فرار مالیاتی در واردات ایران رویکرد مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم تبرید تدریجی

مجید مداح | majid.maddah@semnan.ac.ir
دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم
اداری دانشگاه سمنان (نویسنده مسئول مکاتبات)
زهرا خالق‌پناه | khaleghpanahzahra@yahoo.com
کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه سمنان

دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۷ | پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۷

چکیده: مالیات بر واردات یکی از منابع درآمدی دولت است که بخشی از آن به دلیل فرار مالیاتی در اختیار دولت قرار نمی‌گیرد. عوامل مختلفی بر فرار مالیاتی در بخش واردات موثرند که این عوامل، در این مقاله با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم تبرید تدریجی که قادر به تحلیل سیستم‌های غیرخطی است، مورد شناسایی قرار گرفته‌اند. به این منظور ابتدا چهار متغیر توضیح‌دهنده فرار مالیاتی شامل بار مالیات بر واردات، اندازه دولت، سطح درآمد مالیات‌دهندگان و درجه باز بودن اقتصاد در مدل نهایی تصریح‌شده شبکه عصبی در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از مسئله بهینه‌سازی فرار مالیاتی با استفاده از الگوریتم تبرید تدریجی نشان داد مقدار بهینه بار مالیاتی در واردات، اندازه دولت، درجه باز بودن اقتصاد و درآمد واقعی سرانه، درجه باز بودن اقتصاد به‌ترتیب برابر ۶/۱۸ (درصد)، ۱۳/۲، ۶/۶۹ (میلیون ریال) ، ۱/۲۹ (درصد) و حداقل فرار مالیاتی در دوره تحت بررسی برابر ۲۱/۴۸ (درصد) است.

کلیدواژه‌ها: فرار مالیاتی، واردات، شبکه عصبی مصنوعی، پرسپترون چندلایه، الگوریتم تبرید تدریجی، اقتصاد ایران.
طبقه‌بندی JEL: F19, E26, C45.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | نمایه در ISC
سال بیستم | شماره ۲ | تابستان ۱۳۹۴ | ص ص ۱۰۲-۸۵

مقدمه

درآمدهای مالیاتی یکی از مهم‌ترین منابع درآمدی دولت و تامین‌کننده بخشی از هزینه‌های دولت است. مالیات‌ها به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم دریافت می‌شوند که یکی از مهم‌ترین انواع مالیات‌های غیرمستقیم، مالیات بر واردات است. سهم این مالیات از کل درآمدهای مالیات غیرمستقیم و کل درآمدهای مالیاتی به ترتیب ۵۷ و ۲۲درصد است[۱]. مالیات بر واردات علاوه بر آن که یک منبع درآمد برای دولت است؛ به عنوان یک ابزار سیاستگذاری نیز مطرح است، چون از طریق آن دولت به کنترل بازار داخلی، تامین تقاضای مردم و دسترسی به اهداف اشتغال و تولید می‌پردازد. با توجه به این که مالیات بر واردات از محل واردات کالاها به‌دست می‌آید و از این جهت بخشی از هزینه‌های واردات کالا را تشکیل می‌دهد، همواره موضوع فرار از پرداخت مالیات از سوی فعالان در بخش غیررسمی[۲] اقتصاد به عنوان یک مسئله مهم مطرح است. فرار مالیاتی[۳] موجب کاهش درآمدهای دولت می‌شود و کارایی سیاست‌های اقتصادی را کم می‌کند. از این جهت، دسترسی به اطلاعاتی از اندازه فرار مالیاتی و شناسایی عوامل موثر بر آن همواره مورد توجه سیاستگذاران قرار داشته است. با توجه به اهمیت و نقش مالیات در اجرای سیاست‌های دولت و لزوم کاهش فرار مالیاتی این پرسش‌ها مطرح هستند. روند فرار مالیات بر واردات در اقتصاد ایران چگونه است؟ مقدار بهینه فرار مالیاتی و همچنین مقادیر بهینه هر یک از متغیرهای توضیح‌دهنده فرار مالیاتی چه میزان است؟ هدف از ارائه این پژوهش یافتن پاسخی مناسب به این پرسش‌ها است که به این منظور، از روش مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم تبرید تدریجی در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۵۰ استفاده می‌شود.

مروری بر پیشینه تحقیق

از جمله مطالعات اولیه انجام‌شده در حوزه فرار مالیاتی به پژوهش Allingham & Sandmo (1972) بازمی‌گردد. این پژوهشگران پس از معرفی یک مدل برای مالیات‌دهنده[۴] ریسک‌گریز[۵] نشان دادند نرخ جریمه بالاتر یا احتمال کشف بیشتر منجر به فرار مالیاتی کمتر می‌شود. همچنین بالاتر بودن نرخ مالیات موجب فرار مالیاتی بیشتر خواهد شد. سپس Sandmo (2004) مدل آلینگهام و ساندمو

