تعیین علیت غیرخطی بین حمل‌ونقل زمینی شهری و غیرشهری و رشد اقتصادی با روش شبکه عصبی موجک (مطالعه موردی: ایران)

علی‌حسین صمدی دانشیار اقتصاد بخش عمومی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

جعفر قادری* استادیار اقتصاد شهری و منطقه‌ای، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

زهور نژاد حلافی کارشناسی‌ارشد اقتصاد شهری و منطقه‌ای، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶ **پذیرش:** ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

فصلنامه علمی- پژوهشی
اقتصاد و مدیریت شهری
شاپا: ۲۳۴۵-۲۸۷۰
نمایه در ISC، Econbiz، SID، Noormags، Magiran، Ensani، RICeST، Civilica
www.Iueam.ir
سال چهارم، شماره چهاردهم، صفحات ۱۱۳-۱۰۱
بهار ۱۳۹۵

چکیده: در چند دهه اخیر، ارتباط بین زیرساخت‌های اقتصادی و به ویژه بخش حمل‌ونقل با رشد اقتصادی، موضوع مطالعه بسیاری از پژوهشگران در اقتصادهای مختلف بوده است. کشور ایران با توجه به موقعیت ویژه جغرافیایی، به لحاظ امکانات حمل‌ونقل، دارای مزایای بسیاری است و پل ارتباطی بسیاری از کشورها می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های فصلی طی دوره ۹۱-۱۳۷۱، رابطه بین حمل‌ونقل زمینی، رشد اقتصادی، تشکیل سرمایه و نیروی کار، بررسی شد. اطلاعات موردنیاز، از آمارهای بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سالنامه‌های آماری مرکز آمار، استخراج شدند. مهم‌ترین تفاوت این مطالعه نسبت به سایر مطالعات پیشین، استفاده از روش شبکه عصبی موجک و رویکرد غیرخطی در تبیین ارتباط بین متغیرهای مورد بحث می‌باشد. نتایج آزمون رابطه علّیت بین متغیرها حاکی از وجود رابطه علّیت از حمل‌ونقل زمینی به رشد اقتصادی می‌باشند.

واژگان کلیدی: رشد اقتصادی، حمل‌ونقل، شبکه عصبی، علّیت، کشور ایران

طبقه‌بندی JEL: R41, C2, R11, N95

* مسئول مکاتبات: jghaderi@rose.shirazu.ac.ir

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

۱- مقدمه

امروزه بخش حمل‌ونقل، از جمله بخش‌های زیربنایی هر جامعه است که علاوه‌بر تحت تأثیر قرار دادن فرایند توسعه اقتصادی، در جریان توسعه نیز دچار تغییر و تحول می‌شود. ایران، پل ارتباطی آسیا- اروپا و شمال-جنوب است و به لحاظ موقعیت جغرافیایی می‌تواند نقش کلیدی در نقل و انتقال کالا از طریق حمل‌ونقل جاده‌ای (زمینی و ریلی)، هوایی و دریایی ایفا کند. به همین منظور پس از جنگ تحمیلی، تلاشی همه‌جانبه و سرمایه‌گذاری عظیمی در توسعه شبکه ارتباطات و حمل‌ونقل کشور به عمل آمده تا بتواند امکانات ترابری خود را در اختیار کشورهای منطقه قرار دهد و در عرصه بین‌المللی صدور خدمات ترانزیت کالا، جایگاه شایسته خود را بیابد.

از دیرباز، دادوستد در مرکز تمامی اقتصادها قرار داشته و مانند قلب یک اقتصاد عمل کرده است. افراد، زمان و ایده‌های خود را به‌منظور دستیابی به پول، مبادله می‌کنند و همچنین از این پول برای به دست آوردن کالا و خدمات استفاده می‌کنند. بنگاه‌ها فن‌آوری، تخصص، توان مالی، کالاهای واسطه‌ای، عوامل اجرایی و بسیاری از موارد دیگر را به صورت انفرادی با بنگاه‌های دیگر و با دولت، مبادله می‌کنند. تمامی این معاملات، نیاز به ارتباطات دارند و اغلب نیاز به حمل‌ونقل کالا و افراد به‌منظور کار، خرید، استقرار گردشگران و مکان‌یابی می‌باشد. بنابراین به طور حتم می‌توان گفت، حمل‌ونقل برای تمامی فعالیت‌های اقتصادی، در مرکزیت قرار دارد (Smell & Verhoef, 2007). در واقع بخش حمل‌ونقل، نقش کلیدی در توسعه پایدار یک اقتصاد دارد. مزایا و اهمیت زیرساخت حمل‌ونقل در رشد اقتصادی، از دیرباز مورد توجه بسیاری از افراد بوده و به آن پرداخته شده است (Phang, 2003).

زیرساخت حمل‌ونقل، می‌تواند به‌عنوان یک عامل مفید و مؤثر در پیش‌بینی آینده اقتصاد کشورها در بازه زمانی میان‌مدت و درازمدت، به کار گرفته شود. زیرساخت‌های حمل‌ونقل، یک سرمایه حیاتی و غیرقابل اغماض هستند. این بخش بر جریان‌های تجارت و مبادله کشور، تأثیر بسزایی دارد و از طرفی، عملیات ساخت و نگهداری آن، اهمیت ویژه‌ای در جذب منابع انسانی دارد (Short & Kopp, 2005). بنابراین، با توجه به مزیت‌های مهم این بخش، بررسی رابطه این بخش و رشد اقتصادی و نحوه اثرگذاری آنها بر یکدیگر، اهمیت ویژه‌ای دارد.

از این رو، این پژوهش با هدف تحلیل رابطه علّیت بین این دو متغیر کلیدی، نگاشته شده است، با این تفاوت که از روشی نو برای این منظور استفاده شده و برخلاف روش‌های متداول اقتصادسنجی، سعی‌شده از شبکه‌های عصبی برمبنای مفهوم علّیت مطرح‌شده توسط گرنجر[1] (۱۹۶۹)، مسیر علّیت، بررسی شود.

