فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۶، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۴۴۹۳-۴۴۷۵

مقاله علمی-پژوهشی

طراحی مدل ساختاری اقدامات موثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای با استفاده از رهیافت مدلسازی ساختاری تفسیری فازی

حمید شاه بندرزاده (مسئول مکاتبات)، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

E-mail: shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

محمدحسین کبگانی، استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

محمدامین دهملایی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد، بوشهر، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

چکیده

توسعه یک سیستم حمل و نقل پایدار جاده ای و سبز بهترین راه حل برای غلبه و دستیابی به نیازهای حمل و نقل جمعیت رو به رشد شهری و حمل و نقل باری پیش‌روی کلان شهرها است. این پژوهش باهدف بررسی سیستماتیک پژوهش‌های پیشین و همچنین شناسایی عناصر کلیدی و ارائه الگویی از اقدامات موثر برای ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای در استان بوشهر صورت پذیرفته است. با مطالعه ادبیات موضوعی و بهره‌گیری از رویکرد تحلیل محتوای متنی تعداد هفت شاخص در قالب مفهومی سیستم حمل و نقل پایدار شامل شاخص های اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی اساسی احصا شد که جهت بومی‌سازی آنها از تکنیک دلفی در سه دور استفاده گردید. جامعه آماری تحقیق را مدیران و کارشناسان آشنا به موضوع و شاغل در حوزه راه و شهرسازی تشکیل دادند . جهت جمع آوری داده‌ها از پرسش نامه محقق ساخته استفاده شد که روایی و پایایی آن نیز تایید گردید. جهت طراحی مدل حمل و نقل پایدار از رهیافت مدلسازی ساختاری تفسیری در محیط فازی جهت مدیریت ابهامات زبانی در قضاوت‌ها بهره گرفته شد. نتایج مدلسازی و تحلیل میک مک نشان داد که سرمایه گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین پایدار، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای و تأمین زیرساخت و برنامه ریزی فضای شهری جزء شاخص های اساسی و نفوذی در حوزه حمل و نقل پایدار به شمار می آید؛ از اینرو به مدیران پیشنهاد می‌گردد که بر این دسته از شاخص ها تاکید و توجه بیش تر داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل؛ توسعه پایدار؛ تکنیک دلفی، مدلسازی ساختاری تفسیری، فازی

۱. مقدمه

شهرها به سرعت در حال تغییر و رشد هستند و با افزایش جمعیت تقاضا برای انواع خانه‌ها بیشتر و متفاوت می‌گردد. همچنین فرصت‌های شغلی و دسترسی به خدمات افزایش می‌یابد که باعث افزایش شیوه‌های حمل و نقل و تعداد وسایل نقلیه می‌شود. حمل و نقل نقشی اساسی در توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ایفا می‌کند. هدف سیستم حمل و نقل، جابه‌جایی مؤثر مسافران و کالاها با کمترین تأثیرات منفی بر محیط زیست و جامعه است. این امر سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و خصوصی را ملزم می‌کند تا با هم همکاری کنند تا ترکیب مناسبی از حمل‌ونقل خصوصی و عمومی را فراهم نمایند. جابجایی و حمل و نقل شهری یک سیستم پیچیده است که با طراحی شهری و برنامه‌ریزی شهری مرتبط و همراه است. تأمین سیستم‌های حمل و نقل تأثیر زیادی بر شکل محیط ساخته شده و کیفیت زندگی مردم دارد. هرگونه مداخله در بخش حمل و نقل باید بر اساس یک چشم‌انداز بلندمدت برای جابجایی پایدار مردم و کالاها باشد. از سوی دیگر، متاسفانه مدیران شهری در کشورهای در حال توسعه از همان الگوهای توسعه حمل و نقل خودرو محور که در گذشته ساخته شده بود، پیروی می‌کنند. اکنون، بسیاری از شهرهای کشورهای توسعه‌یافته در تلاش هستند تا زیرساخت‌های بیشتر برای وسایل حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل غیرموتوری فراهم آورند. در سراسر جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه، مصرف انرژی و انتشار کربن در بخش حمل و نقل سریع‌تر از هر بخش دیگری در حال افزایش است. یکی از مشکلات سیستم حمل و نقل فعلی تولید آلودگی هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط زیست، گرم شدن کره زمین و پیامدهای سلامتی است. سبز کردن بخش حمل و نقل یک راه-حل اساسی برای غلبه بر این مشکلات است [عبدالواحد احمد و عبدالمنعم ، ۲۰۲۰: ۱۷].

از سوی دیگر، افزایش مصرف انرژی با افزایش روزافزون جمعیت جهان و پیشرفت‌های سریع در فناوری مشکلات زیست‌محیطی جدی را به همراه دارد. آلودگی زیست‌محیطی یکی از جنبه‌های مهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای است. برای پرداختن به سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در تغییرات آب و هوایی و تأثیر منفی آن بر سیستم‌های طبیعی و انسانی، بسیاری از دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی سیاست‌هایی را برای محدود کردن اثرات انسانی تعیین کرده‌اند. انتظار می‌رود تمام بخش‌های اقتصاد با مشارکت‌های متفاوت بر اساس پتانسیل-های مختلف تکنولوژیکی و اقتصادی در این تلاش‌ها شرکت کنند. به عبارت دیگر بخش حمل و نقل مسئول ایجاد سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی و همچنین آلودگی هوای محلی است، زیرا این بخش به سوخت‌های فسیلی مایع حاصل از نفت خام (تا ۹۵٪) نیمه وابسته است. تغییر به سمت یک سیستم حمل و نقل پایدارتر برای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی با اتخاذ جایگزین‌هایی مانند وسایل نقلیه الکتریکی با باتری، وسایل نقلیه قابل شارژ الکتریکی، الکتریسیته هیبریدی، هیبریدی پلاگین، گاز طبیعی فشرده یا بیوگاز و غیره بسیار مهم تلقی می‌شود. در سال‌های اخیر، بسیاری از فناوری‌های جایگزین خودرو در بازار وجود دارد. با توجه به سیاست‌های انرژی و حمل‌ونقل با هدف یکپارچه‌سازی بیشتر سیستم‌های انرژی جایگزین و تجدیدپذیر، فناوری‌های جدید به تدریج در ناوگان وسایل نقلیه ادغام می‌شوند [پاموکار و همکاران، ۲۰۲۱: ۱ و ۲].

از این رو، حمل‌ونقل پایدار جاده‌ای در این زمینه به وجود می‌آید تا تأثیر منفی ناشی از افزایش جابجایی شهری را کاهش دهد و روش‌های حمل‌ونقل دوست‌دار محیط‌زیست را ارتقا بخشد. حمل و نقل پایدار به کاهش انتشار دی اکسید کربن مضر و در نتیجه کاهش آلودگی جوی و بهبود کیفیت هوا در شهرها کمک می‌کند. بنابراین، این پژوهش به دنبال طراحی الگویی ساختاری جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده-

ای می باشد تا به پرسش‌هایی مانند عوامل موثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار و همچنین اهمیت هرکدام از این عوامل پاسخ دهد.

در استان بوشهر همانند سایر شهرهای ایران، راه یکی از سرمایه‌های ملی و بهترین عامل توسعه اجتماعی و اقتصادی این استان می‌باشد، به شکلی که هرچه نسبت به گسترش شبکه راه‌های این استان اقدام گردد، در جهت توسعه آن گام برداشته شده است. بر همین اساس بهبود و توسعه شبکه راه‌ها، به ویژه حمل و نقل پایدار جاده‌ای، در کلیه کشورها به عنوان یکی از مهمترین شاخص ها و زیرساخت‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی و حتی فرهنگی محسوب می‌شود. در همین راستا باید بیان نمود که در استان بوشهر به علت ظرفیت پذیری فوق العاده شبکه راه‌های زمینی که بیش از ۹۰ درصد از کل حمل و نقل این استان را ساماندهی می کند، بررسی عوامل موثر بر حمل و نقل جاده ای پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است.

به طور کلی این پژوهش بر اساس هدفی که دنبال می‌کند به چند بخش تقسیم می‌گردد: در بخش اول بعد بازخوانی ادبیات نظری پژوهش، تعریف مسأله ارائه می‌شود. در بخش دوم بر اساس شاخص های استخراج شده اقدام به طراحی مدل پژوهش می گردد. در این مرحله با استفاده از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری در محیط فازی، مدل پژوهش نهایی می گردد. در بخش سوم، از آنجا که مسأله مورد بررسی از جمله مسائل بسیار مهم در حوزه حمل و نقل به شمار می رود، یک پنل ترکیبی از متخصصان برای دریافت نظرات تشکیل می گردد. در بخش چهارم، با توجه به خروجی بدست آمده از مدلسازی ساختاری تفسیری فازی، نمودار میک مک ارائه می گردد. بخش انتهایی پژوهش به جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها برای مطالعات آتی می‌پردازد.

