

شبیه‌سازی و پیش‌بینی صادرات غیرنفتی ایران تا افق ۱۴۰۴

* سید عبدالمجید جلائی اسفندآبادی

** فاطمه طالقانی

*** هدا منگالی

**** حکیمه آرامش

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

چکیده

در اقتصاد مدرن، درجه توسعه‌یافتگی یک کشور ارتباط مستقیمی با حجم روابط تجاری بین‌المللی آن کشور دارد. بنابراین، توسعه صادرات و تحصیل منابع ارزی از مهم‌ترین اهداف سیاست‌گذاران می‌باشد. در این مقاله با به‌کارگیری روش‌های خود رگرسیون برداری، تصحیح خطای برداری، یوهانسن و الگوریتم ژنتیک، تأثیر عوامل مؤثر بر صادرات غیرنفتی در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۵۰ بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر صادرات غیرنفتی در بلندمدت، تولید ناخالص داخلی و قیمت کالاهای صادراتی در بازارهای جهانی است. همچنین، تورم داخلی و نرخ ارز در بلندمدت تأثیر کمتری بر میزان صادرات غیرنفتی دارند. در بخش الگوریتم ژنتیک، مدل عرضه صادرات در قالب سه معادله خطی، نمایی و درجه‌دو تجزیه و تحلیل می‌شود. در مدل نمایی که از دقت بالایی در تخمین تابع صادرات غیرنفتی برخوردار است، تولید ناخالص داخلی بدون نفت و نرخ ارز در بازار آزاد، ارتباط مستقیم و قیمت‌های جهانی کالای صادراتی و داخلی ارتباط معکوس با صادرات غیرنفتی دارند. در نهایت عرضه صادرات غیرنفتی تا سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: صادرات غیرنفتی، الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی،
پیش‌بینی و افق ۱۴۰۴

طبقه‌بندی JEL: C13, F10, F17

* دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان

** دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

taleghani_fa@gmail.com

*** دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

Hoda_mangali@yahoo.com

**** دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه شهید باهنر کرمان

Hakimeh.aramesh@gmail.com

مقدمه

در واقع تمامی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه که نرخ رشد بالایی را تجربه کرده‌اند، با نداشتن منابع نفتی و با صادرات غیرنفتی خود در بازارهای جهانی توانسته‌اند سبب افزایش درآمدهای ارزی و بهبود تراز پرداخت‌های ارزی کشور خود شوند. کشور ایران از جمله کشورهای در حال توسعه‌ای است که بیشتر به نفت و صادرات نفتی متکی و سهم صادرات غیرنفتی آن پایین است. از آنجاکه قیمت نفت و به تبع آن درآمدهای نفتی همواره دستخوش تغییر قرار می‌گیرند، درآمدهای صادراتی و درآمدهای ارزی کشور با مشکل مواجه می‌شوند. بر همین اساس برای داشتن اقتصاد باثبات، اتخاذ سیاست‌هایی در جهت ایجاد تنوع صادرات غیرنفتی با از میان برداشتن موانع و ارائه راهکارهای مناسب در این زمینه برای تمامی کشورهای در حال توسعه (که دارای اقتصاد تک‌محصولی هستند) امری اجتناب‌ناپذیر است.

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر صادرات غیرنفتی، تولید ناخالص داخلی بدون نفت، قیمت کالای صادراتی در بازارهای جهانی، نرخ تورم و نرخ ارز است که هر یک از عوامل، به نحوی بر صادرات غیرنفتی تأثیرگذار هستند. نرخ ارز با بخش خارجی اقتصاد ارتباط نزدیکی دارد؛ به گونه‌ای که می‌تواند میزان تجارت خارجی را تحت تأثیر قرار دهد. در نتیجه بررسی عوامل تعیین‌کننده صادرات غیرنفتی و ارائه راهکارهای لازم برای توسعه آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، مقاله حاضر به بررسی نحوه تأثیرگذاری عواملی از جمله تولید ناخالص داخلی بدون نفت، شاخص ضمنی صادرات، نرخ ارز و تورم داخلی بر صادرات غیرنفتی ایران به همراه شبیه‌سازی و پیش‌بینی صادرات غیرنفتی ایران تا افق ۱۴۰۴ می‌پردازد. این

مقاله به‌دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال است که از میان عوامل مؤثر بر صادرات غیرنفتی، کدام عامل از اهمیت بیشتری برخوردار است تا با برنامه‌ریزی براساس آن بتوان میزان صادرات غیرنفتی را افزایش داد. برای پاسخ به این سؤال ضمن استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و معیارهای سنجش قدرت پیش‌بینی، مدلی برای اقتصاد ایران تصریح می‌شود تا براساس آن عوامل مؤثر بر صادرات غیرنفتی آشکار شود. بر این اساس چارچوب مقاله به‌گونه‌ای است که پس از مقدمه در بخش دوم ادبیات موضوع و در بخش سوم مقاله تصریح مدل، در بخش چهارم برآورد مدل و در پایان نیز نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۱. ادبیات موضوع

در این بخش، ادبیات موضوع در دو زیربخش صادرات غیرنفتی و الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱. ادبیات صادرات غیرنفتی

