



بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق در ایران

علی دهقانی^۱، ابراهیم قائد^{۲*}، محمدطاهر احمدی شادمهری^۳

۱- استادیار، اقتصاد، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

۲- دانشجوی دکتری، اقتصادپولی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۳- دانشیار، اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

* مشهد، صندوق پستی: ۹۱۷۷۹۴۶۹۸۴ Ebrahimghaed@mail.um.ac.ir

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق در ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ است. برای تحلیل موضوع از الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون- جوسیلیوس و روش تصحیح خطا استفاده شده است. نتایج بیان داشت که در بلند مدت، یک درصد افزایش در متغیرهای قیمت برق، مصرف برق و انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشید، آب، باد و زمین گرمایی)، به ترتیب موجب افزایش ۰/۱۷، ۰/۵۴، ۸/۴۴، ۵/۳۹، ۳/۷۸ و ۱/۰۳ درصد در میزان تولید برق می‌شوند و از بین انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، اثر انرژی خورشیدی بر تولید برق، در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشتر است و باید سرمایه گذاری در انرژی خورشیدی را در اولویت قرار داد. همچنین نتایج براساس ضریب جمله تصحیح خطا، حاکی از آن است که در هر دوره حدود ۰/۷۱ از عدم تعادل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلند مدت، تعدیل می‌شود.

کلیدواژه‌گان: انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید برق، تصحیح خطا، جوهانسون - جوسیلیوس، انرژی خورشیدی

The effect Types of renewable resources On Iranian Electricity Production

Ali Dehghani¹, Ebrahim Ghaed^{2*}, Mohammadtaher Ahmadi Shadmehri³

1- Assistant Professor of Economics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2- Ph.D Student Monetary Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

3- Associate Professor in Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

* P.O.B. 9177946984 Mashhad, Iran, Ebrahimghaed@mail.um.ac.ir

Received: 21 October 2019 Accepted: 31 December 2019

Abstract

The main objective of this paper is to investigate the effect of Types the renewable energies on Iranian Electricity Production during the period of 1981-2017. For this purpose, Vector Autoregressive Model, Johansson-Juselius method and Vector Error Correction Model are used. The long run results indicate that if the Electricity Price variables, Electricity Consumption, and the Types renewable energies (such as Solar, Hydro, Wind, and geothermal), these leads to 0.17, 0.54, 8.44, 5.39, 3.78, and 1.03 percentage increase in the Electricity Production. Moreover it was found that among renewable energy sources, the effect of solar energy on the Electricity Production is higher than others and we have to prioritize investment in solar energy. In addition, the results are based on the coefficient of the error correction method indicates that about 0.71 of the short-term imbalance is adjusted in each period to achieve the long-term equilibrium further.

Keywords: Renewable energy, Electricity Production, Vector Error Correction Model and Johansson-Juselius method, Solar



۱- مقدمه

انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی را در فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی هر کشوری ایفا می‌کند زیرا با پایان پذیری سوخت‌های فسیلی از یک سو و افزایش آلودگی زیست محیطی از سوی دیگر، اهمیت استفاده از این نوع انرژی‌ها روز به روز بیشتر می‌شود و محرکی شده است تا محققان و سرمایه‌گذاران در بخش انرژی، به سمت مهار و تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر جذب شوند.

ایران با آنکه یکی از کشورهای نفت خیز جهان و دارای منابع عظیم گاز طبیعی است، اما به دلیل پتانسیل بالای تابش در مناطق وسیعی از کشور می‌تواند با بهره‌مندی از انرژی خورشیدی، صرفه جویی قابل توجهی در مصرف سوخت‌های فسیلی داشته باشد. فناوری نه چندان پیچیده، کاهش آلودگی هوا و محیط زیست و از همه مهمتر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی برای آینده یا امکان صادرات و تبدیل آنها به مواد پتروشیمی، از دلایل لزوم استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر و به ویژه انرژی خورشیدی در کشورمان است. با افزایش قیمت نفت در سالهای اخیر، کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به استفاده از انرژی‌های جانسین جدی تر توجه کنند و این نگرش در دهه اخیر در ایران نیز، وسعت بیشتری یافته است. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی، جزو بهترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان به شمار می‌رود و با توجه پراکندگی روستایی در کشور، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهمترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد (کاویانی، ۱۳۸۱؛ شمس و همکاران، ۱۳۹۲؛ صادقی و خاکسار آستانه، ۱۳۹۳؛ موسوی شغائی و همکاران، ۱۳۹۵ و خانی و همکاران، ۱۳۹۵).

پس با توجه به اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر به محیط زیست صدمه نمی‌زنند و درد دنیا مورد توجه زیادی قرار گرفته اند و کشورهای ایران بایدهو یک‌داساسی نسبت به دستیابی تولید برق از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار خود قرار دهند، از چهار طریق می‌توان تولید برق را از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، آبی، بادی و زمین گرمایی) افزایش داد. حال یکی از مهمترین سوالات در زمینه سیاستگذاری برای آینده صنعت برق ایران در شرایط مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فنی و محیط زیستی این است که اثر کدام یک از انواع انرژی‌ها بر تولید برق کشور بیشتر است و هدف گذاری‌های کلان توسعه شبکه برق ایران باید بر پایه توسعه کدام یک از نیروگاه‌های مورد مطالعه باشد، در این مطالعه با در نظر گرفتن دغدغه‌های سیاستگذاران به مقایسه نیروگاه‌های خورشیدی، آبی، بادی و زمین گرمایی پرداخته شده است.