۲. ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

مفهوم پایداری برای اولین بار در گزارش برونداند ظاهر شد که در ۴ اوت ۱۹۸۷ توسط چندین کشور در سازمان ملل متحد تهیه شد. هدف از این گزارش تکمیل مفهوم توسعه اقتصادی با پایداری زیست‌محیطی بود. پایداری، به ویژه با اشاره به اکولوژی و اقتصاد، به «توانایی حفظ در یک نرخ یا سطح معین و اجتناب از تهی شدن منابع طبیعی به منظور حفظ تعادل اکولوژیکی» اشاره دارد. توسعه پایدار نگرانی‌های توسعه را با سرمایه پولی به منظور در نظر گرفتن سرمایه‌های طبیعی، اجتماعی و انسانی گسترش می‌دهد. به طور کلی، توسعه پایدار به ترکیب سه عنصر اساسی گفته می‌شود که باید در هماهنگی یکدیگر را تکمیل کنند. این سه عنصر عبارتند از: پایداری زیست‌محیطی، پایداری اقتصادی و پایداری اجتماعی. از نظر عملی، پایداری زیست‌محیطی نیازمند یک فرآیند برنامه‌ریزی است که به جامعه انسانی اجازه می‌دهد تا در محدوده محدودیت‌های محیط زیست بیوفیزیکی زندگی کند. پایداری اقتصادی شامل سیستم تولیدی است که سطوح مصرف کنونی را بدون به خطر انداختن نیازهای آتی برآورده می‌کند. پایداری اجتماعی مستلزم حفظ محیط زیست از طریق رشد اقتصادی و کاهش فقر است [ریورو گوتیرز و همکاران، ۲۰۲۱: ۲].

توسعه پایدار به عنوان "توسعه‌ای که نیازهای زمان حال را برآورده می‌کند بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود" در گزارش برونداند تعریف شده است. پایداری به طور گسترده‌ای شامل سه بعد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی است [ژائو و همکاران، ۲۰۲۰: ۲].

مفهوم حمل و نقل پایدار از توسعه پایدار سرچشمه می‌گیرد. حمل و نقل پایدار هم تعریف محدود و هم تعریف گسترده‌تری دارد. اولی بر مشکلات زیست‌محیطی و کاهش منابع تمرکز دارد، در حالی که دومی موارد رفاه اجتماعی و اقتصادی را در بر می‌گیرد. مورد دوم ترجیح داده می‌شود زیرا به مردم اجازه می‌دهد تا ملاحظات جامعی را در مورد تمام تأثیرات بخش حمل و نقل در نظر بگیرند و مردم را تشویق به جستجوی راه‌حل‌های یکپارچه برای حمل و نقل پایدار کنند [ژائو و همکاران، ۲۰۲۰: ۲].

توسعه یک سیستم حمل و نقل پایدار و سبز بهترین راه حل برای غلبه و دستیابی به نیازهای حمل و نقل جمعیت رو به رشد شهری و حمل و نقل باری پیش‌روی کلان شهرها است. بسیاری از سازمان‌ها و کارشناسان حمل و نقل پایدار و سبز را تعریف کرده‌اند که در نتیجه تعاریف متعددی برای آن ارائه شده است. با توجه به این تعاریف، حمل و نقل پایدار و سبز عبارت است از: هر نوع حمل و نقلی که انسانیت را در نظر بگیرد، انواع روش‌های حمل و نقل مقرون به صرفه، ایمن و متفاوت را ارائه می‌دهد. همچنین، به جای سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر یا احیا شده بستگی دارد و تأثیر کمی بر محیط زیست دارد [عبدالواحد احمد و عبدالمنعم، ۲۰۲۰: ۲۰].

مزایای متعددی برای حمل و نقل پایدار در زمینه زیست محیطی، بهداشتی و اقتصادی وجود دارد. از قبیل: (۱) انتشار کمتر یا بدون انتشار گازهای گلخانه: حمل و نقل سبز انتشار کم تا صفر دارد. (۲) موجب صرفه در هزینه‌ها و کاهش ازدحام ترافیک می‌شود: حمایت از روش‌های حمل و نقل سبز مانند دوچرخه، همراهی با اتومبیل و موتورسیکلت‌های برقی باعث صرفه‌جویی زیادی در هزینه می‌شود. (۳) کمک به ایجاد یک اقتصاد پایدار: استفاده از سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. (۴) بهبود سلامت و کیفیت زندگی بهتر: شیوه‌های حمل و نقل سبز گازهای مضری را منتشر نمی‌کنند که بر سلامت انسان تأثیر بگذارد. بنابراین استفاده از حمل و نقل سبز باعث بهبود سلامت و کیفیت زندگی مردم می‌شود. (۵) کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدیدناپذیر: استفاده از روش‌های سبز حمل و نقل باعث کاهش تقاضا برای سوخت و بنزین می‌شود [عبدالواحد احمد و عبدالمنعم، ۲۰۲۰: ۲۲].

دوویسی و همکاران (۲۰۲۲) "یک سیستم پشتیبانی تصمیم برای ارزیابی و اولویت‌بندی حمل و نقل شهری پایدار در متاورس" ارائه کردند. نتایج نشان داد ترکیب عملیات حمل‌ونقل عمومی در متاورس (مانند بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی تقاضا، مسیریابی، خطوط، و غیره) کمترین پایداری و کارآمدی را می تواند دارا باشد. مدیریت تقاضای ترافیک با استفاده از فناوری پایدار می‌تواند تقاضای ترافیک و اثرات منفی آن را بر شبکه جاده‌ای به حداقل برساند. ترویج نوآوری و پیشرفت در فناوری پایدار برای کنترل تقاضای حمل و نقل (به عنوان مثال محصولات و تجربیات مجازی) در رتبه دوم قرار گرفت. پایدارترین و کارآمدترین جایگزین، ادغام اشتراک‌گذاری الکترونیکی خودرو، اسکوتر الکترونیکی و اقتصاد اشتراک الکترونیکی در متاورس بود[دوویسی و همکاران، ۲۰۲۲].

پالیت و همکاران (۲۰۲۲) به "تحلیل مولفه اصلی یکپارچه و رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری برای تصمیم‌گیری‌های اتخاذ وسایل نقلیه الکتریکی در سیستم‌های حمل و نقل پایدار" پرداختند. نتایج نشان داد برای اطمینان از رشد اقتصادی و اجتماعی و همچنین کمک به دستیابی به اهداف توسعه پایدار با بهبود امنیت انرژی، وسایل نقلیه الکتریکی جایگزین سبز برای وسایل نقلیه معمولی با آلایندگی بالا هستند. یافته‌ها نشان داد که عملکرد و قابلیت اطمینان خودرو، زیرساخت‌های توان و شارژ کافی و سیاست‌های دولت تاثیرگذارترین عوامل برای پذیرش خودروهای الکتریکی هستند. از سوی دیگر، انتشار خودروهای برقی به دلیل پتانسیل برجسته آن در زمینه کارایی انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه، به عنوان یک راه پایدار درازمدت ممکن برای بحران انرژی و چالش‌های زیست‌محیطی ظاهر شده است [پالیت و همکاران، ۲۰۲۲] .

پاژیک و همکاران (۲۰۲۲) "انتخاب حالت حمل و نقل پایدار از دیدگاه حمل و نقل بار در تجارت با کشورهای اتحادیه اروپای غربی" مورد مطالعه قرار دادند. انتخاب روش حمل و نقل مناسب تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله زمان حمل و نقل، هزینه‌ها، تأثیر بر محیط زیست، زیرساخت‌ها، نگهداری در گذرگاه مرزی و غیره است. عوامل مؤثر بر انتخاب روش حمل و نقل پایدار عبارتند از: زمان حمل و نقل، زمان ترخیص کالا از گمرک، زمان تحویل، مصرف انرژی حمل و نقل، انتشار

گازهای گلخانه‌ای به عنوان مثال کربن دی اکسید، انعطاف-پذیری، ظرفیت و ازدحام ترافیک [پاژیک و همکاران، ۲۰۲۲]. پاموکار و همکاران (۲۰۲۱)، به "ارزیابی وسایل نقلیه سوخت جایگزین برای حمل و نقل جاده‌ای پایدار ایالات متحده با استفاده از روش FUCOM فازی یکپارچه و روش MARCOS فازی نوتروسوفیک" پرداختند. هدف این مطالعه، توسعه یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای اولویت‌بندی وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف برای حمل و نقل پایدار است. طبق یافته‌ها، مهم‌ترین محرک‌ها برای انتخاب وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف به ترتیب هزینه خرید، هزینه انرژی و مزایای اجتماعی هستند. نتایج ارزیابی همچنین نشان داد که وسایل نقلیه الکتریکی می‌توانند به‌عنوان یک رویکرد موثر برای کاهش انتشار کربن برای نیوجرسی عمل کنند. در این مطالعه، اقدامات مؤثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل جاده‌ای پایدار، توسعه فناورهای وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف برای حمل و نقل پایدار و مقابله با تغییرات آب و هوایی و انتشار کربن دی اکسید است. در این مطالعه، شش وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف برای حمل و نقل پایدار تعریف شده است. محرک‌های انتخاب وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف برای حمل و نقل پایدار عبارتند از: ۱) هزینه چرخه عمر یا اقتصادی (هزینه خرید (قیمت خرده‌فروشی یک وسیله نقلیه خاص (از جمله مالیات)، هزینه انرژی (هزینه تولید و توزیع انرژی)، ارزش فروش مجدد (قیمت فروش وسایل نقلیه با سوخت جایگزین دست دوم)، هزینه تعمیر و نگهداری (هزینه مورد نیاز برای نگهداری منظم وسیله نقلیه)، ۲) اجتماعی (احساس راحتی (توجه مصرف‌کننده به راحتی و لوازم جانبی وسیله نقلیه)، ایجاد شغل (ایجاد مکان کاری جدید)، مقبولیت اجتماعی (ترجیح مشتری برای خرید وسیله نقلیه خاص)، مزایای اجتماعی (افزایش سطح رفاه و سطح زندگی جامعه)، ۳) زیست‌محیطی (انتشار در هنگام استفاده: مخزن (به ازای هر واحد مسافت رانندگی)، آلودگی صوتی (صدا در هنگام کار خودرو)، فناوری سازگار با محیط زیست (درجه استفاده از سوخت جایگزین در هنگام رانندگی با وسیله نقلیه) [پاموکار و همکاران، ۲۰۲۱].