---

۱. بانک مرکزی، خلاصه تحولات اقتصادی کشور، ۱۳۹۰

2. Informal
3. Tax Evasion
4. Tax Payer
5. Risk-Averse

را توسعه داد و با وارد کردن کار و فراغت به تابع مطلوبیت، بیان کرد افراد کل ساعات در دسترس خود را میان کار در بازار قانونی، فراغت و کار غیررسمی اختصاص می‌دهند و بر این اساس به دنبال حداکثرسازی مطلوبیت خود هستند. گرچه ادبیات نظری غالباً به فرار مالیاتی مالیات‌دهندگان شخصی مربوط می‌شود اما این پدیده در مورد شرکت‌ها هم ممکن است وجود داشته باشد. در این مورد Marrelli (1984) مدل فرار مالیاتی برای یک شرکت ریسک‌گریز را ارائه کرد و نتایج مشابهی نظیر مدل‌های قبلی به دست آورد. این مدل در سال‌های بعد به وسیله Marrelli & Martina (1988) با در نظر گرفتن یک ساختار انحصاری[1] و اثر متقابل استراتژی‌های اتخاذشده از سوی بنگاه‌ها توسعه داده شد. موضوع علل فرار مالیاتی در مطالعات دیگری نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است که از جمله آن به پژوهش Pritchett & Sethi (1994) می‌توان اشاره کرد. این پژوهشگران با استفاده از داده‌های اقتصاد جامائیکا، کنیا و پاکستان رابطه میان درآمدهای تعرفه‌ای و نرخ‌های تعرفه بر واردات را بررسی کردند و دریافتند رابطه ضعیفی میان نرخ‌های تعرفه بالفعل که از طریق نسبت درآمدهای تعرفه‌ای بر ارزش واردات در گروه‌های مختلف تولیدی به دست می‌آید و نرخ‌های تعرفه قانونی وجود دارد؛ این تفاوت بیانگر فرار مالیاتی در بخش واردات این کشورهاست. Fisman & Wei (2004) با استفاده از اطلاعات مربوط به صادرات گزارش‌شده از هنگ‌کنگ به چین و واردات گزارش‌شده از چین به هنگ‌کنگ، تفاوت آن را به عنوان واردات غیرقانونی به چین در نظر گرفتند و پس از تخمین مدل رگرسیون فرار مالیاتی در بخش تجارت خارجی بر نرخ‌های تعرفه نتیجه گرفتند رابطه مستقیم میان نرخ مالیات بر واردات و فرار تعرفه‌ای ناشی از واردات غیرقانونی به چین با ضریب ۲/۹۳ وجود دارد. در بیشتر مطالعات انجام شده در حوزه اقتصاد غیررسمی، افزایش بار مالیاتی به عنوان عامل اصلی رشد اقتصاد غیر رسمی معرفی شده است. چون مالیات‌ها بر روی انتخاب کار- فراغت افراد اثر می‌گذارند و افراد را به کار در اقتصاد غیررسمی که معاف از مالیات است، تشویق می‌کنند. هرچه تفاوت میان درآمد رسمی و درآمد غیررسمی بیشتر باشد، انگیزه افراد برای ورود به اقتصاد غیررسمی بالاتر خواهد بود. Jovorcik & Narciso (2008) نیز در مطالعه‌ای اثر مثبت تعرفه‌های بالا را بر فرار مالیاتی تایید کردند و در پژوهش خود نتیجه گرفتند رابطه مستقیمی میان نرخ تعرفه با اختلاف تجاری یا فرار تعرفه‌ای میان آلمان و هشت شریک تجاری از میان ۱۰ کشور تحت بررسی وجود دارد به طوری که برای این کشورها با افزایش یک‌درصدی نرخ تعرفه، ۰/۴ درصد و ۱/۷ درصد فرار تعرفه‌ای به ترتیب در مورد کالاهای همگن و کالاهای غیرهمگن افزایش می‌یابد. Cebula & Feige (2012) در پژوهشی با عنوان عدم انطباق کد مالیاتی و بازرسی

1. Oligopolistic

انجام‌شده، نشان دادند فرار مالیاتی یک تابع افزایشی از متوسط نرخ موثر بر مالیات بر درآمد فدرال، نرخ بیکاری، نرخ بهره اسمی و تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی و تابعی کاهشی از IRS است. Dell' Anno (2007)، Schneider & Savasan (2007)، Bayer & Sutter (2009) نیز در مطالعات جداگانه‌ای نشان دادند افزایش بار مالیاتی منجر به گسترش فرار مالیاتی می‌شود. Tabandeh *et al.* (2012) در مطالعه‌ای عوامل مؤثر بر فرار مالیاتی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مالزی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد بار مالیات، اندازه دولت و نرخ تورم دارای اثر مثبت بر فرار مالیاتی و در مقابل درآمد مودیان مالیاتی و درجه باز بودن اقتصاد بر فرار مالیاتی اثر منفی دارند. تورم از عوامل دیگری است که می‌تواند مقدار فرار مالیاتی را تحت تاثیر قرار دهد. تورم، هزینه خرید کالاها و خدمات را در داخل افزایش و قدرت خرید واقعی مردم را کاهش می‌دهد که در این شرایط ممکن است افراد برای جبران کمبودهای درآمدی خود بخشی از مالیات‌ها را نپردازند؛ همچنین تورم داخلی، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، موجب کاهش قیمت نسبی کالاهایی که به صورت غیرقانونی وارد کشور می‌شوند، خواهد شد که این مسئله می‌تواند موجب رشد ورود غیرقانونی کالاها و فرار مالیاتی شود. در این ارتباط Macias (2008) با استفاده از روش معادلات ساختاری[1] به مدل‌سازی اقتصاد غیررسمی در مکزیک پرداخت. وی در این پژوهش تورم را همراه با سایر عوامل مثل بیکاری، مالیات، سطح دستمزد و قوانین اجرایی به عنوان علل موثر بر رشد اقتصاد غیررسمی معرفی کرد و پس از تخمین مدل نتیجه گرفت رابطه مستقیمی میان نرخ تورم و اندازه اقتصاد زیرزمینی در مکزیک وجود دارد. در مطالعه دیگری Fishlow & Friedman (1994) و Caballe & Panade (2004) با بررسی رابطه میان نرخ تورم و فرار مالیاتی در آمریکا نتیجه گرفتند نرخ تورم اثر مثبتی بر فرار مالیاتی دارد. یکی دیگر از عوامل مؤثر بر فرار مالیاتی اندازه دولت است. اندازه دولت در جامعه، کیفیت اجرای خدمات دولتی و قوانین، مقررات دولتی و میزان عرضه کالاهای عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با افزایش اندازه دولت، هزینه واردات رسمی کالا و خدمات می‌تواند افزایش یابد که این مسئله، عوامل تجاری را به واردات غیررسمی که همراه با فرار مالیاتی است، تشویق می‌کند. مداخله بیشتر دولت ، واردکنندگان کالا را ملزم به کسب مجوزهای گاه غیرضروری می‌کند. در این شرایط هزینه واردات رسمی کالا افزایش می‌یابد و انگیزه افراد برای ورود به فعالیت‌های غیرقانونی تقویت می‌شود. در این ارتباط Aigneret *et al.* (1988) و Schneider & Savasan (2007) رابطه میان اندازه دولت، حجم قانونگذاری و اقتصاد غیررسمی را بررسی کردند و نشان دادند قانونگذاری بالا منجر به شکل‌گیری

1. Structural Equations Approach

فعالیت‌های اقتصاد غیررسمی می‌شود و از این طریق بر فرار مالیاتی اثر مثبت دارد.

محدودیت‌های تجاری نیز از طریق بالا بردن هزینه نسبی واردات رسمی کالا در مقایسه با واردات غیررسمی، می‌تواند انگیزه عوامل تجاری در مشارکت در فعالیت‌های غیرقانونی افزایش دهد. در این ارتباط Goldberg & Pinelopik (2003) رابطه میان آزادسازی تجاری و بخش غیررسمی در کشورهای کلمبیا و برزیل را بررسی کردند و نتیجه گرفتند: افزایش نرخ تعرفه و کاهش آزادسازی تجاری، اقتصاد غیررسمی را در این کشورها افزایش داده است. درآمد مالیات‌دهندگان نیز می‌تواند مقدار فرار مالیاتی را تحت تاثیر قرار دهد. پایین بودن درآمد افراد، انگیزه آنها را برای فرار از پرداخت مالیات افزایش می‌دهد تا از این طریق کمبودهای درآمدی جبران شود. البته رابطه میان درآمد مالیات‌دهندگان و فرار مالیاتی به ساختار اقتصادی کشورها نیز بستگی دارد. اگر پس از افزایش درآمد، نرخ‌های مالیاتی در سطح بالاتری قرار گیرند؛ در این صورت انتظار می‌رود فرار مالیاتی افزایش یابد. در این ارتباط Embaye (2007) در مطالعه تجربی خود نشان داد رابطه مستقیمی میان درآمد مالیات‌دهندگان و فرار مالیاتی در آفریقا وجود دارد. این در حالی است که در پژوهش تابنده و همکاران رابطه میان درآمد واقعی افراد و فرار مالیاتی در مالزی به‌طور غیرمستقیم تایید شد.