در زمینه بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق میتوان بیان کرد که برخی معتقدند تولید برق را می‌توان از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر از سایر انرژی‌ها تولید نمود و مطالعات تجربی انجام شده نظیر مطالعات سو برو و همکاران^۱ (۲۰۱۴)، لیرنا پیزارو و همکاران^۲ (۲۰۱۹)، بیانکو و همکاران^۳ (۲۰۱۹)، نارایانان و همکاران^۴ (۲۰۱۹) و اوزکان^۵ (۲۰۱۹) و مطالعات داخلی نظیر نادری و سالاری باغون آباد (۱۳۹۲)، مهدوی عادل و خواجه نائینی^۶ (۱۳۹۳)، نیک اندیش و همکاران (۱۳۹۵)، تکلیف و همکاران (۱۳۹۶)، افزایش تولید برق از انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای دارای این

منابع به مراتب بیشتر از سایر انرژی‌ها نتیجه گیری نمودند. در حالی که مطالعات دیگری، توسط اقتصاد دانان انجام شده اند که معتقدند تولید برق از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی از کشورها مقدور نیست زیرا منابع تجدید ناپذیر در این کشورها بیشتر از منابع تجدیدپذیر وجود دارد و صرفه‌های اقتصادی بهتری را شامل می‌شود از جمله این مطالعات می‌توان به موسینو^۷ (۲۰۱۲)، کورباتوا و خلیاپ^۸ (۲۰۱۵)، باروس و همکاران^۹ (۲۰۱۷)، تیکسیرا و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۷)، بلائید و یوسف (۲۰۱۷) و ون زالک و بهرنس (۲۰۱۸) اشاره نمود.

بر مبنای مزیت‌های ذکر شده این مطالعه در نظر دارد برای اولین بار، با بکارگیری الگوی خود توضیح برداری، جوهانسون - جوسیلیوس و تصحیح خطا در طی سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ رابطه بین تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق را مورد توجه و بررسی قرار دهد. که فرضیات زیر را آزمون می‌کند: ۱- بین میزان تولید برق و انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران رابطه علیت مثبت برقرار است پس به صورت مکمل با هم مرتبط هستند ۲- با استفاده از الگوی خود توضیح برداری، جوهانسون - جوسیلیوس و تصحیح خطا نشان می‌دهد که بین چهار نوع انرژی خورشیدی، آبی، بادی و زمین گرمایی، اثر انرژی خورشیدی بر تولید برق بیشتر است. بنابراین متغیرهای بکار گرفته شده در مدل میزان تولید برق، قیمت برق، مصرف برق و همچنین تولید انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشید، آب، باد و زمین گرمایی)، می‌باشد. سازماندهی این- قسمت از تحقیق به صورت زیر خواهد بود، بخش اول مقدمه، بخش دوم ادبیات نظری، بخش سوم پیشینه تحقیق بیان شده، بخش چهارم معرفی مدل پژوهش و روش تخمین، بخش پنجم یافته‌های تجربی و تفسیر نتایج و نهایتاً در بخش پایانی به نتیجه گیری و بحث پرداخته شده است.

۲- پیشینه پژوهش

در خصوص تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق تحقیقاتی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که برخی آن‌ها در زیر آورده شده است.

صادقی و همکاران، (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدید پذیر بر تولید برق و کاهش گازهای گلخانه‌ای در ایران با استفاده از روش خود رگرسیون با وقفه‌های گسترده (ARDL) در طی دوره ۱۳۶۰-۱۳۹۲ نشان دادند که یک درصد افزایش در تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش ۰/۳۱ درصدی انتشار سرانه کربن دی‌اکسید همراه خواهد بود. به علاوه انتشار سرانه CO₂ نسبت به مصرف انرژی کاملاً با کشش بوده و فرضیه کوزنتس زیست محیطی مورد تأیید قرار گرفت به این ترتیب توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود کارایی انرژی نقش قابل توجهی در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳).

محمدی، (۱۳۹۷) به تحلیل استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر ترکیبی برای تولید برق در رشت با استفاده از مدل سری زمانی (OLS) در طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۹۵ پرداخت. نتایج نشان داد که برای جلوگیری از هزینه‌های بالای دولت با اشخاص برای انتقال برق سراسری به نقاط کوهستانی و دور از شبکه برق و

^۷ Kurbatova and Khlyap

^۸ Barros et al

^۹ Teixeira et al

^{۱۰} Bélaïd and Youssef

^{۱۱} Van Zalk and Behrens

^۱ Suberu et al

^۲ Llerena-Pizarro et al

^۳ Bianco et al

^۴ Narayanan et al

^۵ Ozcan

^۶ Mosiño



شناسایی و توضیح رابطه بلندمدت بین متغیرها چندین روش پیشنهاد شده است. روش انگل-گرنجر، ARDL و روش معروف جوهانسون- جوسیلیوس^{۱۱} در ابتدا روش انگل _ گرنجر معرفی شد اما به دلیل عدم توجه به تعاملات پویای کوتاهمدت بین متغیرها در استفاده از این روش چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد و از اعتبار کافی برخوردار نیست. زیرا فرضیه های بدست آمده با استفاده از داده های آزمون های مشترک باطل هستند. بنابراین باید از روش- هایی استفاده کرد تا الگوی پویایی بلندمدت را تغییر دهند و منجر به برآوردهای دقیق تر از ضرایب مدل شوند. مدل جوهانسن - جوسیلیوس یک مدل جایگزین بود که توانست با فرموله کردن روشی برای هم انباشتگی بردار یک در تعیین بردار هم انباشتگی از طریق حداکثر راست نمایی صورت می‌گیرد نقایص روش انگل _ گرنجر را حل کند. اساس کار آن را یک مدل خود رگرسیون برداری (VAR) به صورت رابطه ۱ تشکیل می دهد.