۲- پیشینه تحقیق

در رابطه با حمل‌ونقل و جایگاه این بخش در اقتصاد، مطالعات مختلفی انجام شده است که تأثیر این بخش را بر ابعاد مختلف اقتصادی هم‌چون: توزیع درآمد، رشد اقتصادی، تجارت و ... بررسی کرده‌اند. مطالعات انجام‌شده در سطح کلان اقتصادی برخی از کشورها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل باعث رشد اقتصادی این کشورها شده و با افزودن بر بازدهی اجتماعی در سرمایه‌گذاری‌های خصوصی، موجبات سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل را فراهم آورده است؛ بنابراین، یک مسیر دوطرفه بین این دو متغیر وجود دارد که رشد یکی باعث رشد دیگری می‌شود و برعکس. در ادامه به بررسی تعدادی از

1- Granger

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

مطالعات انجام‌شده داخلی و خارجی که در حوزه بخش حمل‌ونقل و رشد اقتصادی انجام شده‌اند می‌پردازیم.

الف) پژوهش‌های خارجی

در میان مطالعات خارجی نیز در چند دهه اخیر توجه زیادی به بحث زیرساخت‌ها و تأثیر سرمایه‌گذاری‌های عمومی و رابطه آن با رشد اقتصادی شده است. مطالعه آشور[1] (۱۹۸۹) و مونل[2] (۱۹۹۰) از مهم‌ترین مطالعات در این زمینه می‌باشند که در اکثر مطالعات به آنها اشاره شده است. در این دو مطالعه، با قرار دادن سرمایه عمومی در تابع تولید و با استفاده از داده‌های سری زمانی، به رابطه قوی بین متغیرهای سرمایه‌گذاری عمومی در زیرساخت و تولید بخش خصوصی رسیدند. مونل، به کشش مثبت برای سرمایه‌گذاری نیز دست یافت.

آشور (۱۹۸۹) نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری زیربنایی نظیر: احداث بزرگراه، جاده، فرودگاه، کریدور ترانزیت و سایر هزینه‌های دولتی، مؤثرترین عامل برای ارتقای بهره‌وری بخش خصوصی در ایالات‌متحده در دوره زمانی ۱۹۸۵-۱۹۴۵ محسوب می‌گردد.

مطالعات استرلی و ربلو[3] (۱۹۹۳)، ملیر و روسک[4] (۱۹۷۷) و دواراجان[5] و همکارانش (۱۹۹۶) نیز از مطالعات مهم دیگر در این زمینه به شمار می‌آیند. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل و ارتباطات، به‌عنوان محرکی برای رشد اقتصادی هستند. بخش حمل‌ونقل و ارتباطات با کاهش هزینه‌ها، نقش مهمی را در کاهش تفاوت‌های منطقه‌ای و بهبود رقابت‌پذیری مناطق از طریق تجارت و جابه‌جایی عوامل تولید، ایفا می‌کند.

حق و کیم[6] (۲۰۰۳) در تحقیقی، از دو روش تخمین سنتی (متغیرهای ابزاری) و ترکیبی (ضرایب ثابت و تصادفی) استفاده کردند و به بررسی ارتباط علّی میان سرمایه‌گذاری دولتی در بخش حمل‌ونقل و ارتباطات و رشد اقتصادی کشورهای[7] در حال توسعه طی دوره ۸۷-۱۹۷۰ پرداختند. براساس نتایج این تحقیق، ضریب وقفه اول تفاضل سرمایه‌گذاری عمومی در بخش حمل‌ونقل و ارتباطات، منفی و معنادار و ضریب وقفه دوم آن، مثبت و از لحاظ آماری، بی‌معنا بوده است و سرمایه‌گذاری دولتی در بخش حمل‌ونقل و ارتباطات، علت گرنجری رشد اقتصادی هستند.

فدریک[8] و همکارانش (۲۰۰۶) رابطه درازمدت بین سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های اقتصادی و رشد اقتصادی برای سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۷۵ در جنوب آفریقا را با کاربرد روش‌های هم‌جمعی و تصحیح خطای برداری (VECM)[9] بررسی کردند. در این مطالعه، از رشد میزان کالاهای جابه‌جا شده و خدمات ارائه شده توسط زیرساخت‌های مختلف (راه‌آهن، جاده، حمل‌ونقل هوایی، مخابرات، برق) در مقابل رشد محصول ناخالص داخلی استفاده شد. مهم‌ترین نتیجه به‌دست آمده، وجود رابطه قوی مستقیم و غیرمستقیم از بخش زیرساخت‌ها به رشد اقتصادی و وجود رابطه ضعیف از رشد اقتصادی به زیرساخت‌ها بوده است.

پرادهان و باگچی[10] (۲۰۱۳) با استفاده از روش تصحیح خطای برداری برای کشور هندوستان در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۷۰ رابطه بین تشکیل سرمایه، رشد اقتصادی و بخش حمل‌ونقل را بررسی کردند. نتیجه مطالعه این محققان، حاکی از وجود علّیت دوطرفه بین

1- Aschauer
2- Munnell
3- Easterly and Rebelo
4- Miller and Russek
5- Devarajan

6- Haque and Kim
۷- در این مطالعه، ۱۵ کشور در حال توسعه مورد مطالعه قرار گرفتند.
8- Fedderke
9- Vector Error Correction Method
10- Pradhan and Bagchi

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

حمل‌ونقل زمینی و رشد اقتصادی، حمل‌ونقل زمینی و تشکیل سرمایه و رشد اقتصادی و تشکیل سرمایه بود. بسیاری از اقتصاددانان، علت نتایج متناقض پیرامون شواهد تجربی را ناشی از دوره زمانی کشورهای مورد مطالعه و استفاده از رویکردهای متفاوت اقتصادسنجی می‌دانند.

