شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ایران با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO)

علی قنبری

استادیار گروه اقتصاد دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس

محسن خضری

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس، Mohsen.khezri@gmail.com

لقمان عبدالله‌زاده

کارشناسی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی

تاریخ دریافت : ۸۸/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۵

چکیده

سیاست‌های دو دهه‌ی گذشته‌ی دولت، با تأثیرگذاری بر روند عوامل مؤثر بر جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) ایران، زمینه را برای ورود فزآینده‌ی FDI به کشور فراهم کرده است؛ در این مطالعه با رویکردی تکنیکی، به منظور اعمال چشم‌انداز اثرات آتی سیاست‌های دو ده‌ی گذشته‌ی دولت در روند آتی عرضه FDI ایران، با استفاده از خط سیر شاخص‌های کلان اقتصادی تأثیرگذار بر جذب FDI، دو فرم از معادلات عرضه‌ی FDI غیرخطی محاسبه شده است، به عبارت دیگر کارائی برآورد عرضه‌ی FDI ایران، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO) بهبود یافته است. مدل شبیه‌سازی عرضه‌ی FDI با استفاده از بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACOFDISS) ، به‌کارگیری از متغیرهای شاخص مقیاس بازار، شاخص سرمایه‌ی انسانی، شاخص منابع طبیعی در دسترس و شاخص توجه به زیر ساخت‌ها، بسط داده شده است. معادلات پیشنهادی در این مقاله درجه‌ی دوم و دومی نمایی هستند. فرم درجه‌ی دوم نتایج بهتری را در شبیه‌سازی و توصیف خط روند عرضه‌ی FDI ایران فراهم می‌کند و می‌تواند با معیارهای کارائی پیش‌بینی بالاتر، در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران به کار برده شود.

طبقه بندی JEL: C۶۱, C۵۳, C۱۵, F۲۱

کلید واژه: الگوریتم کلونی مورچه‌ها، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، شبیه‌سازی

۱- مقدمه

در مطالعات متعددی، تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI[1]) بر رشد اقتصادی ایران (سیدصفدر و همکاران، ۱۳۸۵)، اشتغال (کمیجانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ نصابیان، ۱۳۸۵)، بهره‌وری کل عوامل اقتصادی (شاه آبادی، ۱۳۸۶) و دیگر متغیرهای اساسی در توسعه‌ی اقتصادی ایران، به اثبات رسیده است؛ بر این اساس در ایران، دولت علاوه بر تصویب قوانین در سال ۱۳۷۲، تلاش‌های فراوانی از قبیل تجدید نظر در نرخ ارز و برقراری نرخ ارز شناور، تجدید نظر در سیاست‌های قیمت‌گذاری کالاهای صنعتی و آزادسازی قیمت‌ها، خصوصی‌سازی صنایع دولتی و ایجاد مناطق آزاد و تشویق سرمایه‌گذاری خارجی، را به منظور جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به انجام و در نهایت قانون «تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی» و آیین‌نامه‌های اجرای آن در سال ۱۳۸۱ را به تصویب رسانده است؛ در نتیجه‌ی این اقدامات، پس از سیزده سال، اولین مورد FDI در سال ۱۳۷۳ انجام گرفت.

در مطالعاتی متعدد در داخل و خارج از کشور که در بخش دوم مقاله ارائه شده است، تأثیر عوامل مختلفی بر ورود FDI یک کشور به اثبات رسیده است، به طوری‌که خط سیر توسعه‌ی FDI، می‌تواند به وسیله‌ی تغییرات مقیاس بازار، سرمایه‌ی انسانی، زیر ساخت‌های کشور، منابع طبیعی در دسترس و ... توصیف شود؛ در این مقاله با رویکردی تکنیکی، چشم‌انداز اثرات آتی سیاست‌های دو دهه‌ی گذشته‌ی دولت، که با تأثیرگذاری بر عوامل مؤثر بر جذب FDI، زمینه را برای ورود فزآینده‌ی FDI به کشور فراهم کرده است، در روند آتی عرضه‌ی FDI ایران، پیش‌بینی شده است. برای این منظور، در ابتدا با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۱ و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO[2])، که روش نسبتا جدیدی در زمینه‌ی شبیه‌سازی توابع عرضه و تقاضا می‌باشد و اولین بار توسط تکساری[3] (۲۰۰۷) معرفی شده است، به شبیه‌سازی[4] و توصیف خط روند عرضه‌ی FDI ایران، با استفاده از شاخص‌های کلان اقتصادی تأثیرگذار بر جذب FDI ایران اقدام شده است و سپس برای استفاده از توابع شبیه‌سازی شده، در پیش‌بینی روند آتی جذب FDI ایران، با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۸۶، به ارزیابی کارائی پیش‌بینی هر یک از توابع شبیه‌سازی

۱- Foreign Direct Investment.
۲- ant colony optimization.
۳- Toksari.
٤- imagery.

شده، در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران اقدام شده است. مقاله‌ی مذکور در ۸ بخش تنظیم شده است؛ در بخش دوم، پیشینه‌ی مطالعات انجام شده در زمینه‌ی عوامل مؤثر بر ورود FDI، مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم، به مروری کوتاه بر مبانی نظری الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها پرداخته شده است. در بخش چهارم، چگونگی شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی FDI، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها ارائه شده است. در بخش پنجم، ارزش پارامترهای توابع درجه‌ی دوم و نمایی عرضه‌ی FDI ایران استخراج شده است. در بخش ششم، کارائی مدل شبیه‌سازی شده در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران، مورد آزمایش قرار گرفته است. و در نهایت در بخش هفتم، به منظور اعمال چشم‌انداز اثرات آتی سیاست‌های دو دهه‌ی گذشته‌ی دولت در روند آتی عرضه‌ی FDI ایران، روند آتی عرضه‌ی FDI ایران، با استفاده از توابع شبیه‌سازی‌شده پیش‌بینی شده است.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

چانلای[۱] (۱۹۹۷)، در مطالعه‌ای با عنوان "تعیین کننده‌های مکانی FDI در کشورهای درحال توسعه"، عوامل تعیین کننده‌ی FDI را در طی دوره‌ی ۸ ساله‌ی ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۴، در مورد ۳۱ کشور درحال توسعه بررسی کرده است، به طوری‌که به منظور توضیح جریان FDI، از مدل جاذبه‌ی تعدیل شده استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که عوامل اندازه‌ی بازار، رشد تولید ناخالص داخلی، دستمزد کارآی بخش صنعت (MEW[۲])، دوردستی (که با فاصله‌ی نسبی از مرکز اقتصاد جهانی برآورد می‌شود)، ذخیره‌ی FDI و باز بودن اقتصاد، به صورت معنی‌داری بر میزان FDI مؤثر هستند.

آسیدیو[۳] (۲۰۰۲)، در مقاله‌ای با عنوان "تعیین کننده‌های FDI در کشورهای درحال توسعه؛ آیا آفریقا متفاوت است؟"، با استفاده از روش تحلیل رگرسیون، تعیین کننده‌های مکانی مؤثر برFDI را توضیح و تفسیر می‌کند. محقق با استفاده از داده‌های مقطعی ۷۱ کشور در حال توسعه، متغیر بازبودن اقتصاد، زیرساخت‌ها (تعداد خطهای تلفن در هزار نفر جمعیت) و نرخ بازگشت سرمایه (که با معکوس تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی، اندازه‌گیری می‌شود) را به عنوان عوامل مؤثر بر FDI درنظرگرفته است و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ضرایب این متغیرها معنی دارند.

۱- Chunlai.
۲- Manufacture Efficiency Wage.
۳- Asiedu.

کامپ[1] (۲۰۰۲)، در مطالعه‌ای با عنوان "تعیین‌کننده‌های FDI در کشورهای در حال توسعه؛ آیا جهانی‌سازی روش‌های بازی را تغییر داده است؟"، با استفاده از اطلاعات ۲۷ کشور، طی دوره‌ی ۱۹۸۷-۲۰۰۰، عوامل تعیین‌کننده‌ی FDI را بررسی کرده است. در این مطالعه‌ی آموزش و بازبودن اقتصاد از عوامل مؤثر بر جذب FDI است که تابع متغیر بازار (GDP، GDP سرانه)، جمعیت و رشد حقیقی تولید ناخالص‌داخلی هستند و متغیرهای بازار، جمعیت و رشد حقیقی اقتصاد نقش تعیین‌کننده‌تری در جذب FDI دارند.