تالر و همکاران (۲۰۲۱) "نحوه طراحی بسته‌های سیاستی برای حمل و نقل پایدار: ایجاد تعادل بین اختلالات و قابلیت اجرا" را مطالعه کردند. در این پژوهش اقدامات مؤثر بر ایجاد حمل و نقل پایدار عبارتند از: ۱- تامین زیرساخت/برنامه‌ریزی فضایی (کاهش فضای جاده، ترافیک)، ۲- سیاست قیمت‌گذاری، ۳- سوخت جایگزین (جایگزین‌های سوخت‌های معمولی/قطارهای برقی، بیوگاز، سوخت‌های زیستی، هیدروژن و غیره)، ۴- حمل و نقل فعال جذاب (مسیرهای دوچرخه-سواری، پیاده‌روی شهرها)، ۵- مالیات، یارانه و کمک بلاعوض (لغو امتیازات مالیاتی، مالیات کربن)، ۶- حمل و نقل عمومی جذاب (اتوبوس حمل و نقل سریع، خطوط جدید، ارتباطات بهتر)، ۷- محدودیت‌های حمل و نقل (مناطق کم آلایندگی، ممنوعیت خودرو، بسته شدن جاده)، ۸- سیستم‌های حمل و نقل هوشمند/ دیجیتالی‌سازی هوشمند (بلیط فروشی هوشمند، فناوری اطلاعات و ارتباطات، جابجایی خودکار)، ۹- وسیله نقلیه جذاب کم کربن (تشویق برای خودروهای سبز) [تالر و همکاران، ۲۰۲۱].

ریورو گوتیرز و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه "مدیریت سیستم-های حمل و نقل عمومی شهری پایدار: یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره AHP" پرداختند. یافته‌ها تأثیر اقتصادی و زیست‌محیطی وسایل نقلیه جایگزین را نشان داد. نتایج نشان دادند که پایدارترین جایگزین، وسیله نقلیه برقی پلاگین از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی است و به سیاست‌گذاران و شرکت‌ها در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک آینده در مورد سیاست‌های حمل‌ونقل شهری پایدار کمک می‌کند. در این پژوهش، اقدامات مؤثر بر ایجاد حمل و نقل پایدار عبارتند از: در نظر گرفتن سوخت‌های دیگر مانند گاز طبیعی فشرده (CNG) و

موتورهای هیبریدی به عنوان جایگزین‌های پایدار کوتاه‌مدت و بلندمدت، استفاده از وسایل نقلیه‌ای با سوخت‌های جایگزین مختلف، نوآوری و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های جایگزین پایدار برای حمل و نقل عمومی جاده‌ای شهری توسط ادارات دولتی (این سرمایه‌گذاری مستلزم جایگزینی تدریجی وسایل نقلیه با وسایل نقلیه‌ای است که از فناوری‌های سازگارتر با محیط زیست استفاده می‌کنند، از جمله موتورهای CNG، هیبریدی یا الکتریکی، حتی اگر این فناوری‌ها به اندازه کافی برای ارائه این خدمات حمل و نقل جاده‌ای فشرده به بلوغ نرسند) [ریورو گوتیرز و همکاران، ۲۰۲۱].

لیو و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه "مکان‌های بهینه و قیمت برق برای دستگاه‌های شارژ بی‌سیم پویا وسایل نقلیه الکتریکی برای حمل و نقل پایدار" پرداختند. نتایج نشان داد خودروهای الکتریکی یکی از ابزارهای موثر برای کاهش آلودگی و حمل و نقل پایدار در بازارهای نوظهور هستند [لیو و همکاران، ۲۰۲۱].

گودیل و همکاران (۲۰۲۱) به "بررسی نقش نوآوری فناوری و انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش انتشار گربن دی اکسید بخش حمل و نقل در چین: مسیری به سمت توسعه پایدار" پرداختند. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی، نوآوری فناوری و انرژی‌های تجدیدپذیر به طور معناداری بر انتشار کربن دی اکسید در بخش حمل و نقل در چین تأثیر می‌گذارد. هم مصرف انرژی تجدیدپذیر و هم نوآوری تأثیر منفی بر انتشار کربن دی اکسید مربوط به حمل و نقل نشان می‌دهد [گودیل و همکاران، ۲۰۲۱].

گونو و همکاران (۲۰۲۱) "موانع و محرک‌های انتقال به حمل و نقل عمومی پایدار در فیلیپین" را بررسی کردند. نتایج نشان داد برقی کردن وسایل نقلیه عمومی نقش حیاتی در انتقال به سمت یک سیستم حمل و نقل پایدارتر ایفا می‌کند. نتایج بررسی عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی را به عنوان موانع اصلی در پذیرش حمل و نقل عمومی الکتریکی شناسایی کرد که شامل هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری و عملیاتی، کمبود زیرساخت شارژ، مسائل مربوط به برد رانندگی و استفاده در زمین‌های مختلف، و در دسترس بودن قطعات وسایل نقلیه الکتریکی و ایستگاه‌های تعمیر است. از سوی دیگر، عامل اصلی، حمایت عمومی قابل توجه از نوسازی سیستم حمل و نقل عمومی از طریق خودروهای برقی است که توسط سیاست‌ها و محرک‌های قانونی پشتیبانی می‌شود. برای یک سیستم حمل‌ونقل عمومی بدون آلایندگی، این مطالعه توصیه می‌کند که دولت باید در منابع پایدار انرژی سرمایه‌گذاری کند، زیرساخت‌های عمومی بیشتری را توسعه دهد، بخش حمل و نقل را متنوع کند، بودجه توسعه خودروهای الکتریکی ساخت محلی را تامین مالی کند و راه‌اندازی یک کمپین اطلاعاتی گسترده برای آموزش عموم از مزایای آن آغاز کند. موانع یا محرک‌های برای نوسازی حمل و نقل مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، زیست‌محیطی، و عوامل قانونی ذکر کردند. یک راه‌حل استراتژیک برای پرداختن به این چالش‌ها از طریق سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه بیشتر (R&D)، مشارکت-های دولتی و خصوصی، مداخله در سیاست‌ها و مدل‌های کسب و کار پیشرفته است [گونو و همکاران، ۲۰۲۱].

عبدالواحد احمد و عبدالمنعم (۲۰۲۰) به مطالعه "حمل و نقل پایدار و سبز برای کیفیت بهتر زندگی مطالعه موردی: قاهره بزرگ– مصر" پرداختند. در این پژوهش اقدامات مؤثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل جاده‌ای پایدار و کمک به حل و غلبه بر برخی از مشکلات حمل و نقل عبارتند از: دخالت دولت برای حل مشکلات حمل و نقل (در قالب مقررات، برنامه‌های نوسازی، آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد و حمل و نقل عمومی را بهبود می‌بخشد)؛ تبدیل خودروهای بخش عمومی به گاز طبیعی (خودروهایی که قابلیت و مناسب برای تبدیل را دارند به گاز طبیعی تبدیل شوند)، پروژه تعویض تاکسی‌های قدیمی (به منظور حذف میزان آلاینده‌های مضر از تاکسی‌های قدیمی، با تاکسی‌های جدید)؛ بازرسی آلاینده‌های خودرو

به‌عنوان بخشی از گواهینامه خودرو (طبق قانون، «وسایل نقلیه حمل‌ونقل انبوه (تاکسی، کامیون تریلر و اتوبوس) [عبدالواحد احمد و عبدالمنعم،۲۰۲۰].

پررا و همکاران (۲۰۲۰) "یک رویکرد مبتنی بر عوارض چند طبقه برای کاهش کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در جاده‌ها برای حمل و نقل شهری پایدار" ارائه کردند. عوارض بالا کامیون‌ها را مجبور می‌کند از جاده‌های باکیفیت اجتناب کنند که منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. مدل پژوهش هم درآمد عوارض و هم هزینه‌های عملیاتی خودرو را در نظر می-گیرد تا راه حلی قابل قبول برای سرمایه‌گذاران و کاربران جاده ایجاد کند. نتایج نشان داد که طرح‌های عوارضی که معمولاً استفاده می‌شوند با توجه به اهداف چند ذی‌نفع ناکارآمد هستند. طرح دریافت عوارض بهینه شده توانست هزینه‌های انتشار کل شبکه را تا ۱۲ درصد در مقایسه با طرح عوارضی که در حال حاضر توسط یک مرکز عوارض در یک شبکه واقعی در ملبورن استرالیا استفاده می‌شود، کاهش دهد [پررا و همکاران، ۲۰۲۰].