ب) پژوهش‌های داخلی

رضایی ارجرودی و تسبیحی (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای به تعیین میزان توضیح‌دهندگی تغییرات متغیر ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی با استفاده از روش تجزیه خطای پیش‌بینی پرداختند و چگونگی آثار تکانه‌های مختلف بخش حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۵۰ را بررسی کردند. نتایج این مطالعه حاکی از آن هستند که بخش حمل‌ونقل، تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی دارد، اما این تأثیر مثبت، ضعیف است؛ این نتیجه بیانگر توسعه‌نیافتگی بخش حمل‌ونقل می‌باشد. از دیدگاه این محققان، سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل نه تنها سبب تقویت بازار در جهات مختلف شده، بلکه سبب پیدایش زمینه‌های گوناگون اشتغال و گسترش استفاده هر یک از افراد جامعه از کالاهای تولیدی شده و همچنین قدرت تولیدی جامعه را افزایش می‌دهد.

بابازاده و همکارانش (۱۳۸۷)، در مطالعه‌ای با عنوان «تأثیر سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی در ایران»، به بررسی رابطه سرمایه‌گذاری دولت در بخش حمل‌ونقل و رشد اقتصادی در ایران با استفاده از روش هم‌جمعی طی دوره زمانی ۸۴-۱۳۳۸ پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن هستند که سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل، در درازمدت و کوتاه‌مدت، تأثیر معنی‌داری بر رشد اقتصادی داشته است.

مهرگان و دهقانی احمدآبادی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای، به بررسی تأثیر رشد اقتصادی بخش حمل‌ونقل بر توزیع درآمد در ایران در سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۴۸ پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از این مسأله بودند که بخش حمل‌ونقل، توأم با کاهش نابرابری بوده است. در این مطالعه، موقعیت استراتژیک ایران به‌عنوان پتانسیل بالقوه‌ای در بهبود توزیع درآمد، مطرح شده است که قادر به کاهش شکاف درآمدی شهری و روستایی است.

۳- مبانی نظری

همواره در ادبیات رشد اقتصادی، منافع و اهمیت زیربنایی بخش حمل‌ونقل، مورد توجه قرار گرفته است. مخارج سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل، به‌عنوان محرکی از طرف تقاضا به رشد اقتصادی و تشکیل مناطق ویژه اقتصادی مطرح می‌شود. در ادامه، تأثیر متقابل بخش حمل‌ونقل و رشد اقتصادی توضیح داده شده است.

اثرگذاری بخش حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی

حمل‌ونقل زمینی، مانند سایر زیرساخت‌های حمل‌ونقل می‌تواند رشد اقتصادی را از طریق تغییر تقاضای کل تحت تأثیر قرار دهد؛ برای مثال می‌تواند تقاضای نهاده‌های واسطه‌ای از دیگر بخش‌ها را ایجاد کند و آن را افزایش دهد و نیز اثرات چندگانه‌ای را در اقتصاد به وجود آورد (Pradhan & Bagchi, 2013). رشد زیرساخت زمینی حمل‌ونقل می‌تواند از راه‌هایی هم‌چون: افزایش سرمایه‌گذاری، بهبود کیفیت موجودی سرمایه توسط ساخت بزرگراه‌های جدید و فرودگاه‌ها، بهبود در مصرف مؤثر یا ارتقای کارایی در مصرف نظیر: ایجاد ظرفیت‌های اضافی موجود سرمایه زیربنایی، بهینه‌سازی سازمان‌های حمل‌ونقل و تغییر هزینه‌های مصرفی سوخت، موجب افزایش رشد اقتصادی شود.

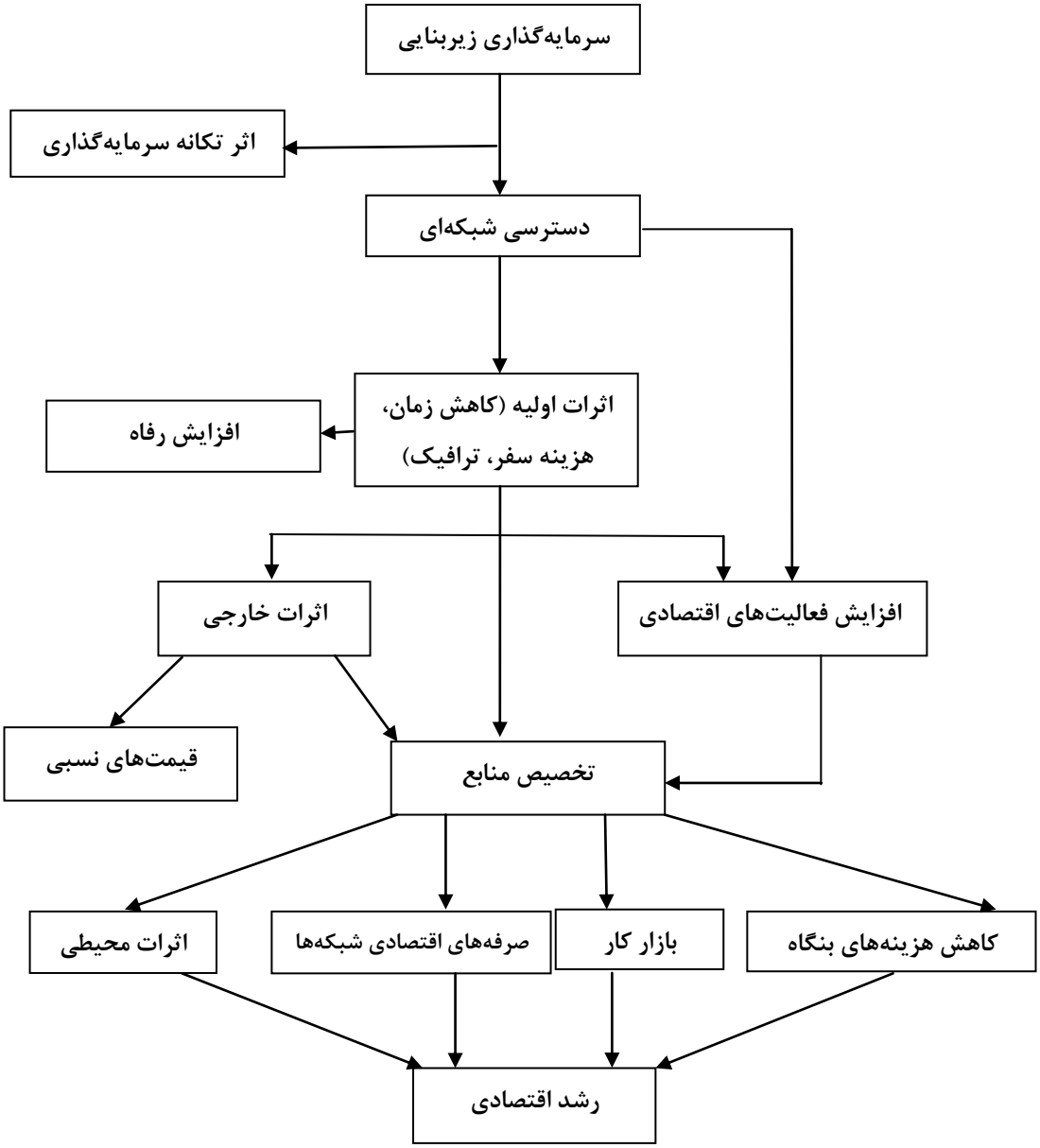
برچمن[1] (۲۰۰۱) منافع بیشتری نسبت به منافع مستقیم و اولیه حمل‌ونقل را مورد توجه قرار داد که از جمله می‌توان به ارتقای دسترسی به عوامل تولید و افزایش توان عملیاتی، اشاره کرد. در شکل ۱، مزایای

