

## تأثیر دوران رونق و رکود اقتصادی در اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست رهیافت مدل‌های مارکوف - سوئیچینگ

مریم لشکری‌زاده\*

### چکیده

در سالیان گذشته، جهانی شدن هم‌راه با افزایش حجم تجارت و سرمایه‌گذاری در نقاط گوناگون جهان تبعات مثبت و منفی زیست‌محیطی متعددی به‌هم‌راه داشته است. در پژوهش حاضر، تلاش شده است با استفاده از روش مارکوف - سوئیچینگ و داده‌های سری زمانی طی دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۴ تأثیرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در دوره‌های تجاری اقتصاد ایران بررسی شود. در این زمینه، دوره‌های تجاری اقتصاد ایران با استفاده از مدل مارکوف - سوئیچینگ استخراج شده و سپس در چهارچوب مدل‌های اقتصادسنجی با بهره‌گیری از روش هم‌انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس تأثیرات دوران رکود و رونق اقتصادی در رابطه بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با محیط زیست بررسی شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که طی دوره‌های تجاری میزان اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست متفاوت است. به‌طوری که تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در دوران رونق اقتصادی که پایداری بالاتری دارد بیش‌تر از دوران رکود است. هم‌چنین نتایج دلالت بر تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی در دوره‌های تجاری ایران دارد.

**کلیدواژه‌ها:** سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، محیط زیست، مارکوف - سوئیچینگ، پناهگاه آلودگی، دوره‌های تجاری.

طبقه‌بندی JEL: F18, Q52

## ۱. مقدمه

سرمایه‌گذاری خارجی یکی از مهم‌ترین روش‌های تأمین مالی خارجی به روش غیراستقراضی است که معمولاً ریسک دارد و تضمین‌های دولتی کشور میزبان را به‌هم‌راه ندارد. طی دهه‌های اخیر در عرصه جهانی، انواع گوناگون جریان سرمایه رشد بالایی داشته است که از جمله می‌توان به سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرمایه‌گذاری پورتفولیوی خارجی، وام‌های بانکی، اوراق قرضه، و اوراق مشتقه شامل معامله جایگزینی ارزها، اختیار خرید سهم<sup>۱</sup>، معاملات سلف<sup>۲</sup>، و بیمه‌های اتکایی<sup>۳</sup> اشاره کرد. در مبانی تئوری‌های اقتصادی سرمایه‌گذاری در حکم عاملی مهم و بنیادی نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و توسعه پایدار دارد. تأثیر شگرف سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای در حال توسعه بیان‌گر نقش آفرینی این شکل از سرمایه‌گذاری در رونق اقتصادی آنان است. در سالیان گذشته، جهانی شدن هم‌راه با افزایش حجم تجارت و سرمایه‌گذاری در نقاط گوناگون جهان تبعات مثبت و منفی متعددی را به‌هم‌راه داشته است. از یک‌سو، فرصت‌های جهانی شدن نقش مهمی در افزایش پتانسیل رشد در سراسر کشورها ایفا می‌کند و از سوی دیگر، این بحث مطرح می‌شود که آیا تجارت بین‌المللی و الگوی سرمایه‌گذاری جهانی تبعات زیست‌محیطی دارد یا خیر؟ به‌عبارت‌دیگر، آیا تجارت و سرمایه‌گذاری برون‌مرزی موجب تخریب یا بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود؟ شواهد به‌دست‌آمده از ادبیات این حوزه تا حدی مبهم است. تجارت و سرمایه‌گذاری در داخل یک کشور می‌تواند به دو شکل باعث پی‌آمدهای زیست‌محیطی شود: نخست، کشورهای در حال توسعه برای افزایش صادرات خود ممکن است در کوتاه‌مدت با اجازه‌دادن به تولید صنایعی که خسارت محیط زیستی دارند سازش کنند و از سوی دیگر، تجارت در پاسخ به تقاضای روبه‌رشد جهانی ممکن است باعث اتمام منابع و برخی فعالیت‌ها و درنهایت به تخریب محیط زیست منجر شود. از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشور میزبان از طریق تأثیرات سرریز مثبت ناشی از انتقال فناوری‌های دوست‌دار محیط زیست و سرمایه‌گذاری در موارد حفاظتی از محیط زیست می‌تواند تأثیر به‌سزایی در بهبود کیفیت زیست‌محیطی کشور میزبان داشته باشد.

هدف از نگارش این مقاله بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی در اوضاع رونق و رکود اقتصادی با ره‌یافت الگوی چرخشی مارکوف — سوئیچینگ است تا به این مهم دست یابیم که آیا دوره‌های تجاری می‌توانند در رابطه بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و محیط زیست تأثیر معنادار داشته باشند. براین‌اساس، در

بخش دوم مقاله مبانی نظری بررسی شده است؛ بخش سوم مطالعات داخلی و خارجی درباره موضوع بررسی شده است و در بخش‌های چهارم و پنجم نتایج و پیش‌نهادها ذکر شده است.

## ۲. مبانی نظری

باتوجه به این‌که هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دست‌یابی به رشد اقتصادی بالاتر است، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به موضوعی بحث‌برانگیز تبدیل شده است. از آن‌جا که مطالعات پژوهشی در زمینه رابطه محیط زیست و سیاست‌های اقتصادی محدود است و اغلب کشورهای در حال توسعه از لحاظ آلودگی‌های زیست‌محیطی جزو کشورهای آلاینده در جهان‌اند، از این‌رو، به‌علت اهمیت مسائل زیست‌محیطی، انجام‌دادن مطالعاتی در زمینه محیط زیست برای کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران ضروری به‌نظر می‌رسد. در بررسی‌های اقتصادی کمبود سرمایه یکی از عوامل توسعه‌نیافتگی است. کمبود سرمایه از عوامل اصلی گرفتار شدن بسیاری از کشورها در چرخه باطل فقر است. اگر دولت‌ها نتوانند به گونه‌های مناسب به منابع مالی دسترسی یابند، فعالیت‌های اقتصادی آن‌ها در زمینه رشد و توسعه با دشواری روبه‌رو خواهد شد. در این صورت، یکی از راه‌ها استفاده از سرمایه‌های انباشته‌شده در دیگر کشورهاست. از دو راه می‌توان به سرمایه‌های خارجی دست یافت: اول وام‌گیری از کشورها و مؤسسات مالی خارجی و دوم جذب مستقیم سرمایه (اصغری و عاملی ۱۳۹۰). سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از سوی کشورهای توسعه‌یافته به‌طور مثبت با شدت سیاست‌های زیست‌محیطی مرتبط است و آلودگی در کشورهای در حال توسعه نیز به‌طور مستقیم با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در این کشورها در ارتباط است. دلایل بسیاری بیان می‌کند که چرا در کشورهای در حال توسعه شدت آلودگی بالا و قوانین زیست‌محیطی ضعیف است یا اجراشدنی نیست. دلیل اول این‌که با افزایش درآمد تقاضا برای کیفیت محیط زیست افزایش می‌یابد. بنابراین، کشورهای توسعه‌یافته، که درآمد بالاتری در مقایسه با کشورهای در حال توسعه دارند و تقاضا برای داشتن محیط زیست پاک در آن‌ها بیش‌تر صورت می‌گیرد، از وضع و اجرای قوانین محیط زیست به‌خوبی حمایت می‌کنند که این موضوع در کشورهای در حال توسعه برعکس است؛ دوم، رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه مرتبط با تغییراتی در ساختار آن‌ها از کشاورزی به

صنعتی است. بنابراین، سرمایه‌گذاری در بخش صنعت افزایش می‌یابد و به‌علت ضعف یا اجرایی‌نشدن قوانین زیست‌محیطی به بدترشدن وضعیت زیست‌محیطی منجر می‌شود (Frankel and Romer 2000). نحوه اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه متفاوت است. گروسمن و کروگر (Grossman and Krueger 1995) تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست را به سه دسته تأثیر مقیاس، ترکیب، و فناوری تفکیک کردند. تأثیر مقیاس اشاره به افزایش در مقیاس اقتصاد و گسترش تولید و بازدهی فعالیت اقتصادی به‌دنبال بهبود و ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی دارد. برخی از دانشمندان مانند استرن و همکاران (Stern et al. 2004) معتقدند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌علت اثرگذاری در رشد اقتصادی می‌تواند در کیفیت زیست‌محیطی مؤثر باشد. آن‌ها با تأکید بر فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، که بیان‌گر رابطه U معکوس بین رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی است، استدلال می‌کنند که کشورهای در حال توسعه، که اکثراً در نیمه چپ منحنی کوزنتس قرار گرفته‌اند، با افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، که سبب افزایش رشد اقتصادی می‌شود، کیفیت زیست‌محیطی خود را تنزل می‌بخشند.