جدول ۱، برگرفته از بررسی و واکاوی پژوهش‌های انجام شده در راستای حمل و نقل پایدار است که پس از مطالعه این پژوهش‌ها، اقدامات و عوامل مؤثر از دیدگاه محققان جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار شناسایی گردید و با ذکر منبع در این جدول ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه پژوهش‌های انجام شده

ردیف	نویسنده و سال انتشار	اقدامات و عوامل مؤثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای
۱	دوویسی و همکاران (۲۰۲۲)	استفاده از فناوری پایدار، ترویج نوآوری، استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی
۲	پالیت و همکاران (۲۰۲۲)	وسایل نقلیه الکتریکی
۳	پاژیک و همکاران (۲۰۲۲)	انتخاب روش حمل و نقل مناسب
۴	پاموکار و همکاران (۲۰۲۱)	وسایل نقلیه الکتریکی، توسعه فناورهای وسایل نقلیه با سوخت جایگزین مختلف، فناوری سازگار با محیط زیست، تلاش‌های تحقیق و توسعه
۵	تالر و همکاران (۲۰۲۱)	۱- تامین زیرساخت/برنامه‌ریزی فضایی (کاهش فضای جاده، ترافیک)، ۲- سیاست قیمت‌گذاری، ۳- سوخت جایگزین و قطار قدرت (جایگزین‌های سوخت‌های معمولی/قطارهای برق، برق، بیوگاز، سوخت‌های زیستی، هیدروژن و غیره)، ۴- حمل و نقل فعال جذاب (مسیرهای دوچرخه‌سواری، پیاده‌روی شهرها)، ۵- مالیات، یارانه و کمک بلاعوض (لغو امتیازات مالیاتی، مالیات کربن)، ۶- حمل و نقل عمومی جذاب (اتوبوس حمل و نقل سریع، خطوط جدید، ارتباطات بهتر)، ۷- محدودیت‌های حمل و نقل (سایر موارد) (مناطق کم آلایندگی، ممنوعیت خودرو، بسته شدن جاده)، ۸- سیستم‌های حمل و نقل هوشمند/ دیجیتالی‌سازی هوشمند (بلیط فروشی هوشمند، فناوری اطلاعات و ارتباطات، جابجایی خودکار)، یکپارچه‌سازی
۶	ریورو گوتیرز و همکاران (۲۰۲۱)	وسیله نقلیه برقی، در نظر گرفتن سوخت‌های دیگر مانند گاز طبیعی فشرده (CNG) و موتورهای هیبریدی، استفاده از وسایل نقلیه‌ای با سوخت‌های جایگزین مختلف، نوآوری و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های جایگزین پایدار برای حمل و نقل عمومی جاده‌ای شهری توسط ادارات دولتی
۷	لیو و همکاران (۲۰۲۱)	وسایل نقلیه الکتریکی
۸	گودیل و همکاران (۲۰۲۱)	نوآوری، فناوری و انرژی‌های تجدیدپذیر
۹	گونو و همکاران (۲۰۲۱)	برقی کردن وسایل نقلیه، سرمایه‌گذاری دولت در منابع پایدار انرژی، توسعه زیرساخت‌های عمومی، متنوع‌سازی بخش حمل و نقل، تامین مالی توسعه خودروهای الکتریکی و راه‌اندازی یک کمپین

ردیف	نویسنده و سال انتشار	اقدامات و عوامل مؤثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای
		اطلاعاتی گسترده برای آموزش عموم از مزایای آن، سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه بیشتر، مشارکت‌های دولتی–خصوصی، مداخله در سیاست‌ها و مدل‌های کسب و کار پیشرفته
۱۰	عبدالواحد احمد و عبدالمنعم (۲۰۲۰)	دخالت دولت (در قالب مقررات، برنامه‌های نوسازی)؛ تبدیل خودروهای بخش عمومی به گاز طبیعی، پروژه تعویض تاکسی‌های قدیمی با تاکسی‌های جدید؛ بازرسی آلاینده‌های خودرو به‌عنوان بخشی از گواهینامه خودرو؛ توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای؛ بازرسی وسایل نقلیه موتوری در جاده؛ کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای موتورسیکلت؛ ترویج حمل و نقل غیر موتوری– پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری؛ پروژه‌های آزمایشی شامل طراحی و ساخت خطوط طولانی دوچرخه در شبکه جاده اصلی (۱. اجرا و بهسازی پیاده‌روهای عابر پیاده؛ ۲. طراحی و ساخت قفسه‌های دوچرخه در محل‌های پارکینگ که در مکان‌های حیاتی قرار دارند؛ ۳. ارائه پیشنهادات خرید دوچرخه به شهروندان با ارائه تسهیلات پرداخت بدون بهره؛ ۴. افزایش آگاهی شهروندان در مورد اهمیت پیاده-روی و دوچرخه‌سواری با اجرای کمپین؛ ۵. آموزش مکانیک‌ها برای تعمیر و نگهداری دوچرخه)؛ ۶. صدور قوانین جدید راهنمایی و رانندگی.
۱۱	پررا و همکاران (۲۰۲۰)	طرح دریافت عوارض بهینه شده

۳. مواد و روش‌های پژوهش

این مطالعه به لحاظ هدف، در قالب تحقیقات کاربردی و به لحاظ روش تحقیق، در زمره تحقیقات کیفی – کمی است. جامعه آماری این تحقیق را مدیران و کارشناسان شاغل در اداره کل راه و شهرسازی استان بوشهر و آشنا به موضوع تشکیل دادند که با روش غیرتصادفی هدفمند از نوع قضاوتی اعضای نمونه انتخاب گردیدند که در جدول شماره ۲ مشخصات افراد مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است. معیار انتخاب اعضای پانل در این پژوهش میزان آشنایی افراد با مفاهیم مرتبط با سیستم های حمل و نقل و همچنین میزان سابقه کار افراد در این حوزه می باشد.

جدول ۲. جامعه آماری پژوهش

سمت	تعداد
استادان دانشگاه	۸
خبرگان حوزه حمل و نقل	۸

جهت جمع آوری داده ها از پرسش نامه محقق ساخته استفاده گردید که گردآوری دیدگاه پاسخ‌دهندگان از طریق عبارات کلامی[1] انجام شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط تصمیم گیرندگان، جهت انجام محاسبات، متغیرهای زبانی (عبارات کلامی) به اعداد فازی تبدیل گردیدند. بدین منظور، در تحقیق حاضر از طیف فازی[2] جدول شماره ۳ استفاده گردیدکه نمایانگر رابطه متناظر بین عبارات کلامی، کد آنها و اعداد فازی مثلثی است.

جدول ۳. عبارات کلامی و اعداد فازی

عبارات کلامی	کد	اعداد فازی
بدون تأثیر	NO	(۰/۲۵ و ۰ و ۰)
تأثیر کم	L	(۰/۵ و ۰/۲۵ و ۰)
تأثیر متوسط	M	(۰/۷۵ و ۰/۵ و ۰/۲۵)
تأثیر زیاد	V	(۱ و ۰/۷۵ و ۰/۵)
تأثیر خیلی زیاد	VH	(۱ و ۱ و ۰/۷۵)

روایی پرسشنامه با رویکرد تحلیل محتوای صوری مورد تائید قرار گرفت. لازم به ذکر است جهت بومی سازی شاخص‌ها برای ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای از روش دلفی استفاده گردید. همچنین میزان پایایی پرسشنامه از طریق محاسبه نرخ ناسازگاری بررسی شد. از آنجایی که مقدار نرخ

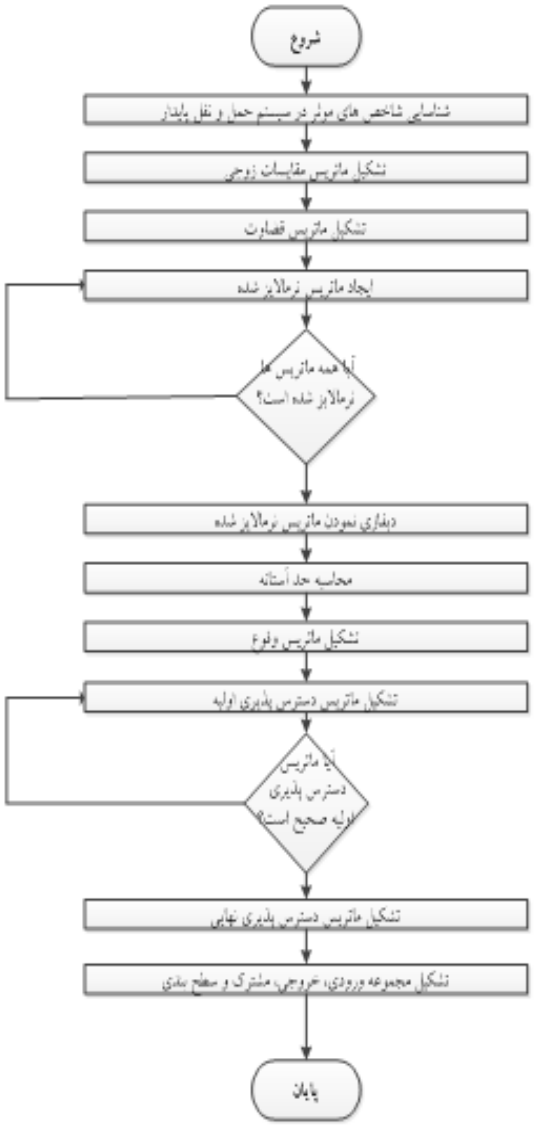
ناسازگاری[3] برابر ۰/۰۳۲ به دست آمد، پایایی پرسشنامه نیز تائید گردید.

در نهایت جهت طراحی مدل حمل و نقل پایدار جاده‌ای از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری فازی استفاده گردید. مدلسازی ساختاری تفسیری[4] روشی برای طراحی الگوی روابط پیچیده و چندگانه میان متغیرهای یک پدیده است. این روش نوعی تحلیل ساختاری است که براساس پارادایم تفسیری بنا نهاده شده است. هدف این روش نیز شناسایی روابط بین متغیرهای زیربنایی یک پدیده چندوجهی و پیچیده است. طراحی مدل ساختاری تفسیری (ISM) روشی است برای بررسی اثر هر یک از متغیرها بر روی متغیرهای دیگر؛ این طراحی رویکردی فراگیر برای سنجش ارتباط است و این طراحی برای توسعه چارچوب مدل به‌کار می‌رود تا اهداف کلی تحقیق امکان‌پذیر شود.

