

ارایه روشی شاخص مبنا برای ارزیابی پایداری اقتصادی حمل و نقل

ایمان مهدی نیا، دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

میقات حبیبیان*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

غلامرضا شیرازیان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: habibian@aut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲ - پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵

صفحه ۱۹-۳۱

چکیده

امروزه اثرات حمل و نقل بر اقتصاد به عنوان یکی از ارکان توسعه پایدار مورد توجه برنامه ریزان حمل و نقل قرار گرفته است. حمل و نقل پایدار رویکردی است که سعی دارد با ملاحظه همزمان ابعاد زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی، نیازهای جابه جایی نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده در برآوردن نیازهایشان پاسخ گوید. در این مقاله بر شناخت اثرات حمل و نقل بر پایداری اقتصادی در راستای حرکت به سوی حمل و نقل پایدار تمرکز شده است. بدین منظور، شاخص هایی در دو زیربخش هزینه ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل و نقل و هزینه ها و درآمدهای استفاده کننده سیستم حمل و نقل تعریف و دسته بندی شده اند. با بهره گیری از روش تحلیل عامل و استفاده از شیوه تحلیل مولفه های اصلی با استفاده از نرم افزار SPSS20 روشی برای ترکیب و تحلیل این شاخص ها و شناخت وضعیت پایداری بعد اقتصادی ارائه شده است. به منظور نشان دادن کارایی روش پیشنهادی، ۵۰ ایالت و منطقه فدرال مرکزی کشور آمریکا به عنوان مطالعه موردی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته اند. نتایج این بررسی نشان می دهد که منطقه فدرال مرکزی (دیستریکت آف کلمبیا)، نبراسکا و کانزاس به ترتیب، پایدارترین ایالت ها و ایالت های آلaska، مریلند و نیوهمپشایر به ترتیب ضعیف ترین پایداری نسبی اقتصادی را در بین ایالت ها دارند.

واژه های کلیدی: حمل و نقل پایدار، شاخص، تحلیل عامل، ترکیب شاخص ها، پایداری اقتصادی حمل و نقل

۱- مقدمه

انسان ها، در برنامه ریزی حمل و نقل مورد توجه قرار گرفته است. حرکت به سوی حمل و نقل پایدار راهکاری برای توجه بیشتر به این پیامدها و کنترل عارضه های پیش آمده از حمل و نقل است. در حقیقت، حمل و نقل پایدار دارای ابعاد مختلف زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی بوده و ارتباط تنگاتنگی با توسعه پایدار دارد (حق شناس، ۱۳۹۱). حمل و نقل پایدار رویکردی

امروزه با گسترش فعالیت های اجتماعی، تقاضای حمل و نقل افزایش یافته و توسعه سیستم های حمل و نقل به عنوان یکی از ارکان اساسی توسعه یافتگی در جوامع مختلف مورد توجه قرار گرفته است. امروزه، رویکردی تحت عنوان حمل و نقل پایدار به منظور پیشگیری نمودن از عوارض ناشی از حمل و نقل بر محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی اجتماعی و اقتصادی

(U.S. DOT, 2011), (Transportation, 2012), (U.S. Census Bureau, 2010).

۲- پیشینه تحقیق

رصافی حمل و نقل پایدار را رویکردی می‌داند که همزمان ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی را در نظر می‌گیرد تا نیازهای نسل حاضر در جابه‌جایی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان پاسخ گوید (رصافی، ۱۳۸۳).

رینسترا حمل و نقلی را پایدار می‌داند که کیفیت محیط‌زیست را حفظ کند، ایمن باشد و عملکرد آن از نظر اقتصادی و اجتماعی برای پاسخ به تقاضای زمان حال و آینده حفظ شده و بهبود یابد (Rienstra, Vleugel, 1996). لیتمن حمل و نقل پایدار را سیستمی تعریف می‌کند که در مصرف سوخت، آلاینده‌های وسایل نقلیه، ایمنی، تراکم ترافیک و دستیابی به اهداف اقتصادی و اجتماعی به صورت چند سطحی عمل نماید و در تمامی این موارد تامین کننده اهداف پایداری در آینده بوده، بدون آنکه آیندگان را در تامین مایحتاجشان به خطر بیندازد (Litman, 2008). شاخص‌ها ابزاری برای سنجش و ارزیابی پایداری حمل و نقل هستند. در مطالعات پیشین، با استفاده از شاخص‌های مختلفی به بررسی و ارزیابی پایداری حمل و نقل در ابعاد مختلف پرداخته شده است. حق‌شناس و همکاران در پژوهش خود برای ارزیابی و مقایسه شهرهای جهان از نظر پایداری حمل و نقل، با ساخت شاخص‌هایی در ابعاد حمل و نقل پایدار و دسته‌بندی شهرها و ترکیب شاخص‌ها با سهم برابر به ارزیابی و مقایسه شهرهای جهان پرداخته است. آنها شاخص‌ها را برای ارزیابی بعد اقتصادی در سه زیربخش هزینه‌های مستقیم استفاده کننده حمل و نقل، هزینه‌های غیر مستقیم استفاده کننده حمل و نقل و هزینه‌های گرداننده سیستم حمل و نقل دسته‌بندی کرده‌اند (Haghshenas, Vaziri, 2012).

است که سعی دارد با ملاحظه همزمان ابعاد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی حمل و نقل، نیازهای جابه‌جایی نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان پاسخ گوید. در این رویکرد، برنامه‌ریزان حمل و نقل به دنبال راهکاری برای کنترل عوارض سیستم‌های حمل و نقل بر محیط‌زیست، کیفیت زندگی اجتماعی و شرایط اقتصادی جوامع در نسل کنونی و نسل‌های آینده می‌باشند. با گسترش نیاز به حمل و نقل، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان در عرصه تامین و مدیریت تسهیلات مناسب با سیاست‌های مختلفی مواجه هستند که این سیاست‌ها می‌توانند اثرات مختلفی بر پایداری در حمل و نقل در هر یک از ابعاد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی داشته باشند. از اینرو، در حرکت به سوی پیاده‌سازی رویکرد حمل و نقل پایدار، شناخت دقیقی از وضعیت پایداری سیستم حمل و نقل در هر یک از این ابعاد لازم است تا بتوان اثرات سیاست‌های مختلف حمل و نقلی را در دستیابی به اهداف حمل و نقل پایدار سنجید. براین اساس، ساختن ابزاری که با توجه به شرایط مختلف یک منطقه، میزان پایداری اقتصادی حمل و نقل را در ابعاد مختلف آن منعکس کند، مساله‌ای است که در این مقاله به آن پرداخته می‌شود.