فراوسن و هنریک[2] (۲۰۰۴)، در تحقیقی با عنوان "FDI و کشورهای درحال توسعه؛ چگونه شرکت‌های بین‌المللی جذب می‌شوند؟" به منظور شناسایی عوامل مکان تعیین‌کننده‌ی FDI در کشورهای درحال توسعه، با استفاده از داده‌های ۶۲ کشور طی دوره‌ی زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۰، با استفاده از مدل جاذبه‌ی تعدیل شده‌ی چانلای، با روش حداقل مربعات معمولی و با در نظر گرفتن بعد زمانی و مکانی، به این نتیجه رسیده‌اند که جریان FDI، جریان وابسته‌ای است و متغیرهای آموزش، سرمایه‌گذاری داخلی و دوردستی، عوامل معنی‌دار و تعیین‌کننده‌ی FDI محسوب نمی‌شوند. نتایج کلی نشان می‌دهد که متغیرهای جریان FDI در سال‌های قبل، ذخیره‌ی FDI ، رشد اقتصادی، زیرساخت‌ها و بهره‌وری، نقش تعیین‌کننده‌ای بر جریان FDIدارند و تمام ضرایب متغیرهای فوق معنی‌دار است.

داوودی و شاه‌مرادی (۱۳۸۳)، در مقاله‌ای با عنوان "بازشناسی عوامل مؤثر بر جذب FDI در اقتصاد ایران و ۴۶ کشور جهان، در چارچوب یک الگوی تلفیقی"، توجه به زیرساخت‌های قانونی، تشویق و تقویت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، سرمایه‌گذاری انجام شده در زیرساخت‌ها و تحقیق و توسعه، توجه به کارائی، بهره‌وری و سطح مهارت نیروی کار و اقداماتی در جهت افزایش ثبات سیاسی کشور را در جذب بیش‌تر FDI ایران، مؤثر دانسته‌اند.

شاه آبادی و محمودی (۱۳۸۵)، در مقاله‌ای با عنوان "تعیین‌کننده‌های FDI در ایران"، عوامل مؤثر بر جذب FDI در ایران را طی دوره‌ی ۱۳۸۲-۱۳۳۸ بررسی کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهدکه: الف. منابع طبیعی موجود، سرمایه‌ی انسانی و زیرساخت‌ها به صورت مستقیم و معنی‌دار بر جذب FDI ایران مؤثرند؛ ب. متغیر حقوق

۱- Kamp.

۲ -Frawsen and Henrik .

سیاسی و متغیر موهومی انقلاب اسلامی نیز به صورت معکوس و معنی‌دار بر جـذب FDI در ایران تأثیر داشته‌اند و ج. عامل باز بودن اقتصاد تأثیر مثبت و بی‌معنی و عامـل نسـبت مخارج دولت به تولید ناخالص‌داخلی نیز تأثیر منفی و بـی‌معنـی بـر جـذب FDI ایـران داشته است.

هژبر کیانی و سبزی (۱۳۸۵)، در مقاله‌ای با عنوان "تخمـین تـابع عرضـه‌ی FDI در ایران"، در قالب یک الگوی اقتصادسنجی، با استفاده از روش «خود بازگشتی با وقفه‌هـای توزیعی (ARDL)[۱]»، عوامل مؤثر بر جذب FDI ایران را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که: الف. رابطه‌ی تعادلی بلندمدت برای FDI در ایران وجود ندارد و فقط رابطه‌ای کوتاه‌مدت برقرار است ب. FDI با FDI با وقفه، تولیدناخالص‌داخلـی، نـرخ ارز واقعی و سرمایه‌ی انسانی، رابطه‌ی مستقیم و با سایر متغیرهای مـورد بررسـی، ماننـد نرخ تورم، مالیات بر شرکت‌ها و نرخ تعرفه، رابطه‌ای معکوس دارد.

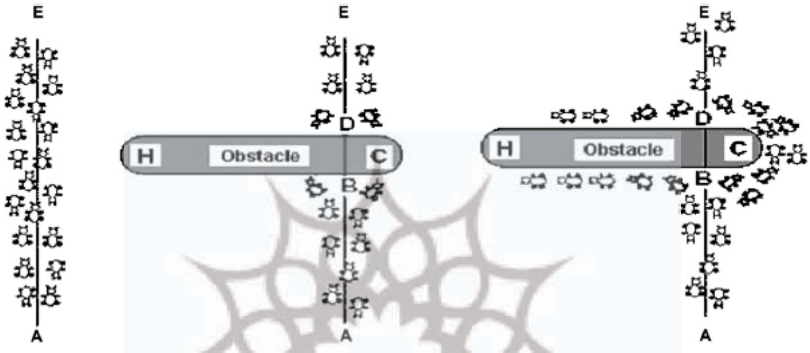
کمیجانی و عباسی (۱۳۸۵)، در مقاله‌ای با عنوان "تبیین نقش عوامل مؤثر بر جـذب FDI در ایران"، تأثیر برخی از متغیرهای مهم در ورود FDI بـه کشـور را بـا اسـتفاده از روش ARDL و داده‌های ۱۳۵۳-۱۳۸۰، مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهـد که نرخ تورم و نرخ ارز و نرخ بهره، تأثیر منفی و افزایش تولید ناخالص داخلـی، افـزایش باز بودن اقتصاد و افزایش موجودی سرمایه، تأثیر مثبت در جذب FDI در ایـران دارنـد. نتایج مدل پویا نیز وجود رابطه‌ی بلندمدت بین FDI و متغیرها را تأیید می‌کند.

۳- مبانی نظری الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACO)

الگوریتم کلونی مورچه، برای اولین بـار در سـال ۱۹۹۲ توسـط دوریگـو و دیکـارو[۲]، به‌عنوان یک راه حل چند عامله[۳] برای مسائل بهینه‌سـازی، مثـل فروشـنده‌ی دوره‌گـرد، ارائه شده است. ACO، به گروه اکتشافات الهام گرفته شده از طبیعت تعلق دارد. ایـده‌ی اصلی ACO، تقلید رفتار مشارکتی کلونی مورچه‌هاست. اصل ایـن روش‌هـا بـر شـیوه‌ای استوار است که در آن مورچه‌ها به دنبال غذا می‌گردند و سپس راه برگشت خـود را بـه لانه می‌یابند. در طول سفر مورچه‌ها، یک اثر شیمیایی به نام فرومون[۴] بر زمین گذاشـته می‌شود. نقش فرومون، راهنمایی دیگر مورچه‌ها به سوی نقطه‌ی مطلوب است، برای یک

۱- Auto- Regressive Distributed Lag .
۲- Dorigo and Di Caro.
۳ -Multi Agent.
٤- Pheromone.

مورچه، مسیر، طبق اندازه و کمیت فرومون انتخاب می‌شود. همان‌گونه که در شکل (۱) به تصویر کشیده شده است، در هنگام برخورد با یک مانع، یک احتمال برابر برای هر مورچه در انتخاب مسیر راست یا چپ وجود دارد، اگر مسیر چپ کوتاه‌تر از مسیر راست باشد، نیاز به زمان سفر کم‌تری دارد و در یک بازه‌ی زمانی، با سطح بالاتری از فرومون خاتمه می‌یابد و بیش‌تر مورچه‌ها مسیر راست را در پیش می‌گیرند که در آن اثر فرومون بیش‌تر است، این حقیقت در مرحله‌ی تبخیر بیش‌تر تجلی می‌یابد.



