه‌ای از روش‌های آماری (روش‌های تحلیل عاملی، رگرسیون و تحلیل مسیر) برای مدل‌سازی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته (مدل ساختاری) و متغیرهای پنهان و مشاهده‌پذیر (مدل اندازه‌گیری) بکار گرفته می‌شود (برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به: [Brown, 2014; Kline, 2015]). معادلات ساختاری مبتنی بر دو مولفه‌ی مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری است. در مدل اندازه‌گیری، قوانین حاکم بر چگونگی اندازه‌گیری متغیرهای پنهان برحسب متغیرهای آشکار معین می‌شود. مدل ساختاری، مدلی جامع و منعطفی است که الگوی روابط بالقوه علی میان متغیرهای پنهان و میان متغیرهای آشکار و پنهان را به همراه تاثیرات متقابل آن‌ها بر هم ارائه می‌کند [Kline, 2015].

به منظور سنجش میزان انطباق مدل با واقعیت و مقایسه مدل‌های برآوردشده از معیارهای برازش مدل استفاده می‌شود [Brown, 2014; Kline, 2015]. معمولاً در اکثر پژوهش‌های معتبر بین‌المللی برخی شاخص‌ها همچون شاخص‌های

## تحلیلی بر جهت‌گیری سیاست‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار: بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

سرویس مدرسه (اتوبوس مدرسه یا سرویس‌های سواری همپیمایی) بیشترین شیوه انتخابی (۵۵/۹ درصد) از بین کل شیوه‌های سفر هستند. پس از آن، شیوه خودروی شخصی (۲۲/۲ درصد از افراد)، شیوه پیاده‌روی (۱۸/۹ درصد) و حمل و نقل عمومی (۲/۷۳ درصد) و موتورسیکلت (۰/۲ درصد) قرار دارند. در مدل شکل ۲، نیز متغیر وابسته بصورت صفر و یکی (شیوه‌های پایدار شامل سرویس، پیاده‌روی، حمل و نقل عمومی و موتورسیکلت=۱ و خودروی شخصی=۰) تعریف شده است.

نتایج مدل اندازه‌گیری (با تحلیل عاملی تاییدی) برای سیستم NAM (شکل ۳) حاکی از برازش خیلی خوب آیت‌ها و سه عامل است (  $X^2/df= 3.35, p < 0.001, RMSEA= 0.064, GFI= 0.91$  ). از بین ۱۹ آیت، ۴ آیت یا دارای با عاملی زیر ۰/۳ و یا بی‌معنا از لحاظ آماری بودند (حتی در بازه اطمینان ۹۰ درصدی نیز قرار نداشتند). و وارد مدل تاییدی نشدند. پایایی (اعتمادپذیری) عامل‌های NAM نشان داد که مولفه‌های هنجار شخصی، آگاهی از عواقب و انتساب مسئولیت دارای ضرایب آلفای کرونباخ قابل قبول (به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۸۰ و ۰/۶۱) هستند.

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

در این روابط، n تعداد سوالات،  $S_i^i$  واریانس سوال i ام،  $\sigma^2$  واریانس مجموع کلی متغیرهای اولیه هستند. شاخص آلفای کرونباخ نشان‌دهنده همبستگی درونی بین متغیرهای اولیه است. هرچه این شاخص به نزدیکی یک باشد، پرسش‌ها همگن‌تر خواهند بود. کرونباخ ضریب پایایی برابر با ۴۵٪ را غیر قابل قبول، ۷۵٪ را متوسط و قابل قبول، و ضریب ۸۵٪ را عالی پیشنهاد کرده است [Kline, 2015]. همچنین، پیش از شروع تحلیل مدل اصلی فرضیه‌شده (شکل ۲)، ساختار عاملی موجود در بین سیستم همبستگی NAM بین سه عامل (مولفه‌های هنجار شخصی، انتساب مسئولیت و آگاهی از عواقب) تایید خواهد شد (مدل اندازه‌گیری). ضمناً، کلیه مدل‌ها با نرم‌افزارهای AMOS22 و Mplus7 پرداخت شدند. Mplus7 شرایط برای تحلیل متغیرهای وابسته صفر و یکی را فراهم می‌کند.