به منظور نشان دادن نحوه تدوین و استفاده از شاخص‌های پیشنهادی و ارزیابی پایداری بعد اقتصادی، نیاز به ارقام اطلاعاتی متعددی است تا بتوان جنبه‌های مختلف مساله را برای مناطق مختلف شهری با دقت ارزیابی نمود. از سوی دیگر گردآوری چنین اطلاعات وسیعی نیاز به صرف هزینه قابل توجهی دارد. به علت وجود نداشتن اطلاعات یکپارچه و کافی برای مناطق مختلف شهری ایران، با جستجو در منابع اطلاعاتی کشورهای جهان، از اطلاعات ایالت‌های کشور آمریکا به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است. این اطلاعات از منابع مختلفی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ از ۵۰ ایالت و منطقه فدرال مرکزی آمریکا جمع‌آوری شده‌اند (U.S. Department of

داده‌اند. آنان سه شاخص درصد درآمدها به هزینه‌های حمل‌ونقل همگانی، هزینه‌های استفاده‌کننده از حمل‌ونقل شامل هزینه سوخت و هزینه بلیت حمل‌ونقل همگانی بر سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) و سرانه زمان صرف شده در سفرهای روزانه را برای ارزیابی پایداری بعد اقتصادی در نظر گرفته‌اند (Alonso, Monzon, Cascajo, 2014).

شیو و همکاران تعداد ۲۱ شاخص را برای ارزیابی پایداری سیستم‌های حمل‌ونقل معرفی کرده و در چهار دسته زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و بهره‌وری انرژی دسته‌بندی کرده‌اند. آنها اهمیت شاخص‌ها را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین نموده و ۱۰ شاخص نهایی را انتخاب کرده‌اند. سپس با استفاده از روش FCMS به ارزیابی تاثیر سیاست‌ها در پایداری حمل‌ونقل شهر تایپه در کشور تایوان پرداخته‌اند (Shiau, Liu, 2013). زی‌تو و همکاران شاخص‌های ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در شش گروه مختلف دسته‌بندی کرده و با احتساب وزن‌های برابر برای شاخص‌ها، آنها را ترکیب نموده و به بررسی وضعیت ۳۶ شهر اروپایی پرداخته‌اند (Zito, Salvo, 2011).

۳- روش مطالعه

برای ارزیابی وضعیت اقتصادی حمل‌ونقل، نیاز به چهارچوبی برای اندازه‌گیری وضعیت پایداری اقتصادی است. این چهارچوب با اتکا بر شاخص‌های اقتصادی حمل‌ونقل پایدار و ترکیب شاخص‌ها برای ساخت یک شاخص واحد، به بررسی و مقایسه میزان پایداری اقتصادی سیستم حمل‌ونقل می‌پردازد. برای قابل مقایسه کردن شاخص‌ها لازم است تا آنها به گونه‌ای استاندارد واحدزائی شوند. واحدزایی شاخص‌ها معمولاً با استفاده از اطلاعات آماری نمونه مورد مطالعه، انجام می‌گیرد (حق‌شناس، ۱۳۹۱).

جیون و همکاران برای بررسی و مقایسه پایداری حمل‌ونقل در مناطق شهری آتلانتا در ایالت جرجیا در کشور آمریکا، به ساخت شاخص‌های مورد نیاز پرداخته و با ترکیب شاخص‌ها با اختصاص سهم برابر، به بررسی و مقایسه سه سناریو در رابطه با حمل‌ونقل و کاربری زمین پرداخته‌اند که وضعیت پایداری را بر اساس این سناریوها مورد مقایسه قرار می‌دهد. آنان عوامل و اهدافی را برای شاخص‌ها در هر بعد اصلی توسعه پایدار مد نظر گرفته‌اند که بهره‌وری اقتصادی، استطاعت مالی و توسعه اقتصاد منطقه‌ای از طریق بهبود دسترسی را از عوامل لازم برای پایداری اقتصادی در نظر گرفته‌اند (Jeon, Amekudzi, Guensler, 2013).

رئسی و همکاران تعداد نه شاخص را در ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر اساس نتایج مطالعات پیشین و داده‌های موجود در شهر ملبورن در کشور استرالیا، ایجاد و بر اساس وزن‌دهی به روش تحلیل عامل به شیوه تحلیل مولفه‌های اصلی PCA/FA، ترکیب کرده و به بررسی و مقایسه وضعیت پایداری حمل‌ونقل در مناطق مختلف شهر ملبورن پرداخته‌اند. آنها دو شاخص متوسط هزینه‌های سالانه مالکیت خودرو برای هر خانوار و متوسط هزینه‌های ناشی از تصادفات برای هر خانوار را برای ارزیابی بعد اقتصادی در نظر گرفته‌اند (Reisi (et al.), 2014).

آلونسو و همکاران نه شاخص ارزیابی پایداری حمل‌ونقل را انتخاب و در سه بعد اصلی حمل‌ونقل پایدار (زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی) با اختصاص وزن برابر ترکیب کرده‌اند. آنها این سه شاخص ترکیبی برای سه بعد اصلی پایداری را بر اساس وزن‌های بدست آمده حاصل از نظر کارشناسان و برنامه‌ریزان حمل‌ونقل در مطالعه گوزمن (Guzman, Hoz, Monzon, 2014) باهم ترکیب کرده و ۲۳ شهر اروپایی را از نظر پایداری در حمل‌ونقل مسافر، مورد بررسی و مقایسه قرار

در این پژوهش برای واحدزایی شاخص‌ها از روش مقیاس‌گذاری مجدد (Joumard, 2010) (Gudmundsson, 2010) استفاده شده است. بدین منظور با استفاده از حداقل و حداکثر مقادیر یک شاخص و جایگذاری در روابط (۱) یا (۲) مقادیر شاخص‌ها واحدزایی می‌شوند (Mahdinia, Habibian, 2017).

$$I_N^+ = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (1)$$

$$I_N^- = \frac{I_{\max} - I}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (2)$$

رابطه (۱) برای شاخص‌هایی است که با افزایش آنها پایداری اقتصادی افزایش می‌یابد و رابطه (۲) برای شاخص‌هایی است که با افزایش آنها پایداری اقتصادی کاهش می‌یابد. دامنه داده‌های واحدزایی شده در این روابط بین صفر و یک است. پس از واحدزایی شاخص‌ها، اقدام به ترکیب کردن شاخص‌ها می‌شود. از آنجا که شاخص‌ها باید دارای کمترین همبستگی با یکدیگر باشند، به آنها وزن داده می‌شود. وزن هر شاخص بر اساس معکوس همبستگی بین شاخص‌ها بدست می‌آید تا همبستگی آنها در شاخص ترکیبی مدنظر قرار گیرد. برای وزن‌دهی و ترکیب کردن شاخص‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از روش تحلیل عامل به شیوه تحلیل مولفه‌های اصلی از طریق نرم افزار SPSS20 استفاده شده است. این روش با درنظر گرفتن همبستگی بین شاخص‌ها، یک شاخص ترکیبی را شکل می‌دهد که بتواند تا حد امکان اطلاعات شاخص‌های تشکیل دهنده خود را بیان کند (OECD, 2008).