مدلسازی ساختاری-تفسیری یکی از روش‌های اکتشافی طراحی مدل در مدیریت است که ایده اولیه آن توسط وارفیلد (۱۹۷۴) مطرح و توسط سیج (۱۹۷۷) معرفی گردید. در این روش ابتدا به شناسایی عوامل موثر و اساسی پرداخته و سپس با استفاده از روشی که ارائه شده است، روابط بین این عوامل و راه دستیابی به پیشرفت توسط این عوامل ارائه شده است. روش ISM با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها می‌پردازد. مدل ساختار تفسیری قادر است ارتباط بین شاخص که به صورت تکی یا گروهی به یکدیگر وابسته‌اند، را تعیین نماید. روش ISM با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف به تحلیل ارتباط بین شاخص‌ها می‌پردازد. از اینرو پژوهش حاضر جهت برطرف نمودن خلاء های این روش، از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری در محیط فازی بهره می جوید. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل میزان قدرت نفوذ و میزان وابستگی هر یک از اقدامات از تجزیه و تحلیل میک مک[5] استفاده می گردد.

۳-۱ طراحی مدل پژوهش

طراحی مدل حمل و نقل پایدار در ۱۱ گام به صورت شکل ۱ انجام گرفته است.



شکل ۱. فلوچارت انجام پژوهش (محقق ساخته)

مرحله اول) شناسایی شاخص های موثر در سیستم حمل و نقل پایدار

در پژوهش حاضر، ابتدا با مطالعه و بررسی ادبیات موجود، شاخص های موثر در ایجاد سیستم و حمل و نقل پایدار استخراج شدند. سپس جهت بومی سازی شاخص های شناسایی شده از رویکرد دلفی استفاده گردید. به طور کلی هدف اصلی از انجام این مطالعه با استفاده از روشی دلفی کسب قابل اطمینان‌ترین میزان توافق بین نظرات گروه

متخصصان از طریق توزیع پرسش نامه‌ها به همراه بازخوردهای کنترل شده بوده است. معیارهای انتخاب خبرگان در این پژوهش شامل تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی می‌باشد. در نمونه گیری برای تعیین متخصصان در تکنیک دلفی، اغلب برای نمونه‌گیری، از روش غیرتصادفی هدفمند از نوع قضاوتی استفاده می‌شود. تعداد اعضای پانل نیز در پژوهش‌های پیشین بین ۱۰ تا ارقام مختلف متغیر بوده است؛ اما، چنانچه شرکت کنندگان همگن باشند، تعداد ۱۰ تا ۱۵ عضو برای پانل کافی خواهد بود.

برای تعیین میزان اتفاق نظر میان اعضای پانل از ضریب هماهنگی کندال[۶] استفاده می گردد. ضریب هماهنگی کندال مقیاسی برای تعیین درجه ی هماهنگی و موافقت میان چندین دسته رتبه‌ی مربوط به N شیئی یا فرد است. مقدار ضریب هماهنگی کندال با استفاده از نرم افزار اس پی اس اس محاسبه گردید. مقدار بیش تر از ۰/۸ برای ضریب هماهنگی کندال نمایانگر اتفاق نظر بسیار قوی بر روی عوامل می باشد . لازم به ذکر است که برای پانل های با تعداد بیش تر از ۱۰ عضو حتی مقادیر بسیار کوچک نیز معنادار است.

مرحله دوم) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی

در این مرحله ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها دو به دو مقایسه می شود. شکل شماره ۲ فرم کلی ماتریس مقایسات زوجی را نشان می دهد.

$$D=\begin{bmatrix} - & p_1 & p_2 & \dots & p_n \\ p_1 & - & \tilde{d}_{12} & \dots & \tilde{d}_{1n} \\ p_2 & \tilde{d}_{21} & - & \dots & \tilde{d}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_n & \tilde{d}_{n1} & \tilde{d}_{n2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

شکل ۲. فرم کلی ماتریس مقایسات زوجی

در تصویر بالا، p_i بیانگر عنصر i ام، بیانگر میزان تأثیر عنصر i ام بر عنصر j ام، l_{ij} حد پایین، m_{ij} حد وسط، u_{ij} حد بالای عدد فازی مثلثی و D نیز ماتریس مقایسات زوجی می باشد. در مرحله بعد بایستی نرخ ناسازگاری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردد. به طور کلی اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۵ درصد باشد می توان بیان نمود که ماتریس پاسخ ها از سازگاری مناسبی برخوردار می باشد.

$$IR=\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j}^{n}\left|\frac{t_{ij}^{r}-t_{ij}^{r-1}}{t_{ij}^{n}}\right| \times 100\% \qquad (۱)$$

در رابطه بالا، IR بیانگر نرخ ناسازگاری، n تعداد معیار و t_{ij}^{r} متوسط نمره فرد r ام به معیار i ام نسبت به معیار j ام می باشد.

مرحله سوم) تشکیل ماتریس قضاوت

پس از تشکیل ماتریس های مقایسات زوجی با ادغام نظرات، ماتریس قضاوت یا ادغامی تشکیل می گردد. شکل شماره ۳ فرم کلی ماتریس قضاوت را نشان می‌دهد.

$$G=\begin{bmatrix} - & \tilde{g}_{12} & \dots & \tilde{g}_{1n} \\ \tilde{g}_{21} & - & \dots & \tilde{g}_{2n} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ \tilde{g}_{n1} & \tilde{g}_{n2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

شکل ۳. فرم کلی ماتریس قضاوت

در این پژوهش جهت تشکیل ماتریس قضاوت از میانگین هندسی (رابطه شماره ۲) بهره گرفته شده است.

$$\tilde{g}_{ij}=(\tilde{d}_{ij}^{1},\tilde{d}_{ij}^{2},\dots,\tilde{d}_{ij}^{k})^{\frac{1}{k}} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق، k نمایانگر تعداد خبرگان می باشد.

مرحله چهارم) ایجاد ماتریس نرمالایز شده

در این مرحله ماتریس نرمالایز شده از روی ماتریس قضاوت تعیین می گردد. از اینرو بایستی ابتدا مقدار γ از طریق رابطه شماره ۳ محاسبه گردد.

$$\gamma=max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}u_{ij} \qquad (۳)$$

در رابطه بالا، u_{ij} نشان دهنده حد بالای عدد فازی ماتریس قضاوت می باشد. هنچنین پس از محاسبه γ، تمام عناصر ماتریس قضاوت بر عدد γ تقسیم می گردد.

$$N=\frac{G}{\gamma} \qquad (۴)$$

در رابطه بالا، N نشان دهنده ماتریس نرمالایز شده می باشد.

مرحله پنجم) دیفازی نمودن ماتریس نرمالایز شده

جهت دیفازی نمودن اعداد فازی روش های مختلفی از قبیل برش وجود دارند؛ اما محققان بیان می دارند که بهترین عملکرد غیرفازی[۷] از طریق رابطه شماره ۵ به دست می آید.

$$BNP_{ij} = \frac{u_{ij} - l_{ij} + m_{ij} - l_{ij}}{3} + l_{ij} \qquad (۵)$$

مرحله ششم) محاسبه حد آستانه[۸]

در این مرحله می بایست تمامی اعداد فازی موجود در ماتریس نرمالایز شده دیفازی گردد و ماتریس دیفازی شده مشخص گردد. همچنین یک حد آستانه از طریق میانگین حسابی مطابق رابطه شماره ۶ محاسبه می گردد.

$$C = \frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} a_{ij}}{n^2} \qquad (۶)$$

در رابطه بالا a_{ij} نشان دهنده مقادیر دیفازی شده اعداد فازی ماتریس نرمالایز شده به ازای $1 \le i \le n$ و $1 \le j \le n$، n نشان دهنده تعداد عنصر و C مقدار حد آستانه می باشد.

مرحله هفتم) تشکیل ماتریس وقوع[۹]

پس از محاسبه حد آستانه، ماتریس وقوع تشکیل می‌گردد. بدین منظور، عناصر ماتریس دیفازی شده یک به یک با مقدار حد آستانه مقایسه می‌شوند. اگر عنصری دارای مقداری بیش تر از حد آستانه و یا مساوی با آن بود، آنگاه در درایه متناظر با آن عدد یک قرار داده می‌شود و در غیر این صورت، عدد صفر جایگزین می‌گردد.

مرحله هشتم) تشکیل ماتریس دسترس‌پذیری اولیه

ماتریس دسترس‌پذیری اولیه، از جمع ماتریس وقوع با ماتریس همانی بر اساس رابطه شماره ۷ به دست می‌آید.

$$M = R + I \qquad (۷)$$

در رابطه بالا، M نشان دهنده ماتریس‌های دسترس پذیری اولیه، R ماتریس وقوع و I ماتریس همانی می‌باشد.