1- Berechman

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

اولیه رشد که به وجود اثرات خارجی در بازارهای مختلف وابسته است، نشان داده شده است. دلیل اصلی این رشد ناشی از تخصیص منابع در اقتصاد می‌باشد که به‌طور نوعی، مبتنی بر صرفه‌های اقتصادی، حجم، وسعت، انباشتگی و تراکم شبکه‌های حمل‌ونقل، شکل می‌گیرد و نتیجه ترکیبی این‌گونه اثرات در رشد اقتصادی بالاتر که به‌صورت تغییرات اشتغال، تولید و بهره‌وری اندازه‌گیری می‌شود، نمایان خواهد شد. در مقابل، در صورت نبود چنین اثرات خارجی، منافع حمل‌ونقل تنها در قالب نوعی از سرمایه‌گذاری شکل می‌گیرد.



شکل ۱- رابطه بین سرمایه‌گذاری زیربنایی در بخش حمل‌ونقل و رشد اقتصادی

منبع: (Banister & Berechman, 2001)

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

اثرگذاری رشد اقتصادی بر بخش حمل‌ونقل

زیرساخت‌های اقتصادی، بهره‌وری، تولید و رشد اقتصادی را متأثر می‌سازند، اما از طرف دیگر با افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی، میزان تقاضا و عرضه خدمات حاصل از زیرساخت‌ها، افزایش می‌یابند (Esfahani & Ramirez, 2003). تقاضای حمل‌ونقل و ایجاد زیرساخت با رشد اقتصادی، رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، افزایش می‌یابد. از طرفی، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در مناطقی که دارای زیرساخت مناسب حمل‌ونقل است، افزایش می‌یابد و این زیرساخت، به نوعی سرمایه‌گذاری را افزایش می‌دهد و به این ترتیب، رشد اقتصادی را هم به دنبال خواهد داشت (Pradhan & Bagchi, 2013). رامانتا[1] (۲۰۰۱) حمل‌ونقل شهری را به‌عنوان یک عامل مهم در بخش جاده‌ای حمل‌ونقل مطرح می‌کند و گسترش حمل‌ونقل را به دلیل افزایش رشد و شهرسازی می‌داند. طبق دیدگاه این محقق، گسترش شهرسازی، رشد جمعیت و تراکم شهرها نیاز به توسعه حمل‌ونقل را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، بخش حمل‌ونقل در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت، بر متغیرهای اقتصادی مانند: تولید در بخش‌های مختلف، اشتغال کل، قیمت و شاخص هزینه، اثر می‌گذارد و از رشد اقتصادی به‌طور متقابل، اثر می‌پذیرد. به‌طور حتم، تجزیه‌وتحلیل این ارتباط، امری پیچیده است و باید به ماهیت چندبعدی ارتباط بین حمل‌ونقل و رشد اقتصادی، توجه کرد.

۴- روش تحقیق

ساختار الگو

الگوی موردنظر در این مطالعه، به تبعیت از پرادهان و براگچی (۲۰۱۳) با اندکی تغییرات، برای مطالعه علّیت رشد اقتصادی و حمل‌ونقل زمینی و تشکیل سرمایه به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد:

$$EG=f\ (TINF, CF, TLF) \qquad (۱)$$

1- Ramanathan

EG: رشد اقتصادی[2]

TINF: حمل‌ونقل زمینی[3]

CF: تشکیل سرمایه[4]

TLF: کل نیروی کار[5]

همان‌طور که در رابطه (۱) مشاهده می‌شود، طبق این الگو، رشد اقتصادی، تابعی از تشکیل سرمایه، حمل‌ونقل و نیروی کار است. در این مقاله سعی شده است رابطه علّیت بین رشد اقتصادی و زیرساخت حمل‌ونقل زمینی با استفاده از روش‌های غیرخطی (که دارای دقت بالایی هستند) و شبکه‌های عصبی، آزمون شود.