بر این اساس، اولین گام در این روش، بدست آوردن ماتریس همبستگی بین مقادیر شاخص‌ها است که با انجام تحلیل عامل بر روی شاخص‌ها بدست آمده و تعدادی عامل نهان که به نمایندگی از شاخص‌ها بوجود می‌آیند مشخص می‌شوند. هر عامل نهان نماینده شاخص‌های دارای همبستگی است که به نمایندگی از این شاخص‌های وابسته، به توصیف آنها

می‌پردازد (Reisi et al., 2014). برای شناسایی عامل‌های نهان به دو دسته از مقادیر نیاز است. یکی بردار ویژه ماتریس همبستگی که از مقادیر این ماتریس محاسبه می‌شود و دیگری مقدار ویژه متناظر با آن که از مجموع مربعات بارگیری عامل‌ها برای هر عامل محاسبه می‌شود و نشان دهنده نسبت پراکنش شرح داده شده توسط هر عامل است (Saisana, Tarantola, 2002).

به‌علت امکان پدیدار شدن تعداد زیادی از عامل‌ها، به‌طور معمول عامل‌هایی که مقدار ویژه بیشتر از ۱/۰ دارند به عنوان عامل‌های نهان (نماینده شاخص‌ها) انتخاب می‌شوند (OECD, 2008). به‌بیان دیگر به‌علت سهم کم شاخص‌ها با مقدار ویژه کمتر از ۱/۰ در توضیح عامل‌های نهان، از اثر این شاخص‌ها در عامل مورد نظر صرف نظر می‌شود. برای ترکیب کردن شاخص‌ها به روش تحلیل عامل به شیوه تحلیل مولفه‌های اصلی، ابتدا لازم است تا شاخص‌ها بر اساس اهدافی که در بر دارند دسته‌بندی شوند.

به این منظور شاخص‌ها با توجه به اهدافی که دنبال می‌کنند به زیربخش‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. سپس شاخص‌ها برای ساختن شاخص ترکیبی ارزیابی بعد اقتصادی حمل‌ونقل پایدار در دو گام ترکیب می‌شوند. در گام اول، شاخص‌های هر زیربخش ترکیب شده و شاخص ترکیبی آن زیربخش را می‌سازند.

در گام دوم، شاخص‌های ترکیبی زیربخش‌ها ترکیب شده و شاخص ترکیبی پایداری اقتصادی حمل‌ونقل را می‌سازند.

روند الگوریتم مفهومی انجام این فرآیند در شکل ۱ قابل مشاهده است.

در گام اول، شاخص‌های هر زیربخش S تحلیل عامل می‌شوند. سپس، وزن هر شاخص k برای هر عامل نهانی J در زیربخش S با استفاده از رابطه (۳) و مقدار شاخص ترکیبی متناظر با عامل نهانی J با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$FSI_j = \sum_{s=1}^S W_{sj} SSI_s, \quad j \in J, s \in S \quad (8)$$

در این روابط، FSI_j شاخص ترکیبی برای عامل نهان J و W_{sj} وزن شاخص ترکیبی زیربخش S در عامل J است. همچنین J تعداد عامل‌های نهان می‌باشد. پس از ساختن شاخص ترکیبی برای هر عامل نهان شناسایی شده وزن شاخص‌های ترکیبی طبق رابطه (۹) محاسبه شده و طبق رابطه (۱۰) باهم ترکیب می‌شوند.

$$\alpha_j = \frac{Eigenvalue_j}{\sum_{l=1}^J Eigenvalue_l}, \quad j \in J \quad (9)$$

$$ESI = \sum_{j=1}^J \alpha_j FSI_j, \quad j \in J \quad (10)$$

در این روابط، ESI شاخص ترکیبی پایداری بعد اقتصادی حمل‌ونقل و α_j وزن عامل J است.

۳-۱- شاخص‌های ارزیابی کننده پایداری اقتصادی حمل‌ونقل

برای بررسی وضعیت اقتصادی در جهت توسعه پایدار سیستم حمل‌ونقل بر اساس داده‌ها و اطلاعات موجود در منابع، ۲۲ شاخص ساخته شد. این شاخص‌ها بر اساس اهداف مختلف در دو زیربخش هزینه‌ها و درآمدهای استفاده‌کننده از سیستم حمل‌ونقل و هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل‌ونقل دسته‌بندی شده‌اند که در جدول ۱ تنظیم و معرفی گردیده است. در این دسته‌بندی، منظور از گرداننده سیستم حمل‌ونقل، متولی سیستم حمل‌ونقل است و منظور از استفاده‌کنندگان سیستم حمل‌ونقل، کاربران سیستم حمل‌ونقل می‌باشند. در علامت‌های تعیین شده برای اثر شاخص‌ها در پایداری، علامت (+) برای شاخص‌هایی است که با افزایش آنها پایداری افزایش می‌یابد و علامت (-) برای شاخص‌هایی است که با افزایش آنها پایداری کاهش می‌یابد.