گرچه در زمینه تخمین فرار مالیات بر واردات در داخل کشور مطالعه‌ای انجام نشده است اما به هرحال به چند پژوهش مرتبط می‌توان اشاره کرد. صادقی و شکیبایی (۱۳۸۰) در پژوهشی کل اقتصاد زیرزمینی و فرار مالیاتی مربوط به آن را با استفاده از روش شبکه عصبی برآورد کردند. نتایج این پژوهش نشان داد نسبت تولید اقتصاد زیرزمینی به تولید ناخالص داخلی در دوره تحت بررسی ۱۷/۳ درصد و نسبت کل فرار مالیاتی به مجموع درآمدهای دولت ۱۹/۴ درصد در سال ۱۳۷۸ است. عرب‌مازار و همکاران (۱۳۸۷) با برآورد ظرفیت بالفعل مالیاتی با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی با ساختار موازی و سری زمانی ARIMA، نتایج حاصل از دو روش را با یکدیگر مقایسه کردند و نتیجه گرفتند شبکه عصبی عملکرد بهتری در برآورد ظرفیت‌های مالیاتی دارد. امین‌رشتی و رضایی (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی درآمدهای مالیاتی مستقیم (برای دوره برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران) پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده از مدل تخمینی بیانگر روند افزایشی درآمدهای مالیاتی مستقیم طی برنامه پنج‌ساله پنجم است. در مطالعه دیگری فلاحتی و همکاران (۱۳۸۹) به برآورد ظرفیت مالیاتی کشور با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداختند که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد شبکه عصبی به طور قابل ملاحظه‌ای دارای خطای کمتر و پیش‌بینی بهتر در برآورد ظرفیت‌های مالیاتی بوده است. خواجوی و همکاران (۱۳۹۰)

نیز در مقاله‌ای روند اقتصاد زیرزمینی و شکاف مالیاتی در ایران را با استفاده از روش شاخص‌های چندگانه- علل چندگانه در دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ برآورد کردند. بر اساس نتیجه این پژوهش روند اقتصاد زیرزمینی و شکاف مالیاتی در دوره تحت بررسی صعودی است و ۲۲ درصد از کل درآمدهای مالیاتی به شکاف مالیاتی اختصاص دارد. مداح و نعمت‌الهی (۱۳۹۰) نیز در مطالعه‌ای با تکیه بر روش Bhagwati (1974)، اختلاف در داده‌های تجاری یک کشور، ارتباط میان فرار مالیات بر واردات و عوامل موثر بر آن را از لحاظ تجربی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش نرخ تعرفه، انگیزه فرار مالیاتی در واردات کشور از سوی عوامل تجاری افزایش می‌یابد. در مطالعه دیگری مداح (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با استفاده از روش باگواتی، شکاف تجاری میان ایران و ۱۲ شریک مهم تجاری در گروه‌های کالایی پارچه و پوشاک بر اساس طبقه‌بندی سیستم هماهنگ (HS) را در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ اندازه‌گیری کرد و نشان داد بیشترین نسبت قاچاق به واردات گزارش‌شده عمدتاً به کالاهایی اختصاص دارد که دارای بالاترین نسبت نرخ تعرفه به متوسط نرخ تعرفه کالاهای وارداتی هستند که بر این اساس بالا بودن تعرفه به عنوان یکی از دلایل قاچاق پارچه و پوشاک به کشور مطرح است. در پژوهش دیگری فلاحتی، نظیفی و عباسپور (۱۳۹۱) با به کار بردن روش شبکه عصبی مصنوعی به بررسی و مدل‌سازی حجم اقتصاد پنهان و محاسبه میزان فرار مالیاتی در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۸۷ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد متغیرهای حجم دولت، نرخ خوداشتغالی و باز بودن اقتصادی از مهم‌ترین عوامل موثر بر حجم اقتصاد پنهان هستند و متغیرهای بار مالیاتی و نرخ تورم اثر ضعیف‌تری در تعیین اندازه اقتصاد پنهان در اقتصاد ایران دارند.

روش‌شناسی پژوهش

شبکه عصبی مصنوعی

یکی از روش‌های بهینه‌سازی و پیش‌بینی، سیستم پردازش اطلاعات شبکه‌های عصبی[1] مصنوعی است. این الگو در دهه‌های اخیر با الهام‌گیری از سیستم‌های عصبی طبیعی ساخته شده و توسعه یافته است. شبکه‌های عصبی مصنوعی ویژگی‌هایی دارند که آنها را از سایر روش‌های مدل‌سازی و پیش‌بینی متمایز می‌کند. یکی از این ویژگی‌ها توانایی یادگیری آنهاست. شبکه‌های عصبی از یکسری لایه‌هایی شامل اجزای ساده پردازشگری به نام نورون[2] تشکیل شده‌اند که به صورت موازی با هم

1. Artificial Neural Networks (ANN)
2. Neuron

عمل می‌کنند. هر لایه ورودی به یک یا تعداد بیشتری لایه میانی مرتبط است و لایه‌های میانی نیز به لایه خروجی مرتبط می‌شوند؛ جایی که جواب شبکه در آن نقش خروجی یک سیستم را ایفا می‌کند.

نحوه استنتاج جواب بهینه به این صورت است که ابتدا نورون خروجی، فعال‌سازی خود را محاسبه می‌کند تا پاسخ شبکه به ازای الگوی وروی ارائه‌شده به‌دست آید. با توجه به این که برای هر الگوی ورودی یک مقدار هدف وجود دارد، هر نورون خروجی مقدار محاسبه‌شده خود را با مقدار هدف به نحوی مقایسه می‌کند که خطای مربوط به آن الگو برای نورون حداقل شود. این خطا به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$SS_E = \sum_{j=1}^{n} e^2{}_j = \sum_{j=1}^{n} (f(X_j) - Y_j)^2$$

که در آن e_j SS_E، $f(X_j)$، Y_j به ترتیب مجموع مجذور خطاها و همچنین مقدار خطا، مقدار هدف و مقدار محاسبه‌شده نورون Jام هستند. برای حداقل کردن مقدار خطاها، مشتق SS_E نسبت به تمام ضرایب موجود در مدل برابر صفر قرار داده می‌شود که به این ترتیب یک دستگاه معادلات با n معادله به‌دست می‌آید که با حل آنها ضرایب لازم برای برآورد متغیر وابسته به دست می‌آیند. در واحدهای پردازش ورودی، لایه‌های مخفی و خروجی، از توابع تبدیل مختلفی می‌توان استفاده کرد.