$$X_t = \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} - i + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن X_t ، نشان دهنده یک بردار حاوی متغیرها، Φ ، ماتریس ضرایب و ε_t یک عنصر باقی مانده و p به عنوان حداکثر طول وقفه برای الگوی VAR معرفی می شود. در این روش برای نشان دادن پویایی های کوتاه مدت می توان دستگاه معادلات را در قالب الگوی تصحیح خطای برداری^{۱۲} به صورت رابطه ۲ نوشت (حلالا) و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۸).

$$\Delta X_t = \Pi X_t - 1 + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta X_t - i + \varepsilon_t \quad (2)$$

که در آن ماتریس های Γ و Π به ترتیب نشان دهنده روابط کوتاهمدت و بلندمدت بین متغیرهای مدل هستند. با فرض این که ماتریس Π دارای درجه r هست، ماتریس Π را می توان به صورت رابطه ۳ تجزیه کرد (کرچگاسنرو همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۴).

$$\Pi = \alpha \beta \quad (3)$$

در رابطه ۲، α ، ماتریس تنظیم رابطه کوتاه مدت به رابطه بلند مدت با ابعاد $P \times r$ است و β بردار همگرایی بین متغیرهای $P \times r$ می باشد. اگر رتبه ی ماتریس Π را r در نظر بگیریم، این شرط در سه حالت زیر برقرار است:
الف. $r = n$ ، که در این صورت کلیه ی متغیرهای بردار Y ، $I(0)$ هستند و روش مناسب برای برآورد مدل، تخمین VAR در سطح متغیرها است.

ب. $r = 0$ ، که در این صورت هیچ ترکیب خطی پایا از متغیرهای بردار Y وجود ندارد و روش مناسب برای برآورد مدل، تخمین VAR در تفاضل مرتبه ی اول متغیرها است.

ج. $0 < r < n - 1$ ، که در این صورت r ترکیب خطی پایا از متغیرهای بردار Y یا به عبارت دیگر r بردار هم انباشتگی^{۱۵} وجود دارد و از روش جوهانسون برای برآورد بردارهای هم انباشتگی استفاده می شود (والتر^{۱۶}، ۱۹۹۵). الگوی برآورد جوهانسن - جوسیلیوس، حداکثر احتمال را برای α و β فراهم می کند. همچنین برای تعیین درجه ماتریس Π و دستیابی به روابط- همگرایی^{۱۷} از آزمون های ماتریس اثر (trace) و حداکثر مقادیر ویژه (max) استفاده می شود. برای استفاده از روش جوهانسن - جوسیلیوس ابتدا باید تعداد بهینه متغیرهای درون زا را محاسبه نمود. سپس با استفاده از مقادیر سطح متغیر، مدل VAR را تشکیل و رتبه آن را با استفاده از معیارهای آکایک (AIC)، شوارتز (SBC)

همچنین برای احداث ویا بهره برداری از یک کارگاه یا شرکت می توان از سیستم- های ترکیبی از انرژی های تجدیدپذیر (خورشید و باد) به دلیل عملکرد و دسترسی آسان به آن ها در این شهرستان برای تولید برق استفاده نمود (محمدی، ۱۳۹۷).

لین و چن^{۱۸} (۲۰۱۹) در مطالعه اینکه آیا تولید برق به عنوان یک نوآوری از منابع انرژی های تجدیدپذیر در چین اهمیت دارد؟ با استفاده از روش های حداقل مربعات معمولی (DOLS) و حداقل مربعات معمولی تعدیل شده کامل (FMOLS) در طی دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۶ نشان داد که قیمت برق از انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر اثرات بلندمدتی را بر تولید برق می گزارد و یک درصد افزایش در متغیرهای قیمت برق و انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر، به ترتیب موجب افزایش ۰/۷۸۲۵ و ۱/۰۹۵۲ درصد در میزان تولید برق می شود (لین و چن، ۲۰۱۹).

اندینی و همکاران^{۱۹} (۲۰۱۹) در مطالعه تأثیر اقتصاد کلان از انواع منابع انرژی های تجدید پذیر بر میزان تولید برق در پرتغال با استفاده از الگوی خود توضیح برداری (SVAR) در طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۸۰ نشان دادند که بین منابع انرژی های تجدیدپذیر و میزان تولید برق در کوتاه مدت و بلندمدت رابطه مثبت و معناداری وجود دارد (اندینی و همکاران، ۲۰۱۹).

پارک و کیم^{۲۰} (۲۰۱۸) در مطالعه تأثیر انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر بر تولید برق خانگی در ایالات متحده آمریکا با استفاده از رگرسیون پانل دیتا (Panel data) برای داده های ماهیانه طی سال های ۲۰۱۳-۲۰۱۶ نشان دادند که بین انواع منابع انرژی های تجدید پذیر و میزان تولید برق خانگی رابطه مثبت و معنادار وجود دارد و دریافتند که استفاده از انرژی های تجدید پذیر جهت تولید برق میزان مصرف برق خانگی توسط هر خانوار در ایالات متحده را تا ۱۶/۰۱۷ میلیون کیلووات ساعت افزایش می یابد (پارک و کیم، ۲۰۱۸).

همچنین پژوهش های مرتبط دیگری نظیر پژوهش های موستوفی و همکاران، (۱۳۹۱)، جهانگیری بلطاقی و عساکره، (۱۳۹۵)، ناصح و همکاران، (۱۳۹۶)، باقری و همکاران، (۱۳۹۸)، ماندل و دنیج^{۲۱} (۲۰۱۰)، واشبورن و پابلورومرو^{۲۲} (۲۰۱۹) و کامارگو و همکاران^{۲۳} (۲۰۱۹)، نیز به بررسی تأثیر انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر بر میزان تولید برق با استفاده از تکنیک برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی استوار و سلسله مراتبی صورت گرفته است.