تأثیر ترکیب بیان‌گر تغییر در ترکیب تولید است و این تأثیر در محیط زیست به نوع مزیت نسبی بستگی دارد. باتوجه به مزیت نسبی در یک کشور، اگر کشوری در تولید کالاهای آلاینده مزیت داشته باشد و در تولید آن تخصص پیدا کند، در آن صورت تأثیر ترکیب به‌واسطه تغییر ترکیب کالاهای تولیدی کشور به‌سمت کالاهای آلاینده موجب تخریب محیط زیست می‌شود و اگر در تولید کالاهای پاک مزیت نسبی داشته باشد، بر اثر آزادسازی تجاری، ترکیب کالاهای تولیدی آن کشور به‌سمت کالاهای پاک تغییر می‌کند و در آن صورت تأثیر ترکیب در محیط زیست مثبت و موجب بهبود کیفیت آن می‌شود. تأثیر ترکیب همان بحث فرضیه پناهگاه آلودگی است. با آزادسازی تجاری و افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، کشورهای توسعه‌یافته در تولید کالاهای پاک و کشورهای در حال توسعه در تولید کالاهای آلوده تخصص پیدا می‌کنند. از این‌رو، کشورهای در حال توسعه به لنگرگاه و پناهگاهی برای آلودگی تبدیل می‌شوند. براساس این تئوری می‌توان نتیجه گرفت که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای در حال توسعه موجب تخریب بیش‌تر محیط زیست می‌شود، چراکه براساس تئوری پناهگاه آلودگی کشورهای با سیاست‌ها و قوانین زیست‌محیطی قوی عمدتاً تمایل دارند که صنایع آلاینده خود را در قالب تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشورهای صادرکننده معیارهای

زیست‌محیطی ضعیف و پایینی دارند. نتیجه این امر برای کشور میزبان افزایش سطح آلودگی و تخریب بیش‌تر محیط زیست است (لشکری‌زاده و همکاران ۱۳۸۸).

به‌طور کلی، براساس فرضیه پناهگاه آلودگی، صنایع با شدت آلاینده‌گی بالا در حال انتقال از اقتصادهای توسعه‌یافته به‌سوی جهان در حال توسعه‌اند. به‌عبارت‌دیگر، کشورهای در حال توسعه با توجه به دست‌مزدهای پایین و قوانین زیست‌محیطی ملایم، در خصوص تولیدات مرتبط با صنایع آلاینده، در مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته‌تر جذابیت بالاتری برای جلب این صنایع دارند که این امر به مزیت نسبی تولیدات آلاینده در کشورهای در حال توسعه منتهی می‌شود. در چنین فرایندی، با انتقال صنایع آلاینده به‌سوی کشورهای در حال توسعه این کشورها به صادرکنندگان صنایع آلاینده و در مقابل کشورهای توسعه‌یافته به واردکنندگان محصولات این صنایع تبدیل می‌شوند (Wheeler and Birdsall 2004). با توجه به پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته براساس فرضیه پناهگاه آلودگی، در خصوص انتقال صنایع آلاینده به کشورهایی با سیاست‌های زیست‌محیطی ملایم، در پاره‌ای از موارد مطالعات تجربی فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید نمی‌کند، چراکه هزینه‌های حفاظت از محیط زیست بنگاه‌های اقتصادی پایین است و تأثیر بسیاری در قدرت رقابت‌پذیری آن‌ها نمی‌گذارد. هم‌چنین در کشورهایی که سیاست زیست‌محیطی بالایی ندارند ممکن است، به‌علت نااطمینانی و ریسک‌های بالای سرمایه‌گذاری، جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی پایین باشد و در این صورت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر معناداری در کیفیت محیط زیست آن‌ها نخواهد داشت. هم‌چنین برخی از بنگاه‌ها به‌علت توجه به محیط زیست و امضای تفاهم‌نامه و جلوگیری از واکنش سازمان‌های مدافع محیط زیست تمایلی به کسب مزیت نسبی از طریق انتقال صنایع آلاینده به کشورهای دیگر ندارند.

تأثیر بهبود فناوری در محیط زیست را از دو جنبه بررسی می‌کنند: الف) کارآترشدن در تولید، یعنی برای تولید هر واحد ستاده از نهاده‌های کم‌تری استفاده می‌شود که ممکن است آلاینده نیز باشند؛ ب) تغییرات مشخص در فرایندهای انتشار و ایجاد آلودگی، به‌طوری‌که درازای استفاده از هر واحد نهاده آلودگی کم‌تری ایجاد شود (Marin 2010) که می‌توان تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت محیط زیست را بررسی کرد. نظریه پورتر (۲۰۰۰) در تأیید تأثیر فناوری بیان می‌کند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در حکم عاملی تولیدی باعث تسریع رشد اقتصادی کشور میزبان می‌شود و دست‌رسی کشور میزبان به فناوری دوست‌دار محیط زیست را فراهم می‌آورد و استفاده از فناوری‌های پاک و کارآ در حفاظت از محیط زیست نهایتاً به بهبود کیفیت محیط زیست می‌انجامد. هم‌چنین براساس

فرضیه هاله آلودگی می توان به تأثیر مثبت ورود فناوری در محیط زیست اشاره کرد. براساس این فرضیه، شرکت های سرمایه گذاری خارجی، که مدیریت بهتر و فناوری های پیشرفته تری دارند، در نتیجه ورود سرمایه های خود به کشورهای در حال توسعه نه تنها موجب تسریع رشد اقتصادی این کشورها می شوند، بلکه دسترسی کشور میزبان به فناوری کارآ و سازگار با محیط زیست را نیز فراهم می کنند (List et al. 2003).

بنابراین، به دنبال ورود سرمایه های خارجی، تأثیر مقیاس به افزایش تخریب محیط زیست منجر می شود و تأثیر فناوری، در صورتی که سرمایه گذاری مستقیم خارجی باعث ورود فناوری های پاک و دوست دار محیط زیست شود، به کاهش تخریب محیط زیست می انجامد؛ تأثیر ترکیب نیز به نوع مزیت نسبی بستگی دارد، به طوری که، با توجه به مزیت نسبی در یک کشور، اگر کشوری به علت قوانین زیست محیطی و استفاده از فناوری های دوست دار محیط زیست در تولید کالاهای پاک مزیت داشته باشد، آنگاه بر اثر ورود سرمایه های مستقیم خارجی تأثیر ترکیب با تغییر ترکیب کالاهای تولیدی کشور به سمت کالاهای پاک تأثیرات مثبتی در محیط زیست می گذارد و اگر به واسطه مزیت نسبی کشوری در تولید کالاهای آلاینده مزیت داشته باشد، در آن صورت، تأثیر ترکیب موجب تغییر ترکیب کالاهای تولیدی کشور به سمت کالاهای آلاینده می شود و تأثیرات منفی در محیط زیست بر جا می گذارد. با فرض این که سرمایه گذاری مستقیم خارجی موجب ورود فناوری های دوست دار محیط زیست می شود، در آن صورت، به دنبال افزایش سرمایه گذاری مستقیم خارجی اگر تأثیر فناوری بر تأثیر مقیاس و تأثیر ترکیب (در حالت کشوری با مزیت نسبی در صنایع آلاینده) غالب شود یا اگر تأثیر فناوری هم راه با تأثیر ترکیب (برای کشوری با مزیت نسبی در صنایع پاک) بر تأثیر مقیاس غالب شود، در آن صورت، افزایش سرمایه گذاری مستقیم خارجی به بهبود کیفیت محیط زیست می انجامد. انتظار بر این است که اوضاع رونق و رکود اقتصادی میزان و شدت تأثیر سه عامل مقیاس، ترکیب، و فناوری را تغییر دهد. به طوری که در دوران رونق اقتصادی، که حجم سرمایه گذاری مستقیم خارجی افزایش می یابد، تأثیر مقیاس نیز تقویت و موجب تخریب بیش تر محیط زیست می شود؛ از سوی دیگر، با ورود سرمایه های خارجی، که رشد اقتصادی بالاتر و درآمدهای بالاتر را موجب می شود، انتظار بر این است که در دوران رونق کیفیت محیط زیست در حکم کالایی طبیعی وارد ترجیحات مصرف کننده شود و تقاضا برای آن افزایش یابد. با افزایش تقاضای کیفیت محیط زیست دولت نیز در برابر تقاضای مردم احساس مسئولیت می کند و از طریق اعمال یا تشدید قوانین زیست محیطی و محدود کردن استفاده از فناوری های آلاینده