### ۵. نتایج و بحث یافته‌ها

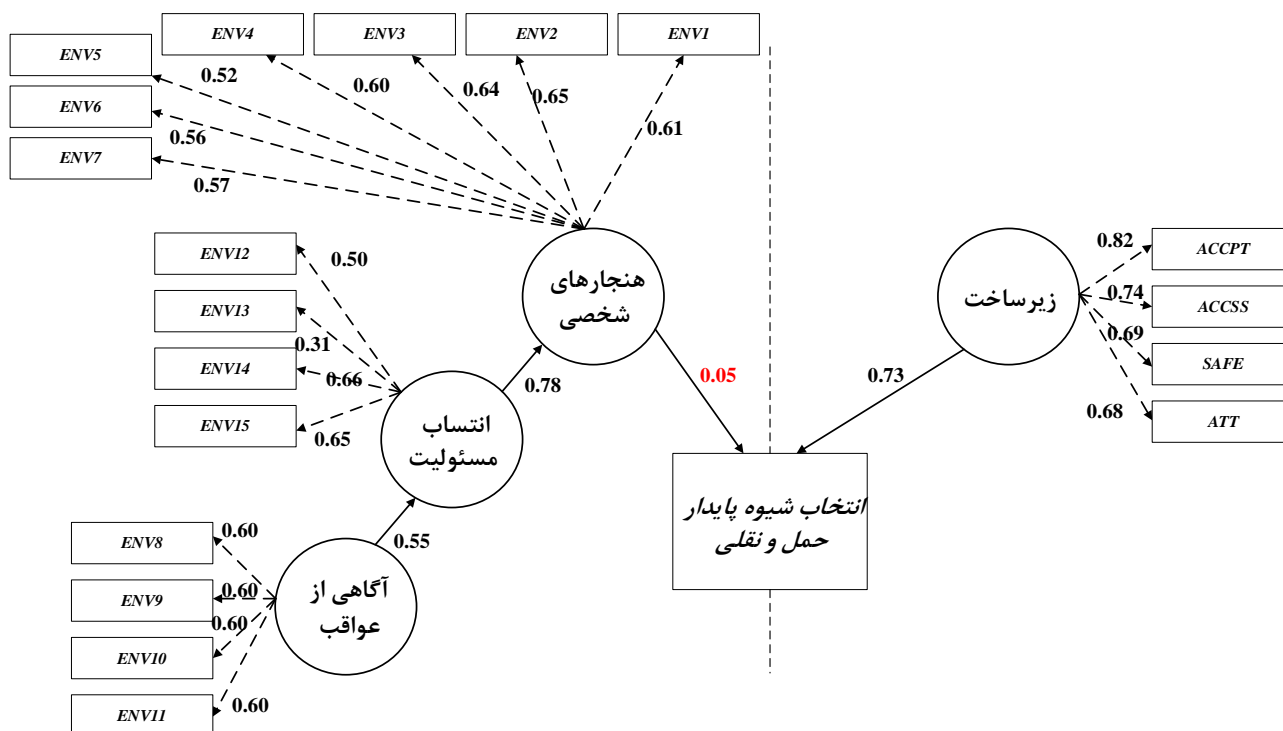
نتایج تحلیل توصیفی نشان می‌دهد متوسط سن پاسخ‌دهندگان ۳۵/۳۳ سال است. از بین شیوه‌های سفر تحصیلی، شیوه



شکل ۳. نتیجه مدل عاملی تاییدی از سیستم فعال‌سازی هنجار



تحلیلی بر جهت‌گیری سیاست‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار: بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)



کلیه ضرایب معنادار با رنگ مشکی پررنگ نمایش داده شده اند. ضرایب قرمز رنگ بی معنا هستند.

Standardized coefficients, significant  $p < .001$  coefficients in bold

$X^2/df=2.87$ ,  $p < 0.001$ ,  $RMSEA= 0.057$ ,  $GFI= 0.90$

شکل ۴. مدل معادلات ساختاری از مدل فرضیه‌ای پژوهش حاضر

حمل و نقل عمومی، دسترسی به سرویس مدرسه، یعنی تسهیلات پیاده‌روی و نگرش مثبت به پیاده‌روها دارای ارتباط معنادار آماری و مثبت (با ضریب ۰/۷۳) با انتخاب شیوه‌های پایدار در برابر خودروی شخصی است. از طرفی دیگر، نتایج نشان می‌دهد که ارتباط زنجیره‌ای در سیستم مدل فعال‌سازی هنجار (NAM) بین سه مولفه آگاهی از عواقب به انتساب مسئولیت (با ضریب ۰/۵۵) و از انتساب مسئولیت به هنجار شخصی (با ضریب ۰/۷۸) معنادار آماری و مثبت است. اما، ارتباط کل سیستم فعال‌سازی هنجار از طریق آخرین متغیر پنهان خود (هنجار شخصی) به انتخاب شیوه حمل و نقلی پایدار بی‌معنای آماری است.