آزمون علّیت غیرخطی با استفاده از شبکه عصبی دسته‌بندی گروهی داده‌ها (GMDH)[6]

استفاده از شبکه‌های عصبی در پیاده‌سازی الگوریتم روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها باعث انعطاف‌پذیری و بهینه‌سازی آن به واسطه به‌وجود آمدن ساختارهای شبکه‌ای متفاوت شده است. به طور کلی استفاده از این شبکه عصبی در این الگوریتم، باعث ساده‌تر و منطقی‌تر شدن تجزیه‌وتحلیل الگوها یا توابع جزئی به روش‌های گوناگون شده است (سلیمانی‌کیا، ۱۳۸۶).

به‌طور خلاصه مزیت‌های علیت غیرخطی روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها در مقابل علیت گرنجر، به شرح زیر می‌باشند:

- عدم‌حساسیت به تعداد وقفه‌های متغیرها
- عدم‌نیاز به بررسی ایستایی متغیرها
- عدم‌حساسیت به تعداد وقفه‌های متغیرها
- کشف روابط غیرخطی پیچیده.

به طور کلی، علیت روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها، روش بسیار مناسبی برای بررسی رابطه علیت (به مفهوم اقتصادسنجی) میان متغیرهاست که به مراتب از روش‌های

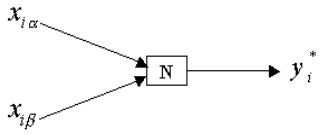
2- Economic Growth
3- Total Transport Infrastructure
4- Capital Formation
5- Total Labor Force
6- Group Method of Data Handling

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

مرسوم در اقتصادسنجی، کارایی بیشتری دارد و می‌تواند در کارهای تجربی مورد استفاده قرار گیرد (نوری، ۱۳۸۹).

ساختار شبکه عصبی از نوع روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها

شبکه عصبی، از نوع روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها، شبکه‌ای خودسازمانده و یک‌سویه می‌باشد که از چندین لایه و هر لایه نیز از چندین نرون تشکیل شده است. تمامی نرون‌ها از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند که همگی آنها دارای دو ورودی و یک خروجی هستند و هر نرون با پنج وزن و یک جمله اریب، عمل پردازش را میان داده‌های ورودی و خروجی برقرار می‌کند. در شکل ۲ نمایشی از یک نرون نشان داده شده است و رابطه (۲) ساختار نرون با پنج وزن و یک جمله اریب را نشان می‌دهد.



شکل۲- ساختار نرون

منبع: (سلیمانی‌کیا، ۱۳۸۶)

$$y_{ik}^* = N(x_{i\alpha}, x_{i\beta}) = b^k + w_1^k x_{i\alpha} + w_2^k x_{i\beta} + w_3^k x_{i\alpha}^2 + w_4^k x_{i\beta}^2 + w_5^k x_{i\alpha} x_{i\beta} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، i=1,2,3,…,N می‌باشد که در آن N، تعداد داده‌های ورودی و خروجی و $(k=1,2,3,\ldots, C_m^2)$ و $\alpha,\beta \in \{1,2,3,\ldots M\}$ می‌باشد که در آنها m، تعداد نرون‌های لایه قبلی است.

وزن‌ها براساس روش‌های حداقل مربعات خطا، محاسبه شده و سپس به عنوان مقادیر مشخص و ثابت در داخل هر نرون، جای‌گذاری می‌شوند. ویژگی بارزی که در این نوع از شبکه‌ها مشاهده می‌گردد حاکی از آن است که نرون‌های مرحله قبلی یا لایه قبلی (m) عامل یا مولد تولید نرون‌های جدید به تعداد $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$ می‌باشند که از میان نرون‌های تولیدشده، لزوماً باید تعدادی از آنها حذف گردند تا بدین وسیله از واگرایی شبکه، جلوگیری شود.

معیار گزینش و حذف مجموعه‌ای از نرون‌ها در یک لایه، درصد مجموع مربعات خطا (r_j^2) میان مقادیر خروجی واقعی (y_i) و خروجی نرون j ام(y_{ij}^*) می‌باشد.

$$r_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - y_{ij}^*\right)^2}{\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \qquad (۳)$$

در رابطه بالا $j \in \{1,2,3,\ldots,C_m^2\}$ می‌باشد که در آن m،تعداد نرون‌های گزینش‌شده در لایه قبلی است.

رابطه‌ای که در نهایت بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط این نوع از شبکه‌های عصبی برقرار می‌شود به صورت تابع غیرخطی ولترا[1] به صورت رابطه زیر است:

$$\hat{y} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i x_i + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} \alpha_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} \alpha_{ijk} x_i x_j x_k + \cdots \qquad (۴)$$

نحوه کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در آزمون علیت

به منظور تبیین رابطه علّی میان دو متغیر X و Y، ابتدا وقفه‌های این دو متغیر را تشکیل داده و به عنوان متغیرهای ورودی[2]، به شبکه روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها می‌دهیم و سپس با استفاده از این شبکه به پیش‌بینی سطح جاری متغیرهای X و Y می‌پردازیم.

همان‌طور که در علّیت استاندارد گرنجری، مقادیر جاری دو سری زمانی به‌عنوان متغیر برون‌زا در نظر گرفته می‌شوند، در این روش نیز مقادیر گذشته دو سری زمانی، به‌عنوان ورودی‌های شبکه، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تعیین جهت علّیت از X به Y، دو دسته ورودی برای شبکه در نظر می‌گیریم، یک دسته از ورودی‌ها شامل مقادیر گذشته X و Y هستند و دسته دیگر تنها مقادیر گذشته Y را دربر دارد. به این ترتیب، دو پیش‌بینی از متغیر خروجی به‌دست می‌آید که اولین پیش‌بینی براساس مقادیر گذشته دو سری و دومین پیش‌بینی تنها براساس مقادیر گذشته Y می‌باشد. نحوه استنتاج از این دو پیش‌بینی در تعیین مسیر علّیت به این صورت است که اگر میزان خطای به‌دست آمده از الگوی اول، کم‌تر از میزان خطا در الگوی

1-Volterra
2- Input Variable

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

دوم باشد؛ بنابراین X، پیش‌بینی Y را بهبود بخشیده است و X علّت Y به شمار می‌آید. همین شرایط را برای متغیر X در نظر گرفته و علیت از Y به X را بررسی می‌نماییم.