با بررسی هایی که تحقیق انجام داد می توان نتیجه گرفت که مطالعه ای که با استفاده از روش های الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون - جوسیلیوس و روش تصحیح خطا برای بررسی تأثیر انواع منابع انرژی های تجدید پذیر بر میزان تولید برق پرداخته شده باشد، انجام نشده است. بنابراین این مطالعه از این جهت حائز اهمیت می باشد.

۳- مواد و روش ها

این پژوهش از لحاظ روش علمی- تحلیلی و از نظر هدف، کاربردی بوده و روش جمع آوری اطلاعات نیز از نوع اسنادی - کتابخانه ای است. آمار و اطلاعات متغیرهای مورد نیاز در مدل به صورت سری زمانی سالانه ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ از بانک اطلاعات سری زمانی، وزارت نیرو و بانک جهانی استخراج شده است. برای

^۱ Lin and Chen
^۲ Dynamic Ordinary Least Square
^۳ Fully Modified Ordinary Least Square
^۴ Andini and et al
^۵ Structural Vector Autoregressive Model (SVAR)
^۶ Park and Kim
^۷ Mondal and Denich
^۸ Washburn and Pablo-Romero

^۹ Camargo et al
^{۱۰} World Development Indicators
^{۱۱} Johansen- Juselius
^{۱۲} Vector Error Correction Model (VECM)
^{۱۳} Halada and et al (2008)
^{۱۴} Kirchgassner et al
^{۱۵} Co-integration Vector
^{۱۶} Enders



نمود از مدل اقتصاد سنجی الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون- جوسیلیوس و روش تصحیح خطا استفاده شد که برگرفته از مدل آدو بوده و مطابق رابطه ۴ می باشد (آدو، ۲۰۱۲).

$$LEPRS = \beta_1 + \beta_2 LEP + \beta_3 LEC + \beta_4 LSOLAR + \beta_5 LHIDRO + \beta_6 LWIND + \beta_7 LGTH + U \quad (4)$$

که در آن:

$LEPRS^r$: میزان تولید برق توسط انرژی‌های تجدیدپذیر

EP^r : قیمت برق

EC^r : مصرف برق

$SOLAR^r$: انرژی خورشیدی

$HYDRO^r$: انرژی آبی

$WIND^r$: انرژی بادی

$GEOTHERMAL^r$: انرژی زمین گرمایی

U : جملات پسماند مدل

L : علامت لگاریتم

قبل از تخمین معادله برای بررسی مانایی داده‌ها آزمون ریشه واحد انجام شده است. از آنجایی که داده‌های متغیرهای مورد بحث در این پژوهش به صورت سری زمانی است. از این رو ضروری است که ابتدا متغیرهای مدل به لحاظ ایستایی و ناپیوستایی آزمون شود به علت در دسترس نبودن تمام داده‌ها و ایجاد رابطه علی و دوطرفه میان داده‌ها، از آزمون ریشه واحد - دیکی فولر استفاده شده است.

جدول ۲ آزمون ریشه‌ی واحد دیکی - فولر تعمیم یافته

متغیرها	آماره محاسبه شده	ارزش احتمال	نتیجه
میزان تولید برق	-۲/۶۴۵۷	۰/۰۰۷۴	I(1)
قیمت برق	-۳/۱۴۷۶	۰/۰۰۰۰	I(1)
مصرف برق	-۳/۶۰۸۴	۰/۰۰۰۰	I(1)
انرژی خورشیدی	-۳/۱۹۶۶	۰/۰۴۰۱	I(1)
انرژی آبی	-۳/۰۴۸۳	۰/۰۰۰۰	I(1)
انرژی بادی	-۳/۴۵۲۸	۰/۰۰۷۴	I(1)
انرژی زمین گرمایی	-۳/۱۸۹۹	۰/۰۰۰۲	I(1)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به این که در مطالعه حاضر فرضیه‌ی صفر مبتنی بر عدم وجود خودرگرسیون بین جملات اخلال در آن‌ها رفع شده، همه متغیرها پس از تفاضل-گیری در مرتبه اول در سطوح اطمینان ۱٪ و ۵٪ و ۱۰٪ مانا شده‌اند. در گام بعد برای بررسی روابط بلندمدت میان متغیرهای الگو، باید طول وقفه بهینه آزمون شود. برای بررسی طول وقفه بهینه آزمون‌های مختلفی وجود دارد که از آن میان می‌توان از آزمون‌های انگل - گرنجر^۱، جوهانسون - جوسیلیوس^{۱۱}، و همچنین آزمون کرانه‌ها^{۱۲} نام برد.

^۱ Energy Geothermal

^{۱۱} Augmented Dickey-Fuller Test

^{۱۲} Angel-Granger

^{۱۳} Johansen- Juselius

^{۱۴} Autoregressive Distributed Lag Models

^{۱۵} Bounds Test

و حنان کوبین (HQC) تعیین نمود. پس از آن با استفاده از آزمون‌های ماتریس اثر (χ trace) و حداکثر مقادیر ویژه (χ max) به تعیین بردارهای همگرایی و استخراج رابطه بلندمدت پرداخته شود (بابایی و همکاران، ۲۰۱۵).