۱-۱-۱. مطالعات خارجی

یکی از راهبردهای اقتصاد کلان، ارتقاء رقابت‌مندی در صادرات غیرنفتی است؛ از این رو مطالعات متعددی در زمینه صادرات غیرنفتی انجام گرفته است که در این بخش به بهترین آنها اشاره می‌شود؛ از آن‌جمله، حسن‌او و صمد‌او (Hasanov, Fakhri, Samadovallaha, 2010) اثر نرخ ارز واقعی بر صادرات غیرنفتی در آذربایجان را با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری آزمون نموده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که نرخ ارز واقعی اثر منفی بر صادرات غیرنفتی اقتصاد آذربایجان دارد؛ درحالی‌که تولید ناخالص داخلی بدون نفت، در بلندمدت و کوتاه‌مدت اثرات مثبتی دارد. نتایج حاصل از روش تصحیح خطا بیانگر آن بوده‌اند که نوسانات می‌تواند باعث تعدیل نسبت‌های تعادلی در بلندمدت شوند. **بولکسجو و بیانجیورنو** (Bolkesjø and Buongiorno, 2006)، به بررسی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت تغییرات نرخ ارز بر تجارت محصولات جنگلی برای ایالات متحده آمریکا در سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۸۹ پرداخته‌اند و به این نتیجه دست یافتند که صادرات در کوتاه‌مدت به شدت به

نرخ ارز وابسته بوده است. اما در بلندمدت به رغم معنی دار بودن صادرات، میزان وابستگی کاهش می‌یابد. **بابولا** (Babula, Ruppel Fred, 1995) با بررسی نقش نرخ ارز بر صادرات ذرت طی سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۷۸ هیچ‌گونه رابطه‌ای بین نرخ ارز، قیمت، فروش و حمل نقل نیافته و تمامی آثار آن‌ها مربوط به کوتاه‌مدت می‌باشد. ورگیل (Vergil, 2003) صادرات ترکیه به کشورهای امریکا، ایتالیا، آلمان و فرانسه با روش همگرایی و تصحیح خطا در دوره زمانی (۱۲) ۲۰۰۰ - (۱) ۱۹۹۰ بررسی کرده است و به این نتیجه رسیده که صادرات ترکیه به این کشورها با نوسانات نرخ ارز ارتباط منفی دارد و بیشترین ضریب معنی داری در صادرات به امریکا و کمترین ارتباط معنی دار در صادرات به ایتالیا می‌باشد.

۲-۱- ادبیات داخلی

در زمینه ادبیات داخلی نیز می‌توان مطالعات زیر را مورد توجه قرار داد:

بی‌ریا و جبل عاملی (۱۳۸۵) عوامل مؤثر بر صادرات پسته، زعفران و خرما را در سبد کالاهای صادرات غیرنفتی ایران بررسی کرده‌اند؛ و با برآورد تابع عرضه صادرات غیرنفتی و روش تلفیقی در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۷۰ به این نتیجه رسیده‌اند که سیاست‌های قیمتی بر درآمدهای حاصل از صادرات غیرنفتی اثر مثبتی نداشته‌اند؛ لذا اساسی‌ترین اقدام، رسیدگی بیشتر به وضعیت تولید و سرمایه‌گذاری در محصولات کشاورزی و متنوع کردن محصولات صادرات غیرنفتی می‌باشد.

ناظمی (۱۳۸۸) اثر متغیرهای کلان اقتصادی بر صادرات غیرنفتی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی برای دوره ۱۳۸۶-۱۳۵۶ را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد و به این نتیجه می‌رسد که یک ارتباط مثبت بین نرخ ارز و تولید ناخالص داخلی با صادرات غیرنفتی و یک ارتباط معکوس بین نرخ تورم و صادرات غیرنفتی در فاصله زمانی مورد بررسی وجود دارد. **شاکری** (۱۳۸۳) به مطالعه عوامل تعیین‌کننده صادرات غیرنفتی ایران در دوره ۱۳۸۰-۱۳۴۰ پرداخته است. در این مقاله برای توضیح تغییرات صادرات غیرنفتی در کنار عوامل قیمتی، عوامل غیرقیمتی هم آورده شده‌اند و به این جمع‌بندی رسیده است که شتاب صادرات غیرنفتی به‌طور اساسی به وضعیت متغیرهای مبنایی مثل بهره‌وری و رقابت‌پذیری وابسته می‌باشد و

متغیرهای قیمتی مثل نرخ ارز به‌تنهایی نمی‌توانند اثر بلندمدت و تعیین‌کننده‌ای بر روند صادرات غیرنفتی ایران داشته باشند. **کرباسی و احمدی (۱۳۸۹)** به بررسی اثر تغییرات نرخ ارز بر قیمت و حجم کشمش صادراتی برای دوره ۱۳۸۷-۱۳۴۹ با کمک الگوهای خودتوضیحی با وقفه توزیعی پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده عدم وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای حجم صادرات، قیمت صادراتی و نرخ ارز واقعی بوده است. به‌علاوه افزایش حجم واردات کشمش موجب افزایش درآمد و سود حاصل از تجارت می‌گردد.

۲-۱. ادبیات الگوریتم ژنتیک

مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در زمینه الگوریتم ژنتیک در ذیل مورد توجه قرار گرفته است.

پریرا (Pereira, 2000)، با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک برای تأمین مالی و سرمایه‌گذاری بیان می‌کند که چرا الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دیگر روش‌های تخمین و بهینه‌سازی، کارا تر می‌باشد، به‌طوری‌که می‌توان آن را برای بسیاری از مسائل پیچیده در بازارهای مالی از جمله پیش‌بینی بازده دارایی‌های مالی، آشکارسازی نقش اوراق و بهینه‌سازی نقش آنها مورد استفاده قرار داد. **سو و فن (Su and Fen, 2011)** یک مدل تعادل ساختاری براساس سیستم فازی برای تجارت در بازار پول در زمینه ارزش دلار آمریکا و تایوان برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۸ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که با در نظر گرفتن عامل ریسک نوسان پول، عملکرد سیستم بهتر می‌شود و زمانی که ارزش دلار آمریکا با نوسان زیاد در بازده پول به یک مقدار بالاتر یا پایین‌تر تغییر می‌یابد، استراتژی تجاری نیز تغییر می‌کند. **صادقی و همکاران (۱۳۸۸)** تابع تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل در دوره ۱۳۸۵-۱۳۵۳ در قالب معادلات خطی، درجه دو و نمایی بررسی و با انتخاب بهترین مدل براساس معیارهای مرسوم، تابع تقاضا را در بخش مذکور تا سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که مدل درجه دو از دقت بالایی نسبت به سایر مدل‌های گفته‌شده در تخمین تابع تقاضای بنزین برخوردار بوده است. **بخشی دستجردی و خاکی نجف‌آبادی (۱۳۸۹)** در بررسی تأثیر جمعیت در چارچوب الگوی رشد بهینه