۵- یافته‌های تحقیق

داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه با توجه به داده‌های موجود، از داده‌های سالانه ارزش‌افزوده در بخش حمل‌ونقل زمینی، ریلی، مقدار تشکیل سرمایه، نیروی کار و هم‌چنین رشد تولید ناخالص داخلی در بازه زمانی ۱۳۷۱/۱ تا پایان ۱۳۹۱/۴ استفاده شده است. همان‌طور که اشاره شد، یکی از مزایای شبکه عصبی، حساسیت کمتر آن به تعداد مشاهدات نسبت به علیت گرنجری است، اما با این وجود برای استحکام نتایج، داده‌های سالانه به داده‌های فصلی تبدیل شدند.

نتایج آزمون علیت غیرخطی

نتایج آزمون علیت غیرخطی با کاربرد شبکه‌های عصبی، در برنامه نوشته‌شده در نرم‌افزار MATLAB به دست آمده است. براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، می‌توان جهت علیت بین حمل‌ونقل زمینی و رشد اقتصادی را تحلیل کرد. مقدار خطای کمتر بر مبنای معیارهای خطای رایج[1] با علامت * مشخص شده‌اند. برای مثال، تفسیر نتایج به این صورت است که در مورد علیت بین رشد اقتصادی و حمل‌ونقل زمینی، الگوی پیش‌بینی رشد اقتصادی زمانی که از وقفه‌های حمل‌ونقل زمینی استفاده شده، بهبود یافته و کمتر، الگوی بدون وقفه‌های حمل‌ونقل زمینی به‌کار رفته است؛ بنابراین، می‌توان اظهار کرد که مقادیر گذشته حمل‌ونقل زمینی، پیش‌بینی رشد اقتصادی را بهتر کرده است و حمل‌ونقل زمینی، علت رشد اقتصادی است.

جدول ۱- معیارهای توابع خطا در رابطه با علّیت حمل‌ونقل زمینی و رشد اقتصادی

مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی رشد اقتصادی	RMSE	MAE	MAPE
با وقفه حمل‌ونقل زمینی	۶/۲۸۸۳	۲/۱۴۴۹	۴۰۶/۵۷۹
بدون وقفه حمل‌ونقل زمینی	*۱/۴۶۴۷	*۱/۳۴۱	*۱۱۸/۷۱۹
مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی حمل‌ونقل زمینی	RMSE	MAE	MAPE
با وقفه رشد اقتصادی	*۸۶۳۷/۴۴۳	*۸۵۳۰/۶۵۸	*۸۵۳۰/۶۵۸
بدون وقفه رشد اقتصادی	۸۶۳۷/۴۹۵	۸۵۳۰/۷۰۳	۹۹/۹۹۹

منبع: (محاسبات نگارندگان با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم‌افزار MATLAB)

در مرحله بعد با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم‌افزار E-views-7[2]، به بررسی معنی‌دار بودن تفاوت بین توابع خطا پرداخته شده است (جدول ۲).

جدول۲- آماره‌های معیارهای پیش‌بینی در رابطه با علیت حمل‌ونقل زمینی و رشد اقتصادی

نتیجه نهایی	فرضیه مقابل	آماره گرنجر نیوبلد	P-value	نتیجه
تأیید علیت	حمل‌ونقل زمینی به رشد	۲۲/۲۶	۵/۱۳E-۱۴	$RMS_2<RMS_1$
رد علیت	رشد به حمل‌ونقل زمینی	-۳/۸	۰/۰۰۱۴۲۶	$RMS_2>RMS_1$

منبع: (محاسبات تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در Eviews)

1- RMSE, MAE, MAPE

۲- از برنامه نوشته شده توسط نوری (۱۳۸۹) استفاده شده است.

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

هرگاه تابع خطای الگوی دوم[1]، از تابع خطای الگوی اول[2]، کوچک‌تر باشد، به مفهوم تأیید رابطه علیت است و علیت به شکل معنی‌داری وجود دارد و در مواردی که تابع خطای اول، کمتر از تابع خطای دوم باشد، علیت، وجود نخواهد داشت؛ به‌عبارتی، در حالت دوم، اضافه کردن وقفه متغیرهای دسته دوم، پیش‌بینی دسته اول را بهبود نبخشیده است.

در ادامه، به آزمون علّیت بخش حمل‌ونقل زمینی با سایر متغیرها، تشکیل سرمایه و نیروی کار، به صورتی که در بالا توضیح داده شد، می‌پردازیم. نتایج این آزمون‌ها در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. مقادیر به‌دست آمده از آزمون‌ها نیز در جداول ۵ و ۶ ارائه شده‌اند.

جدول ۳- آماره‌های توابع خطا در رابطه با علیت تشکیل سرمایه و حمل‌ونقل زمینی

مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی تشکیل سرمایه	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه حمل‌ونقل زمینی	*۲۰۰۶۶۶۰۷	*۱۸۸۶۵۸۱۹	*۱۸۸۶۵۸۸۱۹
با وقفه حمل‌ونقل زمینی	۲۰۰۶۶۶۰۸	۱۸۸۶۵۸۲۰	۱۰۰
مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی تشکیل حمل‌ونقل زمینی	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه سرمایه	*۸۶۳۶/۹۱۴	*۸۵۳۰/۱۲۹	*۸۵۳۰/۱۲۹
با وقفه سرمایه	۸۶۳۸/۷۶۹	۸۵۳۰/۷۵۱	۱۰۰/۰۱

منبع: (محاسبات نگارندگان با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم‌افزار MATLAB)