۴- نتایج و بحث

در این قسمت از پژوهش به برآورد مدل پرداخته می‌شود، تا مشخص شود که از بین چهار نوع انرژی خورشیدی، آبی، بادی و زمین گرمایی اثر کدام یک بر تولید برق بیشتر است و برای انجام این کار ابتدا تحلیل همبستگی میان متغیرهای مدل را بررسی می‌کنیم با هدف اینکه ضریب همبستگی میان تولید برق به عنوان متغیر وابسته بر سایر متغیرهای مستقل به چه صورت خواهد بود. سپس با ارائه مدل اقتصادسنجی به بررسی تأثیر انواع منابع انرژی‌های - تجدیدپذیر بر تولید برق می‌پردازیم.

۴-۱ تحلیل همبستگی

برای اینکه بتوان همبستگی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته را برآورد نمود از تحلیل همبستگی استفاده شد که شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) بین متغیرهای مدل را بیان می‌کند و ضریب آن‌ها بین ۱ تا ۰/۱ است و در صورت عدم وجود رابطه بین دو متغیر برابر صفر خواهد بود. از این رو نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ ماتریس ضرایب همبستگی بین متغیرهای مدل

متغیر	میزان تولید برق	
	میانگین = ۱۵۶/۱۹	ضریب همبستگی سطح معناداری
قیمت برق	۸۵/۹۲	۰/۴۹۷
مصرف برق	۲۲/۲۰	۰/۷۰۰
انرژی خورشیدی	۲۰/۶۴	۰/۹۶۴
انرژی آبی	۲۱/۱۶	۰/۹۴۴
انرژی بادی	۲۱/۵۲	۰/۹۲۷
انرژی زمین گرمایی	۱۸/۱۹	۰/۹۰۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از جدول ۱ نشان می‌دهد که بین متغیرهای قیمت برق ($r = 0/497, p < 0/01$)، مصرف برق ($r = 0/700, p < 0/01$)، انرژی خورشیدی ($r = 0/964, p < 0/01$)، انرژی آبی ($r = 0/944, p < 0/01$)، انرژی بادی ($r = 0/927, p < 0/01$) و انرژی زمین گرمایی ($r = 0/906, p < 0/01$) در سطح ۹۹ درصد اطمینان با میزان تولید برق ارتباط دارند که نشان دهنده رابطه مثبت و قوی بین این متغیرها است اما همانطور که در جدول ۱ نمایان است متغیر انرژی خورشیدی با ضریب همبستگی پیرسون ۰/۹۶۴ بیشترین اثر را بر میزان تولید برق دارد و نسبت به سایر انرژی‌ها در اولویت بهتری قرار می‌گیرد.

۴-۲ مدل‌سازی اقتصادسنجی

با توجه به آمارهای توصیفی و یافته‌های بدست آمده در این تحقیق، برای اینکه بتوان تأثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر تولید برق را برآورد

^۱ Adu

^۱ Electricity Production from renewable sources

^۲ Electricity Price

^۳ Electricity Consumption

^۴ Energy Solar

^۵ Energy Hydro

^۶ Energy Wind



۴-۲-۱ تعیین طول وقفه بهینه

تخمین مدل هم انباشتگی جوهانسن - جوسیلیوس مستلزم برآورد یک سیستم معادلات الگوی خودتوضیح برداری است که در این بین به دست آوردن طول وقفه‌ی بهینه از مقدمات تخمین مدلها می باشد. با توجه به تعداد متغیرهای الگو و کمبود حجم نمونه مورد مطالعه از صد، از معیار شوارتز - بیژین^۲ برای تعیین طول وقفه بهینه استفاده شده و نتایج مربوط به آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ نتایج آزمون تعیین طول وقفه بهینه در الگوی VAR

تعداد وقفه	SC
۰	۹۶/۲۳۴۱
۱	۸۱/۱۷۲۲
۲	۷۰/۷۹۶۷

مأخذ: یافته های پژوهش

در جدول ۳ کمترین مقدار معیار شوارتز - بیژین در وقفه ی دو بدست آمده است و می توان بیان داشت که وقفه‌ی بهینه الگوی VAR وقفه‌ی دو می باشد.

۴-۲-۲ بررسی بردار همگرایی

با توجه به اینکه متغیرهای مدل، دارای مرتبه ی هم انباشتگی یکسان بوده و همگی پایا در تفاضل مرتبه‌ی اول می باشند؛ می توان از آزمون همجمعی جوهانسن - جوسیلیوس جهت تعیین بردارهای همگرایی استفاده نمود. براساس انتخاب مقدار وقفه ی بهینه ی دو؛ به عنوان وقفه‌ی بهینه‌ی مدل خود توضیح برداری، با استفاده از آزمونهای ماتریس اثر و حد اکثر مقادیر ویژه^۳، به تعیین تعداد بردارهای همگرایی پرداخته شده است. جداول ۴ و ۵ نتایج مربوط به تعیین تعداد بردارهای همگرایی توسط این دو آزمون را نشان می دهد. همانطور که در جداول ۴ و ۵ ملاحظه می شود، براساس نتایج هر دو آماره‌ی آزمون ماتریس اثر و آزمون حد اکثر مقادیر ویژه، وجود شش بردار همگرایی بین متغیرهای مدل تأیید می شود.