مرحله نهم) تشکیل ماتریس دسترس‌پذیری نهایی

ماتریس دسترس‌پذیری نهایی با دخیل کردن انتقال‌پذیری به دست می آید. انتقال پذیری روابط در مدل سازی ساختاری تفسیری یک فرض مبنایی می‌باشد. انتقال‌پذیری بیانگر این است که در صورتی که عنصر a بر عنصر b تاثیر دارد و عنصر b بر عنصر c تاثیر دارد ؛ لذا می‌توان گفت که عنصر a بر عنصر c تاثیر دارد. جهت شناسایی روابط درونی بین عناصر، باید ماتریس دسترس‌پذیری اولیه را آنقدر به توان رساند تا رابطه شماره ۸ حاصل گردد.

$$M^* = M^k = M^{k+1} \quad , k > 1 \qquad (۸)$$

M^* و k به ترتیب نمایانگر ماتریس دسترس‌پذیری نهایی و یک عدد طبیعی هستند.

مرحله دهم) تشکیل مجموعه ورودی، خروجی، و مشترک و سطح بندی

در این مرحله با استفاده از ماتریس دسترس‌پذیری نهایی، مجموعه ورودی، خروجی و مشترک به دست می آید. مجموعه ورودی برای هر عنصر در بردارنده خود عنصر و عناصر تاثیرپذیر از آن می‌باشد. مجموعه خروجی برای هر عنصر در بردارنده خود عنصر و عناصری است که بر آنها تاثیر دارد و پس از تعیین مجموعه های ورودی و خروجی، اشتراک این مجموعه‌ها برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. از این طریق مجموعه مشترک برای هر عنصر به دست می‌آید. عناصری که مجموعه خروجی و مشترک آنها کاملاً مشابه باشد، در بالاترین سطح از سلسله مراتب مدل ساختاری تفسیری قرار می‌گیرند. هنگامی که در اولین تکرار عناصر بالاترین سطح مشخص گردید، باید این عناصر از سایر عناصر جدا و یا به عبارت دیگر حذف گردند. این عمل تا زمانی که سطح تمامی عناصر مشخص شود، تکرار می‌شود.

مرحله یازدهم) ترسیم مدل ساختاری

پس از تعیین سطوح عناصر، از روی ماتریس دسترس پذیری نهایی با حذف انتقال‌پذیری‌ها یک گراف جهت‌دار ترسیم می-گردد.

۳-۲ تجزیه و تحلیل میک مک

هدف از این بخش ترسیم نمودار قدرت نفوذ – وابستگی اقدامات، از روی ماتریس دسترس پذیری نهایی و تجزیه و تحلیل آن می‌باشد. در این مرحله اقدامات در چهار گروه طبقه-بندی می‌شود. اولین گروه شامل اقدامات خودمختار می‌شود که قدرت نفوذ و وابستگی ضعیفی دارند. این اقدامات تا حدودی از سایرین مجزا هستند و ارتباطات کمی دارد. گروه دوم، اقدامات وابسته را شامل می‌شود. که از قدرت نفوذ ضعیف؛ اما وابستگی بالایی برخوردارند. گروه سوم، اقدامات پیوندی را شامل می‌شود. این اقدامات قدرت نفوذ بالا و وابستگی بالایی دارند. در واقع هرگونه عملی بر روی این اقدامات باعث تغییر بر روی سایر اقدامات می شود . گروه چهارم، اقدامات نفوذی را شامل می‌شود.

۴. یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر، ابتدا با مطالعه و بررسی ادبیات موجود، شاخص‌های موثر برای ترسیم ساختار سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای استخراج شدند. سپس با به کارگیری رویکرد تحلیل محتوای متنی، آن دسته از شاخص‌هایی که تعدد تکرار آنها خیلی کم بوده از لیست احصاء شده حذف شدند. در ادامه برخی از شاخص‌هایی بر پایه دسته‌بندی‌های صورت گرفته در ادبیات موضوعی با یکدیگر تلفیق گردیدند. جدول (۴)، شاخص‌های نهایی موثر برای ترسیم ساختار سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای را نشان می‌دهد. جهت بومی‌سازی شاخص-ها در حوزه حمل و نقل پایدار با رویکرد دلفی، تعداد ۱۶ خبره انتخاب گردید. پس از تعیین اعضای پانل، فهرستی از شاخص-های تاثیرگذار در قالب پرسش نامه به روش حضوری و به شیوه الکترونیکی (فاکس) جهت تعیین میزان اهمیت هر کدام در بین کلیه اعضای پانل توزیع و جمع‌آوری شد. در مورد صحت و اعتبار نمونه گرفته شده در این پژوهش می توان بیان داشت که از آنجا که جامعه بیکران از متخصصین در حوزه حمل و نقل پایدار روبرو نیستیم، از سرشماری استفاده شده است. به عبارت دیگر روش دلفی، یک تکنیک قوی در استخراج ایده‌ها و نظرهای حاصل از توافق جمعی قضاوت خبرگان است، لذا مبتنی بر ساختار ارتباط گروهی است.

این تکنیک در مواردی که دانش نامطمئن و ناکامل در دسترس باشد، با هدف دستیابی به اتفاق نظر گروهی استفاده می‌شود. از آنجا که افراد خبره از قابلیت‌های ذهنی خود برای ارائه نظرهای خود بهره می‌برند، لذا احتمال عدم قطعیت وجود دارد. بنابراین بهتر است داده‌ها با استفاده از مجموعه‌های فازی، یکپارچه شده و مورد تحلیل قرار گیرند. نظریه فازی قادر است بسیاری از مفاهیم مبهم را به شکل ریاضی درآورده و زمینه‌ای جهت تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم کند.

در پرسشنامه فوق، از پاسخگویان خواسته شد تا علاوه بر شاخص‌های موجود، شاخص‌های مورد نظر خود را در بخش توضیحات اضافه نمایند. بررسی پاسخ سوال باز در پرسشنامه-های نشان داد که شاخص‌های تبیین شده از سوی پاسخ-دهندگان با شاخص‌های موجود و شناسایی شده از ادبیات نظری پژوهش از نظر مفهومی یکسان بوده؛ لذا، با شاخص‌های موجود ادغام و ترکیب گردید. همچنین مقیاس مورد استفاده در این تحقیق، یک مقیاس ۵ نقطه‌ای طیف لیکرت شامل گزینه-های تاثیر خیلی کم (۱)، تاثیر کم (۲)، تاثیر متوسط (۳)، تاثیر زیاد (۴)، بسیار زیاد (۵) می باشد؛ لذا، نقطه ۳ به عنوان نقطه بیطرف یا خنثی انتخاب گردید.

جدول ۴. شاخص‌های نهایی برای ترسیم ساختار سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای

ردیف	شاخص های اصلی	زیر شاخص	نماد
۱	اجتماعی	بهبود حمل و نقل عمومی	C_1
۲		مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه های نوسازی	C_2
۳		توسعه راه آهن و شبکه جاده ای	C_3
۴	اقتصادی	سرمایه گذاری در زمینه انرژی های پایدار	C_4

۵		تأمین زیرساخت و برنامه ریزی فضای شهری	C_5
۶	زیست	استاندارد آلایندگی خودروها	C_6
۷	محیطی	سیستم حمل و نقل سبز و پایدار	C_7

در پژوهش حاضر، مراحل روش دلفی در سه دور به انجام رسید که میزان انحراف معیار پاسخ های اعضای پانل در دورهای اول، دوم و سوم در خصوص اهمیت شاخص‌های موثر برای ترسیم ساختار سیستم حمل و نقل پایدار و مقدار ضریب هماهنگی کندال نیز برای دورهای اول، دوم و سوم در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج ضریب هماهنگی کندال در میان اعضای پانل

نتایج	دور اول	دور دوم	دور سوم
میانگین انحراف معیار	۰/۵۷۴	۰/۴۶۱	۰/۴۳۳
ضریب هماهنگی کندال	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۸۶

همانگونه که در جدول شماره ۵ نشان داده شده است ضریب هماهنگی کندال بین نظرات افراد در پاتل مشخص شده است. به عبارت دیگر ضریب هماهنگی کندال یک آزمون ناپارامتریک است و برای تعیین میزان هماهنگی میان نظرات استفاده می‌شود. این ضریب مقداری بین ۰ و ۱ است. اگر ضریب کندال صفر باشد یعنی عدم توافق کامل و اگر یک باشد یعنی توافق کامل وجود دارد.

پس از شناسایی شاخص های موثر و انتخاب طیف فازی، اولین مرحله، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی به ازای هر خبره می‌باشد. جدول شماره ۶، ماتریس مقایسات زوجی به ازای خبره اول را نشان می‌دهد.

جدول ۶. ماتریس خود تعاملی به ازای خبره اول

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	-	M	M	L	M	V	M
C_2	M	-	M	L	L	L	L
C_3	M	NO	-	L	L	M	L
C_4	L	M	L	-	L	M	M
C_5	L	V	V	M	-	M	V
C_6	VH	NO	M	V	NO	-	L
C_7	M	L	L	V	L	VH	-

در ادامه، ماتریس‌های قضاوت، نرمالایز شده و نرمال دیفازی شده به دست آورده شد. سپس، حد آستانه از طریق میانگین حسابی از روی ماتریس دیفازی شده به مقدار ۰/۰۳۷۱ محاسبه گردید که در پی آن ماتریس وقوع و سپس ماتریس دسترس-پذیری اولیه به مانند جدول (۷) محاسبه شد.

جدول ۷. ماتریس دسترس پذیری اولیه

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰
C_2	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰
C_3	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰
C_4	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱
C_5	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
C_6	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱
C_7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

در ادامه، ماتریس دسترس‌پذیری نهایی با دخیل کردن انتقال-پذیری به دست آورده شد. این انتقال پذیری ها در ماتریس دسترس‌پذیری نهایی به مانند جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸. ماتریس دسترس پذیری نهایی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	نفوذ
C_1	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۴
C_2	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۵
C_3	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۵
C_4	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۴
C_5	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵
C_6	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۴
C_7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
وابستگی	۶	۱	۱	۶	۱	۶	۷	

پس از تعیین مجموعه‌های ورودی و خروجی، اشتراک این مجموعه‌ها برای هر یک از اقدامات تعیین می گردد. اقداماتی

که مجموعه خروجی و مشترک آنها کاملاً همانند باشند؛ در بالاترین سطح از سلسله مراتب مدل ساختاری تفسیری به مانند جدول (۹) قرار می‌گیرند.