جدول۴- آماره‌های توابع خطا در رابطه علیت نیروی کار و حمل‌ونقل زمینی

مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی نیروی کار	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه حمل‌ونقل زمینی	۶۶۶۰۸۱۰	۶۶۰۷۵۷۲	۱۰۰
با وقفه حمل‌ونقل زمینی	*۶۶۶۰۸۰۸	*۶۶۰۷۵۷۰	*۹۹/۹۹۹۹
مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی حمل‌ونقل زمینی	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه نیروی کار	۸۷۳۵/۶۱۹	۸۵۳۰/۱۲۹	۹۹/۹۳
با وقفه نیروی کار	*۸۶۳۶/۹۱۴	*۸۵۲۸/۹۵۷	*۹۹/۸۰

منبع: (محاسبات نگارندگان با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم‌افزار MATLAB)

جدول ۵- آماره‌های معیارهای پیش‌بینی تشکیل سرمایه و حمل‌ونقل زمینی

نتیجه نهایی	فرضیه مقابل	آماره گرنجر نیوبلد	P-value	نتیجه
تأیید علیت	تشکیل سرمایه به حمل‌ونقل زمینی	-۳/۰۸	۰/۰۰۶۷	$RMS_2>RMS_1$
رد علیت	حمل‌ونقل زمینی به تشکیل سرمایه	-۲/۱۹	۰/۰۰۴۲	$RMS_2<RMS_1$

منبع: (محاسبات تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در Eviews)

1- RMSE2
2- RMSE1

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

۱۱۰ ـــــــ

جدول ۱۰- آماره‌های توابع خطا در رابطه علّیت نیروی کار و رشد اقتصادی

نتیجه نهایی	فرضیه مقابل	آماره گرنجر نیوبلد	P-value	نتیجه
رد علیت	رشد اقتصادی به نیروی کار	۸/۷۱	1/11E-7	$RMS_2<RMS_1$
تأیید علیت	نیروی کار به رشد اقتصادی	-۱۶/۵۴	6/46E-12	$RMS_2>RMS_1$

منبع: (محاسبات تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در Eviews)

جدول ۱۱- آماره‌های توابع خطا در رابطه علّیت سرمایه و رشد اقتصادی

مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی رشد اقتصادی	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه تشکیل سرمایه	۶/۲۸۸	۲/۱۴۴	۴۰۶/۵۷
با وقفه تشکیل سرمایه	*۲/۰۲۳	*۱/۵۳	*۱۸۶/۴۳
مقادیر تابع خطای به‌دست آمده			
الگوی پیش‌بینی رشد اقتصادی	RMSE	MAE	MAPE
بدون وقفه نیروی کار	۲۰۰۶۶۶۰۷	۱۸۸۶۵۸۲۰	۱۰۰
با وقفه نیروی کار	*۲۰۰۶۶۶۰۶	*۱۸۸۶۵۸۱۹	*۱۰۰

منبع: (محاسبات تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در نرم‌افزار MATLAB)

جدول ۱۲- آماره‌های توابع خطا در رابطه علّیت رشد اقتصادی و تشکیل سرمایه

نتیجه نهایی	فرضیه مقابل	آماره گرنجر نیوبلد	P-value	نتیجه
رد علیت	رشد اقتصادی به تشکیل سرمایه	۲/۸۲	۰/۰۱۱۵	$RMS_2<RMS_1$
رد علیت	تشکیل سرمایه به رشد اقتصادی	۵/۶۶	-52/8E-	$RMS_2<RMS_1$

منبع: (محاسبات تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در Eviews)

در جداول بالا نتایج به‌دست آمده از بررسی ارتباط بین بخش حمل‌ونقل زمینی، با اجزای رشد اقتصادی، نیروی کار و تشکیل سرمایه، نشان داده شدند. به‌منظور استحکام نتایج و تکمیل بررسی رابطه بین این اجزاء، رابطه تشکیل سرمایه، رشد اقتصادی و نیروی کار نیز دو به دو بررسی شده است که نتایج کلی به‌دست آمده، به شرح زیر می‌باشند:

۱- وجود علّیت یک‌طرفه از حمل‌ونقل زمینی به رشد اقتصادی

۲- وجود علّیت دوطرفه بین تشکیل سرمایه و رشد اقتصادی

۳- وجود علّیت دوطرفه بین نیروی کار و حمل‌ونقل زمینی

۴- وجود علّیت دوطرفه بین بخش تشکیل سرمایه و نیروی کار

۵- وجود علّیت یک‌طرفه از رشد اقتصادی به نیروی کار

۶- عدم وجود علّیت بین حمل‌ونقل زمینی و تشکیل سرمایه.

همچنین در جدول ۱۳، خلاصه نتایج به‌دست آمده از آزمون علیت بین متغیرها نشان داده شده است.

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

جدول۱۳- خلاصه نتایج به‌دست آمده از آزمون علّیت بین متغیرها

از \ به	رشد اقتصادی	حمل‌ونقل زمینی	تشکیل سرمایه	نیروی کار
رشد اقتصادی		خیر	بلی	بلی
حمل‌ونقل زمینی	بلی		خیر	بلی
تشکیل سرمایه	بلی	خیر		بلی
نیروی کار	خیر	بلی	بلی	

منبع: (محاسبات یافته‌های نگارندگان)