در رابطه (۳)، W_{kjs} وزن شاخص k در عامل J ام در زیربخش S است. K_s شاخص‌های زیربخش S ، J_s عامل‌های نهانی زیربخش S ، S زیربخش‌های مورد مطالعه (هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل‌ونقل و هزینه‌ها و درآمدهای استفاده‌کننده سیستم حمل‌ونقل) است. بارگیری عامل یا Factor Loading، میزان اثر شاخص k در توصیف عامل J است و Eigenvalue مقدار ویژه برای عامل J می‌باشد. در رابطه (۴)، FSI_{js} شاخص ترکیبی برای هر عامل J در زیربخش S می‌باشد

$$W_{kjs} = \frac{(FactorLoading_{kjs})^2}{Eigenvalue_{js}}, \quad k \in K_s, j \in J_s, s \in S \quad (3)$$

$$FSI_{js} = \sum_{k=1}^K W_{kjs} I_{kjs}, \quad k \in K_s, j \in J_s, s \in S \quad (4)$$

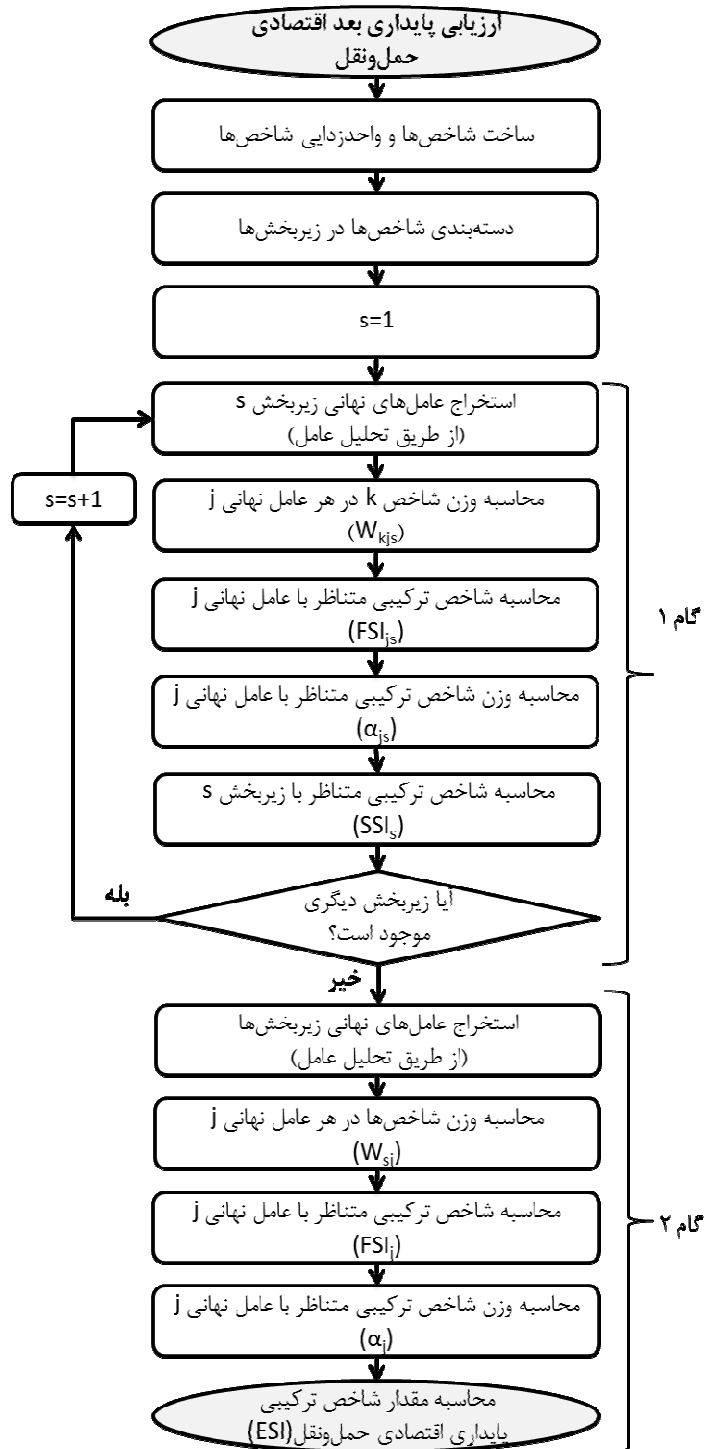
همچنین، K تعداد شاخص‌ها و I_{kjs} مقادیر واحدزایی شده شاخص k ام در عامل J از زیربخش S است. پس از ساختن شاخص ترکیبی برای هر عامل نهان در زیربخش S ، وزن شاخص‌های ترکیبی در زیربخش S طبق رابطه (۵) محاسبه شده و طبق رابطه (۶) باهم ترکیب می‌شوند.

$$\alpha_{js} = \frac{Eigenvalue_{js}}{\sum_{l=1}^J Eigenvalue_{ls}}, \quad j \in J_s, s \in S \quad (5)$$

$$SSI_s = \sum_{j=1}^J \alpha_{js} FSI_{js}, \quad j \in J_s, s \in S \quad (6)$$

در این روابط، α_{js} وزن عامل نهان J و SSI_s شاخص ترکیبی برای زیربخش S می‌باشد. در گام دوم، شاخص‌های ترکیبی ایجاد شده برای زیربخش‌ها، تحلیل عامل می‌شوند. وزن این شاخص‌ها طبق رابطه (۷) محاسبه شده و با استفاده از رابطه (۸) در عامل‌های نهان ترکیب می‌شود.

$$W_{sj} = \frac{(FactorLoading_{sj})^2}{Eigenvalue_j}, \quad j \in J_d, s \in S \quad (7)$$



شکل ۱. الگوریتم مفهومی ارزیابی پایداری بعد اقتصادی حمل و نقل

جدول ۱. شاخص‌های اقتصادی

اثر	واحد	شاخص‌ها	زیربخش
(-)	\$/VKT	۱. هزینه سوخت پرداخت شده برای یک کیلومتر جابه جایی (قیمت بنزین در مقدار مصرف تقسیم بر VKT)	هزینه‌ها و درآمدهای استفاده کننده از سیستم حمل و نقل
(-)	\$/Person	۲. سرانه هزینه بنزین (کل هزینه پرداخت شده برای بنزین برای هر نفر)	
(-)	Minute	۳. متوسط زمان سفرهای کاری	
(-)	\$/P	۴. سرانه هزینه‌های سالانه دولت محلی در حمل و نقل	
(-)	1/Person	۵. هزینه سالانه دولت محلی در حمل و نقل بر سرانه تولید ناخالص داخلی GDP	
(-)	\$/Person	۶. سرانه هزینه سالانه دولت محلی در حمل و نقل همگانی	
(+)	-	۷. درآمدهای سالانه دولت محلی به هزینه‌های سالانه در حمل و نقل	
(+)	-	۸. درآمد های سالانه دولت محلی به هزینه‌های سالانه در حمل و نقل همگانی	
(-)	-	۹. هزینه‌های سالانه دولت محلی در حمل و نقل همگانی بر بودجه ی سالانه حمل و نقل همگانی	
(+)	-	۱۰. درآمدهای سالانه دولت محلی در حمل و نقل همگانی بر بودجه ی سالانه حمل و نقل همگانی	
(-)	\$/UPT	۱۱. بودجه حمل و نقل همگانی بر تعداد سفر سالانه حمل و نقل همگانی	هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل و نقل
(-)	\$/UPT	۱۲. هزینه حمل و نقل همگانی بر تعداد سفر سالانه حمل و نقل همگانی	
(-)	\$/Person	۱۳. سرانه بودجه حمل و نقل همگانی	
(-)	-	۱۴. بودجه حمل و نقل همگانی بر تولید ناخالص داخلی GDP	
(-)	1/Person	۱۵. بودجه حمل و نقل همگانی بر سرانه تولید ناخالص داخلی GDP	
(-)	\$/UPT	۱۶. خسارت وارد شده به سیستم حمل و نقل همگانی در تصادفات بر کل تعداد سفر سالانه حمل و نقل همگانی	
(-)	\$/Person	۱۷. مجموع حقوق پرداختی به کارکنان سیستم حمل و نقل بر تعداد کارکنان	
(-)	\$/Person	۱۸. مجموع حقوق پرداختی به کارکنان سیستم حمل و نقل همگانی بر تعداد کارکنان	
(-)	Job/Person	۱۹. سرانه تعداد فرصت‌های شغلی ایجاد شده در حمل و نقل	
(-)	Job/Person	۲۰. سرانه تعداد فرصت‌های شغلی ایجاد شده در حمل و نقل همگانی	
(-)	Job/UPT	۲۱. تعداد فرصت‌های شغلی ایجاد شده در حمل و نقل همگانی بر کل تعداد سفر سالانه با حمل و نقل همگانی	
(+)	Kg/Person	۲۲. سرانه بار جابه‌جا شده با خطوط ریلی	