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

شبکه‌های پرسپترون چندلایه (MLP)[1] یکی از پرکاربردترین شبکه‌های عصبی است که قادر است پس از انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و نورون‌ها، یک مدل غیرخطی را با دقت بالا تخمین بزند. این شبکه در بسیاری از مسائل پیچیده ریاضی که به حل معادلات غیرخطی منجر می‌شود، کاربرد دارد. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه ورودی جهت اِعمال ورودی‌های مسئله، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی که در نهایت پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌کنند، استفاده می‌شود. نورون‌هایی که در لایه ورودی هستند، نورون‌های حسی[2] و نورون‌های لایه خروجی، نورون‌های پاسخ‌دهنده[3] نامیده می‌شوند. در لایه پنهان نیز، نورون‌های پنهان[4] وجود دارند.

1. Multi-Layer Perceptron (MLP)
2. Sensory Neurons
3. Responding Neurons
4. Hidden Neurons

الگوریتم تبرید تدریجی

یکی از ابزارهای بهینه‌سازی تابع هدف در شبکه عصبی، الگوریتم تبرید تدریجی[1] است که اولین بار از سوی Metropolies مطرح و سپس به وسیله Kirkpatric توسعه یافت. این الگوریتم از فرآیند فیزیکی تبرید تدریجی الهام گرفته است. در این فرآیند، یک قطعه از دمای ذوب به تدریج ذوب می‌شود تا اتم‌های موجود در آن به یک حالت پایدارتر و سطح انرژی پایین‌تر برسند.

این امر ساختار کریستالی فلز را منظم‌تر خواهد کرد. به منظور یافتن حالت بهینه یک فرآیند در شبیه‌سازی فرآیند تبرید تدریجی، فضای جواب‌ها، متغیرهای طراحی و تابع هدف به ترتیب به‌عنوان کریستال ماده، نابجایی و سطح انرژی نابجایی در نظر گرفته می‌شوند. با جابه‌جایی متغیرهای طراحی در فضای جواب‌ها و بر اساس تابع هدف مفروض و چارچوب فرآیند تبرید تدریجی، پس از مدتی متغیرها به سمت کمترین مقدار تابع هدف حرکت می‌کنند. این روش بر خلاف روش‌های جست‌وجوی معمولی، در هر تکرار علاوه بر حرکت به سوی جواب بهتر، جواب‌های با مقدار تابع هدف بدتر را نیز با یک احتمال غیر صفر قبول می‌کند. گرچه در ابتدا این احتمال بزرگ است اما در ادامه با اجرای روش متناسب با پارامتر مثبتی به نام دما، کاهش پیدا می‌کند (Laarhoven, 1998). حرکت گام به گام تا رسیدن به جواب بهینه، بر اساس تابع احتمال زیر انجام می‌شود:

$$P = \exp(-\Delta Z / C_k)$$

که در آن ΔZ، C_k و k به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف تابع هدف بر اساس جواب‌های فعلی و جدید، پارامتر کمنرلی موسوم به دما و تعداد تکرارها هستند. در الگوریتم تبرید تدریجی از توابع مختلفی برای تبیین استراتژی تبرید (سرمایش) استفاده می‌شود. مراحل بهینه‌سازی در الگوی تبرید تدریجی عبارت است از الف. تعیین متغیرها و مدل فرآیند مورد مطالعه و همچنین تعیین قیدهای لازم برای کمینه‌سازی فرار مالیاتی. در این قسمت ابتدا باید شبکه عصبی، متغیرها و حدود آنها (بیشترین و کمترین مقدار هر متغیر) در الگوریتم معرفی شود ب. انتخاب نقطه شروع جست‌وجوی جواب بهینه از فضای جست‌وجو به وسیله الگوریتم پ. ارزیابی پاسخ در نقطه شروع و ایجاد یک جواب جدید در فضای جست‌وجو براساس معیار انتخاب و بررسی شرط پذیرش پاسخ ایجادشده ت. به روزرسانی پارامترها و ذخیره بهترین جواب موجود ث. تکرار مراحل ۳ و ۴ در صورت برآورده نشدن شرط اتمام جست‌وجوی الگوریتم د. ارائه نتایج نهایی و ذخیره اطلاعات مورد نیاز جهت نمایش.

در این ارتباط Chatrapati *et al*. (2011) برای کمینه‌سازی همزمان انجام کارها و زمان کل تحویل

1. Simulated Annealing Algorithm

سفارش مشتریان، روش نوینی بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی الگوریتم تبرید تدریجی را ارائه کردند و نشان دادند این روش ضمن کاهش زمان انجام کارها و تحویل به موقع سفارشات، موجب افزایش بهره‌وری و سودآوری شرکت‌ها می‌شود. همچنین Rashida & Navidi (2012) برای حل مسئله تخصیص منابع و موضوع زمان‌بندی‌های پیشرفته از روش الگوریتم تبرید تدریجی استفاده کردند. در این پژوهش، پژوهشگران از طریق بهینه‌سازی به دنبال یافتن پاسخی مناسب به این پرسش بودند که چگونه پاسخگویی به سفارش مشتریان در شرکت‌ها به ترتیب زمان‌بندی دریافت سفارش، همراه با بیشترین سود ممکن است. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی انجام‌شده در این پژوهش نشان می‌دهد در شرایط ذکرشده، هم مشتریان و هم تولیدکنندگان می‌توانند بیشینه سود را به دست آورند. ماهینی و همکاران (۱۳۹۳) نیز با هدف تخصیص بهینه کاربری اراضی کشاورزی از روش الگوی تبرید تدریجی استفاده کردند. آنها در مطالعه خود به مقایسه عملکرد و کارایی دو روش شبیه‌سازی تبرید تدریجی (SA) و اختصاصی چندهدفه زمین (MOLA) در تخصیص مناطق مورد مطالعه کشاورزی به چهار کاربری کشاورزی، مرتع‌داری، جنگلداری و توسعه پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد شبیه‌سازی تبرید تدریجی تنها در کاربری کشاورزی مناطقی را انتخاب کرده که نسبت به روش اختصاص چندهدفه زمین، میانگین مطلوبیت بالاتری دارند و در بقیه کاربری‌ها مدل اختصاصی چندهدفه زمین نتایج بهتری ارایه می‌کند. همچنین مقایسه نتایج دو روش از لحاظ معیارهای سیمای سرزمین نشان داد روش شبیه‌سازی تبرید تدریجی نسبت به اختصاص چندهدفه زمین، لکه‌های یکپارچه‌تری تولید می‌کند.