در اقتصاد ایران برای دوره ۱۳۸۶-۱۳۵۰ با استفاده از الگوریتم ژنتیک به این نتیجه می‌رسند که رشد جمعیت سهم عمده‌ای از سرمایه سرانه و محصول سرانه در اقتصاد ایران را توضیح می‌دهد به طوری که رشد جمعیت، سطح مصرف سرانه، سرمایه سرانه، درآمد سرانه و پس‌انداز سرانه نسبت به سال‌های گذشته افزایش داشته‌اند. **صادقی مقدم** و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی برنامه‌ریزی یکپارچه تأمین، تولید و توزیع زنجیره تأمین با ارائه مدل‌های گوناگون در مورد جریان مواد در طول این زنجیره برای کارخانه کاپیران پرداخته‌اند و بهترین جواب رضایت‌بخش که کمترین هزینه را دارا باشد، انتخاب کرده‌اند.

با توجه به مطالعات بسیاری که در زمینه صادرات غیرنفتی صورت گرفته است و به برخی از آنها اشاره شد، ارتباط منفی بین نرخ تورم و صادرات غیرنفتی و ارتباط مثبت بین تولید ناخالص داخلی بدون نفت و صادرات غیرنفتی را تأیید کردند. از آنجایی که مطالعات محدودی در زمینه صادرات غیرنفتی با الگوریتم ژنتیک انجام گرفته است، در این راستا این مطالعه علاوه بر بررسی ارتباط بین متغیرها با صادرات غیرنفتی به شبیه‌سازی و پیش‌بینی با الگوریتم ژنتیک می‌پردازد.

۲. تصریح مدل

در این بخش مدل‌های مورد استفاده برای عرضه صادرات غیرنفتی تصریح می‌شود.

۲-۱. تصریح مدل عرضه صادرات غیرنفتی

در این بخش ابتدا با بهره‌گیری از مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده، ساختار نظری الگوی صادرات، مورد بررسی و بحث قرار می‌گیرد.

یکی از الگوهای بسیار مهم، که در بسیاری از مباحث مربوط به صادرات در تخمین مدل‌های عرضه و تقاضای صادرات در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار می‌گیرد، الگوی باند می‌باشد. این الگو با دیدی فراتر از یک کشور و با دیدی منطقه‌ای ارائه شده و نظری شفاف و قابل قبول دارد. بر این اساس تابع صادرات در یک سطح معین تقاضای کل و قیمت‌های خارجی، عمدتاً به شکل زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$X = f(p, e)$$

که e و p به ترتیب بیانگر نرخ ارز و سطح قیمت داخلی هستند. انتظار می‌رود با افزایش سطح قیمت داخلی و با فرض ثابت بودن سایر شرایط، صادرات کاهش یابد. در مقابل، چنانچه نرخ ارز (ارزش یک واحد پول خارجی در برابر پول داخلی) افزایش یابد، انتظار بر این است که به دلیل کاهش قیمت کالاهای داخلی نسبت به کالاهای مشابه خارجی، میزان صادرات نیز افزایش یابد. در این الگو تقاضای جهانی برای صادرات کالای K از منطقه R به شکل یک معادله لگاریتمی به صورت زیر ارائه شده است:

(۲)

$$LXD_R^K = \alpha_0 + \alpha_1 L \left[\frac{PX_R^K}{P_W^K} \right] + \alpha_2 LY_W$$

که در آن XD_R^K میزان صادرات کالای K مورد تقاضای منطقه R و PX_R^K میزان قیمت کالای صادراتی K در منطقه R ، P_W^K میانگین قیمت کالای K در بازارهای جهانی و Y_W درآمد واقعی کشورهای واردکننده است. از آنجاکه معادله فوق به صورت لگاریتمی می‌باشد، پارامتر α_1 نشان‌دهنده کشش قیمتی تقاضای جهانی برای صادرات کالای K از منطقه R (با توجه به تفاوت قیمتی بین قیمت صادرات کالای K در منطقه R و متوسط قیمت جهانی) و α_2 مبین تقاضای صادراتی برای کالای K با توجه به درآمد واقعی جهانی است. انتظار می‌رود که α_1 منفی باشد. از طرفی تابع عرضه صادرات کالای K از منطقه R با معادله لگاریتمی زیر ارائه می‌شود:

(۳)

$$LX_R^K = \beta_0 + \beta_1 L \left(\frac{PX_R^K}{P_R E_R} \right) + \beta_2 L \left(\frac{P_{R-1}^K}{P_{R-1} E_{R-1}} \right) + \beta_3 LY_R + \beta_4 SS_R + \beta_5 t$$

که در آن XS_R^K میزان صادرات کالای K عرضه شده در منطقه R ، P_R سطح قیمت داخلی برحسب واحد پول ملی کشور صادرکننده در منطقه R ، E_R نرخ برابری پول رایج کشور صادرکننده با نرخ ارز (برحسب دلار)، Y_R شاخص ظرفیت تولیدی در منطقه R ، SS_R شوک‌های عرضه در منطقه R ، PX قیمت جهانی کالای K