۴- بحث

برای ایالت نیویورک در جدول ۲ نمایش داده شده است. ملاحظه می‌گردد که به علت واحدزدایی شدن شاخص‌ها و قرارگیری مقادیر آنها در بازه صفر و یک، مقادیر شاخص‌ها هرچه به عدد ۱/۰ نزدیکتر باشند وضعیت پایدارتری را نشان می‌دهند.

به‌منظور نشان دادن نحوه تدوین شاخص‌ها و استفاده از آنها در مدل ارائه شده، به‌عنوان مطالعه موردی به بررسی و مقایسه وضعیت پایداری بعد اقتصادی حمل و نقل در ایالت‌های کشور آمریکا پرداخته شده است. بر اساس روش پیشنهادی به عنوان نمونه، روش محاسبه وزن‌ها و ترکیب شاخص‌های زیربخش‌ها و ساخت شاخص ترکیبی وضعیت پایداری اقتصادی (ESI)

جدول ۲. محاسبه مقادیر شاخص‌های ترکیبی زیربخش‌ها برای یک ایالت نمونه: نیویورک (گام اول)

هزینه‌ها و درآمدهای استفاده‌کننده سیستم حمل و نقل S=																
W _{kjs}							Factor Loading _{kj} (Component Matrix)							مقادیر واحدزدایی شده شاخص‌ها k (شماره شاخص) I _{ks}		
۱							۱							۱		
۰/۰۸۵							۰/۳۷۲							۰/۰۶۰		
۰/۹۴۰							۰/۸۹۳							۰/۳۶۴		
۰/۴۲۴							-۰/۸۳۰							۰/۰۱۵		
۱							۱							J		
۱/۶۲۶							۱/۶۲۶							Eigenvalue		
۱/۰۰۰							۱/۰۰۰							α_{js}		
۰/۴۳۹							۰/۴۳۹							FSI _{js}		
۰/۴۳۹							۰/۴۳۹							SSI _s		
هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل و نقل S=																
W _{kjs}							Factor Loading _{kj} (Component Matrix)							مقادیر واحدزدایی شده شاخص‌ها k (شماره شاخص) I _{ks}		
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۷	۶	۵
۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۰۷۱	۰/۰۴۸	۰/۱۱۵	۰/۰۹۷	۰/۱۱۲	۰/۰۱۷	۰/۸۳۳	-۰/۶۰۹	۰/۶۸۱	۴	
۰/۰۳۳	۰/۰۰۳	۰/۰۳۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۷	۰/۰۵۹	۰/۲۰۹	۰/۱۲۳	-۰/۰۸۴	۰/۸۷۷	۰/۰۱۴	۰/۹۸۲	۵	
۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۵۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۱۳۷	-۰/۰۹۴	۰/۱۳۶	۰/۰۴۳	۰/۲۸۷	-۰/۱۵۹	۰/۳۰۷	-۰/۸۴۴	۰/۷۰۶	۶	
۰/۰۰۴	۰/۰۵۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۱۴۱	۰/۰۰۳	۰/۰۶۹	-۰/۲۴۳	۰/۱۲۳	۰/۱۴۸	۰/۱۰۵	۰/۷۳۷	۰/۱۲۸	۰/۵۸۶	۷	
۰/۰۰۴	۰/۰۵۹	۰/۰۳۰	۰/۰۸۴	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۹۷	۰/۰۶۵	-۰/۲۵۴	-۰/۲۰۲	۰/۳۷۱	۰/۲۴۷	۰/۰۴۰	۰/۷۱۲	۰/۶۵۷	۸	
۰/۱۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۶	۰/۰۵۵	۰/۰۳۶	۰/۳۸۲	-۰/۲۱۱	۰/۲۶۹	۰/۳۷۲	۰/۳۹۷	-۰/۴۶۱	-۰/۴۳۳	۰/۵۳۵	۹	
۰/۰۷۹	۰/۰۰۰	۰/۸۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۲۳	۰/۱۱۴	-۰/۲۹۰	۰/۰۰۸	-۰/۳۴۴	-۰/۱۲۳	-۰/۱۴۷	۰/۲۹۹	۰/۷۷۱	۰/۵۳۲	۱۰	
۰/۰۲۷	۰/۱۲۲	۰/۰۹۰	۰/۲۳۵	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۲	۰/۱۷۰	-۰/۳۶۶	-۰/۳۴۹	۰/۶۱۹	۰/۰۷۲	۰/۲۷۰	۰/۳۳۷	۰/۸۷۷	۱۱	
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۱۷۷	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۶	-۰/۱۲۷	-۰/۱۱۵	۰/۱۴۳	۰/۸۲۵	۰/۳۸۲	۰/۹۷۴	۱۲	
۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۴۹	۰/۱۳۳	۰/۰۸۰	-۰/۱۲۹	۰/۱۲۴	-۰/۱۳۰	۰/۱۴۲	-۰/۴۳۶	۰/۸۳۲	۰/۳۱۲	۱۳	
۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۱۵۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰/۱۱۳	۰/۰۵۰	۰/۱۲۳	۰/۴۵۱	۰/۱۵۵	۰/۰۵۴	-۰/۳۴۸	۰/۷۶۶	۰/۹۱۸	۱۴	
۰/۰۳۹	۰/۱۸۰	۰/۱۲۲	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۵۳	۰/۲۰۴	۰/۴۴۵	۰/۴۰۶	۰/۳۴۲	-۰/۰۲۲	۰/۰۹۴	۰/۵۲۶	۱/۰۰۰	۱۵	
۰/۰۴۸	۰/۳۶۷	۰/۱۲۹	۰/۰۰۶	۰/۰۶۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۲۵۵	۰/۶۳۶	-۰/۴۱۸	۰/۰۹۷	۰/۳۵۲	۰/۰۶۰	۰/۱۸۵	۰/۹۷۴	۱۶	
۰/۰۶۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۲۴۸	۰/۱۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۲۷۰	-۰/۰۲۹	۰/۲۲۴	-۰/۶۳۶	۰/۴۳۰	۰/۲۰۵	۰/۱۴۲	۰/۷۴۶	۱۷	
۰/۳۲۴	۰/۰۶۰	۰/۰۱۲	۰/۰۹۵	۰/۰۵۸	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷	۰/۵۸۶	-۰/۲۵۷	-۰/۱۲۹	-۰/۳۹۴	-۰/۲۳۶	۰/۱۰۹	-۰/۳۷۷	۰/۲۸۸	۱۸	
۰/۰۲۹	۰/۰۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵۶	۰/۰۳۴	۰/۰۴۸	۰/۱۷۴	۰/۰۹۲	۰/۱۶۷	-۰/۰۴۰	-۰/۵۳۵	۰/۳۶۰	۰/۵۰۲	۰/۹۸۷	۱۹	
۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۲۸	۰/۳۸۳	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱	-۰/۰۵۴	۰/۰۲۶	-۰/۱۱۰	-۰/۲۱۵	۰/۸۳۸	۰/۳۲۴	-۰/۰۸۱	۰/۶۸۶	۲۰	
۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۰/۰۴۱	۰/۰۰۲	۰/۰۹۷	-۰/۱۸۸	۰/۰۲۳	۰/۱۲۵	۰/۱۸۵	۰/۲۷۳	-۰/۰۹۰	-۰/۷۱۰	۰/۳۷۳	۲۱	
۰/۱۵۰	۰/۰۴۸	۰/۱۷۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۵۸	۰/۰۰۸	۰/۳۹۹	۰/۲۳۱	-۰/۴۸۳	۰/۰۷۱	-۰/۱۴۳	-۰/۴۷۲	-۰/۲۰۴	۰/۰۰۲	۲۲	
۷							۳							J		
۱/۰۶۰							۱/۳۵۵							Eigenvalue		
۰/۰۶۶							۰/۱۰۲							α_{js}		
۰/۴۶۳							۰/۷۱۲							FSI _{js}		