به بهبود محیط زیست برطبق تقاضای مردم پاسخ می‌دهد. با اعمال قوانین زیست‌محیطی و استفاده از فناوری‌های دوست‌دار محیط زیست ترکیب تولید نیز تغییر خواهد کرد. به‌طور کلی در دوران رونق اقتصادی اگر بر اثر ورود سرمایه‌گذاری‌های خارجی میزان فناوری‌های دوست‌دار محیط زیست افزایش یابد، تأثیر فناوری تقویت شود، و بر تأثیر مقیاس غلبه کند، آن‌گاه با فرض تغییر ترکیب تولید (از کالاهای آلاینده به سمت کالاهای پاک) کیفیت محیط زیست بهبود می‌یابد، در صورتی که، تأثیر مقیاس بیش‌تر تقویت شود و بر تأثیر فناوری غالب شود، آن‌گاه با واردشدن اقتصاد به دوران رونق و لحاظ تأثیر ترکیب، که بیان‌گر مزیت نسبی در تولید کالاهای آلاینده است، در کشورهای در حال توسعه باعث کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. پیش‌بینی می‌شود بر اثر ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در دوران رکود شدت میزان تأثیرات مقیاس و فناوری در محیط زیست کاهش یابد. با توجه به تأثیری که رکود در میزان تأثیرات مقیاس و فناوری دارد، کیفیت محیط زیست با لحاظ تأثیر ترکیب تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به میزان و تأثیرات مثبت و منفی‌ای که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در دوران رونق و رکود اقتصادی برجای می‌گذارد، سؤالی که مطرح می‌شود این است که در اوضاع رکود و رونق اقتصادی آیا تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در ایران معنادار و متفاوت است؟ به عبارتی، آیا تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در ایران نامتقارن است؟ آیا فرضیه پناهگاه آلودگی در دوران رونق و رکود اقتصادی برای ایران تأیید می‌شود؟

### ۳. مطالعات تجربی

لشکری‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی شش کشور در حال توسعه مالزی، تایلند، اندونزی، سنگاپور، فیلیپین، و ایران را طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ با استفاده از ره‌یافت هم‌جمعی بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و معناداری در آلاینده‌دی‌اکسیدکربن در تمامی کشورهای موردبررسی، به‌جز سنگاپور، در بلندمدت و کوتاه‌مدت داشته است. امین‌رشتی و معرفتی (۱۳۹۱) تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در عملکرد زیست‌محیطی را در دو گروه کشورهای با درآمد بالا و درآمد پایین بررسی کردند. نتایج حاکی از تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری در شاخص عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای با درآمد بالا بود، اما این تأثیر در کشورهای با درآمد پایین معکوس بود.

برقی اسکویی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر تولیدات کارخانه‌ای و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو گروه D8 بررسی کردند. نتایج، که با استفاده از مدل پانل دیتا و برای دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ و با روش گشتاورهای تعمیم‌یافته برآورد شده بود، نشان داد که در روش تأثیرات ثابت همه متغیرهای مورد بررسی به‌جز سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی رابطه‌ای مثبت و معنادار با انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند. در روش گشتاورهای تعمیم‌یافته نیز همه متغیرهای برآورد شده مثبت و معنا دارند.

صادقی و صادقی (۱۳۹۲) در مقاله‌ای پی‌آمدهای زیست‌محیطی رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را بررسی کردند. برای این منظور، از آزمون هم‌گرایی پدرونی و روش Fully Modified OLS/ FMOLS برای به‌دست آوردن بردارهای هم‌انباشتگی استفاده کردند. براساس نتایج وجود منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه تأیید شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی موجب افزایش یک‌نواخت میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. به عبارت دیگر، رابطه U معکوس بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن برقرار نیست و فرضیه لنگرگاه آلودگی در کشورهای مورد بررسی تأیید می‌شود.

محمدی و سخی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای تأثیر شاخص‌های آزادی تجارت، سرمایه‌گذاری خارجی، و شاخص توسعه انسانی در شاخص عملکرد محیط زیست را با تجزیه و تحلیل متقابل کشورها در سال ۲۰۰۷ برای ۷۳ کشور بررسی کردند. تجزیه و تحلیل جداگانه‌ای برای کشورها در مدل‌های تجربی متفاوت بررسی شد. نتایج رگرسیون نشان داد که آزادسازی تجاری در کشورهای با درآمد بالا باعث افزایش شاخص عملکرد محیط زیست و در کشورهای با درآمد پایین باعث کاهش شاخص عملکرد محیط زیست شده است. از این رو، فرضیه پناهگاه آلودگی در گروه کشورهای با درآمد پایین رد نمی‌شود.

اصغری و رفسنجانی‌پور (۱۳۹۲) در تحقیق خود تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در میزان آلاینده دی‌اکسیدکربن را در دوازده کشور منتخب حوزه منا در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ بررسی کردند. نتایج حاکی از آن است که ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به منطقه تأثیر مثبت و معناداری در میزان انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن دارد. هم‌چنین ورود سرمایه‌های خارجی نه تنها به ورود فناوری ذخیره انرژی در منطقه مذکور



نینجامیده است، بلکه باعث افزایش مصرف انرژی به علت افزایش مقیاس تولید و بنابراین کاهش کیفیت محیط زیست شده است.

پنگ و همکاران (Peng et al. 2011) رابطه میان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و کیفیت محیط زیست را در چین طی دوره زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ با استفاده از روش (Vector Autoregression Regression/ VAR) بررسی کردند. نتایج توابع واکنش آنی نشان می‌دهد که تأثیر اعمال قوانین زیست‌محیطی در سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با گذشت زمان کاهش می‌یابد. به عبارتی فرضیه لنگرگاه آلودگی تأیید می‌شود.

پائو و تسای (Pao and Tsai 2013) تأثیر رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در تخریب زیست‌محیطی را با استفاده از روش پانل هم‌جمعی در کشورهای برزیل، جمهوری روسیه، هند، و چین بررسی کردند. نتایج دلالت بر وجود رابطه بلندمدت میان رشد اقتصادی و تخریب زیست‌محیطی هم‌چنین تأیید منحنی زیست‌محیطی کوزنتس داشت. علاوه‌براین، علیت گرنجری حاکی از رابطه دوطرفه علت و معلولی میان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و آلاینده‌های سوختی است.

لی (Lee 2014) رابطه بین رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و آلاینده‌های ناشی از سوختن انرژی را در کشور مالزی بررسی کرد. نتایج نشان داد که رابطه بلندمدتی بین این متغیرها برقرار است. رابطه علیت دلالت بر علیت یک‌طرفه از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به رشد اقتصادی و از آلاینده سوختی به رشد اقتصادی هم‌چنین از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به سمت آلاینده در کوتاه‌مدت دارد.

هی و یائو (He and Yao 2014) با استفاده از رگرسیون انتقالی پانل دیتا (panel smooth transition regression) تأثیر رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در آلاینده هوا را بررسی کردند. به منظور بررسی رابطه بین درآمد و آلودگی از رژیم مارکوف - سوئیچینگ استفاده کردند. نتایج نشان داد که رابطه U معکوس منحنی زیست‌محیطی کوزنتس فقط برای دو آلاینده دوده و گردوغبار صادق است و برای آلاینده‌های دی‌اکسیدکربن و نیتروژن و سولفور منحنی کوزنتس تأییدشدنی نیست. هم‌چنین تأثیر معنادار سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در منحنی کوزنتس مشخص شد و فرضیه لنگرگاه آلودگی تا حدی صادق بود.