در منطقه R (برحسب دلار) و $P_R E_R$ قیمت محصول K در منطقه R (برحسب دلار) است. گفتنی است که در این معادله متغیرهای شاخص ظرفیت تولیدی در منطقه R و شوک‌های عرضه در همین منطقه برای شناسایی تابع عرضه صادرات وارد مدل شده‌اند. اگر گروه معادله عرضه را براساس قیمت صادراتی نرمال کنیم خواهیم داشت:

$$(4) \quad LPX_R^K = c_0 + c_1 LXS_R^K + c_2 LP_R E_R + c_3 L \left(\frac{P_{R-1}^K}{P_{R-1} E_{R-1}} \right) + c_4 LY_R + c_5 LSS_R + c_6 t$$

که با استفاده از معادله ساختاری عرضه، پارامترهای C برحسب β به صورت زیر به دست می‌آید:

$$c_0 = -\frac{\beta_0}{\beta_1}, c_1 = \frac{1}{\beta_1}, c_2 = \frac{\beta_1}{\beta_1}, c_3 = -\frac{\beta_2}{\beta_1}, c_4 = \frac{\beta_3}{\beta_1}, c_5 = \frac{\beta_4}{\beta_1}, c_6 = \frac{\beta_5}{\beta_1}$$

از آنجا که β_1 و β_2 و β_3 مثبت هستند، انتظار می‌رود که $c_2 > 0$ $c_4 > 0$ $c_3 < 0$ $c_1 > 0$ باشند. جهت تخمین مدل عرضه صادرات محصولات صادرات غیرنفتی در ایران از مدل باند با انجام تعدیلاتی استفاده شده است. در شکل کلی این مدل، عرضه صادرات به صورت یک تابع لگاریتم خطی از نسبت‌های جاری و وقفه دار قیمت صادرات کالاها به سطوح قیمت داخلی آنها در کشور تولیدکننده، شاخصی از ظرفیت تولیدی کشور مورد نظر و نرخ ارز و همچنین شوک‌های عرضه مشخص می‌شود.

(5)

$$LXS_t^K = \beta_0 + \beta_1 L \left(\frac{P_X^K}{P_R E_R} \right) + \beta_2 L \left(\frac{P_{X,t-1}^K}{P_{t-1} E_{t-1}} \right) + \beta_3 LY_R + \beta_4 LSS_R + \beta_5 t$$

که P_R^K در آن سطح قیمت داخلی محصول K در کشور تولیدکننده برحسب پول ملی، P_X^K قیمت صادرات کالای K ، E_R نرخ مبادله ارز در کشور تولیدکننده بر حسب پول رایج ملی، Y_R تولید محصولات منتخب، SS_R شوک‌های عرضه و t متغیر روند است.

باتوجه به ادبیات موضوع به منظور نشان دادن اثر هر متغیر بر صادرات محصولات غیرنفتی، تابع عرضه صادرات محصولات مذکور به صورت زیر برآورد

می شود:

$$XS_t^R = F(P_R^K, P_X^K, Y_R, E_R)$$

که در آن XS_t^R میزان صادرات کالای K در زمان t ، P_X^K قیمت صادراتی کالای K در بازار جهانی، Y_R تولید محصولات منتخب و E_R نرخ ارز در بازار آزاد است.

۲-۲. الگوریتم ژنتیک

از آنجا که یکی از روش‌های تخمین، الگوریتم ژنتیک می‌باشد در این قسمت ساختار الگوریتم ژنتیک حقیقی، شبیه‌سازی تابع صادرات غیرنفتی و معیارهای سنجش قدرت پیش‌بینی بررسی می‌شوند.

۲-۲-۱. ارزیابی ساختار الگوریتم حقیقی

در وراثت طبیعی ابتدا به یک جمعیت اولیه نیاز است که مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها می‌باشد. هر کروموزوم دربرگیرنده تعدادی ژن است و هریک از آنها یکی از متغیرهای مسئله می‌باشند. که کروموزوم را با یک بردار m بعدی نمایش می‌دهند:

$$\text{کروموزوم} = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_m]$$

برای ایجاد یک جمعیت اولیه کافی است که یک ماتریس با اندازه $N * m$ شامل مقادیر حقیقی به‌طور اتفاقی با توزیع یکنواخت در بازه $[0, 1]$ تولید شده، سپس هریک از متغیرها به بازه‌ای از پیش‌تعریف‌شده نگاشت شوند که N تعداد پارامترهاست. چنانچه متغیر نام در بازه $[X_i^{lo}, X_i^{ho}]$ تعریف شده باشد، نگاشت این متغیر با رابطه زیر امکان‌پذیر است:

$$\text{for } i=1,2,\dots,m \quad X_i = X_i^{lo} + (X_i^{ho} - X_i^{lo}) * \text{rand}$$

لازم به ذکر است که X_i^{lo} ، X_i^{ho} ، rand ، X_i به ترتیب بیانگر حد پایین قابل قبول، حد بالای قابل قبول، یک عدد تصادفی در بازه صفر و یک با تابع توزیع یکنواخت و مقدار نهایی متغیر نام هستند. حال باید مقدار این متغیرها به‌گونه‌ای به‌دست آید که جواب مسئله بهینه باشد، یعنی خصوصیات این افراد به‌گونه‌ای است تا توانایی آنها برای مسئله شایسته باشد. برای بررسی شایستگی به یک تابع برازندگی (شایستگی) نیاز است تا میزان شایستگی هر فرد را محاسبه کند. حال یک جمعیت