جدول ۳. محاسبه مقادیر شاخص پایداری اقتصادی حمل و نقل برای ایالت نمونه: نیویورک (گام دوم)

W_{Sj}	Factor Loading _{sj} (Component Matrix)	مقادیر شاخص‌های ترکیبی زیربخش‌ها S
۱	۱	SSI _s
۰/۵۰۰	-۰/۷۹۴	۰/۶۷۹ هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم
۰/۵۰۰	۰/۷۹۴	۰/۵۱۰ هزینه‌ها و درآمدهای استفاده کننده سیستم
۱		J
۱/۲۶۰		Eigenvalue
۱/۰۰۰		α_j
۰/۵۵۹		FSI _j
۰/۵۵۹		ESI

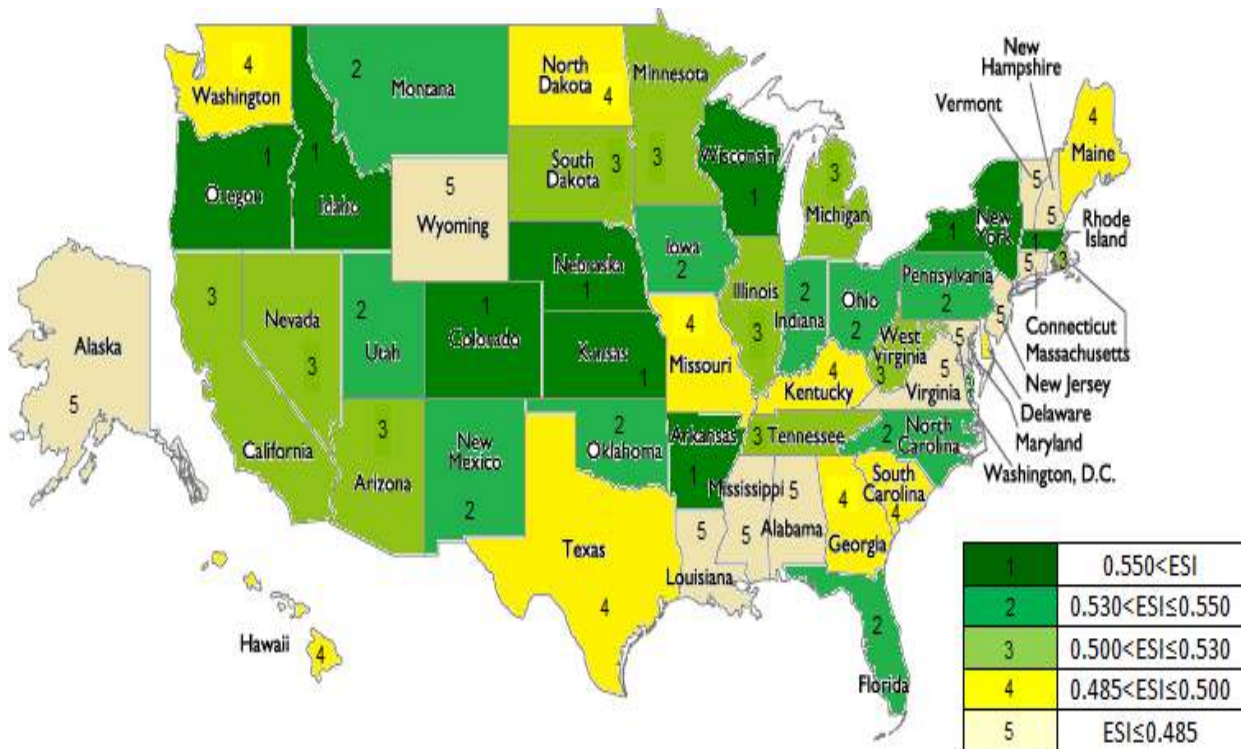
**مقادیر نهایی شاخص‌های ترکیبی هر زیربخش و شاخص ترکیبی وضعیت پایداری اقتصادی (ESI) برای کلیه ایالت‌های کشور آمریکا در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند.