شکل ۱- مورچه‌ها مسیر کوتاه‌تر را اطراف یک مانع پیدا می‌کنند

الگوریتم عمومی ACO در شکل (۲) نشان داده شده است. رویه‌ی الگوریتم ACO، زمان‌بندی سه فعالیت را مدیریت می‌کند (دوریگو و دیکارو، ۱۹۹۹؛ تالبی و همکاران[۱]، ۲۰۰۱): مرحله‌ی اول اساسا عبارت است از ارزش‌دهی اولیه‌ی[۲] دنباله‌ی فرومون؛ در دومین مرحله، هر مورچه یک راه‌حل کامل را برای مسأله، طبق قاعده‌ی انتقال وضعیت احتمالی ایجاد می‌کند، قاعده‌ی انتقال وضعیت، اساسا به وضعیت فرومون بستگی دارد. در مرحله‌ی سوم، کیفیت فرومون را به روز می‌کند؛ یک قانون سراسری در به روزرسانی فرومون، در دو مرحله به کار بسته می‌شود، در ابتدا قسمتی از فرومون بخار می‌شود و سپس هر مورچه مقداری از فرومون را بر جا می‌گذارد که متناسب با شایستگی[۳] راه حلش است. این فرایند تا معیار توقف ادامه می‌یابد (تکساری، ۲۰۰۶).

۱- Talbi et al.
۲- Initialization.
۳- fitness.

مرحله‌ی یک: ارزش‌دهی اولیه
ـ به دنباله‌ی فرومون، ارزش اولیه داده شود

مرحله‌ی دو: ساختن راه حل
ـ برای هر مورچه تکرار شود
ایجاد راه‌حل با استفاده از دنباله‌ی فرمون

مرحله‌ی سه: دنباله‌ی فرومون به روز رسانده شود
تا به معیار متوقف‌کننده برسد

شکل ۲- یک الگوریتم ACO کلی

۴- شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی FDI در ایران با استفاده از ACO (ACOFDISS[۱])

۴-۱- معیار بهینه‌سازی ارزش پارامترها

شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی FDI در ایران، با استفاده از شاخص‌های کلان اقتصادی، با به کار بردن فرم‌های نمایی و درجه‌ی دوم، مدل‌سازی شده است.

فرم نمایی ACOFDISS، می‌تواند براساس رابطه‌ی (۱) به دست آید:

$$Y_{exp} = w_1 + w_2 X_1^{w_3} + w_4 X_2^{w_5} + w_6 X_3^{w_7} + w_8 X_4^{w_9} \qquad (1)$$

فرم درجه‌ی دوم ACOFDISS، می‌تواند براساس رابطه‌ی (۲) به دست آید:

$$Y_{quad} = w_1 + w_2 X_1 + w_3 X_2 + w_4 X_3 + w_5 X_4 + w_6 X_1 X_2 + w_7 X_1 X_3 + w_8 X_1 X_4 + w_9 X_2 X_3 + w_{10} X_2 X_4 + w_{11} X_1^2 + w_{12} X_2^2 + w_{13} X_3^2 + w_{14} X_4^2$$

Y در روابط (۱) و (۲)، عرضه‌ی FDI در هر سال می‌باشد. X_1، X_2، X_3 و X_4، به ترتیب، شاخص مقیاس بازار، شاخص سرمایه‌ی انسانی، شاخص منابع طبیعی در دسترس و شاخص توجه به زیر ساخت‌ها هستند. w_i پارامترهای مدل‌ها هستند که باید بهینه‌یابی شوند.

به‌منظور بهینه‌یابی پارامترهای مدل‌ها، فرض کنید که $FDI_i^{observed}$، عرضه‌ی FDI واقعی در دوره‌ی i و $FDI_i^{simulated}$ عرضه‌ی FDI شبیه‌سازی شده توسط مدل در دوره‌ی i باشد، در این صورت، با تفاضل مقدار شبیه‌سازی شده از مقدار واقعی‌اش، خطای شبیه‌سازی (SE)[۲] به دست خواهد آمد که به صورت رابطه‌ی (۳) می‌باشد:

---

۱ -Ant Colony Optimization Foreign Direct Investment Supply Simulation.
۲- Simulation Error.

$$SE = FDI_i^{observed} - FDI_i^{simulated} \qquad (۳)$$

پارامترهای مدل‌ها باید به صورتی بهینه‌یابی شود که مجموع مجذور خطای (SSE)[۱] مدل‌های شبیه‌سازی شده مینیمم باشد. دلیل این‌که به جای مجموع ساده‌ی خطاهای شبیه‌سازی، مجموع مربعات آن‌ها در نظر گرفته شده، این است که نه تنها انحراف‌های مثبت و منفی یکدیگر را خنثی نکنند، بلکه انحراف‌های بزرگ نسبت به انحراف‌های کوچک از اهمیت بیش‌تری برخوردار شوند. SSE، به صورت رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود:

$$Min\ f(v) = \sum_{i=۱}^{n} (FDI_i^{observed} - FDI_i^{simulated})^{۲} \qquad (۴)$$

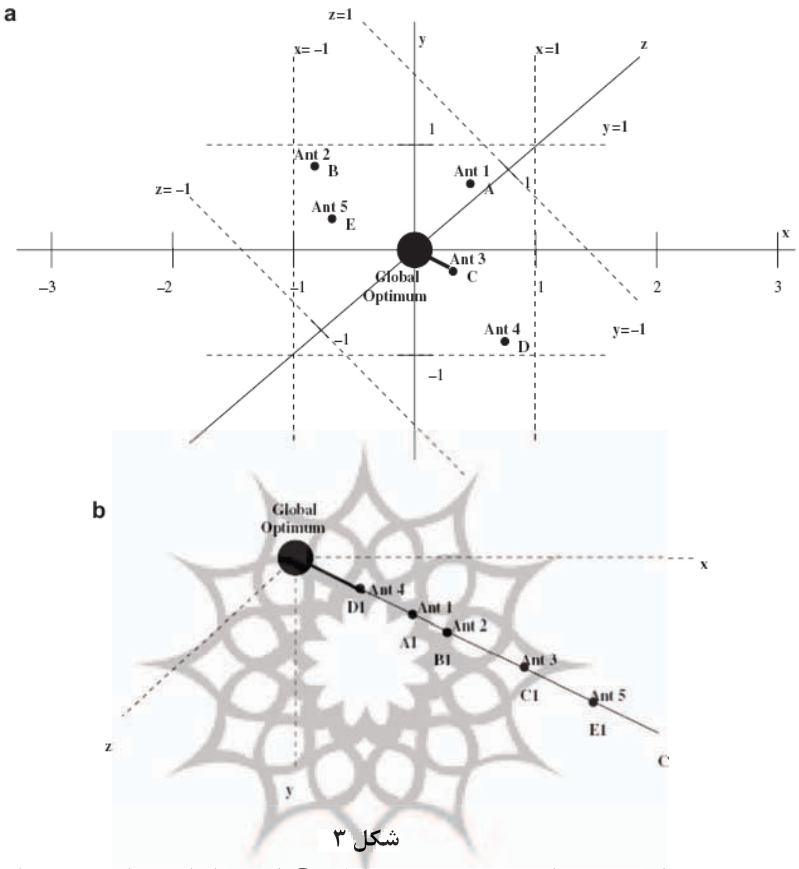
ACOFDISS، با استفاده از ACO و یافتن مینیمم مطلق تابع هدف، توسعه یافته است، که تابع هدف در این مقاله، SSE می‌باشد، بنابراین ACO ، با مینیمم سازی SSE، ضرایب پارامترهای طرح را بهینه می‌کند (تکساری، ۲۰۰۷).

الگوریتم ACO، بهترین مجموعه‌ی ضرایب را برای پارامترهای طرح جستجو می‌کند. در الگوریتم ACO پیشنهادی، ابتدا m تعداد از مورچه‌ها، با m مسیر اولیه‌ی تصادفی همراه هستند. به عنوان مثال اگر تعداد ضرایب پارامترهای طرح ۳ باشد، مسیرهای اولیه‌ی هر مورچه، سه بعدی است $(v^k = (x^k_{initial}, y^k_{initial}, z^k_{initial})(k = ۱,۲,۳,..., m))$. (به شکل (۳) نگاه کنید، پارامترهای (x, y, z) در دامنه‌ی $(-۱ \prec x,y,z \prec ۱)$ قرار دارند).

سپس اصلاحات بر اساس دنباله‌ی فرومون، برای هر مسیر به کار می‌رود. در الگوریتم مطرح شده، مقدار فرومون (τ_t)، تنها در اطراف ارزش بهترین تابع هدف به دست آمده از مقدار قبلی، شدت می‌یابد و مورچه‌ها برای گشتن به دنبال راه‌حل، به سوی آن‌جا تغییر مسیر می‌دهند.