جدول ۹. تکرار اول

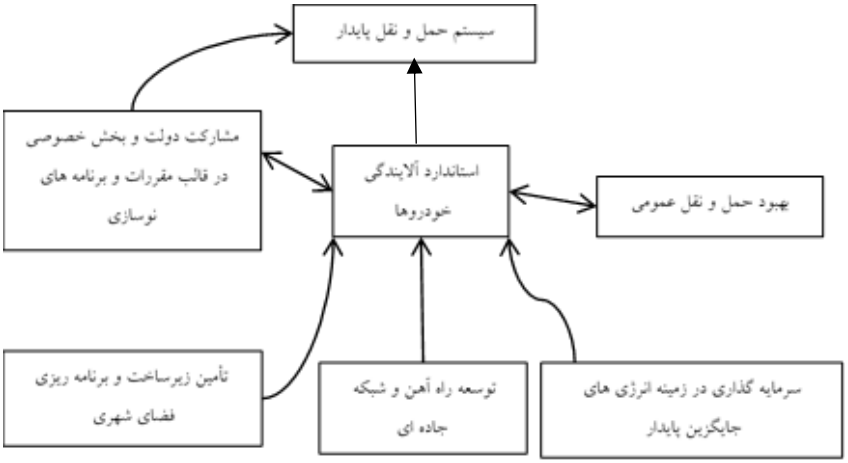
سطح	مجموعه مشترک	مجموعه ورودی	مجموعه خروجی	شاخص
		۱و۲و۳و۴و۵ و۶	۱و۴و۶و۷	۱
۱	۲	۲	۱و۲و۴و۶و۷	۲
۱	۳	۳	۱و۳و۴و۶و۷	۳
		۱و۲و۳و۴و۵ و۶	۱و۴و۶و۷	۴
۱	۵	۵	۱و۴و۵و۶و۷	۵
		۱و۲و۳و۴و۵ و۶	۱و۴و۶و۷	۶
		۱و۲و۳و۴و۵ و۶و۷	۷	۷

پس از اولین تکرار، اقدامات بالاترین از سایرین حذف می‌شوند. این عمل، تا زمانی که سطح تمامی عامل‌ها مشخص شود، تکرار می‌گردد. در این پژوهش ۳ تکرار به مانند جدول(۱۰) صورت گرفت.

جدول ۱۰. مجموعه های مرتبط با سطح بندی در تکرار دوم و سوم

سطح	مجموعه مشترک	مجموعه ورودی	مجموعه خروجی	شاخص
۲	۱و۴و۶	۱و۴و۶	۱و۴و۶و۷	۱
۱			۱و۴و۶و۷	۲
۱			۴و۶و۷	۳
۲	۱و۴و۶	۱و۴و۶	۱و۴و۶و۷	۴
۱			۱و۴و۶و۷	۵
۲	۱و۴و۶	۱و۴و۶	۱و۴و۶و۷	۶
۳		۱و۴و۶و۷	۷	۷

مدل نهایی ساختاری تفسیری با حذف انتقال‌پذیری‌ها به مانند شکل (۴) تشکیل گردید. مدل نهایی به دست آمده در این پژوهش از ۳ سطح مختلف تشکیل شده است. شاخصی که در سطوح بالای سلسله مراتب قرار دارند از تاثیرگذاری کمتری برخوردارند.



شکل ۴. مدل نهایی ساختاری تفسیری عوامل و اقدامات موثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار

۵. تجزیه و تحلیل میک مک

همانگونه که بیان گردید، ماتریس قدرت نفوذ- وابستگی به منظور ترسیم ساختار سیستم حمل و نقل پایدار، براساس میزان نفوذ (تاثیرگذاری) و وابستگی‌شان (تاثیر پذیری) که در ماتریس دسترس پذیری نهایی آورده شده است، به مانند شکل (۵) ترسیم گردید. این ماتریس نشان می‌دهد که شاخص "سیستم

حمل و نقل پایدار" در ناحیه وابسته قرار گرفتند، از قدرت نفوذ پایین و وابستگی بالا برخوردارند. همچنین شاخص‌های "بهبود حمل و نقل عمومی"، "استاندارد آلایندگی خودوها" و "مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه های نوسازی" در ناحیه پیوندی قرار گرفت؛ به علت اینکه بین شاخص ها رابطه دوسویه وجود داشت. در نهایت، شاخص-های "سرمایه گذاری در زمینه انرژی های جایگزین پایدار"، "توسعه راه آهن و شبکه جاده ای"، "رهبری موثر" و "تامین زیرساخت و برنامه ریزی شهری" در ناحیه نفوذی قرار گرفتند، از قدرت نفوذ بسیار بالا و وابستگی کم برخوردار می‌باشند.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

رشد سریع اقتصاد جهانی و تغییرات فناوری موجب تأثیر بر اکولوژی و پایداری محیط زیست می باشد. طی چند دهه اخیر، جهان شاهد افزایش انتشار گازهای سمی، گرمایش شدید زمین و آلودگی هوای محیط بوده است. حمل‌ونقل یکی از بخش‌هایی است که مسئولیت‌پذیرترین بخش برای تأثیرات سلامت انسان و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. حمل و نقل در زندگی امروزی با ارائه خدمات جابجایی به خدمات صنعتی، تجاری و اجتماعی فراگیر شده است و به عنوان پل ارتباطی بین تولید و مصرف، یک صنعت خدماتی اساسی، استراتژیک و پیشگام است که از توسعه اجتماعی و اقتصادی حمایت می‌کند. سیستم حمل و نقل در درجه اول به سوخت-های فسیلی وابسته است. در نتیجه، بخش حمل و نقل مسئول بسیاری از اثرات گرمایش جهانی و کاهش منابع تجدیدناپذیر است. همچنین تاثیر زیست‌محیطی سیستم‌های حمل و نقل از نظر جغرافیایی متفاوت است، زیرا هر منطقه دارای ویژگی‌های متفاوتی با توجه به ترکیب تامین انرژی، زیرساخت‌های حمل و نقل و رفتارهای سفر است. بنابراین، برای رشد پایدار شهری، سیستم مدیریت حمل و نقل بهینه بسیار پر اهمیت می‌باشد و ادغام برنامه‌ریزی حمل و نقل در برنامه‌ریزی شهری به طراحان شهری کمک می‌کند تا سیاست‌های توسعه پایدار شهری بلند مدت را اجرا کنند.

از اینرو برای دستیابی به این هدف در این مطالعه عوامل موثر جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار با توجه به ادبیات پژوهش و به کمک تکنیک تحلیل محتوی کیفی بررسی شدند، که در نهایت عوامل: سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای، تأمین زیرساخت و برنامه‌ریزی فضای شهری، بهبود حمل و نقل عمومی، استانداردهای آلایندگی خودروها و مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه‌های نوسازی شناسایی شدند. سپس به منظور درک نحوه ارتباط این عوامل با یکدیگر تکنیک مدلسازی ساختاری در فضای فازی بکار گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای و تأمین زیرساخت و برنامه‌ریزی فضای شهری، به عنوان عوامل زیر بنایی برای ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار بشمار می‌آیند. متغیرهای سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای و تأمین زیرساخت و برنامه‌ریزی فضای شهری بر شاخص استاندارد آلایندگی خودروها به شکل مستقیم و بر سایر متغیرهای پژوهش به شکل غیرمستقیم تاثیرگذارند، سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین علاوه بر متغیر استاندارد آلایندگی خودروها بر بهبود حمل و نقل عمومی نیز به شکل مستقیم تاثیرگذار است.

همانگونه که در شکل شماره ۵ نشان داده شده است، این سه فاکتور، دارای توان نفوذ بالا و وابستگی ضعیف هستند، یعنی این عوامل تحت تاثیر عوامل دیگر نیستند در حالی که بر سایر عوامل سیستم حمل و نقل پایدار به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم تاثیرگذار می باشند. به همین دلیل مدیران راه و شهرسازی جهت موفقیت در ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار بایستی توجه ویژه به این عوامل داشته باشند؛ که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات ژائو و همکاران، ۲۰۲۱ ؛ پامکار و همکاران،

۲۰۲۱ ؛ عبدالواحد و همکاران،۲۰۲۰ ؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۱ مطابقت دارد.

در سطح دوم مدل بهبود حمل و نقل عمومی، استاندارد آلایندگی خودروها و مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه‌های نوسازی واقع شده است که در این میان رابطه استاندارد آلایندگی خودروها با بهبود حمل و نقل عمومی و مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه‌های نوسازی دو طرفه است. به عبارتی دیگر هم از این دو متغیر تاثیر می‌گیرد و هم بر آنها تاثیر می‌گذارد؛ همچنین استاندارد آلایندگی خودروها علاوه بر بهبود حمل و نقل عمومی و مشارکت دولت و بخش خصوصی در قالب مقررات و برنامه‌های نوسازی، تحت تاثیر مستقیم عوامل سرمایه گذاری در زمینه انرژی های جایگزین، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای و تأمین زیرساخت و برنامه ریزی فضای شهری نیز می باشد؛ به عبارت ساده‌تر استاندارد آلایندگی خودروها تحت تاثیر کلیه متغیرهای شناسایی شده مدل به استثناء متغیر ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار می‌با شد. لذا از دیگر ضروریات جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار، بکارگیری تمهیدات لازم برای توسعه استانداردهای مورد نیاز جهت سنجش میزان آلایندگی خودروها می‌باشد. این یافته با نتایج تحقیقات گودیل و همکاران،۲۰۲۱ ؛ تامپسون و همکاران، ۲۰۲۰ ؛ تالر و همکاران، ۲۰۲۰، مطابقت دارد.