جدول ۴ نتایج آزمون ماتریس اثر (χtrace)

فرضیه ی صفر	فرضیه مقابل	مقدار آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪	ارزش احتمال در سطح ۹۵٪
$r = 0$ *	$r \geq 1$	۵۹۰/۷۷	۱۵۹/۵۲	۰/۰۰۰۰
$r \leq 1$ *	$r \geq 2$	۳۶۵/۹۱	۱۲۵/۶۱	۰/۰۰۰۰
$r \leq 2$ *	$r \geq 3$	۲۱۲/۹۳	۹۵/۷۵	۰/۰۰۰۰
$r \leq 3$ *	$r \geq 4$	۱۲۷/۹۴	۶۹/۸۱	۰/۰۰۰۰
$r \leq 4$ *	$r \geq 5$	۷۶/۳۸	۴۷/۸۵	۰/۰۰۰۰
$r \leq 5$ *	$r \geq 6$	۳۵/۶۵	۲۹/۷۹	۰/۰۰۹۴
$r \leq 6$	$r \geq 7$	۱۳/۴۳	۱۵/۴۹	۰/۰۰۹۷
$r \leq 7$	$r \geq 8$	۰/۳۴	۳/۸۴	۰/۵۵۹۸

مأخذ: یافته های پژوهش

جدول ۵ نتایج آزمون حد اکثر مقادیر ویژه (χmax)

فرضیه ی صفر	فرضیه مقابل	مقدار آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪	ارزش احتمال در سطح ۹۵٪
$r = 0$ *	$r = 1$	۲۲۴/۸۵	۵۲/۳۶	۰/۰۰۰۱
$r \leq 1$ *	$r = 2$	۱۵۲/۹۸	۴۶/۲۳	۰/۰۰۰۰
$r \leq 2$ *	$r = 3$	۸۴/۹۸	۴۰/۰۷	۰/۰۰۰۰
$r \leq 3$ *	$r = 4$	۵۱/۵۵	۳۳/۸۷	۰/۰۰۰۲
$r \leq 4$ *	$r = 5$	۴۰/۷۳	۲۷/۵۸	۰/۰۰۰۶
$r \leq 5$ *	$r = 6$	۲۲/۲۱	۲۱/۱۳	۰/۰۴۵۱
$r \leq 6$	$r = 7$	۱۳/۰۹	۱۴/۲۶	۰/۰۷۵۸
$r \leq 7$	$r = 8$	۰/۳۴	۳/۸۴	۰/۵۵۹۸

مأخذ: یافته های پژوهش

در ادامه، مطابق رابطه‌ی ۴ رابطه ی بلندمدت بین متغیرهای مدل تخمین زده شده و بردار نرمال شده نسبت به متغیر درون زای اول انتخاب شده است. این بردار بایستی از نظر علامت ضرایب متناسب با تئوریهای اقتصادی بوده و همچنین ضرایب متغیرهای توضیحی به لحاظ آماری معنی دار باشد. همانطور که در بردار بهینه انتخاب شده ملاحظه می شود؛ ضرایب تمامی متغیرهای مدل، براساس مبانی نظری مورد انتظار بوده و از نظر آماری نیز معنا دار می باشد.

$$LEPRS = 8.8710 + 0.17LEP + 0.54LEC + 8.44SOLAR + 5.39HYDRO + 3.78WIND + 1.03GTH \quad (5)$$

t=3.29 t=2.89 t=2.78 t=1.80
t=1.72 t=1.95

بر اساس رابطه ۵ می توان بیان داشت که در بلندمدت، یک درصد افزایش در متغیرهای قیمت برق، مصرف برق و انواع منابع انرژیهای تجدیدپذیر (خورشید، آب، باد و زمین گرمایی)، به ترتیب موجب افزایش ۰/۱۷، ۰/۵۴، ۸/۴۴، ۵/۳۹، ۳/۷۸ و ۱/۰۳ درصد در میزان تولید برق می شوند. در مرحله‌ی بعد الگوی تصحیح خطای برداری برآورد شده و نتایج مربوط به آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶ الگوی تصحیح خطای برداری

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	مقدار آماره t
$\Delta(LGDP)$	-	-	-
C	۰/۲۳۰۱	۰/۰۳۲۵	۱/۹۷۵۲
ECM(-۱)	-۰/۷۱۲۶	۰/۱۷۷۹	-۴/۰۰۵۵

مأخذ: یافته های پژوهش

با توجه به جدول ۶ ملاحظه می شود که ضریب جمله تصحیح خطای (-) ECM (۱)؛ معنی دار بوده و بین اعداد صفر و منفی یک بوده و برابر با رقم ۰/۷۱ - بدست آمده است. این عدد بیانگر این مطلب است که در هر دوره ۰/۷۱ از عدم تعادل کوتاه مدت برای رسیدن به تعادل بلندمدت تعدیل می شود. با توجه به نتایج بدست آمده، باید در نظر گرفت که در این پژوهش با محدودیتهایی چون نبود پیشینه نظری و تجربی در حد کافی، نبود داده‌های کافی در مورد هزینه‌های دقیق راه اندازی، نگه داری و عملکرد انرژیهای تجدیدپذیر به دلیل سابقه اندک استفاده از آنها و همچنین نبود اطلاعات کافی

^۲ Trace Matrix
^۳ Maximum Eigen Value

^۱ Vector Autoregressive Model (VAR)
^۲ Schwartz _ Besin



و دقیق در محاسبه هزینه های اولیه و هزینه های پیش بینی نشده کل کشور رو به رو بوده ایم