باتوجه به مطالعات انجام‌شده در داخل و خارج از کشور، جنبه نوآوری مطالعه حاضر را در لحاظ کردن تأثیر دوره‌های تجاری ایران، در حکم متغیر اثرگذار و جدید، در رابطه بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و محیط زیست می‌توان ذکر کرد.

## ۴. روش و مدل تحقیق

### ۱.۴ استخراج ادوار تجاری با استفاده از مدل مارکوف - سوئیچینگ

چرخه‌های تجاری نوعی از نوسانات اند که در کل فعالیت‌های اقتصادی کشورهایی به وجود می‌آیند که اقتصاد خود را اغلب براساس اقتصاد بازار یا فعالیت‌های بنگاه‌های تجاری استوار کرده‌اند. یک چرخه با گسترش و رونق تقریباً در بیش‌تر فعالیت‌های اقتصادی شروع می‌شود و دوره‌هایی با گستره مشابه رکود عمومی، تنزل، و آغاز رونق را به دنبال دارد و دوباره پس از مدتی به مرحله رونق در چرخه بعدی منتهی می‌شود (Krolzig 1997). مسئله مهم این است که نقاط رکود و رونق اقتصادی در چه دوره‌هایی اتفاق افتاده است؟ احتمال انتقالات و پایداری رژیم‌های رکود و رونق به چه میزان بوده است؟ برای اندازه‌گیری و زمان‌بندی دوره‌های تجاری می‌توان از روش‌های گوناگون اقتصادسنجی در چهارچوب مدل‌های خطی و غیرخطی استفاده کرد. امروزه استفاده از مدل‌های غیرخطی در مطالعات مربوط به استخراج دوره‌های تجاری گسترش فراوانی یافته است؛ زیرا فرض خطی بودن دوره‌های تجاری محدودیتی بزرگ و غیرواقعی برای مطالعات است. یکی از معروف‌ترین مدل‌های غیرخطی مارکوف - سوئیچینگ است. در مدل مارکوف - سوئیچینگ می‌توان رفتار متغیر در رژیم‌های گوناگون را اندازه‌گیری کرد. این مدل را اولین بار کوانت (Quandt 1972) و گلدفلد و کوانت (Goldfeld and Quandt 1973) معرفی کردند و سپس همیلتون (Hamilton 1989) برای استخراج چرخه‌های تجاری آن را توسعه داد. به‌طور کلی، در مدل‌های غیرخطی فرض بر این است که رفتار متغیری که مدل‌سازی درباره آن انجام می‌گیرد در وضعیت‌های گوناگون متفاوت است و تغییر می‌کند. مدل‌های غیرخطی از لحاظ سرعت تغییر از یک وضعیت به وضعیت دیگر به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند. در برخی از این مدل‌های غیرخطی، تغییر از یک وضعیت به وضعیت دیگر به‌صورت ملایم و آهسته انجام می‌گیرد مانند مدل‌های *smooth transition autoregressive* و شبکه عصبی مصنوعی؛ در برخی دیگر از این مدل‌های غیرخطی این انتقال به‌سرعت انجام می‌گیرد که مدل مارکوف - سوئیچینگ از این مدل‌هاست؛ هم‌چنین در مدل مارکوف - سوئیچینگ، به‌منظور تفکیک متغیرهای سری زمانی یا روابط بین متغیرها به دو یا چند رژیم، از احتمالات استفاده می‌شود و احتمال انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر محاسبه می‌شود (Enders 2004: 404). در مدل‌های مارکوف - سوئیچینگ اول، امکان وجود متغیری دائمی با چندین تغییر فراهم است و این تغییرات می‌توانند به‌دفعات و برای

مدت کوتاهی اتفاق بیفتند؛ دوم، تفاوت واریانس‌ها نیز می‌تواند به‌مثابه ویژگی‌های این مدل لحاظ شود. سوم، این مدل فروض کم‌تری را بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل می‌کند و هم‌چنین به برآورد هم‌زمان تغییرات متغیرهای مستقل و وابسته، مشروط به درون‌زاد بودن وضعیت اقتصاد کشور در هر مقطعی از زمان (رژیم‌های گوناگون)، قادر است (Yingfu et al. 2007: 12).

در مدل مارکوف - سوئیچینگ فرض می‌شود که رژیم رخ داده در زمان  $t$  مشاهده‌شدنی نیست و به فرایند مشاهده‌ناپذیری  $S_t$  بستگی دارد. در یک مدل با دو رژیم می‌توان فرض کرد که  $S_t$  مقادیر ۱ و ۲ را اختیار می‌کند. مدل دورژیمی را می‌توان به‌صورت روابط ۱ و ۲ نشان داد:

$$Y_t = \begin{cases} \theta_{0,1} + \theta_{1,1}y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } S_t = 1 \\ \theta_{0,2} + \theta_{1,2}y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } S_t = 2 \end{cases} \quad (1)$$

به‌طور خلاصه می‌توان نوشت:

$$Y_t = \theta_{0,S_t} + \theta_{1,S_t}y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

به‌منظور تکمیل مدل، باید ویژگی‌های فرایند  $S_t$  مشخص شود. در مدل مارکوف - سوئیچینگ،  $S_t$  یک فرایند مارکوف از درجه اول در نظر گرفته می‌شود. این فرض بیان‌گر این نکته است که  $S_t$  فقط به رژیم دوره قبل یعنی  $S_{t-1}$  بستگی دارد. برای تخمین مدل‌های تبدیل مارکوف از تابع احتمال مشترک بین وقوع  $y_t$  و  $S_t$  استفاده می‌شود. به‌طوری که براساس خاصیت توابع حداکثر درست‌نمایی (maximum likelihood estimation)، به‌منظور حداکثر کردن احتمال رخداد نمونه موردبررسی در جامعه آماری، احتمال وقوع مشترک کمیت‌های تصادفی در نمونه حداکثر می‌شود. بدین ترتیب، با توجه به تابع احتمال مشترک، از روش حداکثر درست‌نمایی برای برآورد تمامی کمیت‌های تصادفی مدل‌های تبدیل مارکوف استفاده می‌شود (Chung Ming and Hsiao-Tien 2002: 5). می‌توان مدل مارکوف - سوئیچینگ را برای ضرایب جملات خودتوضیح، برای  $m$  رژیم و  $p$  وقفه، به‌صورت رابطه ۳ نوشت (Yingfu et al. 2007: 12):

$$MSAX(m)\text{-}ARX(p) : y_t = c(S_t) + \sum_{i=1}^p a_i(s_t)(y_{t-i}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$MSA(m)\text{-}AR(P) : y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i(s_t)(y_{t-i}) + \varepsilon_t$$

در معادله اول، علاوه بر ضرایب خود توضیح، عرض از مبدأ نیز وابسته به رژیم هاست. در معادله دوم فقط ضرایب خود توضیح به رژیم‌ها وابسته‌اند. از بین این دو مدل، هر کدام که بیشترین مقدار راست‌نمایی را داشته باشد انتخاب می‌شود و برای به دست آوردن دوره‌های رونق و رکود، بعد از تعیین وقفه، تعداد رژیم بهینه انتخاب و مدل برآورد می‌شود (صمدی و همکاران ۱۳۹۱). در مدل MSM-AR همیلتون (Hamilton 1989) رکود و رونق در قالب فرایند انتقال رژیم تبیین می‌شوند که نرخ رشد تولید ناخالص داخلی آن را ایجاد می‌کند. به طوری که میانگین نرخ رشد تولید در رژیم رونق مثبت و در رژیم رکود منفی خواهد بود. باتوجه به این که هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیرات نامتقارن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست محیطی در ادوار تجاری (رکود و رونق اقتصادی) است، بنابراین، به منظور دست‌یابی به این مهم، فرضیه نامتقارن بودن تأثیرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تفکیک برای دوران رکود و رونق آزمون شده است. در این بررسی‌ها سعی شده است با بهره‌گیری از مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده، در کنار سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، برخی متغیرهای کلیدی اثرگذار در محیط زیست مانند درآمد سرانه و ارزش افزوده صنعتی نیز در مدل لحاظ شود. بنابراین، براساس مطالعات نظری و تجربی، متغیرهای ذیل در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند:

$$LCO2 = \beta_0 + \beta_1 LFDI + \beta_2 LGNI + \beta_3 LMV + \beta_4 D_0 LFDI + e_t \quad (4)$$

$$LCO2 = \beta_0 + \beta_1 LFDI + \beta_2 LGNI + \beta_3 LMV + \beta_4 D_1 LFDI + e_t \quad (5)$$