تخمین مدل به روش شبکه عصبی و تحلیل تجربی

در این پژوهش، جهت تخمین فرار مالیاتی در واردات و شناسایی موثر بر آن عوامل از رابطه زیر جهت تبیین مدل ورودی شبکه عصبی استفاده می‌شود.

$$TE = \mathrm{f}\,(\mathrm{TB}, \mathrm{G}, \mathrm{Y}, \pi, \mathrm{OP}) \qquad (۱)$$

که درآن TE متغیر فرار مالیاتی را نشان می‌دهد.

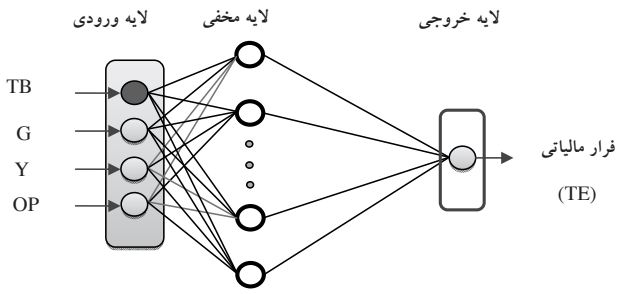
با توجه به ماهیت پنهان پدیده فرار مالیاتی، طبق پژوهش Tanzi (1982) و Embaye (2007) از شاخص $\frac{\mathrm{C}}{M2}$ به عنوان متغیر بیانگر فرار مالیاتی در واردات استفاده می‌شود. در این شاخص، C و M_2 به ترتیب حجم پول (مجموع سکه و اسکناس نزد مردم و سپرده‌های دیداری بر حسب میلیارد ریال) و نقدینگی (مجموع پول و شبه‌پول بر حسب میلیارد ریال) را نشان می‌دهند. TB بار مالیات بر واردات

را نشان می‌دهد که از نسبت مالیات بر واردات به کل ارزش وارداتی بر حسب میلیارد ریال به‌دست می‌آید و G اندازه دولت را نشان می‌دهد که از طریق نسبت هزینه‌های مصرفی دولتی به تولید ناخالص داخلی بر حسب میلیارد ریال اندازه‌گیری می‌شود. Y نیز بیانگر سطح درآمد مالیات‌دهندگان (میلیون ریال) است که از طریق تقسیم تولید ناخالص داخلی واقعی (میلیارد ریال) به جمعیت (هزار نفر) به دست می‌آید. همچنین π و OP معرف نرخ تورم و درجه باز بودن اقتصاد هستند. درجه باز بودن اقتصاد از طریق نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود. داده‌های مربوط به متغیرهای مدل از بانک مرکزی و مرکز آمار ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ جمع‌آوری شده است. همچنین در مدل‌سازی فرار مالیاتی از نرم‌افزار متلب[1] استفاده می‌شود.

جهت برآورد روند فرار مالیاتی در واردات ایران[2]، با توجه به مدل ارائه‌شده در نمودار (۱) که دارای چهار ورودی و یک خروجی است، مدل‌سازی فرآیند شبکه عصبی با چهار نورون ورودی و یک نورون خروجی انجام می‌شود. در شبکه عصبی MLP نورون‌ها در سه طبقه ورودی، مخفی و خروجی طبقه‌بندی می‌شوند که تعداد لایه‌های مخفی، تعداد نورون‌های این لایه‌ها و نحوه چیدمان نورون‌ها در لایه‌ها، معماری‌های شبکه متفاوتی را ایجاد می‌کند. جهت دستیابی به مدلی با قابلیت برازش مناسب، ساختار معماری شبکه باید به درستی طرح‌ریزی شود. با توجه به اینکه در لایه‌های خروجی مقادیر نسبت به هم پراکندگی زیادی دارند؛ دستیابی به مدل‌های شبکه عصبی مناسب دشوار و زمان‌گیر است. در این پژوهش، معماری مناسب شبکه عصبی پرسپترون و تعداد نورون‌های لایه مخفی بر مبنای روش سعی و خطا تعیین شد. همچنین ملاک تعیین بهترین مدل خروجی از میان تمام شبکه‌های تعلیم‌یافته، بر اساس داشتن کمترین میانگین مربعات خطا و بهترین انطباق با داده‌های واقعی انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، شبکه عصبی با ساختار ۱- ۲۰- ۴ (۴ نورون ورودی، ۲۰ نورون در لایه مخفی و یک نورون در لایه خروجی) بیشترین قابلیت برازش را در مقایسه با داده‌های واقعی دارد. نمودار (۱) شماتیک مدل شبکه پرسپترون مورد استفاده در تخمین مدل شبکه عصبی را نشان می‌دهد.

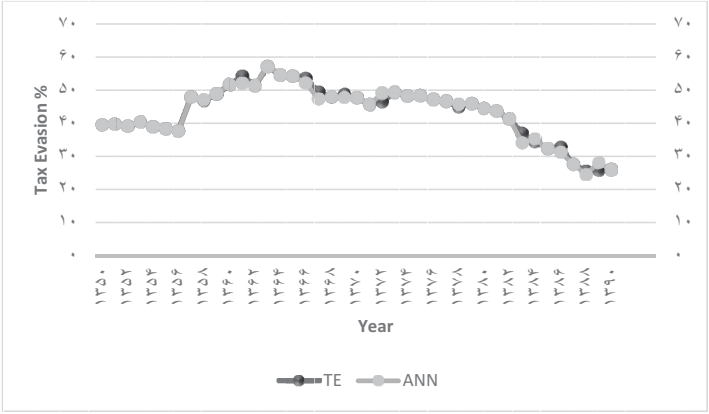
1. MATLAB 7.12 (2011)

۲. فرار مالیاتی یک رفتار است که متغیرهای مختلفی از جمله عوامل اجتماعی مثل اخلاق مالیاتی، اعتماد مردم به حکومت و... بر روی آن اثر دارند. با توجه به در دسترس نبودن داده‌های مربوط به این متغیرها در یک دوره زمانی، در این مقاله تنها از متغیرهای اقتصادی توضیح‌دهنده فرار مالیاتی در چارچوب ادبیات پژوهش استفاده شد.



نمودار ۱: شبکه عصبی MLP

در نمودار (۲) داده‌های واقعی (تجربی) فرار مالیاتی با مقادیر پیش‌بینی‌شده آن به وسیله خروجی حاصل از شبکه عصبی مقایسه شده‌اند. همان طور که این نمودار نشان می‌دهد، روند فرار مالیاتی در واردات رسمی کشور طی سال‌های تحت بررسی تقریباً تا سال ۱۳۸۲ صعودی است، پس از آن این روند نزولی شده است. نمودار (۲) همچنین نشان می‌دهد داده‌های برازش‌شده از سوی مدل انطباق خوبی با داده‌های واقعی دارند به طوری که بیشترین درصد خطای نسبی در میان ۴۱ داده مورد استفاده در برازش مدل ۹/۰۹ درصد و میانگین خطاهای نسبی تنها ۱/۱۴ درصد است؛ بر این اساس، مدل توسعه‌یافته می‌تواند با خطای کمی مقدار مالیات بر واردات را پیش‌بینی کند.