جدول ۴. وضعیت شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی حمل و نقل در ایالت‌های کشور آمریکا

ESI	هزینه‌ها و درآمدهای		ایالت
	گرداننده سیستم حمل و نقل	استفاده کننده سیستم حمل و نقل	
۰/۴۷۵	۰/۵۵۶	۰/۳۹۴	آلاباما
۰/۴۱۷	۰/۳۴۶	۰/۴۸۸	آلاسکا
۰/۵۲۴	۰/۵۵۲	۰/۴۹۶	آریزونا
۰/۵۵۷	۰/۵۹۴	۰/۵۲۰	آرکانزاس
۰/۵۲۰	۰/۶۲۵	۰/۴۱۵	کالیفرنیا
۰/۵۵۹	۰/۶۰۹	۰/۵۰۸	کلرادو
۰/۴۸۲	۰/۵۱۰	۰/۴۵۳	کنکتیکت
۰/۵۰۰	۰/۵۸۹	۰/۴۱۰	دلوار
۰/۶۲۲	۰/۶۰۴	۰/۶۴۰	دیستریکت آف کلمبیا
۰/۵۴۵	۰/۶۲۳	۰/۴۶۶	فلوریدا
۰/۴۹۶	۰/۶۰۱	۰/۳۸۹	جرجیا
۰/۴۸۸	۰/۵۳۵	۰/۴۴۰	هاوایی
۰/۵۶۳	۰/۵۶۷	۰/۵۵۸	آیداهو
۰/۵۲۹	۰/۶۱۲	۰/۴۴۵	ایلینوی
۰/۵۵۰	۰/۶۰۷	۰/۴۹۳	ایندیانا
۰/۵۴۲	۰/۶۱۵	۰/۴۶۸	آیوا
۰/۵۷۷	۰/۵۴۳	۰/۶۱۰	کانزاس
۰/۴۹۸	۰/۵۵۴	۰/۴۴۲	کنتاکی

ادامه جدول ۴. وضعیت شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی حمل‌ونقل در ایالت‌های کشور آمریکا

ESI	هزینه‌ها و درآمدهای		ایالت
	گرداننده سیستم حمل‌ونقل	استفاده‌کننده سیستم حمل‌ونقل	
۰/۴۵۷	۰/۵۲۵	۰/۳۸۹	Louisiana لوئیزیانا
۰/۵۰۰	۰/۶۱۷	۰/۳۸۱	Maine مین
۰/۴۲۳	۰/۶۱۳	۰/۲۳۲	Maryland مریلند
۰/۵۲۳	۰/۶۷۱	۰/۳۷۴	Massachusetts ماساچوست
۰/۵۱۷	۰/۵۶۶	۰/۴۶۷	Michigan میشیگان
۰/۵۲۴	۰/۵۸۷	۰/۴۶۱	Minnesota مینه‌سوتا
۰/۴۴۸	۰/۴۹۵	۰/۴۰۱	Mississippi میسیسیپی
۰/۴۹۷	۰/۵۵۲	۰/۴۴۱	Missouri میزوری
۰/۵۳۱	۰/۵۲۹	۰/۵۳۳	Montana مونتانا
۰/۵۸۰	۰/۵۵۰	۰/۶۰۹	Nebraska نبراسکا
۰/۵۳۰	۰/۵۴۷	۰/۵۱۳	Nevada نوادا
۰/۴۲۴	۰/۵۶۲	۰/۲۸۶	New Hampshire نیو همپشایر
۰/۴۵۲	۰/۶۴۵	۰/۲۵۹	New Jersey نیوجرسی
۰/۵۳۷	۰/۵۶۲	۰/۵۱۰	New Mexico نیو مکزیکو
۰/۵۵۹	۰/۵۷۹	۰/۴۳۹	New York نیویورک
۰/۵۳۴	۰/۶۰۴	۰/۴۶۴	North Carolina کارولینا شمالی
۰/۴۹۸	۰/۵۱۷	۰/۴۷۹	North Dakota داکوتا شمالی
۰/۵۴۷	۰/۵۸۲	۰/۵۱۲	Ohio اوهایو
۰/۵۵۰	۰/۵۴۷	۰/۵۵۱	Oklahoma اوکلاهما
۰/۵۷۲	۰/۶۰۷	۰/۵۳۵	Oregon اورگن
۰/۵۴۱	۰/۶۴۵	۰/۴۳۷	Pennsylvania پنسیلوانیا
۰/۵۶۱	۰/۵۵۴	۰/۵۶۷	Rhode Island رود آیلند
۰/۴۸۹	۰/۵۹۷	۰/۳۸۰	South Carolina کارولینا جنوبی
۰/۵۲۹	۰/۵۱۷	۰/۵۴۰	South Dakota داکوتا جنوبی
۰/۵۰۲	۰/۵۷۵	۰/۴۲۸	Tennessee تنسی
۰/۴۸۸	۰/۵۵۰	۰/۴۲۵	Texas تگزاس
۰/۵۴۶	۰/۴۴۹	۰/۵۹۲	Utah یوتا
۰/۴۴۸	۰/۴۶۱	۰/۴۳۴	Vermont ورمونت
۰/۴۷۲	۰/۵۹۲	۰/۳۵۲	Virginia ویرجینیا
۰/۵۰۰	۰/۵۶۱	۰/۴۳۷	Washington واشینگتن
۰/۵۰۳	۰/۶۰۵	۰/۴۰۰	West Virginia ویرجینیا غربی
۰/۵۶۳	۰/۶۰۲	۰/۵۲۴	Wisconsin ویسکانسین
۰/۴۸۱	۰/۴۸۲	۰/۴۸۰	Wyoming وایومینگ



شکل ۲. وضعیت شاخص ترکیبی پایداری اقتصادی ایالت‌های کشور آمریکا

بر اساس بانک اطلاعاتی موجود ساخته شد. سپس با استفاده از روش تحلیل عامل به شیوه تحلیل مولفه‌های اصلی، وزن شاخص‌ها محاسبه شده و شاخص‌های ترکیبی هر زیربخش و شاخص ترکیبی پایداری وضعیت اقتصادی سیستم حمل‌ونقل ساخته شده است. در نهایت مقادیر این شاخص‌ها برای هر ایالت محاسبه و وضعیت آنها مشخص شده است.