یافته‌ی مدل به‌طور خاص نشان می‌دهد که توسعه‌ی زیرساخت‌های شیوه‌های پایدار حمل و نقلی دارای اثرات

نتایج مدل معادلات ساختاری از مدل فرضیه‌ای و اصلی پژوهش جاری (شکل ۴) حاکی از برازش خیلی خوب کلی مدل است ( $X^2/df=2.87$ ,  $p < 0.001$ ,  $RMSEA= 0.057$ ,  $GFI= 0.90$ ). ضرایب تخمین‌زده شده برای کلیه نشانگرهای متغیرهای پنهان چه متغیرهای فرهنگی شامل هنجار شخصی، انتساب مسئولیت، و آگاهی از عواقب و چه متغیرهای زیرساختی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای معناداری آماری هستند. از بین نشانگرهای متغیر پنهان زیرساخت، متغیر آشکار دسترسی به حمل و نقل عمومی مقدار بزرگتری نسبت به سایر مقادیر دارد. همچنین بزرگی نشانگرهای سه عامل فرهنگی نیز دارای مقادیر تقریباً مشابه‌ای است.

نتایج این مدل در شکل ۴ نشان می‌دهد که افزایش متغیر پنهان زیرساخت متشکل از متغیرهای مشاهده‌شده دسترسی به

- نتایج نشان می‌دهد که در مناطقی از شهرها که بستر مناسب حمل و نقلی (از قبیل دسترسی مناسب به حمل و نقل عمومی، پیاده‌رو یکپارچه و ایمن) برای ساکنین فراهم نباشد، نمی‌توان توقع داشت که فرهنگ‌سازی سیاست کاربردی برای تغییر رفتار شیوه حمل و نقلی باشد. در واقع، تا بستر و زیرساخت فراهم نباشد، سیاست فرهنگ‌سازی یک حد آستانه‌ای داشته و توسعه‌ی زیرساخت دارای اولویت است.

- شهروندان هر چه قدر از لحاظ فردی، اجتماعی و رفتاری انسان‌های با فرهنگی باشند، اما اگر دارای دسترسی نامناسبی به شیوه‌های پایدار باشند (مثل زمان رسیدن به اولین ایستگاه اتوبوس یا مترو خیلی زیاد باشد یا پیاده‌رو مناسبی وجود نداشته باشد)، فرهنگ‌سازی سیاستی موثر نبوده و افراد مجبورند تا از خودروی شخصی برای سفرهای روزانه شهری استفاده کنند.

- به‌منظور افزایش سهم شیوه‌های پایدار سفر پیشنهاد می‌شود، دسترسی‌ها و تسهیلات حمل و نقل عمومی و پیاده‌روی در نواحی مختلف شهرها گسترش، یکپارچه و ایمن شود.

بزرگ، معنادار و مثبت بر کاهش شیوه خودروی شخصی و افزایش احتمال استفاده از شیوه‌های سازگار با محیط‌زیست است. از طرفی دیگر، در وضعیت کنونی و در نمونه ایرانی مطالعه حاضر فرهنگ‌سازی از طریق فعال‌سازی هنجارها، تعهدات اخلاقی و آموزش‌های مربوطه اثری بر رفتار انتخاب شیوه سفر ندارد. این نتیجه برخلاف یافته‌های مطالعات در کشورهای توسعه‌یافته است [De Groot, Steg and Dicke, 2008; Lind et al. 2015; Abrahamse et al. 2009]. طبق فرضیه‌های تحقیق، یافته‌ها نشان می‌دهد که تصمیم‌گیران حوزه‌های حمل و نقل، سلامت و محیط‌زیست بایستی به‌منظور افزایش سهم شیوه‌های پایدار در برابر خودروی شخصی و متعاقباً کاهش آلودگی هوا، به سیاست توسعه زیرساخت‌های پایدار حمل و نقلی نسبت به فرهنگ‌سازی اولویت دهند.

## ۶. نتیجه‌گیری

برخی مواقع، بدون شناخت مناسب از وضعیت رفتاری و روان‌شناسی افراد و شرایط زیرساختی شبکه معابر و شهری ممکن است اقدام به تجویز سیاست‌هایی از قبیل فرهنگ‌سازی برای بهبود مشکلات حمل و نقلی شود. اما، در این فرآیند در بعضی مواقع سیاست فرهنگ‌سازی از طریق رسانه ملی، روزنامه‌ها و شبکه‌های اجتماعی ممکن است بدون فراهم بودن بستر و زیرساخت مناسب حمل و نقلی پایدار بدون نتیجه‌ی موثری واقع شود. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این سوال است که آیا سیاست توسعه زیرساخت‌های شیوه‌های پایدار حمل و نقلی در وضعیت کنونی کشور دارای اولویت است یا سیاست فرهنگ‌سازی برای کاهش استفاده از شیوه‌های شخصی سفر (مثل خودروی شخصی)؟ این پژوهش از طریق پرسش‌گری میدانی و مدل‌سازی معادلات ساختاری به دنبال پاسخ به فرضیه تحقیق بود. نتایج کلی پژوهش به صورت زیر است:

(SEM)

proenvironmental behavior". British Journal of Social Psychology, Vol. 40, pp. 133-155.