نمودار۲: مقایسه مقادیر فرار مالیاتی تحقق‌یافته (خروجی مطلوب) و برآوردی به وسیله مدل شبکه عصبی

در جدول (۱) معیارهای مدل شبکه عصبی در پیش‌بینی فرار مالیاتی را نشان می‌دهد و در جدول ارائه‌شده در پیوست، خطای نسبی فرار مالیاتی بر حسب مقادیر تحقق‌یافته و پیش‌بینی‌شده از سوی مدل شبکه عصبی ارائه شده است.

جدول ۱: معیارهای برازش مدل شبکه عصبی در پیش‌بینی فرار مالیاتی در واردات

درصد خطای پیش‌بینی			ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	همنوایی پیش‌بینی[1]
میانگین	بیشترین	کمترین			
۱/۱۴	۹/۰۹	۰	۰/۹۸۸	۰/۹۸۷	۰/۹۴۵

منبع: نتایج پژوهش

بهینه‌سازی فرار مالیاتی

در این قسمت مقدار هر یک از متغیرهای توضیحی جهت حداقل شدن فرار مالیاتی در واردات ایران تعیین می‌شود. جهت این کار ابتدا مقدار فرار مالیاتی برای ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای توضیحی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی محاسبه می‌شود که در این ارتباط، شرایط مرزی هر یک از چهار متغیر ورودی برنامه به صورت زیر است؛ دامنه هر یک از متغیرها در این شرایط مرزی بر اساس کمترین و بیشترین مقدار آنها تعیین شده است:

$$\begin{cases} 5.12 \leq TB \leq 18/74 \\ 12.46 \leq \mathrm{G} \leq 38.22 \\ 2.49 \leq Y \leq 6.74 \\ 0.14 \leq OP \leq 1.44 \end{cases}$$

سپس، الگوریتم تبرید تدریجی طی جست‌وجوی مرحله به مرحله و هدفمند فضای مسئله، حداقل فرار مالیاتی را تعیین و بر اساس آن مقادیر بهینه هر کدام از متغیرهای توضیحی تعیین می‌شوند. جدول (۲) نتایج حاصل از بهینه‌سازی فرار مالیاتی در واردات کشور را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این جدول، مقادیر بهینه بار مالیاتی در واردات، اندازه دولت، درجه باز بودن اقتصاد و درآمد واقعی سرانه، درجه باز بودن اقتصاد به‌ترتیب برابر ۶/۱۸ (درصد)، ۱۳/۲، ۶/۶۹ میلیون ریال، ۱/۲۹ (درصد) و حداقل

۱. این شاخص، به عنوان معیاری جهت اندازه‌گیری قدرت رهگیری در مدل‌های پیش‌بینی مطرح است که پس از محاسبه آماره Dstat مورد استفاده قرار می‌گیرد، در پیوست ۲ این شاخص معرفی شده است.

فرار مالیاتی برابر ۲۱/۴۸ (درصد) است. یافته‌های به‌دست آمده در جدول (۲) در چارچوب مسئله حداقل‌سازی فرار مالیاتی در واردات ایران مطابق انتظار هستند؛ همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقادیر بهینه بار مالیاتی و اندازه دولت، نزدیک به حد پایین شرایط مرزی تعیین‌شده برای بار مالیاتی و اندازه دولت قرار دارند که این نتیجه منطبق با مستندات تجربی در کارهای پیشین انجام‌شده در این حوزه است، چون بر اساس پیشینه پژوهش، با کمتر بودن بار مالیاتی و اندازه دولت، انتظار می‌رود فرار مالیاتی در سطح پایین‌تری قرار گیرد. از سوی دیگر، مقادیر بهینه درآمد واقعی سرانه و درجه باز بودن اقتصاد نزدیک به حد بالای شرایط مرزی تعیین‌شده برای دو متغیر درآمد واقعی سرانه و درجه باز بودن اقتصاد به دست آمده‌اند که این نتیجه نیز مطابق انتظار و در چارچوب ادبیات پژوهش قرار دارد، چون با بیشتر شدن مقدار این دو متغیر، فرار مالیاتی کاهش می‌یابد و بنابراین مقدار آن حداقل می‌شود.

جدول ۲: نتایج حاصل از بهینه‌سازی فرار مالیاتی

متغیر	مقدار بهینه
TE	۲۱/۴۸
TB	۶/۱۸
G	۱۳/۲
Y	۶/۶۹
OP	۱/۲۹

منبع: نتایج پژوهش

نتیجه‌گیری

فرار مالیاتی در واردات کشور، درآمدهای دولت را کاهش می‌دهد و دولت را در اجرای سیاست‌های اقتصادی با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه می‌کند. در این پژوهش پس از مروری بر ادبیات پژوهش ابتدا مدل فرار مالیاتی در واردات تصریح شد. سپس با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم تبرید تدریجی مقدار فرار مالیاتی در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ برآورد شد و مقادیر بهینه متغیرهای توضیح‌دهنده آن به‌دست آمد. مدل ارائه‌شده از فرار مالیاتی، رابطه میان فرار مالیات در واردات و عوامل موثر بر آن را نشان می‌دهد؛ با افزایش هزینه واردات رسمی و شدت بیشتر قوانین و مقررات دولتی حاکم در بخش تجارت خارجی، فعالیت‌های غیرقانونی گسترش و تمایل

به واردات رسمی کاهش می‌یابد که در نتیجه آن فرار مالیاتی در واردات کالا افزایش می‌یابد. رابطه منفی میان درآمد واقعی مالیات‌دهندگان با فرار مالیاتی نیز بیانگر آن است که با کاهش سطح درآمد مالیات‌دهندگان، قدرت خرید افراد و عوامل تجاری کاهش و انگیزه ورود به فعالیت‌های غیرقانونی که با فرار مالیاتی همراه است، افزایش می‌یابد. همچنین باز بودن فضای تجاری و محدودیت‌های کمتر در مبادلات خارجی کالا، انگیزه افراد را برای انجام مبادلات قانونی که با پرداخت مالیات بیشتر و فرار مالیاتی کمتر همراه است، بیشتر می‌کند. در چارچوب این مدل، روند فرار مالیاتی در واردات ایران به وسیله مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی شد که مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر واقعی فرار مالیاتی انطباق بالایی دارند. در بخش دیگری از پژوهش با انجام مسئله بهینه‌سازی فرار مالیاتی در واردات کشور، مقدار بهینه هر یک از متغیرهای توضیح‌دهنده فرار مالیاتی در نقطه حداقل فرار مالیاتی به‌دست آمد. نتایج حاصل از مسئله بهینه‌سازی فرار مالیاتی در واردات ایران نشان داد مقادیر بهینه بار مالیاتی در واردات، اندازه دولت، درآمد واقعی سرانه، درجه باز بودن اقتصاد به ترتیب برابر ۶/۱۸ (درصد)، ۱۳/۲، ۶/۶۹ میلیون ریال و ۱/۲۹ (درصد) هستند. طبق یافته‌های پژوهش، حداقل شدن بار مالیاتی، و اندازه دولت، آزادسازی بیشتر تجاری و کاهش محدودیت‌های تجاری و همچنین بهبود وضعیت درآمدی و قدرت خرید واقعی مردم، موجب حداقل شدن فرار مالیاتی و بهبود وضعیت درآمدهای دولت خواهد شد و اجرای مطلوب‌تر سیاست‌های اقتصادی دولت را ممکن می‌سازد. در واقع، کم شدن محدودیت‌های تجاری، کاهش بار مالیاتی و همچنین کاهش اندازه دولت در اقتصاد که موجب سهولت و روان‌سازی مبادلات تجاری می‌شود؛ انگیزه افراد را در ورود به فعالیت‌های غیرقانونی که همراه با فرار مالیاتی است، کاهش می‌دهد و هدف حداقل شدن فرار مالیاتی را ممکن می‌سازد؛ که این موضوع لازم است در راهبردهای نظام سیاستگذاری به منظور کاهش فرار مالیاتی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