با شایستگی‌های متفاوت وجود دارد که باید از میان آنها والدین به گونه‌ای انتخاب شوند تا افرادی برازنده برای تولید نسلی شایسته تعیین شوند، یعنی از بین هر کروموزوم، آن کروموزومی که شایسته‌تر باشد شانس بقای بیشتری دارد. پس نیاز به یک عملگر انتخاب است و سپس از بین والدین انتخاب شده با عملگر همبری، فرزندان تولید شوند و سپس با احتمال جهش، تعدادی از متغیرها در جمعیت به‌طور تصادفی انتخاب شده، سپس هر متغیر انتخاب شده با توجه به رابطه زیر جهش یافته و در جمعیت جایگزین می‌شود:

$$X_i = x_i + N(0, \delta_i)$$

$N(0, \delta_i^2)$ بیانگر توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار δ_i است. با این عمل مقادیر بعضی از ژن‌ها تغییر یافته و نقاط جدید برای جستجو در فضای جواب‌های مسئله تولید می‌شود، که در واقع به عملگر جهش معروف است. و در نهایت بعد از انجام جهش روی فرزندان، نسل بعد ساخته می‌شود. بدین ترتیب بعد از یک مرحله اجرای الگوریتم، یک نسل جدید از جمعیت با همان جواب‌های جدید در فضای جواب‌های مسئله تولید می‌شود و با تکرار این روند به جواب‌های بهتر شانس بیشتری برای حفظ و تکثیر ویژگی‌های مطلوب داده می‌شود که سرانجام بعد از چندین تکرار می‌توان به یک نسل بهتر با همان دسته جواب‌های نزدیک به جواب بهینه یا خود جواب بهینه رسید؛ که در شکل (۱) در پیوست نمودار بلوکی آن آورده شده است.

۲-۲-۲. شبیه‌سازی تابع صادرات غیرنفتی

برای انجام شبیه‌سازی با استفاده از متغیرهای تعریف شده، اقدام به بهینه‌سازی ارزش پارامترها با استفاده از سه معادله خطی، نمایی و درجه دو شده است.

معادله خطی

(۷)

$$Y = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4$$

Y : صادرات غیرنفتی

x_1 : تولید ناخالص داخلی بدون نفت به قیمت ثابت ۱۳۷۶

x_2 : قیمت صادرات غیر نفتی در بازارهای بین‌المللی

x_3 : نرخ ارز در بازار آزاد

x_4 : قیمت داخلی

w_i : ضرایب وزن هر یک از متغیرها

معادله نمایی

(۸)

$$Y = w_0 + w_1 x_1^{w_5} + w_2 x_2^{w_6} + w_3 x_3^{w_7} + w_4 x_4^{w_8}$$

معادله درجه دو

(۹)

$$Y = w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + w_4 x_4 + w_5 x_1^2 + w_6 x_2^2 + w_7 x_3^2 + w_8 x_4^2 \\ + w_9 x_1 x_2 + w_{10} x_1 x_3 + w_{11} x_1 x_4 + w_{12} x_2 x_3 + w_{13} x_2 x_4 + w_{14} x_3 x_4$$

لازم به ذکر است که پارامترهای استفاده شده در الگوریتم ژنتیک حقیقی برای تخمین ضرایب به قرار زیر هستند:

جمعیت اولیه برابر با ۵۰، تعداد نسل ۱۰۰، احتمال عملگر همبندی (P_c) ۰/۹ و احتمال عملگر جهش (P_m) ۰/۰۰۵ می باشند.

۳-۲-۳. معیارهای سنجش قدرت پیش‌بینی

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای مختلف از جمله چهار معیار میانگین مربع خطای استاندارد^۱، مجذور میانگین مربع خطای استاندارد^۲، میانگین قدر مطلق خطا^۳ و میانگین درصد قدر مطلق خطا^۴ استفاده می‌شود. با توجه به اینکه هر کدام از این معیارها به اختلاف مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده (میزان خطای آماری) می‌پردازند، به گونه‌ای که معیارها تأییدکننده یکدیگر هستند و مدلی با استفاده از این معیارها انتخاب می‌شود که دارای کمترین میزان خطای آماری و بالاترین قدرت پیش‌بینی باشد.

1. MSE
2. RMSE
3. MAE
4. MAPE

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i^{\text{observed}} - E_i^{\text{simulated}})^2}{n}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{E_i^{\text{observed}} - E_i^{\text{simulated}}}{E_i^{\text{observed}}} \right|}{n}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i^{\text{observed}} - E_i^{\text{simulated}}|}{n}$$

۳. برآورد مدل

در این بخش از مدل خود رگرسیون برداری، تصحیح خطای برداری و یوهانسن برای بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت و از الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی تأثیر متغیرها بر صادرات غیرنفتی استفاده می‌شود.

۳-۱. برآورد مدل با روش‌های اقتصادسنجی

بر اساس ادبیات موضوع، انجام تخمین براساس تابع زیر صورت گرفته است:

(۱۱)

$$LXNO_t = f(LGDPNO_t, LER_t, LP_X, LP_R)$$

که در آن XNO_t بیانگر صادرات غیرنفتی در زمان t ، $GDPNO$ تولید ناخالص داخلی بدون نفت و نماینده شاخص ظرفیت تولیدی است. P_X شاخص ضمنی صادرات که نماینده قیمت صادراتی کالای K در بازار جهانی و ER نرخ ارز آزاد و P_R تورم داخلی در کشور می‌باشند. برای بررسی اثرات متغیرهای موجود بر صادرات غیرنفتی در ابتدا از مدل خود رگرسیون برداری که رفتار متغیرها را در کوتاه‌مدت تعیین می‌کند، استفاده می‌شود. در صورتی که الگوی مورد نظر دارای هم‌انباشتگی باشد آن‌گاه روابط بلندمدت و بردارهای هم‌انباشتگی را از طریق مدل تصحیح خطای برداری و مدل یوهانسن می‌توان به‌دست آورد.

۳-۱-۱. مدل خود رگرسیون برداری (VAR)

در ابتدا با انجام آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته، درجه هم‌انباشتگی تعیین می‌شود و

بر اساس این آزمون تمامی متغیرها درجه هم‌انباشتگی تمامی متغیرها برابر با I(1) می‌باشد. بر اساس معیارهای آکائیک، شوارتز بیزین و حنان کوئین طول وقفه بهینه سه برای این مدل در نظر گرفته شده‌است.