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به نقش حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر رونق اقتصادی، از طریق جابه‌جایی بار و مسافر، زمینه‌های امکان دسترسی به رفاه و تسهیلات ملی افزایش می‌یابند؛ بنابراین در فرایند رشد اقتصادی، نقش بسیار مهم و تأثیرگذاری دارد، ضمن آن‌که خود نیز از فرایند رشد و توسعه اقتصادی، متأثر می‌باشد. در مطالعات انجام شده در زمینه حمل‌ونقل و رشد اقتصادی، بیشتر پژوهشگران با استفاده از الگوهای مختلف، تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی را تأیید کرده‌اند. در این مطالعه با بررسی نتایج تجربی رابطه غیرخطی، می‌توان چنین استنتاج کرد که وجود علّیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و تشکیل سرمایه، نشان می‌دهد که با افزایش رشد اقتصادی، مقدار تشکیل سرمایه در بخش‌های مختلف اقتصادی و به همین ترتیب با افزایش میزان تشکیل سرمایه، به سطح بالاتری از رشد اقتصادی می‌توان دست یافت. مسیر علّیت مشاهده شده بین حمل‌ونقل زمینی و رشد اقتصادی، وجود مسیر یک‌طرفه، از حمل‌ونقل به رشد اقتصادی را تأیید کرده است که این مسأله می‌تواند نشان‌دهنده بهبود رشد اقتصادی به دنبال افزایش ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل باشد. در حقیقت براساس این پژوهش، می‌توان یکی از سیاست‌گذاری‌های مثمرثمر در کشور را ارتقابخش حمل‌ونقل زمینی در نظر گرفت و با توسعه هر چه بیشتر این بخش، به رشد اقتصادی افزود و اگرچه براساس مبانی نظری مطرح شده در این مطالعه، هر دو کانال، بر هم اثر می‌گذارند، اما در بازه زمانی مورد مطالعه و در اقتصاد ایران، شروع‌کننده تغییر و علّت تغییر، افزایش ارزش‌افزوده در بخش حمل‌ونقل زمینی است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که در بیست سال گذشته، رشد اقتصادی، باعث افزایش رشد در تشکیل سرمایه و نیروی کار شده است، در حالی که بر بخش حمل‌ونقل زمینی، تأثیر چندانی نداشته است. با بهبود بخش حمل‌ونقل با توجه به تأثیر آن بر رشد اقتصادی، می‌توان بستر اشتغال بیشتر را نیز فراهم نمود و با تقویت زیرساخت حمل‌ونقل کشور، به رشد اقتصادی بیشتری دست یافت؛ بنابراین الزامی است که همراه با رشد اقتصادی، از لحاظ کمی و کیفی به بخش حمل‌ونقل (هوایی، زمینی، دریایی) نیز توجه کرد تا با مهیا شدن یکی از زیرساخت‌های اقتصادی لازم، زمینه رشد اقتصادی بالاتر فراهم گردد.

۷- منابع

بابازاده، محمد؛ قدیمی، خلیل؛ محسنی، رضا. (۱۳۸۷). تأثیر سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل و رشد اقتصادی در ایران، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، ۱۳(۵۰)، ۱۹۹-۱۵۷.

رضایی ارجرودی، عبدالرضا؛ تسبیحی، آمنه. (۱۳۸۷). *تعیین رابطه ریاضی بین توسعه حمل‌ونقل و رشد اقتصادی در*

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

کشور، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

سلیمانی کیا، فاطمه. (۱۳۸۶). *الگوسازی و پیش‌بینی قیمت بنزین در بورس سنگاپور با استفاده از شبکه عصبی از نوع GMDH براساس الگوریتم ژنتیک*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته اقتصاد انرژی، دانشگاه تهران.

مهرگان، نادر؛ دهقانی احمدآباد، هانی. (۱۳۸۹). تخمین اثر رشد اقتصادی بخش حمل‌ونقل بر توزیع درآمد در ایران. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، *۷*(۴)، ۳۷۴- ۳۶۵.

نوری، مهدی. (۱۳۸۹). *بررسی تجربی رابطه میان تورم و رشد بهره‌وری در اقتصاد ایران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

Aschauer, D. A. (1989). Public investment and productivity growth in the Group of Seven. *Economic perspectives*, *13*(5), 17-25.

Banister, D., Berechman, Y. (2001). Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of transport geography*, *9*(3), 209-218.

Berechman, Y. (2001). Transport Investment and Economic Development: Is there a Link?, Paper presented to the. In *European Conference of Ministers of Transport, Round Table 119: Transport and Economic Development*.

Devarajan, S., Swaroop, V., Heng-fu, Z. (1996). The Composition of Public Expenditure and Economic Growth. *journal of Monetary Economics*, 37, 313-344.

Easterly, W., Rebelo, S. (1993). Fiscal policy and economic growth. *Journal of monetary economics*, *32*(3), 417-458.

Esfahani, H. S., Ramirez, M. T. (2003). Institutions, infrastructure and economic Growth. *Journal of Development Economics*, *Vol. 70*, 443- 477.

Fedderke, J. W., Perkins, P., Luiz, J. M. (2006). Infrastructural investment in long-run economic growth: South Africa 1875–2001. *World development*, *34*(6), 1037-1059.

Haque, M. E., Kim, D. H. (2003). *Public investment in transportation and communication and growth: a dynamic panel approach*. University of Manchester, School of Economic Studies.

Miller, S. M., Russek, F. S. (1997). Fiscal structures and economic growth: international evidence. *Economic Inquiry*, *35*(3).

Munnell, A. H. (1992). Policy watch: infrastructure investment and economic growth. *The Journal of Economic Perspectives*, *6*(4), 189-198.

Phang, S. Y. (2003). Strategic development of airport and rail infrastructure: the case of Singapore. *Transport Policy*, *10*(1), 27-33.

Pradhan, R. P., Bagchi, T. P. (2013). Effect of transportation infrastructure on economic growth in India: the VECM approach. *Research in Transportation Economics*, *38*(1), 139-148.

Ramanathan, R. (2001). The long-run behaviour of transport performance in India: a cointegration approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *35*(4), 309-320.

Short, J., Kopp, A. (2005). Transport infrastructure: investment and planning. Policy and research aspects. *Transport Policy*, *12*(4), 360-367.

Smell, K. A, Verhoef, E. T. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. The edition Published in the Taylor and Francis e-library.

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]

[Downloaded from iueam.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.23452870.1395.4.14.6.9]