الف) فارسی

امین‌رشتی، نارسیس و رضایی، محمدقاسم (۱۳۸۸). پیش‌بینی درآمدهای مالیاتی مستقیم (برای دوره برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران)، *فصلنامه تخصصی مالیات*، شماره ۶، صص ۹۱- ۶۷.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بانک اطلاعات سری‌های زمانی اقتصادی طی سالهای ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۱.

خواجوی، ملیحه؛ رضایی، ابراهیم و خداویسی، حسن (۱۳۹۰). برآورد اقتصاد زیرزمینی و شکاف مالیاتی در ایران: رویکرد شاخص‌های چندگانه علل چندگانه، *پژوهشنامه اقتصادی*، (۳) ۱۱، صص ۹۰- ۶۵.

صادقی، حسین و شکیبایی، علیرضا (۱۳۸۰). فرار مالیاتی و اندازه اقتصاد زیرزمینی ایران، *نامه مفید*، شماره ۲۷، صص ۷۶- ۵۵.

عرب‌مازار، علی؛ حمیدی، سعیده؛ اسدالله‌زاده‌بالی، میررستم؛ غلامی، الهام و زایر، آیت (۱۳۸۷). *برآورد ظرفیت مالیاتی، دفتر مطالعات و تحقیقات مالیاتی*، سازمان امور مالیاتی کشور.

فلاحتی، علی؛ نظیفی، مینو و عباسپور، سحر (۱۳۸۹). برآورد ظرفیت مالیاتی کشور با استفاده از شبکه‌های عصبی، *پژوهشنامه مالیات*، شماره ۵۶، صص ۱۲۴- ۱۰۳.

ماهینی، عبدالرسول‌سلمان؛ اسداللهی، زهرا؛ سعیدصبائی، مریم؛ کامیاب، حمیدرضا و نصیراحمدی، کامران (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های شبیه‌سازی تبرید تدریجی و اختصاص چندهدفه زمین در گزینش بهینه کاربری‌های اراضی، *بوم‌شناسی کاربردی*، شماره ۹، صص ۱۲-۱.

مداح، مجید (۱۳۹۱). ارزیابی، تحلیل و تخمین فرار مالیاتی ناشی از قاچاق پارچه و پوشاک به کشور (با تاکید بر اثرات تعرفه‌ای)، *فصلنامه دانش انتظامی خراسان جنوبی*، شماره ۱، صص ۷۳- ۶۳.

مداح، مجید و نعمت‌الهی، سمیه (۱۳۹۰). بررسی و تحلیل اثر نرخ تعرفه بر فرار مالیاتی در واردات ایران، *پژوهشنامه مالیات*، شماره ۱۲، صص ۲۵- ۹.

ب) انگلیسی

Allingham, Michael & Sandmo, A. (1972). Income Tax Evasion: A Theoretical Analysis, *Journal of Public Economics* 34(1), pp: 323-338.

Bayer, Ralph. C. & Sutter, M. (2009). The Excess Burden of Tax Evasion an Experimental Detection Concealment Contest, *European Economic Review*, 53(5), pp: 527-543.

Caballé, Jordi & Panade, Judith (2004). Inflation, Tax Evasion, and the Distribution of Consumption, *Journal of Macroeconomics*, 26(4), pp: 567-595.

Cebula, Richard J. & Feige, Edgar L. (2012). America's Unreported Economy: Measuring the Size, Growth and Determinants of Income Tax Evasion in the U. S.; *Crime Law Soc Change*, 57(3), pp: 265-285.

Chatrapati, K. Shahu.; Rekha, J. Ujwala & Babu, A.Vinaya (2011). Competitive Equilibrium Approach for Load Balancing a data Grid, *International Journal of Computer Science*, 8(2), pp: 427-437.

Dell Anno, Roberto (2007). The Shadow Economy in Portugal: An Analysis with the MIMIC Approach, *Journal of Applied Economics*, X(2), pp: 253-277.

Embaye, Abel Berhe (2007). *Tax Evasion and Government Spending in Developing Country and the Underground Economy in South Africa, A Dissertation Submitted for degree of Doctor of Philosophy*, Economic Report Book Yearly, from 1963-1980.

Fishlow, Albert & Friedman, J. (1994). Tax Evasion, Inflation and Stabilization, *Journal of Development Economics*, 43(1), pp: 105-123.
Fisman, Raymond & Wei, S. J. (2004). Tax Rate and Tax Evasion: Evidence from "Missing Import" in China, *Journal of Political of Economy*, 112(2), pp: 472-496
Laarhoven, Peter. J. M. (1998). *Simulated Annealing: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers.
Marrelli, M. (1984). On Indirect Tax Evasion, *Journal of Public Economics*, 25(1), pp: 181-196.
Marrelli, M. & Martina, R. (1988). Tax Evasion and Strategic Behaviour of the Firms, *Journal of Public Economics*, 37(1), pp: 55-69.
Schneider, Friedrich & Enste, Dominik H. (2000). Shadow Economies: Size, Causes, and Consequences, *Journal of Economic Literature*, XXXVIII, pp: 77-114.
Schneider, Friedrich & Savasan, Fatih (2007 b). Dymimic Estimates of the Size of Shadow Economies of Turkey and of Her Neighboring Countries, *International Research Journal of Finance and Economics*, 9, pp. 127-144.
Rashida, Seyedeh Yasaman, Navidi, Hamidreza (2012). A Bargaining Based Scheduling for Resources Advanced Reservation Using Simulated Annealing into Grid System, *International Journal of Computer Science Issues*, 9(1), pp: 179-187.
Tabandeh, Razieh; Jusoh, Mansor; Nor, Nor Ghani & Zaidi, Mohd Azlan Shah (2012). Estimating Factors Affecting Tax Evasion in Malaysia: A Neural Network Method Analysis, *Prosiding Perkem* VII(2), pp. 1524-1535.