(۱۲)

$$\begin{aligned} LXNO = & -21.958 + 0.792 LXNO (-1) - 0.167 LXNO (-2) \\ & + 0.307 LXNO (-3) + 1.832 LGDPNO (-1) - 0.048 LGDPNO (-2) \\ & - 0.002 LGDPNO (-3) + 0.001 LER (-1) - 0.281 LER (-2) \\ & + 0.637 LER (-3) - 0.147 LP_X (-1) - 0.223 LP_X (-2) - 0.073 LP_X (-3) \\ & - 1.086 LP_R (-1) + 1.179 LP_R (-2) - 0.377 LP_R (-3) \end{aligned}$$

در این مدل چون دو طرف لگاریتمی هستند، ضرایب بیانگر کشش می‌باشند. بیشترین ضریب در کوتاه‌مدت از آن تولید ناخالص داخلی بدون نفت برابر با (۱/۸۳۲) است.

۳-۱-۲. مدل تصحیح خطای برداری VECM

برای تحلیل اثرگذاری بلندمدت متغیرهای بر صادرات از VECM استفاده می‌شود، تا به وسیله آن تأثیر متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت با هم مقایسه شود. از بین الگوهای مطرح در VECM مدل با عرض از مبدأ و بدون روند برگزیده شد.

(۱۳)

$$D(LXNO) = -0.09 * \begin{bmatrix} LXNO(-1) - 12.245 LGDPNO(-1) - 1.345 LER(-1) \\ (-6.492) \quad (-1.718) \\ +1.457 LP_X(-1) + 1.314 LP_R(-1) - 143.279 \\ (2.168) \quad (1.992) \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} & + 0.140 D(LXNO(-1)) - 0.039 D(LXNO(-2)) + 0.122 D(LGDPNO(-1)) \\ & - 0.801 D(LGDPNO(-2)) - 0.524 D(LER(-1)) - 0.312 D(LER(-2)) \\ & - 0.001 D(LP_X(0.5)) - 0.095 D(LP_X(1.423)) - 1.019 D(LP_R(0.773)) \\ & \quad (-0.005) \quad (-0.553) \quad (-1.330) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + 1.069 D(LP_R(-2)) + 0.278 \\ & \quad (1.316) \quad (1.230) \end{aligned}$$

میزان صادرات غیرنفتی با ضریب تعدیل (۰/۰۹-) به مقدار بلندمدت خود همگرا می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که تولید ناخالص داخلی در بلندمدت بیشترین اثر را

بر صادرات غیرنفتی دارد که میزان ضریب آن برابر با ۱۲/۲۴۵ می‌باشد؛ و ضرایب نرخ ارز و شاخص ضمنی صادرات و تورم داخلی برابر با (۱/۳۴۵)، (۱/۴۵۷) و (۱/۳۴۱) می‌باشند؛ و تفاضل مرتبه اول صادرات غیرنفتی و تولید ناخالص داخلی بدون نفت با صادرات غیرنفتی ارتباط مستقیم دارند.

۳-۱-۳. مدل یوهانسن

برای تحلیل اثرگذاری بلندمدت متغیرهای موجود در مدل بر صادرات غیرنفتی مدل مذکور برآورد شده است. نتایج برآورد در جدول شماره (۱) آورده شده است. براساس این مدل حداقل دو رابطه هم‌انباشت‌کننده بلندمدت وجود دارد. رابطه زیر را می‌توان نوشت:

(۱۴)

$$LXNO_t = 143.279 + 22.245LGDPNO + 1.345LER - 1.457LP_X - 1.314LP_R$$

جدول شماره (۱). نتایج مدل یوهانسن

Hypothesied	Eigenvalue	Trace Statistic	0/05 Critical Value	prob
None	۰٫۷۳۱۴	۱۰۶٫۹۴۸۷	۶۹٫۸۱۸۸	۰٫۰۰۰
At most1	۰٫۶۲۸۴	۵۹٫۶۲۵۱	۴۷٫۸۵۶۱	۰٫۰۰۳۷
At most2	۰٫۳۰۷۰	۲۳٫۹۸۰۱	۲۹٫۷۹۷۰	۰٫۲۰۱۳
At most3	۰٫۲۴۳۶	۱۰٫۷۷۶۹	۱۵٫۴۹۴۷	۰٫۳۲۵۶
At most4	۰٫۱۹۸	۰٫۷۲۳۶	۳٫۸۴۱۴	۰٫۳۹۵۰

۳-۲. برآورد مدل با الگوریتم ژنتیک

در این بخش ابتدا معادلات خطی، نمایی و درجه دو به صورت روابط تعریف شده با استفاده از نرم‌افزار *MATLAB* به دست آمده‌اند و سپس با معیارهای اندازه‌گیری، مدل مناسب انتخاب شده است.

۳-۲-۱. برآورد معادلات

در این قسمت معادلات خطی، نمایی و درجه دو برآورد شده‌اند.

معادله خطی

(۱۵)

$$Y = 0.434 + 0.784 X_1 - 0.087 X_2 + 0.279 X_3 - 0.299 X_4$$

در معادله فوق تولید ناخالص داخلی بدون نفت (X_1) و نرخ ارز در بازار آزاد (X_3) ارتباط مستقیم و قیمت داخلی (X_4) و قیمت‌های جهانی کالای صادراتی (X_2) ارتباط معکوس با صادرات غیرنفتی دارند.

معادله نمایی

(۱۶)

$$Y = 1.656 + 1.569 X_1^{0.714} - 0.379 X_2^{0.036} + 0.637 X_3^{0.215} - 0.522 X_4^{0.451}$$

در معادله فوق تولید ناخالص داخلی بدون نفت (X_1) و نرخ ارز در بازار آزاد (X_3)، ارتباط مثبت و قیمت‌های جهانی کالای صادراتی (X_2) و قیمت‌های داخلی (X_4) ارتباط منفی با صادرات غیرنفتی دارند که نتایج آنها تأییدکننده تئوری مورد استفاده می‌باشند.