- Kline, R. B. (2015). "Principles and practice of structural equation modeling." Guilford publications.
- Lind, H. B., Nordfjærn, T., Jørgensen, S. H. and Rundmo, T. (2015). "The value-belief-norm theory, personal norms and sustainable travel mode choice in urban areas". Journal of Environmental Psychology, Vol. 44, pp. 119-125.
- Mehdizadeh, M., Nordfjaern, T. & Mamdoohi, A.R. (2016). "The role of socio-economic, built environment and psychological factors in parental mode choice for their children in an Iranian setting". Transportation, pp. 1-21. DOI: 10.1007/s11116-016-9737-z
- Mehdizadeh, M., Mamdoohi, A. and Nordfjaern, T. (2017). "Walking time to school, children's active school travel and their related factors". Journal of Transport & Health. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2017.01.012>
- Nordfjærn, T. and Rundmo, T. (2015). "Environmental norms, transport priorities and resistance to change associated with acceptance of push measures in transport". Transport Policy, Vol. 44, pp. 1-8.
- Nordfjærn, T., and Zavareh, M. F. (2017). "Does the value-belief-norm theory predict acceptance of disincentives to driving and active mode choice preferences for children's school travels among Chinese parents?." Journal of Environmental Psychology. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.06.005>
- Nordlund, A. M. and Garvill, J. (2002) "Value structures behind proenvironmental behavior", Environment and Behaviour, Vol. 34, pp. 740-756.

۷. پی‌نوشتها

- 1- Pro-environmental behavior
- 2- Sustainable
- 3- Environmental Significant Behavior (ESB)
- 4- Norm-Activation Model (NAM)
- 5- Structural equation modeling (SEM)

۸. مراجع

- Abrahamse, W., Steg, L., Gifford, R. and Vlek, C. (2009) "Factors influencing car use for commuting and the intention to reduce it: A question of self-interest or morality?". Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 12, No.4, pp. 317-324.
- Bamberg, S., and Schmidt, S. (2003). "Incentives, morality or habit? Predicting student's car use for university routes with the models of Ajzen, Schwartz and Triandis". Environment and Behavior, Vol. 35, No.2, pp. 264-285.
- Brown, T. A. (2014). "Confirmatory factor analysis for applied research." Guilford Publications.
- De Groot, J. I., Steg, L. and Dicke, M. (2008). "Transportation trends from a moral perspective: Value orientations, norms and reducing car use". New transportation research progress, pp. 67-91.
- Jakovcevic, A. and Steg, L. (2013). "Sustainable transportation in Argentina: Values, beliefs, norms and car use reduction". Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 20, pp. 70-79.
- Joireman, J. A., Lasane, T. P., Bennet, J., Richards, D., and Solaimani, S. (2001). "Integrating social value orientation and the consideration of future consequences within the extended norm activation model of

- in an urban Norwegian public".  
Transportation, Vol. 44, No.3, pp. 575-588.
- "World Bank Data" (2011). World Bank, Washington, DC. © World Bank.  
<http://data.worldbank.org/country/iran-islamic-republic>.  
<http://data.worldbank.org/topic/environment>
- ممدوحی، امیررضا و مهدی زاده، میلاد. (۱۳۹۴) "تحلیل نگرش والدین نسبت به ایمنی در سفرهای دانش آموزان به مدرسه با تاکید بر پیاده روی". فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی حمل و نقل، دوره ۷، شماره ۲، صفحه ۳۳۹-۳۵۲.
- OECD (2002) "OECD: Environmental outlook 2002".  
<<http://www.oecd.org/dataoecd/51/6/2088589.pdf>>.
- OECD. (2008) "Transport", in OECD. , OECD Environmental Outlook to 2030, OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040519-18-en>.
- Schwartz, S. H. (1977) "Normative influences on altruism", Advances in Experimental Social Psychology, Vol. 10, pp. 221-279.
- Şimşekoğlu, Ö., Nordfjærn, T. and Rundmo, T. (2017) "Predictors of car use habit strength

محسن فلاح زواره استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی است. ایشان درجه کارشناسی ارشد و دکترای خود را در رشته مهندسی راه و ترابری به ترتیب در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نموده است. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه وی ایمنی ترافیک و حمل و نقل فعال است.



میلاد مهدی زاده، در حال حاضر دانشجوی سال چهارم دکتری مهندسی و برنامه ریزی حمل و نقل (ورودی سال ۱۳۹۴) در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران است. وی درجه کارشناسی - ارشد خود را در رشته مهندسی عمران - برنامه ریزی حمل و نقل در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، مطالعه رفتار سفر، روان شناسی ترافیک و بررسی اندرکنش تصمیمات سفر با مسائل مرتبط با سلامت، محیط زیست و ایمنی است.