پیوست: ۱

جدول ۳: خطای نسبی فرار مالیاتی بر حسب مقادیر تحقق‌یافته و پیش‌بینی‌شده به وسیله مدل شبکه عصبی

سال	فرار مالیاتی تحقق‌یافته در بخش واردات (درصد)	فرار مالیاتی پیش‌بینی‌شده در بخش واردات به وسیله شبکه عصبی مصنوعی (درصد)	میزان خطای نسبی (درصد)
۱۳۵۰	۳۹/۴۸۷	۳۹/۴۸۷	۰
۱۳۵۱	۳۹/۷۳۴۶	۳۹/۷۳۴۶	۰
۱۳۵۲	۳۹/۱۳۱۳	۳۹/۱۳۱۳	۰
۱۳۵۳	۴۰/۳۹۰۱	۴۰/۳۹۰۱	۰
۱۳۵۴	۳۸/۹۷۸۶	۳۸/۹۷۸۶	۰
۱۳۵۵	۳۸/۳۵۵۸	۳۸/۳۵۵۸	۰
۱۳۵۶	۳۷/۶۹۶۷	۳۷/۶۹۶۷	۰
۱۳۵۷	۴۷/۹۵۲۴	۴۷/۹۵۲۴	۰

ادامه جدول ۳: خطای نسبی فرار مالیاتی بر حسب مقادیر تحقق‌یافته و پیش‌بینی‌شده به وسیله مدل شبکه عصبی

سال	فرار مالیاتی تحقق‌یافته در بخش واردات (درصد)	فرار مالیاتی پیش‌بینی‌شده در بخش واردات به وسیله شبکه عصبی مصنوعی (درصد)	میزان خطای نسبی (درصد)
۱۳۵۸	۴۶/۹۲۳۹	۴۷/۱۲۳۵	۰/۴۳
۱۳۵۹	۴۸/۸۷۴۲	۴۸/۸۷۴۱	۰
۱۳۶۰	۵۱/۷۰۸۳	۵۱/۷۰۸۳	۰
۱۳۶۱	۵۴/۱۷۶۱	۵۲/۱۸۲۸	۳/۶۸
۱۳۶۲	۵۱/۴۹۵۸	۵۱/۴۹۵۸	۰
۱۳۶۳	۵۷/۲۰۶۷	۵۷/۲۰۶۷	۰
۱۳۶۴	۵۴/۶۹۳۹	۵۴/۶۹۳۹	۰
۱۳۶۵	۵۴/۱۹۳۹	۵۴/۱۹۳۸	۰
۱۳۶۶	۵۳/۴۹۴۶	۵۲/۰۸۹۸	۲/۶۳
۱۳۷۱	۴۵/۶۳۸۲	۴۵/۶۳۸۲	۰
۱۳۷۲	۴۶/۵۶۲۲	۴۹/۰۰۲۸	۵/۲۴
۱۳۷۳	۴۹/۲۰۷۴	۴۹/۲۰۷۴	۰
۱۳۷۴	۴۸/۱۵۵۹	۴۸/۱۵۵۹	۰
۱۳۷۵	۴۸/۲۸۰۲	۴۸/۲۸۰۳	۰
۱۳۷۶	۴۷//۱۴۰۸	۴۷/۱۴۰۹	۰
۱۳۷۷	۴۶/۶۲۳۳	۴۶/۶۲۳۴	۰
۱۳۷۸	۴۵/۰۲۱۲	۴۵/۷۶۳۷	۱/۶۵
۱۳۷۹	۴۵/۹۳۱۶	۴۵/۹۳۱۶	۰
۱۳۸۰	۴۴/۵۴۰۷	۴۴/۵۴۰۷	۰
۱۳۸۱	۴۳/۷۴۶۶	۴۳/۷۴۶۶	۰
۱۳۸۲	۴۱/۲۷۵۸	۴۱/۲۷۵۸	۰
۱۳۸۳	۳۶/۸۶۰۶	۳۴/۰۴۶۶	۷/۶۳
۱۳۸۴	۳۴/۵۱۸۲	۳۵/۲۵۱۱	۲/۱۲
۱۳۸۵	۳۲/۲۸۰۴	۳۲/۲۸۰۴	۰
۱۳۸۶	۳۲/۶۵۹۲	۳۱/۱۶۴۵	۴/۵۸
۱۳۸۷	۲۷/۶۳۷۱	۲۷/۶۳۷۱	۰

ادامه جدول ۳: خطای نسبی فرار مالیاتی بر حسب مقادیر تحقق‌یافته و پیش‌بینی‌شده به وسیله مدل شبکه عصبی

سال	فرار مالیاتی تحقق‌یافته در بخش واردات (درصد)	فرار مالیاتی پیش‌بینی‌شده در بخش واردات به وسیله شبکه عصبی مصنوعی (درصد)	میزان خطای نسبی (درصد)
۱۳۸۸	۲۵/۵۴۰۱	۲۴/۵۹۱۲	۳/۷۲
۱۳۸۹	۲۵/۹۲۶	۲۸/۰۶۶۸	۹/۰۹
۱۳۹۰	۲۴/۸۱۸۵	۲۵/۹۲۶	۰

منبع: نتایج پژوهش

پیوست: ۲

همنوایی پیش‌بینی، معیاری برای اندازه‌گیری قدرت رهگیری (Tracking) در مدل‌های پیش‌بینی است که از طریق آماره زیر محاسبه می‌شود:

$$Dstat = \sum_{n=1}^{k} if((\mathrm{y_t} - \mathrm{y_{t-1}} > 0; 1; 0) \cap (\hat{y}_t - \hat{y}_{t-1} > 0; 1; 0)); 1; 0$$

که در آن k تعداد پیش‌بینی است.

مقدار این آماره، اگر مقدار متغیر وابسته نسبت به دوره قبل، هم‌جهت با مقدار متغیر پیش‌بینی‌شده $\hat{y}$ نسبت به دوره قبل آن باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است. پس از آنکه مقدار آماره Dstat را جمع کردیم، می‌توانیم با مقایسه و احتساب درصد پیش‌بینی، به مقایسه روش‌های پیش‌بینی بپردازیم. معیار Dstat به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Dstat = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n}$$

در صورتی که در رابطه بالا، برای e_i حالات زیر برقرار است:

$$\begin{cases} e_i = 1 & if(\mathrm{y_{i+1}} - \mathrm{y_i})(\hat{y}_{i+1} - \hat{y}_i) \geq 0 \\ e_i = 0 & otherwise \end{cases}$$