۱. LCO2: لگاریتم متغیر آلودگی دی‌اکسید کربن؛
۲. LGNI: لگاریتم درآمد ناخالص سرانه (به قیمت ثابت ۲۰۰۰)؛
۳. LFDI: لگاریتم ذخیره سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛
۴. LMV: لگاریتم سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص ملی؛<sup>۵</sup>
- D<sub>0</sub>: متغیر مجازی است که در دوره رونق مقدار یک و برای بقیه حالات مقدار صفر می‌گیرد؛
- D<sub>1</sub>: متغیر مجازی است که در دوره رکود مقدار یک و برای بقیه حالات مقدار صفر می‌گیرد؛
۵. D<sub>0</sub>LFDI: تأثیر متغیر تقاطعی دوران رونق و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛
۶. D<sub>1</sub>LFDI: تأثیر متغیر تقاطعی دوران رکود و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی.

در مدل مذکور، ضریب  $\beta_1$  نشان‌دهنده میزان اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی در اوضاع متعارف اقتصاد و بدون توجه به رکود و رونق است، اما ضریب  $\beta_4$  در معادله ۴ نشان‌دهنده این است که در دوران رونق تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به اندازه این ضریب متفاوت از شدت اثرگذاری در اوضاع متعارف است. هم‌چنین  $\beta_4$  در معادله ۵ نشان‌دهنده این است که تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی در دوران رکود چه قدر از اوضاع متعارف خود متفاوت است. در واقع، با برآورد این دو ضریب می‌توان نامتقارن بودن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را در دوران رکود و رونق ارزیابی کرد. در روابط ۴ و ۵ میزان تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با وجود دوران رونق و رکود اقتصادی برابر با مجموع ضرایب لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تأثیر تقاطعی این متغیر با دوران رونق و رکود است. در مدل‌های تصریح‌شده ۴ و ۵ این تأثیر برابر با مجموع ضرایب  $(\beta_1 + \beta_4)$  است.

#### ۲.۴ تخمین مدل و یافته‌های تحقیق

در مدل مارکوف - سوئیچینگ نخست تعداد رژیم‌ها با استفاده از معیار آکائیک تعیین می‌شود. معیار آکائیک در مقایسه با مقدار راست‌نمایی شاخص مناسب‌تری برای تعداد رژیم‌هاست. جدول ۱ نشان‌دهنده مقادیر آماره آکائیک و مقدار تابع راست‌نمایی برای تعداد رژیم‌های دو تا چهار است:

جدول ۱. تعیین تعداد رژیم‌ها

تعداد رژیم	ML	AIC
۲** (رژیم بهینه)	-۸۳/۸۶۰۱	۹۲/۱۵۹۹*
۳	-۱۰۷/۱۱۰۹	۱۱۶/۲۲۰۵
۴	-۹۸/۶۳۰۲	۱۴۲/۸۵۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول نشان می‌دهد که تعداد رژیم بهینه برای برآورد مدل دو است. به طوری که مقدار آماره آکائیک در حالت دوررژیمی کم‌ترین مقدار و برحسب آماره حداکثر راست‌نمایی بیش‌ترین مقدار را در بین دیگر حالت‌ها دارد. مدل مارکوف - سوئیچینگ حالات گوناگونی دارد که در هر کدام از حالات جزء خاصی از معادله وابسته به رژیم‌هاست. در نتیجه، برای این که بتوان بهترین حالت را برگزید از مقدار حداکثر راست‌نمایی این حالت‌ها استفاده می‌شود

و مدل با حداکثر راست‌نمایی بیش‌تر در حکم مدل بهینه برگزیده می‌شود. مقادیر حداکثر راست‌نمایی مربوط به دو حالت مدنظر در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۲. تعیین حالات بهینه مدل مارکوف - سوئیچینگ

مدل مارکوف - سوئیچینگ	ML
MSAX(2)-ARX(3) * (مدل بهینه)	*-۹۸/۲۹۷۶
MSA(2)-AR(2)	-۱۰۳/۸۴۵۱

منبع: یافته‌های تحقیق

باتوجه به نتایج جدول بالا می‌توان گفت که بیش‌ترین مقدار راست‌نمایی مربوط به مدلی است که عرض‌ازمبدأ و ضرایب وقفه نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به رژیم‌ها بستگی داشته است. پس‌از گزینش بهترین مدل، نتایج مدل برآوردی در جدول ۳ بیان شده است:

جدول ۳. نتایج تخمین مدل MSM(2)-AR(3)

متغیر	ضریب	t-Statistic
$\mu 1$	*۴/۳۷۶۱	۶/۶۶۱۸
$\mu 2$	*-۴/۷۰۰۴	-۴/۹۰۶۲
DLGDPT-1	*۱/۷۰۵۳	۱۰/۹۸۵۴
DLGDPT-2	*-۰/۲۸۲۳	-۳/۳۷۸۴
DLGDPT-3	۰/۰۶۳۱	۰/۲۵۹۸
Linearity test	* ۲۸/۹۸۶۱ (۰/۰۰۰۴)	

\* سطح اطمینان ۱ درصد را نشان می‌دهد.

منبع: یافته‌های تحقیق

باتوجه به آزمون LR می‌توان خطی‌بودن بین نرخ رشد تولید ناخالص داخلی و مقادیر گذشته آن را رد کرد. در نتیجه، مقدار این آزمون وجود رابطه غیرخطی را تأیید می‌کند. به عبارتی، نتایج آزمون LR نشان‌دهنده این است که فرضیه صفر مبنی بر برابری میانگین نرخ رشد تولید ناخالص داخلی در دو رژیم با سطح اطمینان ۹۹ درصد ردشده است و از این‌رو، به استفاده از مدلی با دو رژیم متفاوت مجازیم. هم‌چنین نتایج مدل برآوردی نشان می‌دهد که در هر دو رژیم عرض‌ازمبدأ تأثیری معنادار در مقدار نرخ رشد تولید جاری

داشته است. وقفه اول نرخ رشد تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبت و معنادار در مقدار جاری داشته است. باتوجه به جدول ۳ ملاحظه می‌شود که نتایج تخمین مدل MSM(2)-AR(3) به‌منظور استخراج ادوار تجاری حاکی از آن است که در دوره زمانی مورد مطالعه نرخ رشد تولید ناخالص داخلی تفکیک‌پذیر به دو رژیم با میانگین نرخ رشد مثبت و منفی است که این ضرایب نیز از لحاظ آماری معنادارند. رژیم با میانگین نرخ رشد منفی گویای دوران رکود و مدل با میانگین نرخ رشد مثبت گویای دوران رونق خواهد بود. رژیم اول با میانگین مثبت نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (۴/۳۷۶۱) نشان‌دهنده دوران رونق و رژیم دوم با میانگین منفی نرخ رشد (۴/۷۰۰۴-) نشان‌دهنده دوران رکود است.