معادله درجه دو

(۱۷)

$$Y = 1.964 + 1.536 X_1 - 0.543 X_2 + 0.9 X_3 - 0.282 X_4 + 0.127 X_1^2 - 1.339 X_2^2 + 0.807 X_3^2 - 0.102 X_4^2 + 0.114 X_1 X_2 - 0.612 X_1 X_3 - 0.991 X_1 X_4 + 0.047 X_2 X_3 + 1.498 X_2 X_4 + 0.863 X_3 X_4$$

در معادله فوق تولید ناخالص داخلی بدون نفت (X_1) و نرخ ارز در بازار آزاد (X_3)، ارتباط مثبت و قیمت داخلی (X_4) و قیمت‌های جهانی کالای صادراتی (X_2) ارتباط منفی با صادرات غیرنفتی دارند. در این معادله ارتباط متقابل متغیرها با صادرات غیرنفتی بیان شده است.

۲-۳-۲. ارزیابی مدل عرضه صادرات غیرنفتی

به منظور سنجش و انتخاب بهترین مدل برای تخمین عرضه صادرات غیرنفتی، از چهار معیار میانگین مربع خطای استاندارد (MSE)، مجذور میانگین مربع خطای استاندارد ($RMSE$)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین درصد قدر مطلق خطا ($MAPE$)، استفاده می‌شود که نتایج آن در جدول شماره (۲) آورده شده است.

جدول شماره (۲). مقایسه معیارهای اندازه‌گیری برای سه معادله خطی، نمایی و درجه دو

معیارهای اندازه‌گیری				
MAPE	MAE	RMSE	MSE	انواع مدل
۰,۰۴۴۷	۰,۴۷۴۱	۰,۵۸۵۶	۰,۳۳۲۹	خطی
۰,۲۰۷۵	۲,۲۹۲۱	۲,۹۳۹۵	۸,۶۴۰۴	درجه دو
۰,۰۳۸۲	۰,۴۰۴۲	۰,۴۸۹۷	۰,۲۳۹۸	نمایی

بر اساس جدول شماره (۲) آن مدلی انتخاب می‌شود که دارای کمترین معیارهای مطرح‌شده باشد. بر این اساس مدل نمایی نسبت به دو مدل خطی و درجه دو دارای کمترین معیارهای اندازه‌گیری است، در نتیجه این مدل از نتایج بهتر و دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار می‌باشد و برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

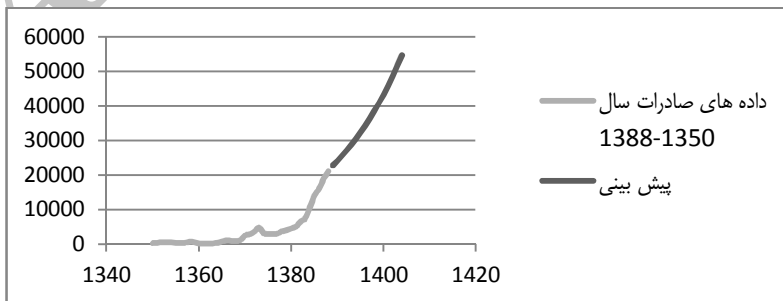
۴. پیش‌بینی با الگوریتم ژنتیک

برای انجام پیش‌بینی در ابتدا با سناریوسازی متغیر تولید ناخالص داخلی بدون نفت با رشدی به میزان ۵/۵ درصد، قیمت داخلی به میزان ۶/۴ درصد، قیمت کالاهای صادراتی در بازارهای بین‌المللی به میزان ۴/۸ درصد و نرخ ارز به میزان ۲ درصد مواجه بوده‌اند؛ که نتایج این سناریو در جدول شماره (۳) و شکل شماره (۲) آورده شده است.

جدول شماره (۳). پیش‌بینی صادرات غیرنفتی برای دوره ۱۴۰۴-۱۳۸۹

سال	مقدار پیش‌بینی (به میلیون دلار)	سال	مقدار پیش‌بینی (به میلیون دلار)
۱۳۸۹	۲۵۵۹۱,۱۰۲	۱۳۹۷	۵۶۹۵۴,۰۴۵
۱۳۹۰	۲۸۲۸۲,۵۴۱	۱۳۹۸	۵۹۸۷۴,۱۴۱
۱۳۹۱	۳۱۲۵۷,۰۴۲	۱۳۹۹	۶۶۱۷۱,۱۶۰
۱۳۹۲	۳۴۵۴۴,۳۷۴	۱۴۰۰	۶۹۵۶۲,۸۲۸
۱۳۹۳	۳۸۱۷۷,۴۳۸	۱۴۰۱	۷۳۱۳۰,۴۴۱
۱۳۹۴	۴۲۱۹۲,۵۹۴	۱۴۰۲	۷۶۸۷۹,۹۱۹
۱۳۹۵	۴۶۶۳۰,۰۲۸	۱۴۰۳	۸۰۸۲۱,۶۳۷
۱۳۹۶	۵۱۵۳۴,۱۵۱	۱۴۰۴	۸۴۱۲۰,۰۳۱

نمودار شماره (۲)