پرتال جامع علوم انسانی

۱- Sum of Squared Error.



شکل ۳

(a) ۵ مورچه به همراه ۵ مسیر تصادفی (بهترین مسیر در نقطه‌ی C) است، بنابر این مقدار فرومون تنها بین حد بهینه و نقطه ی C شدت می‌یابد). (b)، اولین تکرار است (جستجو تنها بین حد بهینه و نقطه‌ی C دنبال شده است. در پایان تکرار یک، بهترین مسیر در نقطه‌ی D است، بنابراین مقدار فرومون تنها بین حد بهینه و نقطه‌ی D شدت می‌یابد).

مسیر هر مورچه، با استفاده از فرمول‌های (۵) تا (۷)، در آغاز هر تکرار، به روز می‌شود:

$$x_t^k = x_{t-1}^{best} \pm dx \qquad (t = 1,2,\cdots,I) \qquad (۵)$$

$$y_t^k = y_{t-1}^{best} \pm dy \qquad (t = 1,2,\cdots,I) \qquad (۶)$$

$$z_t^k = z_{t-1}^{best} \pm dz \qquad (t = 1,2,\cdots,I) \qquad (۷)$$

که در آن x_t^k و y_t^k و z_t^k، مقادیر k ام مورچه در تکرار t هستند. و $(x_{t-1}^{best}, y_{t-1}^{best}, z_{t-1}^{best})$ ، بهترین راه حل به‌دست آمده در تکرار $t-1$ و dx و dy و dz، مسیرهای حاصل شده‌ی تصادفی از دامنه‌ی [α , α-]، برای تعیین اندازه‌ی تغییر دادن مسیر است. در پایان هر تکرار، مقدار فرومون (τ_t) در دو مرحله به روز می‌شود، در ابتدا مقدار فرومون، با استفاده از فرمول (۸)، برای شبیه‌سازی فرایند تبخیر، کاهش می‌یابد و در مرحله‌ی دوم، فرومون تنها در اطراف ارزش تابع هدف حاصل شده در تکرار قبل، تقویت می‌شود (فرمول (۹)).

$$\tau_t = \tau_{t-1} \times ۰/۱ \qquad (۸)$$

$$\tau_t = \tau_{t-1} + (۰.۰۰۱ \times f\ (x_{t-1}^{best}, y_{t-1}^{best}, z_{t-1}^{best})) \qquad (۹)$$

این فرایند تا زمانی‌که ماکزیمم تکرار (I) حاصل شود، ادامه می‌یابد.

در فرمول (۴)، علامت مثبت هنگامی استفاده می‌شود که، نقطه‌ی v_t^k در سمت چپ مینیمم مطلق، روی محور مختصات x است و علامت منفی هنگامی استفاده می‌شود که نقطه‌ی v_t^k در سمت راست مینیمم مطلق، روی محور مختصات x است. این شرایط برای همه‌ی ابعاد صحت دارد. مسیر حرکت، به وسیله‌ی سه معادله‌ی (۱۰) تا (۱۲) تعریف می‌شود:

$$\bar{x}_{initial}^{best} = x_{initial}^{best} + (x_{initial}^{best} \times ۰/۰۱) \qquad (۱۰)$$

$$\bar{y}_{initial}^{best} = y_{initial}^{best} + (y_{initial}^{best} \times ۰/۰۱) \qquad (۱۱)$$

$$\bar{z}_{initial}^{best} = z_{initial}^{best} + (z_{initial}^{best} \times ۰/۰۱) \qquad (۱۲)$$

با تنظیم $\alpha = ۰/۱ \times \alpha$ در پایان هر $\sqrt{I}$ تکرار، از مینیمم مطلق نمی‌گذرد (I حداکثر تعداد تکرار است)، بنابراین طول مسیر تغییر داده شده، به تدریج کاهش می‌یابد. الگوریتم ACO بسط داده شده برای شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی FDI، در این مقاله به صورت شکل (۲) می‌باشد:

ارزش دهی آغازی
تنظیم ارزش‌های اولیه:
معیار توقف: ماکزیمم تکرار، $n \times \sqrt{I}$
مسیر فاصله‌ی dx، برای ایجاد $\alpha_{initial}$ حاصل شده است.
m مسیر ابتدایی تصادفی را ایجاد کنید $(k = 1,2,3,..., m)$ $(x^k_{initial}, y^k_{initial}, z^k_{initial})$(یا ممکن است همه‌ی آن‌ها مقادیر یکسان داشته باشند)، هر یک با یک مورچه دنبال می شود و این به عنوان راه حل معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد $(f(v)^k_{initial})$.
مقادیر $(x^{best}_{initial}, y^{best}_{initial}, z^{best}_{initial})$ را تعیین کنید
مسیر حرکت را با معادلات (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) تعیین کنید
دستکاری راه حل
برای n تا $k = 1$
برای $k \times \sqrt{I}$ تا i = ۱
برای همه‌ی مورچه‌ها
مسیر تصادفی dx را در بازه‌ی $[\alpha, b]$ ایجاد کنید.
راه حل جدید هر مورچه را با معادلات (۵)، (۶) و (۷) محاسبه کنید.
اگر $f(v_t^{best}) \geq f(v_t^{best})$ پس $v^{globalmin} = v_t^{best}$
در غیر این‌صورت $v^{globalmin} = v_{t-1}^{best}$
تعداد فرومون را به روز رسانی کنید
آن را با معادلات (۸ و (۹) به دست آورید
پایان
پایان
پایان

شکل ۴- الگوریتم ACO بسط داده شده برای شبیه‌سازی تابع عرضه‌ی FDI ایران

در این مقاله به منظور ارزیابی عملکرد پیش‌بینی در دوره‌ی آزمایش مدل‌ها، از دو معیار شناخته شده‌ی ارزیابی عملکرد پیش‌بینی استفاده شده است. اولی که از خانواده‌ی محاسبات میانگین خطای استاندارد می‌باشد، میانگین مجذور خطاهای (MSE)[۱] بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده عرضه‌ی FDI تعریف شده است و به صورت رابطه‌ی (۱۳) محاسبه می‌شود:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} (FDI_i^{observed} - FDI_i^{simulated})^2}{n} \qquad (۱۳)$$

گاهی اوقات، محاسبه‌ی خطای پیش‌بینی بر حسب درصد، سودمندتر از مقادیر خواهد بود، بنابراین دومین معیار، میانگین مطلق درصد خطا (MAPE)[۲] بین مقادیر

۱- Mean Square Error.
۲- Mean Absolute percentage Error.

واقعی و پیش‌بینی شده‌ی عرضه‌ی FDI، معیاری مهم برای یافتن درصد خطای پیش‌بینی خواهد بود، که به صورت رابطه‌ی (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \frac{FDL_i^{observed} - FDL_i^{simulated}}{FDL_i^{observed}} \right|}{n} \qquad (۱۴)$$

در روابط (۱۳) و (۱۴)، تعداد مشاهدات می‌باشد.

۵- بهینه‌سازی ارزش پارامترهای ACOFDISS برای داده‌های جاری

۵-۱- معرفی متغیرهای مدل

با توجه به مطالعات ذکر شده در بخش دوم، چهار عدد از شاخص‌های کلان اقتصادی، که اثرگذاری آن‌ها بر عرضه‌ی FDI ایران به اثبات رسیده است، انتخاب و به منظور آزمایش توانایی آن‌ها در شبیه‌سازی و توصیف خط سیر عرضه‌ی FDI ایران، وارد مدل ACOFDISS شده‌اند؛ مدل استفاده شده در این مطالعه به صورت رابطه‌ی (۱۵) در نظر گرفته شده است:

$$FDI = F(GDP, H, NAT, INF) \qquad (۱۵)$$

در رابطه‌ی (۱۵):

FDI: سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (هزار دلار)

GDP: شاخص مقیاس بازار (تولید ناخالص داخلی (میلیارد ریال)): مقیاس بازار، که با شاخص تولید ناخالص داخلی اندازه گرفته می‌شود و مزیت مکانی را نشان می‌دهد، تابع درجه‌ی صنعتی شدن، جمعیت و تجاری شدن فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد و در کشورهایی که فعالیت اقتصادی آن‌ها از مسیر بازار می‌گذرد، تولید ناخالص داخلی بالاتر است. از آن‌جا که اندازه‌ی بزرگ بازار، موجب افزایش در تقاضا برای محصولات و خدمات فراهم شده از سوی سرمایه‌گذاران خارجی می‌شود، توانایی دست‌یابی به صرفه‌های اقتصادی را داشته و قادر است تا هزینه‌های معاملاتی را کاهش دهد (چاندپراپالرت[۱]، ۲۰۰۰).