به‌منظور بررسی میزان ثبات هر یک از ادوار تجاری و هم‌چنین احتمالات انتقال هر رژیم به رژیم دیگر ماتریس احتمال انتقال ادوارهای تجاری استخراج و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. احتمال انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر

	رژیم ۱ (رونق)	رژیم ۲ (رکود)
رژیم ۱ (رونق)	۰/۸۲۵۲۷۴	۰/۱۷۴۷۳۶
رژیم ۲ (رکود)	۰/۵۶۸۰۱۳	۰/۴۳۱۹۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

باتوجه به نتایج جدول ۴، احتمال ثبات دوران رونق ۰/۸۲ و هم‌چنین احتمال انتقال از دوره رونق به رکود ۰/۱۷ است که این احتمالات در مقایسه با احتمال ثبات دوران رکود ۰/۴۳ و هم‌چنین احتمال انتقال از دوران رکود به رونق، که ۰/۵۶ است، نشان می‌دهد که دوران رونق در مقایسه با دوران رکود ثبات و پایداری بیشتری دارد. به‌تعبیر دیگر، اگر در دوره‌ای با نوسان پایین در نرخ رشد اقتصادی روبه‌رو باشیم، احتمال آن‌که نرخ رشد اقتصادی در دوره بعد از همان وضعیت تبعیت کند در سطح بالاتری قرار دارد. در ادامه، به‌منظور بررسی دوران رونق و رکود اقتصادی، رابطه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و محیط زیست سال‌هایی را که در رژیم اول قرار دارند و مقدار رشد اقتصادی در این سال‌ها در مقایسه با سال قبل افزایش یافته است در حکم دوران رونق و سال‌هایی را که در رژیم دوم قرار دارند و مقدار رشد اقتصادی در این سال‌ها در مقایسه با سال قبل کاهش یافته است در حکم دوران رکود در نظر می‌گیریم (اصغری و رفسنجانی‌پور، ۱۳۹۲). متغیر مجازی برای رژیم‌ها به‌صورت رابطه ۶ تعریف می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 = \text{برای رژیم سال های} \\ 0 = \text{برای سایر سال ها} \end{array} \right. \quad D1: \quad (6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 = \text{برای رژیم سال های} \\ 0 = \text{برای سایر سال ها} \end{array} \right. \quad D2:$$

به منظور بررسی تأثیر دوران رونق و رکود اقتصادی در محیط زیست در بحث سرمایه گذاری مستقیم خارجی متغیرهای دامی بالا به صورت متغیر تقاطعی (حاصل ضرب متغیرهای دامی در لگاریتم سرمایه گذاری مستقیم خارجی) در نظر گرفته می شوند. متغیر D1LFDI بیان گر تأثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی در دوران رونق و D2LFDI بیان گر تأثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی در دوران رکود است. متغیرهای تقاطعی به صورت رابطه ۷ محاسبه می شوند:

$$\left\{ \begin{array}{l} D1 * LFDI = D1LFDI \\ D2 * LFDI = D2LFDI \end{array} \right. \quad (7)$$

پس از به دست آوردن دوران رونق و رکود اقتصادی با استفاده از روش مارکوف - سوئیچینگ با به کار بردن روش هم انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس تأثیرات دوره های تجاری در رابطه سرمایه گذاری مستقیم خارجی و کیفیت زیست محیطی برآورد می شود. داده های تحقیق شامل سری زمانی متغیرهاست که از سال ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۴ را در بر می گیرد. این داده ها از نشریات گوناگون بانک مرکزی و مرکز آمار و سایت های آنکساد ( united nations conference on trade and development) و بانک جهانی گردآوری شده اند. در ادامه، به منظور به دست آوردن رابطه بلندمدت میان متغیرها، نخست ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (augmented dicky fuller) بررسی شده و نتایج در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج نشان می دهد که همه متغیرهای الگوی انباشته از درجه یک اند. بنابراین، می توان از آزمون هم انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس برای بررسی رابطه بلندمدت بین متغیرهای الگو استفاده کرد.

جدول ۵. نتایج آزمون ایستایی

متغیر	سطح ADF	تفاضل مرتبه اول ADF
LCO2	-۲/۰۴	*-۴/۹۲
LGNI	-۱/۲۲	*-۳/۰۹
LFDI	-۲/۱۶	*-۵/۶۶





$r=0^*$	$r \geq 0$	۴۷/۶۷۴۵۰	۳۹/۵۲۱۰۹	$r=0^*$	$r=1$	۱۰۸/۱۱۲۵۱	۹۵/۸۷۶۱۲
$r \leq 1^*$	$r \geq 1$	۳۱/۲۳۶۶۴	۲۹/۸۷۶۱۰	$r \leq 1^*$	$r=2$	۸۷/۴۵۷۷۰	۶۶/۱۲۰۹۸
$r \leq 2$	$r \geq 2$	۲۲/۳۱۳۸۹	۲۶/۱۸۷۵۱	$r \leq 2$	$r=3$	۳۵/۸۳۸۵۳	۴۶/۲۸۴۹۸
$r \leq 3$	$r \geq 3$	۹/۴۷۱۲۷	۱۶/۹۸۴۳۰	$r \leq 3$	$r=4$	۱۴/۷۷۳۶۴	۲۹/۸۸۴۹۶

\* سطح اطمینان ۵ درصد را نشان می‌دهد.

باتوجه به نتایج جدول و براساس مقادیر آماره و حداکثر مقادیر ویژه و آزمون اثر و مقدار بحرانی آماره در سطح ۵ درصد، دو بردار هم‌انباشتگی برای مدل با لحاظ دوران رونق تأیید می‌شود.

جدول ۸. آزمون تعداد بردار هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل در دوره رکود اقتصادی

نتایج آزمون حداکثر ویژه				نتایج آزمون اثر			
فرضیه صفر	فرضیه مقابل	مقدار آماره	مقدار بحرانی آماره در ۵ درصد	فرضیه صفر	فرضیه مقابل	مقدار آماره	مقدار بحرانی آماره در ۵ درصد
$r=0^*$	$r \geq 0$	۸۳/۱۵۶۶۳	۶۲/۰۰۰۶۴	$r=0^*$	$r=1$	۱۰۹/۶۵۶۰۱	۹۹/۰۰۵۸۶
$r \leq 1^*$	$r \geq 1$	۵۵/۷۳۳۲۱	۴۶/۶۷۰۱۸	$r \leq 1^*$	$r=2$	۸۲/۲۹۳۴۱	۵۸/۸۱۴۶۵
$r \leq 2$	$r \geq 2$	۲۰/۵۷۸۳۳	۲۹/۹۹۸۳۶	$r \leq 2$	$r=3$	۴۲/۹۳۴۱۴	۵۲/۴۱۱۶۸
$r \leq 3$	$r \geq 3$	۸۳/۴۵۴۶	۱۲/۸۸۵۱۰	$r \leq 3$	$r=4$	۱۶/۵۰۰۹۰	۳۳/۵۱۱۲۱

\* سطح اطمینان ۵ درصد را نشان می‌دهد.

باتوجه به نتایج جدول ۸ و براساس هر دو آماره حداکثر مقادیر ویژه و آزمون اثر، فرضیه صفر آزمون مبنی بر نبود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود. براساس نتایج دو بردار هم‌انباشتگی تأیید شده است. از بین این دو بردار هم‌انباشتگی بردار هم‌انباشتگی بهینه براساس سازگاری ضرایب با مبانی نظری و واقعیت‌های آماری انتخاب و تجزیه و تحلیل می‌شود. جدول ۹ نتایج بردار و الگوی هم‌انباشتگی بهینه نرمال شده را نشان می‌دهد:

جدول ۹. بردار هم‌انباشتگی نرمال شده در دوره رونق و رکود اقتصادی

بردار هم‌انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس در دوران رونق			بردار هم‌انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس در دوران رکود		
متغیر	ضریب	انحراف معیار	متغیر	ضریب	انحراف معیار

	۱	L CO2		۱	L CO2
۰/۲۱۶۸	۱/۳۴۹۱	C	۰/۰۲۴۲	۰/۱۱۸۳	C
۰/۰۴۳۵	۰/۴۱۶۵	LGNI	۰/۰۵۷۲	۰/۳۹۷۲	LGNI
۰/۰۴۶۸	۰/۱۴۷۶	LFDI	۰/۰۰۶۱	۰/۰۳۹۲	LFDI
۰/۰۶۷۱	۰/۱۷۰۳	LMV	۰/۰۳۵۸	۰/۱۰۹۸	LMV
۰/۰۲۶۱	۰/۰۹۲۱	D0LFDI	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۶۸	D1LFDI
$LCO2 = 0/1183 + 0/3972 LGDP + 0/0392 LFDI + 0/1098 LMV + 0/0068 D1LFDI$ الگوی هم‌انباشتگی دوران رکود					
$D0LFDI 0/0921 + LMV + 0/1703 LFDI 0/1476 LGNI + 0/4165 + 1/3491 L CO2 =$ الگوی هم‌انباشتگی دوران رونق					