نتایج مطالعه موردی این مقاله نشان می‌دهد که منطقه فدرال مرکزی دیستریکت آف کلمبیا و ایالت‌های نبراسکا و کانزاس به ترتیب پایدارترین و ایالت‌های آلاسکا، مریلند و نیوهمپشایر به ترتیب ضعیف‌ترین پایداری اقتصادی را در بین ایالت‌های کشور آمریکا دارا می‌باشند. همچنین مشاهده می‌شود که ایالت‌های سواحل شرقی نسبت به سایر ایالت‌ها دارای پایداری اقتصادی نسبی ضعیف‌تری هستند.

چنانکه ذکر گردید، یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت پایداری اقتصادی مناطق شهری، عدم وجود اطلاعات جامع و یکپارچه در بازه‌های زمانی و مکانی دلخواه است. به بیان دیگر، فقدان اطلاعات در بازه‌های زمانی مختلف برای

برای روشن‌تر نتایج، ایالت‌ها بر اساس دامنه تغییرات شاخص پایداری اقتصادی در پنج گروه دسته‌بندی شده‌اند. دسته اول شاخص پایداری اقتصادی بزرگتر از $0/550$ پایدارترین، دسته دوم شاخص پایداری بین $0/530$ تا $0/550$ پایداری نسبی خوب، دسته سوم بین $0/500$ تا $0/530$ پایداری نسبی متوسط، در دسته چهارم بین $0/485$ تا $0/500$ پایداری نسبی کم و در دسته آخر مقادیر کمتر از $0/485$ پایداری نسبی ضعیف نسبت به سایر ایالت‌ها دارا می‌باشند. جایگاه هر ایالت در این دسته بندی مشخص گردیده است که در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی برای ارزیابی وضعیت پایداری اقتصادی ارائه شده است. در این راستا ابتدا شاخص‌های متعددی در دو زیربخش هزینه‌ها و درآمدهای استفاده‌کننده از سیستم حمل‌ونقل و هزینه‌ها و درآمدهای گرداننده سیستم حمل‌ونقل

-Guzman, LA., de la Hoz, D., Monzon, A. (2014), "Optimal and Long-term Dynamic Transport Policy Design: Seeking Maximum Social Welfare through a Pricing Scheme", *Int. J. Sustainable Transportation*, Vol. 8, pp. 297-316.

-Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012), "Urban Sustainable Transportation Indicator for Global Comparison", *Journal of Ecological Indicators*, Vol.15, pp. 115-121.

-Jeon, C.M., Amekudzi, A., Guensler, R.L. (2013), "Sustainability assessment at the transportation planning level: Performance measures and indexes", *Journal of Transport Policy* 25, pp. 10-21.

-Joumard, J., Gudmundsson, H., (2010), "Indicators of Environmental Sustainability in Transport", *Les collections de l'INRETS*, May.

-Litman, T. (2008), "Sustainable Transportation Indicators", Source: Sustainable Transportation Indicators Subcommittee of the Transportation research Board, TRB, Website: www.vtpi.org/sustain/sti.pdf.

-Mahdinia, I., & Habibian, M. (2017), *Evaluating the Transportation System Performance Based on Efficiency, Effectiveness and Efficacy: A Case Study of the US States*, Transportation Research Board 96th Annual Meeting, Washington DC, United States (No. 17-06578).

-Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2008), "Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and User Guide", Website: <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>.

-Reisi, M., Aye, L., Rajabifard, A., Ngo, T. (2014), "Transport Sustainability Index: Melbourne Case Study", *Journal of Ecological Indicators*, Vol. 43, pp. 288-296.

-Rienstra, S. A., Vleugel, J. M. (1996), "Options for Sustainable Transport: an assessment of Policy Choices", *Journal of*

مکان‌های مورد نظر و عدم وجود و یا عدم امکان در اختیار گرفتن بسیاری از اقلام اطلاعاتی، به‌کارگیری روش پیشنهادی این مطالعه را مشکل می‌نماید، به‌طوری که نویسندگان مجبور به استفاده از اطلاعات ایالتی کشور آمریکا که به‌طور گسترده‌ای در دسترس بوده است گردیده‌اند. با این وصف، حتی در اطلاعات مورد استفاده نیز جای خالی اطلاعاتی که امکان ارزیابی قیمت هر کیلومتر جابجایی با هر طریقه حمل‌ونقل را به محققین بدهد احساس می‌گردد. بر این اساس در راستای تکمیل این مطالعه، پیشنهاد می‌شود تا با جمع‌آوری داده‌های هزینه هر کیلومتر سفر با هر طریقه حمل‌ونقل به بررسی وضعیت پایداری اقتصادی سیستم حمل‌ونقل به صورت جامع‌تری پرداخته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تا با درنظر گرفتن عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی، به بررسی وضعیت پایداری این ابعاد نیز پرداخته شده و با ترکیب شاخص‌های ابعاد پایداری، وضعیت کلی پایداری حمل‌ونقل بررسی شود. همچنین، با گردآوری اطلاعات مورد نیاز برای ایران، با بهره‌گیری از روش ارائه شده، وضعیت پایداری حمل‌ونقل برای شهرها و استان‌های ایران نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

۶- مراجع

- حق شناس، ح.، (۱۳۹۱) "ارزیابی سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار با استفاده از تجربیات شهرهای جهان"، پایان‌نامه دکترای گرایش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

-رصاصی، ا. ع. (۱۳۸۳)، "سنجش و مدلسازی حمل‌ونقل و توسعه پایدار در سطح ملی"، پایان‌نامه دکترای گرایش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

-Alonso, A., Monzon, A., Cascajo, R. (2014), "Comparative Analysis of Passenger Transport Sustainability in European Cities", *Journal of Ecological Indicators*, Vol. 48, pp. 578-592.

- U.S. Department of Transportation (2012), "State Transportation Statistics", Website: <http://www.rita.dot.gov>.
- U.S. DOT, Federal Transit Administration (2011), "National Transit Database", Website: <http://www.ntdprogram.gov>.
- Zito, P., Salvo, G. (2011), "Toward an Urban Transport Sustainability Index: An European Comparison", European Transport Research Review, Vol. 3, pp. 179-195.
- Transportation Planning and Technology, Vol. 19, pp. 221-223.
- Saisana, M., Tarantola, S. (2002), "State of the Art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development", European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen Ispra, Italy, EUR 20408 EN.
- Shiau, T., Liu, J. (2013), "Developing an Indicator System for Local Governments to Evaluate Transport Sustainability Strategies", Journal of Ecological Indicators, Vol. 34, pp. 361-371.
- U.S. Census Bureau (2010), "Department of Commerce, Website: <http://www.census.gov>.