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات سیاستی

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیرات انواع منابع انرژی های تجدید پذیر بر تولید برق در ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ است. برای تحلیل موضوع از الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسن - جوسیلیوس و روش تصحیح خطا استفاده شده است. نتایج بدست آمده در این مطالعه حاکی از آن است که در بلند مدت یک درصد افزایش در متغیرهای قیمت برق، مصرف برق و انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر (خورشید، آب، باد و زمین گرمایی)، به ترتیب موجب افزایش ۰/۱۷، ۰/۵۴، ۸/۴۴، ۵/۳۹، ۳/۷۸ و ۱/۰۳ درصد در میزان تولید برق شده است که نشان دهنده تأثیر مثبت و معنی دار انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر بر میزان تولید برق ایران است. این پژوهش همچنین با مطالعات تجربی تحقیق نظیر مطالعات اندینی و همکاران (۲۰۱۹) و پارک و کیم (۲۰۱۸) همسو می باشد و مشخص شد که از بین انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر اثر انرژی خورشیدی بر میزان تولید برق در مقایسه با سایر انرژی ها بیشتر است بنابراین باید سرمایه گذاری در انرژی خورشیدی را در اولویت قرار دهیم. همچنین نتایج براساس ضریب جمله تصحیح خطا، حاکی از آن است که در هر دوره حدود ۰/۷۱ از عدم تعادل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلند مدت، تعدیل می شود. البته باید توجه داشت که در مناطق بادخیز به دلایلی از جمله شبانه روزی بودن، تمام فصل بودن و هزینه نسبتاً کمتر، طبعاً اولویت با انرژی بادی است، اما باید در نظر داشت که پژوهش حاضر برای کل کشور است و استانی نیست و امکان اینکه بخواهیم بین انواع انرژیها تفکیک قائل شویم وجود ندارد.

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش، توصیه ی سیاستی این است که برای افزایش تولید برق در بلند مدت از بین انواع منابع انرژیهای تجدید پذیر (خورشید، آب، باد و زمین گرمایی)، در ایران سرمایه گذاری در انرژی - خورشیدی در اولویت قرار داده شود، تولید این نوع انرژی مورد حمایت مورد حمایت دولت قرار گیرد به این صورت که برای سرمایه گذاران انرژی خورشیدی، تسهیلات با نرخ بهره کمتر، معافیت های مالیاتی بیشتر و اگر نیاز به کالاها یا دستگاههایی دارند که وارداتی است، در تعرفه های گمرکی آنها تخفیفاتی صورت گیرد. همچنین وزارت نیرو می تواند، برقی را که با انرژی خورشیدی تولید می شود با قیمت بالاتری برای تشویق سرمایه گذاران انرژی خورشیدی بخرد و از طرفی دولت هم می تواند در بحث انرژی برای خصوصی سازی، انرژی خورشیدی را عنوان نماید و برای الگو سازی در جامعه، برق فسیلی را به برق خورشیدی در ساختمان ها و مراکز دولتی تبدیل نماید. علاوه بر این از آنجا که امروزه همه دولت ها درگیر مسائل زیست محیطی هستند، انرژی خورشیدی می تواند یکی از گزینه ها برای کم کردن این نوع آلودگی باشد و برای کسانی که مصرف انرژی خورشیدی بیشتری دارند، امتیازات و گواهی نامه های مختلف قائل شوند.

منابع

[۱] باقری، محسن، زارع علی آبادی، احسان و انضباطی، امیر حسین. بررسی تأثیر استفاده از منابع تجدیدپذیر در تأمین تقاضای شبکه ی برق با ارائه ی یک مدل ریاضی دو هدفه، فصل نامه علمی- ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، دوره ۱، شماره ۶، ۱۳۹۸.

[۲] تکلیف، عاطفه، محمدی، تیمور و بختیار، محسن، گسترش انرژی های تجدیدپذیر و نقش آن در توسعه آینده صنعت نیروگاهی ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۲۵، شماره ۷، ۱۶۱-۱۴۷، ۱۳۹۶.

[۳] جهانگیری بلطاقی، وحید وعساکره، عباس، رتبه بندی منابع انرژی تجدیدپذیر جهت تولید برق در استان خوزستان با استفاده از روش تاپسیس، دهمین گنگره ملی مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۵.

[۴] خانی، محمد سعید، فلاحی، اسماعیل و پاشی، مهدی، ارائه ی مدل مدیریت تأمین انرژی در ایران براساس معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، دوره ۱۸، شماره ۵، ۶۰-۲۹، ۱۳۹۵.

[۵] شمس، محمدحسین، خاوری، فرشاد، محمدی، مسعود ونوری، جلال، مروری بر فناوری های تولید برق از انرژی خورشیدی و مقایسه آماری بزرگ ترین نیروگاه های خورشیدی جهان، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، دوره ۲۱، شماره ۱۰، ۱۳۹۲.

[۶] صادقی، حسین، خاکسار آستانه، سمانه، ارائه یک الگوی بهینه توسعه انرژی های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از رویکرد بهینه یابی استوار، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، دوره ۱۱، شماره ۳، ۱۹۴-۱۵۹، ۱۳۹۳.

[۷] شمس، محمدحسین، خاوری، فرشاد، محمدی، مسعود ونوری، جلال، مروری بر فناوری های تولید برق از انرژی خورشیدی و مقایسه آماری بزرگ ترین نیروگاه های خورشیدی جهان، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، دوره ۱۰، شماره ۲۱، ۱۳۹۲.

[۸] کویانی، محمدرضا، تنگناهای انرژی و ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران، فصلنامه مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی اصفهان (مطالعات و پژوهش های دانشکده ادبیات و علوم انسانی)، دوره ۲۱، شماره ۱۴، ۱۳۸۱.

[۹] موسوی شفاقی، مسعود، نوراللهی، یونس، سلطانی نژاد، احمد، رضائیان قیه باشی، احد، یوسفی، حسین و رضائیان، علی حسین، امنیت انسانی و چالش های توسعه انرژی های تجدیدپذیر در ایران، با تأکید بر امنیت زیست محیطی، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱۸، تیرماه ۱۳۹۵.

[۱۰] مهدوی عادل، محمد حسین وخواجه نائینی، رضا ۱۳۹۳، بررسی و ارزیابی مالی تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی در ایران، دو فصلنامه اقتصاد پولی، مالی (دانش و توسعه سابق)، دوره ۷، شماره ۲۱، ۱۳۹۳.