منبع: یافته‌های تحقیق

ملاحظه ضرایب مربوط به تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست حاکی از آن است که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و معناداری در محیط زیست در ایران داشته و شدت اثرگذاری آن به‌طور معناداری در دو مدل تخمینی از هم متفاوت است، به‌طوری که تأثیر آن در محیط زیست در معادله تخمینی ۴ در مقایسه با معادله تخمینی ۵ بیش‌تر است. کشش محیط زیست در برابر متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌ترتیب ۰/۱۴۷۶ و ۰/۰۳۹۲ براساس نتایج تخمین معادلات ۴ و ۵ است. شایان ذکر است که این اثرگذاری بیان‌گر متوسط تأثیرات بلندمدت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی و بدون تفکیک دوران رکود و رونق اقتصادی است و نشان می‌دهد که ورود سرمایه‌های مستقیم خارجی در ایران بدون در نظر گرفتن ملاک‌ها و معیارهای زیست‌محیطی و صرفاً به‌منظور دسترسی به بازار محصولات دیگر کشورها، به استفاده گسترده و ناصحیح از منابع و انرژی، تحت فناوری‌های غیردوستانه با محیط زیست، منجر شده و آلودگی فراوانی از جمله انتشار گازهای گل‌خانه‌ای (دی‌اکسیدکربن) را طی دوره مورد مطالعه در پی داشته است.

ضریب متغیر تقاطعی دلالت بر این دارد که دوران رونق مقدار اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست (میزان انتشار دی‌اکسیدکربن) را به اندازه ۰/۰۹۲۱ درصد بیش‌تر از حالت طبیعی افزایش می‌دهد. در واقع با توجه به ضریب متغیر لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌توان چنین استدلال کرد که اگر در اوضاع متعارف سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی یک درصد افزایش یابد، کیفیت زیست‌محیطی حدود ۰/۱۴۷۶ درصد کاهش خواهد

یافت. به بیان دیگر، در دوران رونق مجموع اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست‌محیطی برابر با ۰/۲۳۹۷ درصد (مجموع دو ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در اوضاع متعارف و دوران رونق) خواهد شد. هم‌چنین باتوجه به ضریب متقاطع سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در دوران رکود می‌توان نتیجه گرفت که مجموع اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در این دوران برابر با ۰/۰۴۶ درصد است. به عبارتی در دوران رکود اقتصادی میزان اثرگذاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به مقدار ۰/۰۰۶۸ درصد در مقایسه با اوضاع متعارف افزایش می‌یابد. از بررسی‌های به‌دست‌آمده چنین نتیجه‌گیری می‌شود که هر دو دوره، هم رونق و هم رکود، در ایران تأثیر معنادار و منفی در کیفیت محیط زیست دارند، بنابراین فرضیه نامتقارن بودن تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در محیط زیست در دوره‌های تجاری ایران تأییدشدنی است. هم‌چنین، باتوجه به نتایج فرضیه پناهگاه آلودگی در دوره‌های تجاری ایران را می‌توان پذیرفت. شایان ذکر است که ادوار تجاری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در دوران رونق، باتوجه به این‌که از سطح پایداری بالاتری نیز برخوردار است، سطح کیفیت زیست‌محیطی را بیش‌تر از دوران رکود در ایران تخریب و تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

ضریب لگاریتم درآمد سرانه گویای این است که افزایش تولید تأثیر مثبت و معناداری در میزان آلاینده زیست‌محیطی دی‌اکسیدکربن داشته است، به‌طوری‌که طی دوره موردبررسی کشش محیط زیست در برابر تولید تقریباً برابر با ۰/۴۱۶۵ درصد در مدل با رونق اقتصادی و ۰/۳۹۷۲ درصد در مدل با رکود اقتصادی است. این نتیجه‌گیری به‌لحاظ نظری و براساس منحنی زیست‌محیطی کوزنتس منطقی است، چراکه در مراحل اولیه رشد اقتصادی، باتوجه به اولویت بالای تولید و سطح اشتغال، به‌طور فراوان از منابع طبیعی و انرژی برای رسیدن به رشد اقتصادی بالا استفاده می‌شود و باتوجه به درآمد سرانه پایین، بنگاه‌های اقتصادی قادر به تأمین هزینه‌های کاهش آلودگی نیستند. ازسوی دیگر، با گذشت زمان و به‌علت ایجاد صنایع کارخانه‌ای با شدت آلودگی بالا، انحرافات قیمتی به‌ویژه در قیمت حامل‌های انرژی، افزایش حمایت‌های یارانه‌ای شدید از برخی صنایع، نبود سیاست‌های مناسب حفظ محیط زیست و نبود حمایت کافی در این خصوص، و نبود هم‌راهی مردم برای داشتن محیط زیست پاک، هم‌راه با افزایش تولید، آلودگی زیست‌محیطی نیز به‌صورت فزاینده‌ای افزایش می‌یابد.

نتایج جداول دلالت بر تأثیر مثبت و معنادار ارزش افزوده بخش صنعت در میزان آلاینده زیست‌محیطی دارد. پرداخت یارانه‌های پنهان و سنگین انرژی به صنایع و تولیدکنندگان در

دوره مورد بررسی باعث شده است که تولیدکنندگان به فناوری‌های انرژی‌بر و آلاینده روی آورند. از این رو، در فرایند تولید، نهاده سرمایه و انرژی به تدریج جانشین نهاده محیط زیست می‌شوند. این امر به نبود کارآیی در مصرف انرژی، افزایش شدت انرژی، و ایجاد مخاطرات زیست محیطی منجر می‌شود، البته تأثیر بخش صنعت در آلاینده زیست محیطی در دوران رونق که ۰/۱۷۰۳ درصد است در مقایسه با دوران رکود اقتصادی، که ۰/۱۰۹۸ درصد است، بیش تر است.

## ۵. نتیجه گیری

در این مطالعه، با استفاده از داده‌های سری زمانی تأثیرات نامتقارن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست محیطی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۴ بررسی شده است. فرضیه مطرح شده در این مقاله نامتقارن بودن تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کیفیت زیست محیطی در ادوار تجاری اقتصاد ایران است. به منظور بررسی این فرضیه نخست ادوار تجاری با استفاده از مدل مارکوف - سوئیچینگ استخراج شد و سپس با استفاده از روش هم‌انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس نامتقارن بودن تأثیرات در دوره رونق و رکود بررسی شد. نتایج یافته‌های تجربی نشان داد که تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در دوره رونق بیش تر از رکود است. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که جریان‌های ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی سبب افزایش یک‌نواخت میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود. به عبارت دیگر، رابطه U معکوس بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن برقرار نیست و فرضیه لنگرگاه آلودگی در ایران تأیید می‌شود. این نتیجه دلالت بر این موضوع دارد که حتی در دوران رونق اقتصادی و افزایش درآمدهای ناشی از ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز قوانین زیست محیطی شدید در ایران وضع نشده است. این بدین معناست که هنوز کشور ایران به حدی از درآمد نرسیده است که تقاضای مردم برای یک محیط زیست تمیزتر شکل جدی به خود گیرد و دولت در پی تقاضای مردم به وضع قوانین زیست محیطی اقدام کند. در چنین حالتی مردم حاضر نیستند که برخی از مصارف خود را فدای حفاظت از محیط زیست کنند. در نتیجه دولت‌ها نیز در پی ایجاد تغییرات تکنیکی نیستند و فناوری‌های سازگار با محیط زیست جانشین فناوری‌های مخرب و آلاینده نخواهد شد. از سوی دیگر، بهبود و ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی که سبب افزایش حجم فعالیت‌های اقتصادی

مخصوصاً در دوران رونق اقتصادی می‌شود و نوعی تغییر مقیاس را دربر خواهد داشت به افزایش مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی خصوصاً بخش صنعت و نهایتاً افزایش انتشار آلاینده‌ها منجر خواهد شد. از آن‌جا که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی یکی از عوامل مهم در رشد و توسعه اقتصادی کشور محسوب می‌شود، بنابراین، سیاست‌گذاران به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به دنبال جذب آن‌اند. از سوی دیگر، در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران، به علت نبود کارایی و نبود تناسب قوانین زیست‌محیطی با معیارهای بین‌المللی، امکان جلوگیری از تخریب محیط زیست مشکل است. بنابراین، با توجه به تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی در تمامی ادوار اقتصادی، بهتر است دولت علاوه بر توجه به رشد اقتصادی برای کیفیت محیط زیست اهمیت قائل شود و با استفاده از تجربه کشورهای موفق در جذب و به‌کارگیری سرمایه‌های مستقیم خارجی و با اعمال قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی و استفاده از ابزارهای اقتصادی مانند مالیات، بخش‌های اقتصادی خصوصاً بخش صنعت را به سوی ذخیره‌سازی انرژی، بهبود فناوری تولید به سمت استفاده از فناوری‌های جدید و سبز، و تغییر منابع سوخت از سوخت‌های فسیلی به سمت سوخت‌های با آلاینده‌گی کم‌تر سوق دهد.