H: شاخص سرمایه‌ی انسانی (درصد کارکنان (تابع قانون استخدام کشوری وسایر مقررات استخدامی به کل) دارای تحصیلات عالی به کل کارکنان): سرمایه‌های خارجی، جذب محل‌هایی می‌شوند که بیش‌تر، ترکیب مناسبی از مزیت‌های محلی را دارا باشند. از

۱- Chandprapalert.

سویی، اگر چه ورود نهایی FDI در سال‌های اخیر در حال افزایش بوده است، اما با توجه به هزینه‌ی نیروی کار به عنوان مزیت ویژه‌ی کشورهای در حال توسعه، وجود دانش در گروه نیروی کار برای شرکت‌های فرا ملیت، نسبت به هزینه‌های کم نیروی کار، جذابیت بیش‌تری یافته است و ورود بالای FDI به کشورهای توسعه یافته نیز تقریباً این نکته را بیان می‌کند. این فرضیه که سرمایه‌ی انسانی در کشورهای میزبان، عاملی مؤثر در جذب FDI است، در دهه‌ی نود اهمیت یافت، برای مثال لوکاس[۱] (۱۹۹۰)، حدس می‌زند که نیروی انسانی ماهر در کشورهای کم‌تر توسعه یافته، سبب عدم تشویق سرمایه‌گذاری خارجی می‌شود. در بیش‌تر مطالعاتی که تعیین کننده‌های جذب FDI را مورد بررسی قرار داده‌اند، بر اساس این فرض که دسترسی به نیروی کار ماهر در کشور میزبان یک نیاز واقعی شرکت‌های فرا ملّیتی است و بر میزان ورود FDI تأثیر می‌گذارد، متغیر سرمایه‌ی انسانی نیز در کنار سایر متغیرها به طور جداگانه وارد مدل شده است (فرانک و لیچتن برگ[۲] ۱۹۹۷؛ مارکوزن و زانگ[۳]، ۱۹۹۹).

NAT: شاخص منابع طبیعی در دسترس (عرضه‌ی کل انرژی اولیه[۴] (میلیون بشکه معادل نفت خام)): این موضوع که کشورهای دارای منابع طبیعی هم‌چون عربستان سعودی، الجزایر و مصر، از جذب کنندگان جریان FDI محسوب می‌شوند، اتفاقی نیست؛ سرمایه‌گذاران برای اطمینان بیش‌تر، شرکت‌های تابعه‌ی خود را در خارج از کشور و در مکان‌های دارای ثبات بیش‌تر یا دارای عرضه‌ی غنی‌تر نهاده‌ها، به ویژه منابع انرژی و مواد خام یا عوامل تولید، مستقر می‌کنند (جنکیز و توماس[۵]، ۲۰۰۲).

INF: شاخص توجه به زیر ساخت‌ها (پرداخت‌های عمرانی دولت (میلیارد ریال)): تأثیر زیربناهای یک کشور، بر محیط اقتصادی آن دارای اهمیت اساسی است. زیرساخت‌های مناسب، سبب حرکت بدون انحرافات مهم اقتصاد، به سمت رشد می‌شود. سرمایه‌گذاران خارجی، اقتصادهایی را ترجیح می‌دهند که دارای شبکه‌ی توسعه یافته‌ای از جاده‌ها، فرودگاه‌ها، عرضه‌ی آب، عرضه‌ی بدون وقفه‌ی انرژی، تلفن و اینترنت باشد. زیرساخت‌های ضعیف، هزینه‌ی فعالیت‌های اقتصادی را افزایش و نرخ بازده‌ی سرمایه را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، با فرض ثبات سایر شرایط، هزینه‌های تولید در کشورهایی با زیرساخت‌های قوی، کم‌تر است و انتظار می‌رود این اقتصادها سرمایه‌ی

---

۱ -Lucas.
۲- Frank and Engelberge Lichtenberge.
۳- Zhang and.Markusen.
٤ -Primary Energy Total.
٥- Jenkins and Thomas.

خارجی بیش‌تری جذب کنند (موریست[1]، ۲۰۰۰). با فرض ثبات سایر شرایط، کیفیت زیرساخت‌ها در کشور میزبان، بهره‌وری سرمایه‌گذار را بالا برده و عامل مهمی در جذب FDI می‌باشد (اردال و تاتوگلو[2]، ۲۰۰۲).

تمامی داده‌ها، (غیر از داده‌های FDI که از سازمان سرمایه‌گذاری و کمک‌های اقتصادی و فنی ایران جمع‌آوری شده است)، از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به‌دست آمده‌اند. داده‌های استفاده شده در این مقاله به دو قسمت تقسیم شده است، داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۱، به منظور شبیه‌سازی توابع عرضه‌ی نمایی و درجه‌ی دوم FDI ایران و داده‌های سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶، برای آزمایش کارائی مدل‌های شبیه‌سازی شده در پیش‌بینی عرضه‌ی آتی FDI ایران استفاده شده است.

۵-۲- *بهینه‌سازی ارزش پارامترها*

از نرم‌افزار MATLAB ۷ به منظور برنامه‌نویسی ACO استفاده شده است. دو فرم مدل ACOFDISS، با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۱ و پارامترهای ACO نشان داده شده در جدول (۱) شبیه‌سازی شده‌اند.

جدول ۱- پارامترهای PSO

پارامتر	اندازه
تعداد مورچه‌ها (m)	۵۰۰
ماکزیمم تکرار (I)	۱۰۰۰

تابع عرضه‌ی نمایی FDI شبیه‌سازی شده با روش ASO، به صورت رابطه‌ی (۱۶) است:

$$ACOFDISS_{exp} = ۹۶/۶۷۹ - ۰/۰۰۰۰۶۸X_1^{۱/۸۹۴۸} + ۱۰۸/۴۳۳۱X_2^{۰/۳۵۶} + ۰/۰۰۰۳۰۱۱X_3^{۳/۳۱۹} + ۰/۰۰۰۱۱۲۷X_4^{۲/۰۰۰۰۹} \quad (۱۶)$$

مینیمم SSE در دوره‌ی شبیه‌سازی فرم نمایی، ۹۲۸۸۲۱۸۵۳۴۲۵ می‌باشد.

تابع عرضه‌ی درجه‌ی‌دوم FDI شبیه‌سازی شده با روش ACO، به صورت رابطه‌ی (۱۷) می‌باشد:

۱- Morrisset .
۲ - Erdal and Tatoglu.

$$\begin{aligned} ACOFDISS_{quad} =& ۱۹/۹۳۴۵ - ۱۲/۸۰۳۳X_۱ - ۴۵/۹۷۳X_۲ - ۷۹/۵۹۳۳X_۳ \\ & - ۵۵/۳۶۴X_۴ - ۰/۱۶۵۳۶X_۱X_۲ + ۰/۰۱۶۶۶۵X_۱X_۴ \\ & - ۱۷۷/۰۰۶۲X_۲X_۳ - ۰/۴۰۷۴۷X_۲X_۴ + ۰/۰۴۱۰۶X_۲X_۴ \\ & + ۰/۰۰۰۰۰۷۸X_۱^۲ + ۸۷۸/۱۹۷۷X_۲^۲ + ۸/۹۱۹X_۳^۲ + ۰/۰۰۰۰۴۷X_۴^۲ \end{aligned} \qquad (۱۷)$$

مینیمم SSE در دوره‌ی شبیه‌سازی فرم درجه‌ی دوم، ۵۶۶۴۱۰۹۵۶۰۵۸ می‌باشد.