نتیجه گیری

استراتژی توسعه صادرات غیرنفتی به ویژه توسعه صادرات صنعتی با توجه به نیازهای ارزی کشور و بی ثباتی درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت، راهبردی مناسب برای رسیدن به توسعه پایدار می باشد. هدف از این مقاله بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت عوامل مؤثر بر صادرات غیرنفتی برای دوره ۱۳۸۰-۱۳۵۰ با استفاده از مدل های اقتصادسنجی و انجام پیش بینی با الگوریتم ژنتیک تا افق ۱۴۰۴ است. نتایج روابط بلندمدت نشان می دهند که تولید ناخالص داخلی بدون نفت ارتباط مستقیمی با متغیر وابسته دارد و ضریب بالای آن بیانگر این است که در بلندمدت صادرات غیرنفتی نسبت به رشد ظرفیت تولیدی رشد بیشتری خواهد داشت. از طرفی هم افزایش صادرات غیرنفتی می تواند منجر به افزایش تولید ناخالص داخلی بدون نفت شود. ضریب نرخ ارز مثبت است و بیانگر آن است که در بلندمدت با کاهش ارزش پول داخلی، میزان صادرات غیرنفتی افزایش می یابد. اما از آنجا که همراه با کاهش ارزش پول ملی کشور، سطح قیمت های داخلی افزایش می یابند و با افزایش تورم، قدرت رقابت محصولات صادراتی در بازارهای جهانی کاهش پیدا می کند، در نتیجه منجر به کاهش صادرات غیرنفتی می شود. علامت منفی ضریب شاخص ضمنی صادرات، بیانگر آن است که با افزایش قیمت کالاهای صادراتی در بازارهای جهانی کاهش می یابد.

با مدل های اقتصادسنجی مذکور صرفاً یک تقریب خطی از متغیرها به دست می آید، در حالی که متغیرهای تأثیرگذار بر صادرات غیرنفتی می توانند در طول دوره مورد بررسی روند غیرخطی داشته باشند. بر این اساس با برآورد از طریق الگوریتم ژنتیک، این نتیجه حاصل شد که شکل غیرخطی معادلات می توانست تخمین بهتری از صادرات غیرنفتی ارائه کند. در نتیجه مدل نمایی برای عرضه صادرات غیر نفتی ایران از کمترین معیارهای اندازه گیری برخوردار بوده است. نتایج حاصل شده از مدل نمایی بیانگر آن هستند که با افزایش تولید ناخالص داخلی بدون نفت و نرخ ارز در بازار آزاد، عرضه صادرات غیرنفتی افزایش می یابد و با افزایش قیمت کالاهای صادراتی در بازارهای جهانی و قیمت های داخلی، عرضه صادرات غیرنفتی کاهش می یابد. همچنین از بین متغیرهای مذکور تولید ناخالص داخلی بدون نفت از بالاترین وزن برخوردار بوده است. در ادامه میزان صادرات

غیرنفتی با استفاده از بهترین مدل برای سال های ۱۴۰۴-۱۳۸۹ پیش بینی شده است

منابع

الف - فارسی

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. بخش دستچردی، رسول و ناهید خاکی نجف‌آبادی. ۱۳۸۹. «بررسی تأثیر جمعیت بر رشد اقتصادی در چارچوب الگوی رشد بهینه در اقتصاد ایران (۱۳۸۶-۱۳۵۰) کاربرد از الگوریتم ژنتیک»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۹۴.
- بی‌ریا، سهیلا و فرخنده جبل عاملی. ۱۳۸۵. «عوامل مؤثر بر صادرات پسته، زعفران، خرما در سبد کالاهای صادرات غیرنفتی ایران (۱۳۷۰-۱۳۸۰)»، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۵۴، صص ۱۰۱-۸۵.
- شاکری، عباس. ۱۳۸۳. «عوامل تعیین‌کننده صادرات غیرنفتی»، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۲۱، صص ۵۰-۲۳.
- صادقی، حسین، ذوالفقاری، مهدی و محمد حیدری‌زاده. ۱۳۸۸. «تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل با استفاده از الگوریتم ژنتیک»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۱، صص ۲۷-۱.
- صادقی‌مقدم، محمدرضا، مؤمنی، منصور و سروش نالچیکر. ۱۳۸۸. «برنامه‌ریزی یکپارچه تأمین، تولید و توزیع زنجیره تأمین با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک»، *نشریه مدیریت صنعتی*، شماره ۲، صص ۸۸-۷۱.
- کریاسی، علیرضا و حسن احمدی. ۱۳۸۹. «بررسی آثار نوسانات نرخ ارز بر حجم و قیمت صادراتی کاشمش ایران»، *مجله دانش و توسعه*، شماره ۳۲، صص ۱۶۳-۱۴۷.
- ناظمی، فرزاد. ۱۳۸۸. «بررسی اثر متغیرهای کلان اقتصادی بر صادرات غیرنفتی»، *فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سئندج*، شماره ۱۰، صص ۱۱۷-۱۰۵.

ب - انگلیسی

- Babula, Ronald, Ruppel Fred.A. & J and Bessler, D.A. 1995. "The Role of Exchange Rate", *Agricultural Economics*, Vol. 13. No. 2. pp. 75-88.
- BolkesjΦ, T. F. & Buongiorno . J. 2006. "Short and long Run Exchange Rate

Effects on Forest Product Trade Evidence from panel data", *Journal of Forest Economics*, Vol. 11, pp.205-221.

Hasanov. F & Samadova . I. 2010. "The Impact of Real Exchange Rate on Non-Oil Exports: The Case of Azerbaijan", *MPRA Paper*, No. 29556, pp.1-16.

Pereira. R. 2000. *Genetic Algorithm Optimisation for Finance and Investment*, Department of Economics and Finance La Trobe University Bundoora, Victoria, Australia, 3083, pp. 1-26.

Su. E & Fen. Y.G. 2011. "Applying the Structural Equation Model Rule-based Fuzzy System with Genetic Algorithm for Trading in Currency Market", *MPRA Paper*, No. 35474. pp. 1-25.

Vergil, H. 2002. "Exchange Rate Volatility in Turkey and its Effect on trade Flows", *Journal of Economic and social Research*, Vol. 4. Pp. 83-99.

شکل شماره (۱)