ضمنا باید توجه داشت که طبق تحلیل میک مک هر اندازه توجه به عواملی که در سطوح پایین مدل بدست آمده است بیشتر باشد، بهتر می‌توان سیستم حمل و نقل پایدار را ایجاد و توسعه داد. در این پژوهش سعی شده است تا مدلی طراحی شود که تمامی گام‌های لازم جهت ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار، به صورت جامع، شفاف و متوالی گنجانده شود. با توجه به ماتریس توان نفوذ و وابستگی، معیارهای موثر بر ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار با توجه به قدرت نفوذ هر عامل در عوامل دیگر و میزان وابستگی هر عامل به عوامل دیگر در چهار قسمت تقسم بندی شده اند. این

ماتریس نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های جایگزین، توسعه راه آهن و شبکه جاده‌ای و تأمین زیرساخت و برنامه‌ریزی فضای شهری، بیشترین قدرت نفوذ و توان پیشران را در دیگر عوامل دارند و همچنین وابستگی کمتری به دیگر عوامل دارند، لذا در پایین‌ترین سطح مدل قرار می‌گیرند و بیشترین تاثیر را بر سایر فاکتورها دارند و با توجه به اثر این فاکتورها بر سایر فاکتورها لازم است تا بیشترین توجه به آنها مبذول گردد. از طرف دیگر متغیر ایجاد سیستم حمل و نقل پایدار عاملی است که کمترین توان نفوذ و بیشترین وابستگی را دارد، لذا برای ایجاد و تغییر درآن، باید به سایر عوامل (عواملی که در سطوح پایین تر قرار دارند) توجه گردد.

همچنین در این پژوهش سعی شده است نوآوری را از سه جنبه خلأ نظری، تکنیکی و کاربردی مورد بررسی دقیق قرار گیرد که می‌توان از آنها به عنوان نقاط قوت پژوهش حاضر در مقایسه با سایر پژوهش‌ها نام برد. در این راستا پس از بررسی و تجزیه و تحلیل مقالات در حوزه مدیریت حمل و نقل پایدار شاخص های مناسب جهت ارزیابی سیستم حمل و نقل در استان بوشهر شناسایی گردید. از منظر نوآوری تکنیکی، شاخص هدف مربوط به این پژوهش برحسب مدلسازی ساختاری تفسیری مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در نوع خود تحلیلی نوین به شمار می‌رود. همچنین استفاده از این رویکرد در محیط فازی را می‌توان به عنوان یکی دیگر از نوآوری‌های تکنیکی این پژوهش در مقایسه با سایر پژوهش‌ها در نظر گرفت. در نهایت از منظر نوآوری کاربردی این پژوهش، بکارگیری شاخص های استخراج شده از بررسی پیشینه پژوهش و ادبیات نظری در حوزه سیستم حمل و نقل پایدار جاده‌ای در استان بوشهر می‌باشد که در این پژوهش مورد تبیین قرار گرفته است.

علی‌رغم تمامی مزایای تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری، این روش مدلسازی محدودیت‌هایی نیز دارد. روابط محتوایی کشف شده میان معیارها، به دانش و تجربه خبرگان و آشنایی آنها با موضوع و سازمان بستگی دارد. در نتیجه این اریبی در قضاوت کسانی که به عنوان متخصص در خصوص روابط میان معیارها نظر می‌دهند وجود دارد (که این موضوع درواقع بر نتایج نهایی تاثیرگذار ا ست) که البته سعی شده است با فازی نمودن ساختار ارائه شده این مشکل برطرف شده است. محدودیت دیگر تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری این ا ست که هیچ‌گونه وزنی به معیارها تخصیص نمی دهد. لذا پیشنهاد می‌شود برای تعیین اوزان معیارهای شناسایی شده، در تحقیقات آتی از تلفیق روش مدلسازی ساختاری تفسیری با روش‌هایی همچون فرایند تحلیل سلسله مراتبی و یا فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده نمود و پس از درک روابط میان عناصر شناسایی شده، آنها را وزن‌دهی و اولویت‌بندی نمود.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Linguistic terms
2. Triangular fuzzy numbers
3. Inconsistency Rate
4. Interpretive Structural Modelling
5. MICMAC
6. Kendall's Coefficient of Concordance (W)
7. Best non-fuzzy performance: BNP
8. Threshold
9. Incidence matrix

۸. مراجع

– Abdel Wahed Ahmed, M. M., & Abd El Monem, N. (2020). Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo–Egypt. HBRC Journal, 16(1), 17-37.

– Deveci, M., Mishra, A. R., Gokasar, I., Rani, P., Pamucar, D., & Özcan, E. (2022). A decision support system for assessing and prioritizing sustainable urban transportation in metaverse. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 31(2), 475-484.

– Godil, D. I., Yu, Z., Sharif, A., Usman, R., & Khan, S. A. R. (2021). Investigate the role of technology innovation and renewable energy in reducing transport sector CO2 emission in China: a path toward sustainable development. Sustainable Development, 29(4), 694-707.

– Guno, C. S., Collera, A. A., & Agaton, C. B. (2021). Barriers and drivers of transition to sustainable public transport in the Philippines. World Electric Vehicle Journal, 12(1), 46.

– Kazancoglu, Y., Ozbiltekin-Pala, M., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2021). Prediction and evaluation of greenhouse gas emissions for sustainable road transport within Europe. Sustainable Cities and Society, 70, 102924.

– Liu, H., Zou, Y., Chen, Y., & Long, J. (2021). Optimal locations and electricity prices for dynamic wireless charging links of electric vehicles for sustainable transportation. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 152, 102187.

– Pajić, V., Andrejić, M., & Kilibarda, M. (2022). Sustainable transportation mode selection from the freight forwarder's perspective in trading with western EU countries. Sustainable Futures, 4, 100090.

– Palit, T., Bari, A. M., & Karmaker, C. L. (2022). An integrated Principal Component Analysis and Interpretive Structural Modeling approach for electric vehicle adoption decisions in sustainable transportation systems. Decision Analytics Journal, 4, 100119.

– Pamucar, D., Ecer, F., & Deveci, M. (2021). Assessment of alternative fuel vehicles for sustainable road transportation of United States using integrated fuzzy FUCOM and neutrosophic fuzzy MARCOS methodology.

Science of the Total Environment, 788, 147763.

– Perera, L., Thompson, R. G., & Wu, W. (2020). A multi-class toll-based approach to reduce total emissions on roads for sustainable urban transportation. Sustainable Cities and Society, 63, 102435.

– Rivero Gutiérrez, L., De Vicente Oliva, M. A., & Romero-Ania, A. (2021). Managing sustainable urban public transport systems: An AHP multicriteria decision model. Sustainability, 13(9), 4614.

– Thaller, A., Posch, A., Dugan, A., & Steininger, K. (2021). How to design policy packages for sustainable transport: Balancing disruptiveness and implementability. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 91, 102714.

– Zhao, X., Ke, Y., Zuo, J., Xiong, W., & Wu, P. (2020). Evaluation of sustainable transport research in 2000–2019. Journal of cleaner production, 256, 12.

محمدحسین کبگانی، درجه کارشناسی در رشته مدیریت صنعتی را در سال ۱۳۸۹ با رتبه ممتاز از دانشگاه خلیج فارس بوشهر و درجه کارشناسی ارشد در مدیریت صنعتی – گرایش تحقیق در عملیات را در سال ۱۳۹۱ با رتبه ممتاز از دانشگاه خلیج فارس و درجه دکتری خود را در سال ۱۴۰۰ با رتبه عالی در رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات از دانشگاه خلیج فارس اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مدیریت و فنون تصمیم گیری کمی و کیفی ، علم مدیریت فازی و مدلسازی ریاضی ، تجزیه و تحلیل، مستندسازی، آسیب شناسی و بهبود فرایندها و سیستم‌های سازمانی بوده، کاربرد رویکردهای هوش مصنوعی در علم مدیریت بوده و در حال حاضر عضو هیئت‌علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه خلیج فارس بوشهر است.

حمید شاهبندرزاده، درجه کارشناسی در رشته مدیریت را در سال ۱۳۶۸ با رتبه ممتاز از دانشگاه تهران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مدیریت را در سال ۱۳۷۲ با رتبه ممتاز از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. در سال ۱۳۸۵ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات از دانشگاه تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان فنون تصمیم گیری چند معیاره، ارزیابی عملکرد، بهینه سازی و مدلسازی ریاضی و کاربرد روش‌های هوش محاسباتی در مدیریت بوده و در حال حاضر عضو هیئت‌علمی با مرتبه دانشیار در دانشگاه خلیج فارس بوشهر است.

محمد امین دهملایی، درجه کارشناسی در رشته حسابداری را در سال ۱۳۹۹ با رتبه ممتاز از دانشگاه آزاد و هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد در رشته مدیریت کسب و کار می باشد. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مدیریت کسب و کار، مدیریت بازاریابی می باشد.