۶- ارزیابی کارائی دو فرم مدل ACOFDISS، در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران

به منظور ارزیابی کارائی پیش‌بینی دو فرم مدل ACOFDISS نسبت به روش‌های رایج پیش‌بینی سری زمانی، ابتدا مدل ARIMA[۱] سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران، با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۱ برآورد و سپس با استفاده از داده‌های دوره‌ی آزمایش مدل‌ها (۱۳۸۲-۱۳۸۶)، به محاسبه و مقایسه‌ی معیارهای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی فرم‌های نمائی و درجه‌ی دوم مدل ACOFDISS و مدل ARIMA برآوردی پرداخته می‌شود.

۶-۱- روش باکس - جنکینز

روش باکس- جنکینز، شامل انتخاب مدل ویژه‌ای از فرایندهای میانگین متحرک MA(q)[۲]، فرایند اتورگرسیو AR(p)[۳]، فرایند اتورگرسیو میانگین متحرک ARMA(p,q)[۴] و فرایند اتورگرسیو میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q)، (که در آن p، مرتبه‌ی اتورگرسیو، q، مرتبه‌ی میانگین متحرک و d، مرتبه‌ی تفاضلی کردن) است. برای تدوین مدل، اولین مرحله، آزمون پایایی[۵] داده‌ها است و اگر داده‌ها پایا نباشد، باید آن‌ها را پایا کرد.

۶-۱-۱- بررسی پایایی سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران

در این تحقیق از آزمون ریشه‌ی واحد[۶] دیکی فولر تعمیم یافته[۷] (ADF) به منظور بررسی پایایی سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران استفاده شده است. برای انجام آزمون

۱- Auto – Regressive – Integrated Moving Average.
۲ -Moving Average.
۳- Auto – Regressive.
٤ -Auto – Regressive Moving Average.
٥- Stationarity.
٦ -Unit Root Test.
۷- Augmented Dickey-Fuller (ADF).

ریشه‌ی واحد ADF بر روی هر متغیر سری زمانی، می‌توان مدل رگرسیونی را براساس فرم‌های (۱۸) تا (۲۱) برآورد کرد:

$$Y_t = b_1 Y_{t-1} + e_t \qquad (۱۸)$$

$$Y_t = a + b_1 Y_{t-1} + e_t \qquad (۱۹)$$

$$Y_t = a + b_0 t + b_1 Y_{t-1} + e_t \qquad (۲۰)$$

$$Y_t = a + b_0 t + b_1 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \delta_i Y_{t-i} + e_t \qquad (۲۱)$$

مقدار آماره‌ی t مربوط به مدل ۳، بزرگ‌تر از آماره‌ی مربوط به مدل ۲ می‌باشد (روشن است که آماره‌ی t مربوط به مدل ۲ نیز از آماره‌ی مدل ۱ بیش‌تر است)، بنابراین چون فرایند تولید داده‌ها ناشناخته است، بهتر است مدل را با حداکثر پارامترهای جبری بسازیم. اگر ناپایایی با این مدل عمومی رد نشد، پارامترهای جبری را کاهش می‌دهیم و آزمون را با شکل‌های ساده‌تر مدل تکرار می‌کنیم، هر جا فرض صفر رد شود، دیگر نیازی به ادامه‌ی آزمون نیست. سری مورد نظر ناپایا خواهد بود اگر حتی با مدل ۱ نیز فرض صفر، یعنی وجود ریشه‌ی واحد قابل رد نباشد[۱]. تعداد وقفه‌های متغیر وابسته را که لازم است برای از بین بردن خود هم‌بستگی بین جملات اخلال در رگرسیون لحاظ کرد، توسط ضابطه‌های آکائیک[۲] (AIC)، شوارز - بیزین[۳] (SBC) و حنان- کوئین[۴] (HQC) تعیین می‌شود. نتایج آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته بر روی سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران، در جدول (۲) نشان داده شده است:

جدول۲- نتایج آزمون ADF بر روی سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران

حالت‌های رگرسیون	سطح صفر		سطح یک	
	آماره‌ی محاسباتی	کمیت بحرانی (٪۵)	آماره‌ی محاسباتی	کمیت بحرانی (٪۵)
بدون عرض از مبدأ و روند	-۳/۰۱	-۴/۲۶	-۲/۹۱	-۴/۴۵
با عرض از مبدأ	-۲/۷۶	-۳/۲۵	-۳/۳۶	-۳/۴
با عرض از مبدأ و روند	-۱/۵۶	-۱/۹۸	-۳/۶	-۲/۰۰۶
نتیجه	عرضه‌ی FDI در سطح ناپایاست.		عرضه‌ی FDI با تفاضل مرتبه‌ی اول پایاست.	

مأخذ: محاسبات تحقیق

۱- توکلی ، احمد .”تحلیل سری‌های زمانی هم‌گرائی و هم‌گرائی یکسان“ مؤسسه‌ی مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ اول مرداد ۱۳۷۶.

۲- Akaike.
۳- Schwarz-bayesian.
۴- Hannan-Quinn.

سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران، در سطح، ناپایاست، ولی با یک بار تفاضل‌گیری پایا می‌شود؛ بنابراین سری زمانی عرضه‌ی FDI ایران، جمعی از درجه‌ی یک I(۱) است.

۶-۱-۲- شناسایی مدل

در مرحله‌ی بعد، باید درجه‌ی میانگین متحرک q، و هم‌چنین درجه‌ی خودرگرسیونی p، مشخص شود. حداکثر وقفه‌هایی که برای هر کدام از مدل‌های اتورگرسیو و میانگین متحرک در نظر گرفته شده است، ۳ وقفه است. برای پیدا کردن وقفه‌ی بهینه از معیار آکائیک استفاده شده است و مدلی که کم‌ترین آکائیک را نسبت به ترکیبات وقفه‌های دیگر دارد، مدل انتخاب شده می‌باشد. بهترین مرتبه‌ی خودرگرسیو (p) برابر با صفر و مرتبه‌ی میانگین متحرک (q) مدل برابر با دو انتخاب شده است؛ مدل ARIMA برآوردی به صورت رابطه‌ی (۲۲) می‌باشد:

$$d(FDI_t) = ۱۰۷۵۴۳/۲۰۶۲ - ۴/۲۳۴۰۲۷۶۲\varepsilon_{t-۱} + ۲/۱۰۵۸۳۰۷۷۲\varepsilon_{t-۱} \qquad (۲۲)$$

$$R^۲ = ۰/۹۵۳ \qquad D.W = ۱/۹۳۸$$

۶-۱-۳- کنترل مدل

به منظور کنترل مدل، باید از غیرتصادفی بودن جملات پسماند[۱] مدل ARIMA برآوردی، اطمینان حاصل شود؛ بنابراین پایایی جملات پسماند مدل بررسی شده است. نتایج آزمون ADF بر روی جملات پسماند مدل ARIMA برآوردی، در جدول (۳) نشان داده شده است:

جدول۳- نتایج آزمون ADF بر روی جملات پسماند مدل ARIMA برآوردی (روی سطح)

حالت‌های رگرسیون	سطح صفر	
	آماره‌ی محاسباتی	کمیت بحرانی (٪۵)
بدون عرض از مبدأ و روند	-۲/۰۷	-۴/۴۵
با عرض از مبدأ	-۳/۰۸	-۳/۰۴
با عرض از مبدأ و روند	-۲/۶۷	-۱/۹۹۵
نتیجه	جملات پسماند مدل ARIMA در سطح، پایاست.	

مأخذ: محاسبات تحقیق

جملات پسماند مدل ARIMA برآوردی، در سطح پایاست.

۱- Residual.