[۱۱] محمدی، سجاد، شبیه سازی و تحلیل استفاده از انرژی های تجدید پذیر برای ترکیبی تولید برق یک شرکت یا کارگاه در شهرستان رشت، همایش ملی مدلسازی و پژوهشهای نوین در مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود، بهار ۱۳۹۷.

[۱۲] موسوفی، فرشید، شایقی، حسین و کاظمی کارگر، حسین، پتانسیل سنجی و طراحی بهینه سیستم ترکیبی انرژیهای تجدیدپذیر جهت تأمین برق مورد نیاز ایستگاه های پمپاژ آب سایت مشکین شهر، نشریه انرژی ایران، دوره ۴۳، شماره ۱۵، ۱۳۹۱.

[۱۳] نادری، مصطفی و سالاری باغون آباد، مهدی، بررسی فناوری های تولید برق با رویکرد کاهش انتشار گازهای گلخانه ای با تکنیک ارزیابی چرخه حیات (LCA)، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، بهار، ۱۳۹۲.

[۱۴] نیک اندیش، سمیرا، نصراللهی، زهرا و انصاری سامانی، حبیب، تولید برق از انرژیهای تجدیدپذیر و انتشار کربن دی اکسید ایران و گروهی از کشورهای منتخب، دهمین گنگره پیشگامان پیشرفت، پاییز، ۱۳۹۵.

[۱۵] ناصح، نگین، کامرانی فر، محمد و بیرامی، علیرضا (۱۳۹۶)، مروری بر مهمترین فناوری های مدیریت تولید بربرق از انرژی خورشیدی و ارزیابی اقتصادی آنها با تأکید بر سیستم های فتوولتائیک واهداف توسعه پایدار، فصل نامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، دوره ۲، شماره ۴، ۱۳۹۶.

[۱۶] وزارت نیرو، آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۳۹۰.



- [17] Andini, C., Cabral, R., & Santos, J. E., The macroeconomic impact of renewable electricity power generation projects. *Renewable energy*, 131: 1047-1059, 2019.
- [18] Adu, G., Studies on Economic Growth and Inflation, *Acta Universitatis agriculturae Sueciae (1652-6880)*, 14: 1-26, 2012.
- [19] Bianco, V., Driha, O. M., & Sevilla-Jiménez, M., Effects of renewables deployment in the Spanish electricity generation sector. *Utilities Policy*, 56: 72-81, 2019.
- [20] Barros, J. J. C., Coira, M. L., de la Cruz López, M. P., & del Caño Gochi, A., Comparative analysis of direct employment generated by renewable and non-renewable power plants. *Energy*, 139: 542-554, 2017.
- [21] Bélaïd, F., & Youssef, M., Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: Assessing the evidence from Algeria. *Energy Policy*, 102: 277-287, 2017.
- [22] Camargo, L. R., Valdes, J., Macia, Y. M., & Dorner, W., Assessment of on-site steady electricity generation from renewable energy sources in Chile. *Energy Procedia*, 158: 1099-1104, 2019.
- [23] Halada, K., Masanori, S. and Kiyoshi, L., Forecasting of the Consumption of Metals up to 2050, *Materials Transactions*. 49(3): 402-410, 2008.
- [24] Kurbatova, T., & Khlyap, H., State and economic prospects of developing potential of non-renewable and renewable energy resources in Ukraine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52: 217-226, 2015.
- [25] Kirchgassner, G., Wolters, J., & Hassler, U., Introduction to modern time series analysis. *Springer Science & Business Media*, 6(4): 228-242, 2012.
- [26] Llerena-Pizarro, O. R., Micena, R. P., Tuna, C. E., & Silveira, J. L., Electricity sector in the Galapagos Islands: Current status, renewable sources, and hybrid power generation system proposal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108: 65-75, 2019.
- [27] Lin, B., & Chen, Y., Does electricity price matter for innovation in renewable energy technologies in China? *Energy Economics*, 78: 259-266, 2019.
- [28] Mosiño, A., Producing energy in a stochastic environment: Switching from non-renewable to renewable resources. *Resource and Energy Economics*, 34(4): 413-430, 2012.
- [29] Mondal, M. A. H., & Denich, M., Assessment of renewable energy resources potential for electricity generation in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8): 2401-2413, 2010.
- [30] Narayanan, A., Mets, K., Strobbe, M., & Develder, C., Feasibility of 100% renewable energy-based electricity production for cities with storage and flexibility. *Renewable Energy*, 134: 698-709, 2019.
- [31] Ozcan, M., Factors influencing the electricity generation preferences of Turkish citizens: Citizens' attitudes and policy recommendations in the context of climate change and environmental impact. *Renewable energy*, 132: 381-393, 2019.
- [32] Park, S., & Kim, J., The effect of interest in renewable energy on US household electricity consumption: An analysis using Google Trends data. *Renewable energy*, 127: 1004-1010, 2018.
- [33] Suberu, M. Y., Mustafa, M. W., & Bashir, N., Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35: 499-514, 2014.
- [34] Teixeira, A. A., Forte, R., & Assunção, S., Do countries' endowments of non-renewable energy resources matter for FDI attraction? A panel data analysis of 125 countries over the period 1995-2012. *International Economics*, 150: 57-7, 2017.
- [35] Van Zalk, J., & Behrens, P., The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the US. *Energy Policy*, 123: 83-91, 2018.
- [36] Washburn, C., & Pablo-Romero, M., Measures to promote renewable energies for electricity generation in Latin American countries. *Energy Policy*, 128: 212-222, 2019.