### پی‌نوشت‌ها

۱. اختیار معامله یکی از ابزارهای مناسب برای کاهش ریسک سرمایه‌گذاری، افزایش قدرت نقدشوندگی، و فراهم آوردن امکان برنامه‌ریزی‌های بلندمدت برای سرمایه‌گذاران در بورس است.
۲. معامله سلف عبارت است از این‌که جنسی به صورت نقدی خریداری شود، ولی تحویل آن در آینده باشد.
۳. بیمه اتکایی ابزاری برای توزیع ریسک در سطح شبکه‌های ملی و جهانی بیمه‌ای است.
۴. توسعه‌ای است که نیازهای زمان حال را بدون به‌مخاطره‌انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهایشان فراهم می‌کند.
۵. با توجه به حضور GDP در متغیر درآمد سرانه و سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص ملی آزمون درون‌زایی مدل با استفاده از آزمون دوربین - وو - هاسمن انجام شده است. با توجه به آن‌که ضرایب برآوردشده روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای و کمیت آماره سارجن برای اهداف مقاله چندان با اهمیت نیستند، به منظور ایجاز، از گزارش آن‌ها در متن صرف‌نظر شده است. گفتنی است که با توجه به مقدار p-value آماره وو - هاسمن برابر با  $0/82$  برای متغیر سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص ملی، فرضیه صفر، که برون‌زایی متغیر را نشان می‌دهد، ردشدنی

تأثیر دوران رونق و رکود اقتصادی در اثرگذاری سرمایه‌گذاری ... ۱۶۵

نیست. هم‌چنین برای متغیرهای توضیحی درآمد ناخالص سرانه و ذخیره سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با توجه به مقدار p-value آماره و - هاسمن به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۴۶ برون‌زایی متغیرها (با سطح اطمینان ۹۵ درصد) رد نشده است.

## کتاب‌نامه

- اصغری، مریم و پریسا عاملی (۱۳۹۰)، «تست فرضیه پناهندگی آلودگی در منطقه اتحادیه اروپا - خلیج فارس»، فصل‌نامه تحقیقات اقتصادی راه‌اندیشه، دوره اول، ش ۳.
- اصغری، مریم و سمیه سالارنظر رفسنجانی‌پور (۱۳۹۲)، «تأثیر جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر کیفیت محیط زیست کشورهای منتخب حوزه منا»، فصل‌نامه تحقیقات توسعه اقتصادی، ش ۹.
- امین‌رشتی، ناریس و رقیه معرفتی (۱۳۹۱)، «اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای منتخب»، فصل‌نامه علوم اقتصادی، ش ۱.
- برقی‌اسکویی، محمدمهدی (۱۳۸۷)، «آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در منحنی زیست‌محیطی کوزنتس»، مجله تحقیقات اقتصادی، دوره چهل و سوم، ش ۸۲، تابستان.
- برقی‌اسکویی، محمدمهدی، فیروز فلاحی، و صونا خطیبی (۱۳۹۱)، «تأثیر تولیدات کارخانه‌ای و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشورهای عضو گروه D8»، فصل‌نامه مدل‌سازی اقتصادی، دوره ششم، ش ۲۰.
- رئوفی، حمیدرضا و کاملیا قلم‌زن نیکو (۱۳۹۰)، «عوامل تأثیرگذار بر جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ۲۷ کشور منتخب (پیشرفته و درحال توسعه) از جمله ایران»، فصل‌نامه علوم اقتصادی، دوره پنجم، ش ۱۴.
- صادقی، سمیه و ثریا صادقی (۱۳۹۲)، «پی‌آمدهای زیست‌محیطی رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی: شواهدی از کشورهای درحال توسعه»، پژوهش‌نامه بازرگانی، ش ۷۰.
- صمدی، علی‌حسین و پریسا بهلولی (۱۳۹۱)، «مروری بر الگوهای مارکف سوئیچینگ و کاربردهای آن در اقتصاد»، اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی، روش‌ها و کاربردها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج.
- لشکری‌زاده، مریم، غزاله نبوی، و نونا تاجداران (۱۳۸۸)، «تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر کیفیت زیست‌محیطی»، فصل‌نامه مدل‌سازی اقتصادی، دوره پنجم، ش ۱.
- محمدی، حسین و فاطمه سخی (۱۳۹۲)، «تأثیر تجارت، سرمایه‌گذاری خارجی و توسعه انسانی بر شاخص عملکرد محیط زیست»، فصل‌نامه سیاست‌های راه‌بردی و کلان، دوره اول، ش ۳.

Chung Ming, Tsai and Pao Hsiao-Tien (2002), "Co<sub>2</sub> Emissions, Energyconsumption and Economic Growth in BRIC Countries", *Energy Policy*, 36(10).

- Enders, W. (2004), *Applied Econometric Time Series*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Fielding, D. and K. Shields (2007), "Asymmetries in The Effect of Monetary Policy: The Case Of South Africa", *Economics Discussion Paper*, no. 0509.
- Frankel, Jeffrey and David Romer (2000), "Does Trade Cause Growth?", *American Economic Review*, Vol. 89, No. 3.
- Goldfeld, Stephen M. and E. Richard Quandt (1973), "A Markov Model for Switching Regressions", *Journal of Econometrics*, vol. 1.
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1995), "Economic Growth and the Environment", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 24.
- Hamilton, J. D. (1989), "A New Approach to the Economic Analysis of Non-Stationary Time Series and the Business Cycle", *Econometrica*, no. 57.
- He, Xiaoping and Xin Yao (2016), "Foreign Direct Investments and the Environmental Kuznets Curve: New Evidence from Chinese Provinces", *Emerging Markets Finance and Trade*, vol. 53, Issue 1.
- Krolzig, H. M. (1997), *Markov-Switching Vector Autoregressions, Modellng, Statistical Inference ad Applications to Business Cycle Analysis*, Berlin: Springer.
- Lee, G. C. (2014), "Foreign Direct Investment, Pollution and Economic Growth: Evidence from Malaysia", *Applied Economic*, vol. 41.
- List, J. A. et al. (2003), "Effects of Environmental Regulations on Manufacturing Plant Births: Evidence from a Propensity Score Matching Estimator", *Review of Economics and Statistics*, 85(4).
- Marin, G. (2010), "Sector Co<sub>2</sub> and So<sub>x</sub> Emissions, Efficiency and Investment: Homogeneous vs Heterogeneous Estimates Using the Italian NAMEA", *MPRA*.
- Pao, H. T. and C. H. Tsai (2013), "Multivariate Granger Causality between Co<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence form a Panel of a BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries", *Energy*, vol. 36.
- Peng, W. B. et al. (2011), "VAR Analysis of Foreign Direct Investment and Environmental Regulation: China's Case", *Business and Economic Horizons*, no. 5.
- Quandt, R. E. (1972), "A New Approach to Estimating Switching Regressions", *Journal of American, Statistical Assoc*, 67(338).
- Stern, D. I., M. S. Common, and E. B. Barbier (2004), "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development", *World Dev*, 24(7).
- Wheeler, D. and N. Birdsall (2004), "Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens?", *Journal of Environment and Development*, 2(1).
- Yingfu, X., Y. Jun, and R. Bo (2007), "A General Autoregressive Model with Markov Switching: Estimation and Consistency Research Report", Centre of Bio Stochastics, Swedish University of Agricultural Sciences Report, vol. 6.