۶-۲- معیارهای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی دو فرم مدل ACOFDISS و مدل ARIMA

به منظور ارزیابی کارائی دو فرم مدل ACOFDISS، MSE و MAPE بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی عرضه‌ی FDI در دوره‌ی آزمایش مدل‌ها (۱۳۸۲-۱۳۸۶)، مربوط به پیش‌بینی دو فرم مدل ACOFDISS و مدل ARIMA برآوردی، به صورت جدول (۴) محاسبه شده است:

جدول ۴- ارزیابی عملکرد مدل‌ها، در دوره‌ی آزمایش مدل‌ها

	MSE	MAPE
فرم درجه‌ی دوم مدل ACOFDISS	۶۵۰۲۳۹۹۴۰۷۳۷۶	۰/۱۳۳۶
فرم نمایی مدل ACOFDISS	۸۳۲۲۰۱۷۳۳۸۶۰۱	۰/۱۷۵۲
مدل ARIMA	۱۵۳۶۸۱۱۰۱۲۷۰۳۸۴۰۰	۷/۰۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اساس هر دو معیار کارائی پیش‌بینی، کارائی دو فرم مدل ACOFDISS، به مراتب بالاتر است. خطای بسیار زیاد مدل ARIMA برآوردی در دوره‌ی ارزیابی کارائی پیش‌بینی، عدم کارائی مدل فوق را در پیش‌بینی‌های بلندمدت (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶)، با دوره‌ی کوتاه‌مدت برآورد مدل (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۱) نشان می‌دهد. بنابراین در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI در ایران، به این دلیل که اولین مورد FDI در ایران در سال ۱۳۷۲ بوده و در نتیجه دوره‌ی داده‌ها محدود است، استفاده از دو فرم مدل ACOFDISS، بسیار مناسب‌تر می‌باشد. هم‌چنین بر اساس هر دو معیار ارزیابی عملکرد پیش‌بینی، تابع عرضه‌ی درجه‌ی دوم شبیه‌سازی شده با استفاده از ACO، عملکرد بهتری را در پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران نشان می‌دهد؛ بنابراین پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران را می‌توان با استفاده از فرم درجه‌ی دوم مدل ACOFDISS، با خطای کم‌تری پیش‌بینی کرد.

MSE و MAPE به دست آمده در این مقاله را می‌توان معیاری مقایسه‌ای با نتایج مطالعات آتی که با روش‌های پیش‌بینی دیگر، به پیش‌بینی آتی عرضه‌ی FDI ایران می‌پردازند، قرار داد.

۷- پیش‌بینی روند آتی عرضه‌ی FDI

۷-۱- شبیه‌سازی متغیرهای مستقل

به منظور پیش‌بینی روند آتی عرضه‌ی FDI، ابتدا باید مقادیر آتی متغیرهای مستقل مدل پیش‌بینی شوند. برای این منظور، متغیرهای مستقل مدل، بر اساس متغیر زمان و با فرم نمایی شبیه‌سازی شده‌اند.

شبیه‌سازی شاخص مقیاس بازار در هر سال به صورت روابط (۲۳) می‌باشد:

$$Y = ۱۰۱۲/۳۰۷ + ۲۵۷۳۲۹/۰۸۴X^{۱/۹۹۷} \qquad R^۲ = ۰/۹۹۵ \qquad (۲۳)$$

شبیه‌سازی شاخص سرمایه‌ی انسانی در هر سال به صورت روابط (۲۴) می‌باشد:

$$Y = ۲۲/۰۸۴ + ۷/۲۰۷X^{۰/۶۱۷} \qquad R^۲ = ۰/۹۸۷ \qquad (۲۴)$$

شبیه‌سازی شاخص منابع طبیعی در دسترس در هر سال به صورت روابط (۲۵) می‌باشد:

$$Y = ۶۵۵/۵۶۷ + ۱۱/۶۳X^{۱/۵۴۶۴} \qquad R^۲ = ۰/۹۵۲ \qquad (۲۵)$$

شبیه‌سازی شاخص توجه به زیر ساخت‌ها در هر سال به صورت روابط (۲۶) می‌باشد:

$$Y = ۷۲۱۴/۵۶۶ + ۳۶/۷۴۸X^{۳/۰۸۴} \qquad R^۲ = ۰/۹۶۵ \qquad (۲۶)$$

در روابط (۲۳) تا (۲۶)، X به عنوان متغیر توضیحی سری زمانی می‌باشد، به‌طوری‌که:

$$X = (۱۳۷۲ = ۱، ۱۳۷۳ = ۲، ۱۳۷۲ = ۴، ...)$$

۷-۲- آزمون مدل‌های شبیه‌سازی شده

در تخمین مقادیر آتی متغیرهای مستقل مدل با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی شده، باید از غیرتصادفی بودن جملات پسماند مدل‌های شبیه‌سازی شده اطمینان حاصل کرد؛ در صورت پایایی جملات پسماند مدل‌های شبیه‌سازی شده، می‌توان نتیجه گرفت که به علت $R^۲$ بالای توابع شبیه‌سازی شده، خط سیر مقادیر تخمینی توسط مدل‌ها، تقریباً منطبق بر خط سیر مقادیر واقعی متغیرهای مستقل است. نتایج آزمون ADF برای جملات پسماند مدل‌ها، در جدول (۵) نشان داده شده است:

جدول ۵- نتایج آزمون ADF بر روی پسماند مدل‌ها (در سطح)

	GDP		H		NAT		INF	
حالت‌های رگرسیون	آماره	کمیت بحرانی (٪۵)	آماره	کمیت بحرانی (٪۵)	آماره	کمیت بحرانی (٪۵)	آماره	کمیت بحرانی (٪۵)
بدون عرض از مبدأ و روند	-۵/۳	-۳/۸	-۲/۱	-۳/۹	-۳/۷	-۳/۹	-۲/۴	-۳/۹
با عرض از مبدأ	-۳/۴	-۳/۱	-۳/۷	-۳/۱	-۱/۸	-۳/۱	-۲/۹	-۴/۲
با عرض از مبدأ و روند	-۳	-۱/۹	-۳/۸	-۱/۹	-۳/۱	-۱/۹	-۳/۱	-۱/۹
نتیجه	در سطح پایاست		سطح پایاست		در سطح پایاست		در سطح پایاست	

مأخذ: محاسبات تحقیق

پسماندهای فرم‌های شبیه‌سازی تمام متغیرها، در سطح پایا هستند.

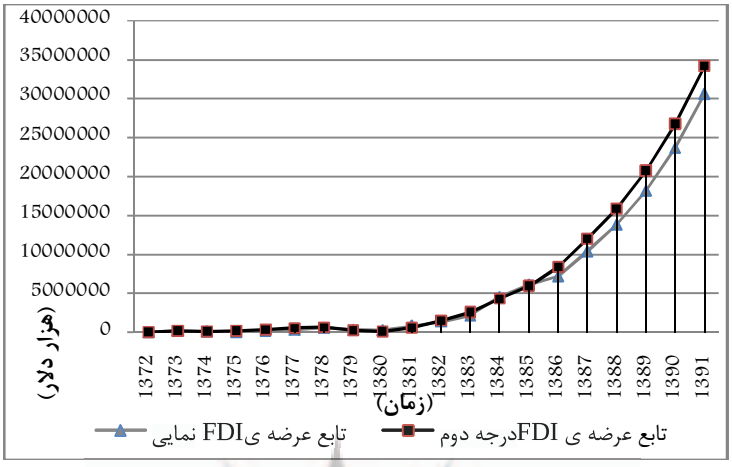
۷-۳- پیش‌بینی روند آتی عرضه‌ی FDI ایران تا سال ۱۳۹۱

پس از اطمینان از غیرتصادفی بودن جملات پسماند مدل‌های شبیه‌سازی شده‌ی متغیرهای مستقل مدل، پیش‌بینی عرضه‌ی FDI (هزار دلار) ایران، با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی شده، از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۱، در جدول (۶) و نمودار (۱) نشان داده شده است:

جدول ۶- پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران تا سال ۱۳۹۱

تابع عرضه‌ی FDI نمایی	تابع عرضه‌ی FDI درجه‌ی دوم	
۱۰۴۰۱۶۸۳.۳۶	۱۱۹۷۴۶۳۶.۲۲	۱۳۸۷
۱۳۸۰۸۶۰۴.۶۲	۱۵۸۴۰۱۵۲.۷	۱۳۸۸
۱۸۱۵۸۴۴۲.۹۸	۲۰۶۹۰۳۳۳.۱۸	۱۳۸۹
۲۳۶۶۸۱۴۱.۱	۲۶۷۱۸۷۷۹.۷۴	۱۳۹۰
۳۰۵۹۲۵۶۱.۲۱	۳۴۱۴۵۶۱۱.۲۳	۱۳۹۱

مأخذ: محاسبات تحقیق



مأخذ: محاسبات تحقیق

نمودار ۱- پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران تا سال ۱۳۹۱

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای آینده

در این مقاله، شبیه‌سازی عرضه‌ی FDI ایران، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها (ACOFDISS) انجام شده است. دو فرم ACOFDISS، با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۶، بسط داده شده‌اند. دو فرم مدل ACOFDISS، به وسیله‌ی بهینه‌سازی ارزش پارامترها، داده‌ی موجود را به کار می‌برند و می‌توانند به منظور پیش‌بینی آتی عرضه‌ی FDI ایران به‌کار روند. برای این منظور، مدل‌های با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۱ شبیه‌سازی شده و سپس برای ارزیابی کارائی پیش‌بینی دو فرم مدل ACOFDISS نسبت به روش‌های رایج پیش‌بینی سری زمانی، MSE و MAPE بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی عرضه‌ی FDI در دوره‌ی آزمایش مدل‌ها (۱۳۸۲-۱۳۸۶)، مربوط به پیش‌بینی دو فرم مدل ACOFDISS و مدل ARIMA برآوردی، مقایسه شده‌اند؛ نتیجه این‌که، دو فرم مدل ACOFDISS، پیش‌بینی بسیار کاراتری را در دوره‌ی آزمایش مدل‌ها نشان داده است. تابع تقاضای درجه‌ی دوم، با معیارهای عملکرد پیش‌بینی بهتر، به منظور پیش‌بینی عرضه‌ی FDI ایران انتخاب شده است. عرضه‌ی FDI در ایران تا سال ۱۳۹۱ پیش‌بینی شده است. استفاده از ACOFDISS، می‌تواند به وسیله‌ی ارزیابی مناسب تعیین‌کننده‌های کلان

اقتصادی عرضه‌ی FDI، اثرات سیاست‌های دو دهه‌ی گذشته دولت را در روند آتی جذب FDI ایران، پیش‌بینی کرده و به ارزیابی کارای مدیریت عرضه‌ی FDI کمک کند.

فهرست منابع

۱- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، حساب‌های ملی ایران، اداره‌ی حسابهای اقتصادی. (۱۳۸۶).

۲- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، نماگرهای اقتصادی، اداره‌ی بررسی‌های اقتصادی. سال‌های مختلف.

۳- وزارت امور اقتصادی و دارایی، سازمان سرمایه‌گذاری و کمک‌های فنی و اقتصادی ایران. (۱۳۸۶).

۴- حسینی، سیدصفدر و مولایی، مرتضی. (۱۳۸۵). تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد اقتصادی در ایران. پژوهشنامه اقتصادی، ۶ (۲ (پیاپی ۲۱)): ۵۷-۸۰.

۵- داودی، پرویز و شاه‌مرادی، اکبر. (۱۳۸۳). بازشناسی عوامل مؤثر بر جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در اقتصاد ایران و ۴۶ کشور جهان در چارچوب یک الگوی تلفیقی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۸ (۲۰): ۸۱-۱۱۳.

۶- شاه آبادی، ابوالفضل و محمودی، عبداله (۱۳۸۵). تعیین کننده‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران، جستارهای اقتصادی. ۳(۵): ۸۹-۱۲۶.

۷- شاه‌آبادی، ابوالفضل. (۱۳۸۶). اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تجارت بین‌الملل و سرمایه‌ی انسانی بر بهره‌وری کل عوامل اقتصاد ایران. جستارهای اقتصادی، ۴(۷): ۹۹-۱۳۴.

۸- کمیجانی، اکبر و عباسی، منصوره. (۱۳۸۵). تبیین نقش عوامل مؤثر بر جلب سرمایه‌ی مستقیم خارجی در ایران. تحقیقات اقتصادی، (۷۳): ۶۹-۱۰۵.

۹- کمیجانی، اکبر و قوی دل، صالح. (۱۳۸۵). اثر سرریز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در اشتغال ماهر و غیرماهر بخش خدمات ایران. تحقیقات اقتصادی، (۷۶): ۲۹-۵۰.

۱۰- نصابیان، شهریار. (۱۳۸۵). نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر اشتغال ایران. پژوهش‌نامه‌ی اقتصادی، ۶ (۳ (پیاپی ۲۲)): ۹۷-۱۲۲.

۱۱- هژبرکیانی، کامبیز و سبزی، کیومرث. (۱۳۸۵). تخمین تابع عرضه سرمایه‌گـذاری مستقیم خارجی در ایران. پژوهش‌نامه‌ی اقتصادی، ۶ (۳ (پیاپی ۲۲)): ۱۶۱-۲۰۴.

۱۲- Asiedu, E. (۲۰۰۲). On the Determinants of Foreign Direct Investment to Developing Countries: Is Africa Different?. World Development, Vol. ۳۰(۱), PP: ۱۰۷-۱۱۹.

۱۳- Chandprapalert, A. (۲۰۰۰). The Determinants of U.S. Direct Investment in Thailand: A Survey on Managerial Perspectives. Multinational Business Review, Vol. ۸(۲), PP: ۸۲-۸۸.

۱۴- Chunlai, C. (۱۹۹۷). The location Determinants of FDI in Developing Countries. CIES Discussion Paper Series, PP: ۹۷-۱۱۲.

۱۵- Dunning, J.H. (۱۹۸۸). The Eclectic Paradigm of International Production: Restatement and Some Possible Extention. Journal of Business Studies, Vol. ۱۹, PP: ۳۲-۴۱.

۱۶- Dorigo, M. (۱۹۹۲). Optimization, learning and natural algorithms. Ph.D. Thesis, Politecnico di Milano, Italy.

۱۷- Dorigo, M., Di Caro, G. (۱۹۹۹). Ant colony optimization: a new metaheuristic. In: Proceeding of the ۱۹۹۹ Congress on Evolutionary Computation, vol. ۲, PP. ۱۴۷۰–۱۴۷۷.

۱۸- Erdal, F., Tatoglu, E. (۲۰۰۲). Locational Determinants of Foreign Direct Investment in an Emerging Market Economy: Evidence From Turkey. Multinational Business Review, Vol. ۱۰(۱), PP: ۱۱-۲۶.

۱۹- Frawsen, G., Henrik, J. (۲۰۰۴). FDI & Developing Countries, How To Attract Trans- National Corporation?. School of Economics and Management, LUND University, PP: ۳.

۲۰- Jenkins, C., Thomas, L. (۲۰۰۲). FDI in southern Africa: Determinants, characteristics and Implications for Economic Growth and Poverty Alleviation. Working Paper, Oxford: Center for the study of African Economies, Oxford University.

۲۱- Zhang, K., Markusen, J. (۱۹۹۹). Vertical Multinationals and host - Country Zharacteristics. Journal of Development Economics, Vol. ۵۹, PP: ۲۳۳- ۲۵۲.

۲۲- Lucas,. R.E. (۱۹۹۰). Why Doesn't Capital Flow From Rich to Poor Countries. American Economic Review, Vol. ۸۰, PP: ۹۲-۹۶.

۲۳- Morrisset, P. (۲۰۰۰). Foreign Direct Investment to Africa: Policies also matter. Trans-national Corporation, Vol. ۹(۲), PP: ۱۰۷-۱۲۵.

۲۴- Kamp, N.P. (۲۰۰۲). Determinants of FDI in Developing Countries: has globalization changed the rules of the game?. Kieler Arbitspapiere, Kiel Working Papers, No. ۱۱۲۲, Kiel Institute for World Economics, Kiel.

۲۵- Talbi, E.G., Roux, O., Fonlupt, C., Robillard, D. (۲۰۰۱). Parallel ant colonies for the quadratic assignment problem. Future Generation Computer Systems, Vol. ۱۷, PP: ۴۴۱–۴۴۹.

۲۶- Toksar, M.D. (۲۰۰۶). Ant colony optimization for finding the global minimum. Applied Mathematics and Computation Vol. ۱۷۶ (۱), PP: ۳۰۸–۳۱۶.

۲۷- Toksari, M.D. (۲۰۰۷). Ant colony optimization approach to estimate energy supply in Turkey. Energy Policy Vol. ۳۵, PP: ۳۹۸۴–۳۹۹۰.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی