پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال هفتم، شماره 25، زمستان 1396، صفحات 124-95

پیش‌بینی تراز داخلی گاز طبیعی: با استفاده از مدل ترکیبی ARDL و میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه (ARIMA)

محمدحسن فطرس[1]
مصطفی امیدعلی[2]
امیرمحمد گلوانی[3]

تاریخ دریافت:1396/08/02 تاریخ پذیرش:1397/06/20

چکیده:

هدف از این مطالعه بکارگیری یک مدل ترکیبی جهت تخمین تراز سرانه گازطبیعی کل کشور و همچنین پیش-بینی آن برای دوره 1396 - 1415 می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل پویای خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت عرضه و تقاضای سرانه گاز طبیعی کل کشور برای دوره 1360-1395 برآورد شده است. سپس با قرار دادن مقادیر پیش‌بینی شده هر یک از متغیرهای مورد نظر که از مدل ARIMA بدست آمده در مدل ترکیبی ARDL، مقدار تراز سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 پیش‌بینی گردیده است. نتایج پیش‌بینی بیانگر این است که مقدار تقاضای سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 به میزان 4177/36 میلیون مترمکعب خواهد رسید، همچنین در همین سال مقدار عرضه سرانه گاز طبیعی برابر با میزان 3417/26 میلیون مترمکعب خواهد بود. جهت پاسخگویی به این میزان مازاد تقاضا باید سیاست‌هایی در جهت افزایش تولید یا محدودیت تقاضا اتخاذ گردد.

طبقه‌بندی JEL: Q41، Q43، Q47، C51

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی، تراز گاز طبیعی ایران، ARDL، ARIMA

---

1. استاد اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه بوعلی سینا همدان
fotros@basu.ac.ir
2. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه بوعلی سینا همدان (نویسنده مسئول)
Mostafa.put3@gmail.com
3. کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی
am_galavani@yahoo.com

1. مقدمه

انرژی نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در اقتصاد کشورها دارد و وجود آن برای توسعه امری ضروری است. افزایش روزافزون نیاز کشورهای صنعتی به انرژی از یک سو و محدودیت منابع انرژی تجدیدناپذیر از سوی دیگر، توجه کشورهای عمده مصرف‌کننده انرژی را به سمت مدیریت و محدودیت در مصرف انرژی، بخصوص سوخت‌های فسیلی و توجه بیشتر به انرژی‌های نو و گاز طبیعی جلب کرده است. گاز طبیعی انرژی برتر قرن بیست و یکم نامگذاری شده است و به دلیل قیمت مناسب و آلایندگی پایین نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی از نظر زیست محیطی نیز مورد توجه قرار گرفته است. طبق بررسی‌های انجام گرفته در بین انرژی‌های اولیه، مصرف گاز طبیعی در سال‌های آینده دارای بیشترین رشد خواهد بود و این رشد برای کشورهای در حال توسعه بیشتر خواهد بود، به طوری که تا سال 2020 سهم گاز طبیعی از ترکیب انرژی جهان هر ساله 2٪ افزایش می‌یابد. (اطلاعات گاز طبیعی، سازمان بین‌المللی انرژی، 2015)[1]

گاز طبیعی جزئی از ثروت ملی کشور ماست و به نسل‌های فعلی و آتی تعلق دارد. استفاده از ذخایر گسترده گاز طبیعی فرصت‌های مغتنمی را برای توسعه آبادانی کشور ایجاد می‌کند. گاز طبیعی به عنوان سوختی پاک، افزون بر رفع نیاز داخلی می‌تواند در زمینه‌های دیگر از جمله صادرات مورد توجه قرار گیرد. گاز در سال‌های اخیر در میان انرژی‌های اولیه در بازار جهانی سریع‌ترین رشد مصرف را به خود اختصاص داده است که این نشان می‌دهد گاز طبیعی در آینده انرژی دنیا و همچنین ایران نقش بسیار مهمی خواهد داشت. ایران با دارا بودن 18/2 % از کل منابع گاز جهان ، اولین کشور دارنده منابع گاز طبیعی است. عوامل مختلفی از جمله تغییرات آب و هوا، وضعیت اقتصاد و جایگزینی سوخت در تقاضای کوتاه‌مدت گاز طبیعی موثر است. در بلندمدت، تجدید ساختار صنعت الکتریسیته و گاز، مراکز جمعیتی کشور، توجه به کارایی انرژی و پیشرفت تکنولوژی بر تقاضای گازطبیعی موثر است (کشاورزحداد و میرباقری جم، 1385).

1 . IEA-Natural Gas Information (2015)

هدف این مقاله، پیشنهاد و بکارگیری یک مدل ترکیبی جهت بررسی تاثیرگذاری متغیرهای مورد نظر بر تراز داخلی گاز طبیعی کشور و همچنین پیش‌بینی مقدار عرضه و تقاضای گاز طبیعی برای 20 سال آینده است. جهت تخمین توابع عرضه و تقاضای گاز طبیعی و کشش‌های بلندمدت تقاضای آنها از مدل ARDL[1] و جهت برآورد کشش‌های کوتاه‌مدت از مدل تصحیح خطا ECM[2] استفاده شده است. جهت پیش‌بینی تراز گاز طبیعی برای 20 سال آینده از مدل ترکیبی استفاده گردیده است، به این ترتیب که ابتدا هر یک از متغیرهای تاثیرگذار بر توابع عرضه و تقاضای گاز طبیعی، با استفاده از مدل میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه (ARIMA)[3] پیش‌بینی شده، سپس هر یک از مقادیر پیش‌بینی شده را در تابع ساختاری اصلی (ARDL) قرار داده و بر اساس ضرایب به دست آمده از این مدل مقادیر تراز سرانه گاز طبیعی برای سال‌های آینده پیش‌بینی شده است. برای اطمینان حاصل کردن از نتایج پیش‌بینی مدل پیشنهادی، مقادیر بدست آمده از مدل مورد نظر، با نتایج پیش‌بینی شده از دو مدل VAR و ARIMA مقایسه می‌شود. در ادامه ساختار مقاله به این صورت است که بخش دوم به معرفی ادبیات موضوع و مطالعات پیشین می‌پردازد، بخش سوم شامل روش پژوهش و معرفی داده‌ها، بخش چهارم به ارائه نتایج تخمین و تجزیه و تحلیل آن اختصاص دارد و در پایان نتایج مقاله ارائه خواهد شد.

2. ادبیات موضوع

2-1. مبانی نظری

تحولات اقتصادی، سیاسی از جمله بحران‌های نفتی دهه 1970 و دهه 1980 منجر به افزایش قابل توجه مطالعات در زمینه تقاضای انرژی گردید، روندی که بر اثر افزایش نگرانی‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی مجددا در سال‌های اخیر تشدید شد. از سال‌های اولیه دهه 1970 مطالعات گوناگونی در خصوص

1 Autoregressive Distributed Lag
2 Error correction model
3 Autoregressive Integrated Moving Average

برآورد نیاز به انرژی با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مختلف صورت گرفته است. این مدل‌ها شامل شاخص‌سازی ساده، تحلیل روند، روش تجزیه، بهینه‌یابی، تحلیل سناریو، روش‌های اقتصادسنجی، سری‌های زمانی و در نهایت مدل‌های فنی اقتصادی هستند (باتاچاریا 2011)[1].

بر اساس نظریه اقتصاد خرد، مقدار بهینه تقاضا برای انواع حامل‌های انرژی برای مصرف‌کننده و تولیدکنندگان در اقتصاد به دو صورت برآورد می‌شود. در بخش‌های مختلف تولیدی به منزله یک نهاده تولید، از حداقل‌سازی تابع هزینه مشتق می‌شود. یک بنگاه اقتصادی ترکیب نهاده‌های لازم را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که بنگاه، حداقل هزینه ممکن را برای تولید مقدار معینی از محصول داشته باشد. برای مثال مساله حداقل‌سازی خط هزینه همسان بنگاه نسبت به تابع تولید بنگاه خاص در زمان معین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Min: C = rK + wL + p_m M + ... + p_T T \quad (1)$$

$$s.t: \bar{Q} = f(K, L, M, E_1, E_2, ..., E_n, T) \quad (2)$$

که در آن K، L و M به ترتیب معرف نهاده‌های سرمایه، نیروی‌کار و مواد اولیه است و E_i نیز i امین نوع از انرژی (گاز طبیعی) و سایر انرژی‌های جایگزین است و T نیز مجموعه‌ای از عوامل دیگر مانند تغییرات فناوری است. با حداقل کردن خط هزینه همسان بنگاه نسبت به سطح ثابتی از تولید، تابع تقاضا برای عوامل تولید ازجمله گاز طبیعی بدست می‌آید. اگر تقاضا برای گاز طبیعی به عنوان یک عامل تولید، به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$D_e = d(p_e, p_k, p_m, y) \quad (3)$$

در این صورت تابع تقاضای گاز طبیعی تابعی از قیمت گاز طبیعی (p_e)، قیمت انرژی جایگزین (p_m)، سایر نهاده‌های تولید(p_k) و درآمد یا تولید (y) است.

1 Bhattachariyya (2011)

از طرفی در بعضی از بخش‌ها مانند بخش خانگی گاز طبیعی به عنوان یک کالای نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این حالت مطابق نظریه رفتار مصرف‌کننده، فرد تابع مطلوبیت خود را که متشکل از کالاهای مختلف است نسبت به محدودیت بودجه خانوار حداکثر می‌کند:

$$Max: \quad U=U(x_1,x_2,...,x_n) \tag{4}$$

$$S.T: \quad \sum p_i x_i \le m \quad i=1,2,3,...,n \tag{5}$$

که در این مدل X_i میزان تقاضای کالاهای مختلف در دوره زمانی مشخص، P_i قیمت این کالاها و m درآمد مصرفی مصرف‌کننده است. با حداکثرسازی تابع مطلوبیت نسبت به سطح مشخصی بودجه خانوار و مشتق‌گیری نسبت به قیمت کالاها، تقاضای هر یک از کالاها بدست می‌آید. یکی از این کالاها مورد نظر در این مطالعه، تقاضای گاز طبیعی به صورت کالای نهایی شامل تقاضای بخش خانگی است که از حداکثرسازی مطلوبیت مصرف‌کننده‌های خانگی نسبت به سطح مشخصی از درآمد خانوار استخراج می‌شود. در این حالت تابع تقاضای گاز طبیعی مصرف‌کننده، تابعی از قیمت گاز طبیعی (p_g)، قیمت انرژی جایگزین (p_m) و درآمد مصرف‌کننده (m) است (منسا 2014)[1].

عرضه انرژی نیز به مقادیری اطلاق می‌شود که عرضه‌کننده در واحد زمان قادر وحاضر است در قیمت‌های مختلف به بازار عرضه کند. به طور کلی عوامل زیادی بر عرضه گاز طبیعی موثر هستند که برخی از آنها را می‌توان به طور کیفی و کمی شناسایی و بررسی کرد. لذا مهمترین عوامل موثر بر عرضه گاز طبیعی عبارتند از: قیمت، شرایط جوی، شرایط اقتصادی و سیاسی در کشورهای عرضه‌کننده، تولید ناخالص داخلی، تقاضای این کالا در سطح بین‌المللی، ظرفیت تولید، میزان ذخایر اثبات شده، گستردگی اکتشاف، جمعیت، هزینه تولید، هزینه حمل و نقل، هزینه حفظ محیط زیست، میزان یارانه پرداختی دولت به بخش مصرف‌کننده، سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، تاخیر زمانی در واکنش به تغییرات قیمت و .... بدیهی است که تمامی این عوامل در یک زمان مشخص نمی‌تواند اثرگذار

1. Mensah, (2014)

باشند. بنابراین با توجه به دوره زمانی مورد بررسی تنها برخی از این عوامل اثر قابل توجهی بر میزان عرضه می‌گذارد(ابونوری و غفوری 1390).

در رویکرد اقتصاد سنجی (مدل‌های ساختاری) عمدتا از متغیرهای کلان اقتصادی همانند قیمت و درآمد بعنوان متغیرهای تاثیرگذار بر عرضه و تقاضای انرژی استفاده می-شود. اما در روش سری‌های زمانی (غیر ساختاری) رفتار یک متغیر بر اساس مقادیر گذشته آن توضیح داده می‌شود. از انواع مدل‌های سری زمانی می‌توان به مدل‌های خودرگرسیونی، خودرگرسیون برداری (VAR)، خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL)[1] و میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه (ARIMA) اشاره کرد. رویکرد اخیر استفاده از مدل‌های ترکیبی است که در آن از ترکیب روش‌های مختلف برای پیش‌بینی استفاده شده است. بطور مثال مدل فنی اقتصادی بر این پایه استوار است که تکنولوژی مصرف به همراه میزان استفاده از آن تکنولوژی تعیین‌کننده تقاضای نهایی خواهد بود، لذا با دانستن تعداد دستگاه‌های مصرف‌کننده انرژی (مثل تعداد اتومبیل)، نوع انرژی مصرفی، میزان بهره‌وری (لیتر/ کیلومتر) و میزان بهره‌برداری از دستگاه در یک دوره زمانی خاص (مانند استفاده از اتومبیل در سال) می‌توان تقاضای کل یا در بخش خاص را بدست آورد.

2-2. پیشینه پژوهش

مطالعات مختلفی در زمینه تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

2-2-1. مروری بر مطالعات خارجی

لیو[2] و همکاران (1991) مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی برای کشور تایوان را با استفاده از مدل ARIMA و بهره‌گیری از داده‌های ماهانه و فصلی پیش‌بینی کردند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که دو متغیر قیمت گاز طبیعی و درجه دمای نواحی

1 Autoregressive Distributed Lag
2 Liu etal. (1991)

مورد بررسی از عوامل مهم برای پیش‌بینی گاز طبیعی در بخش خانگی است. یوبدا[1] و همکاران (2007) با استفاده از روش تجزیه، نحوه پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی را مورد بررسی قرار دادند. در این روش، پیش‌بینی با استفاده از سه جز تعیین می‌شود، جز اول گرفتن روند داده‌های سری زمانی است، جزء دوم روند فصلی بر پایه مدل خطی و جز سوم ناپایا، برای تخمین تغییرات روزانه با استفاده از متغیرهای توضیحی است. با بهره‌گیری از انعطاف‌پذیری مدل می‌توان الگوهای تقاضا را در دامنه‌ی گسترده‌ای از داده‌های تاریخی توصیف کرد. اردوقدو[2] (2009) درمقاله‌ای با عنوان تقاضای گاز طبیعی در ترکیه کشش-های بلندمدت و کوتاه‌مدت قیمتی و درآمدی برای تابع تقاضای گاز طبیعی را تخمین زد. نتایج نشان داد که تابع تقاضای گاز طبیعی در این کشور کم کشش است. همچنین در این مطالعه مقدار رشد مصرف گاز طبیعی با استفاده از مدل ARIMA برای سال‌های آینده پیش‌بینی شد. فروزان‌فر و دیگران (2010)[3] تابع تقاضای بخش خانگی و تجاری ایران را با استفاده از مدل پایه‌ای لاجستیک پیش‌بینی کردند. برای تخمین پارامترهای لاجستیک از دو روش برنامه‌ریزی غیرخطی و روش الگوریتم ژنتیکی استفاده شده است. در این روش‌ها با استفاده از داده‌های مصرف گاز طبیعی برای ده سال گذشته مقدار مصرف برای سال‌های 2011، 2012 و 2013 پیش‌بینی شد. سالدو[4] (2012) در مقاله‌ی خود تمامی مطالعه‌های انجام شده در زمینه‌ی گاز طبیعی، از ابتدا تا سال 2010 را تجزیه تحلیل کرده، همچنین روش‌ها و مدل‌هایی که برای تحلیل و تخمین نتایج بکار رفته‌اند را نیز مورد بررسی قرارداد. آکارت[5] و همکاران (2016) مصرف گاز طبیعی کشور ترکیه را با استفاده از روش‌های سری زمانی پیش‌بینی کردند. روش‌های بکار رفته جهت پیش‌بینی در این مطالعه، شامل هموارسازی نمایی و روش باکس – جگنیز (ARIMA) بود. نتایج نشان داده که پیش‌بینی بدست آمده از مدل ARIMA قابل اعتمادتر نسبت به روش هموارسازی

1 Úbeda etal. (2007)
2 Erdogdu. (2009)
3 Forozanfar etal. (2010)
4 Soldo. (2012)
5 Akkurt etal. (2016)

نمایی است. شیخ و همکاران (2016)[1] تابع تقاضای گاز طبیعی در چین را برای دوره 2020 تا 2035 با استفاده از تجزیه و تحلیل مدل لاجستیک پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد مقدار تقاضای گاز طبیعی در میان‌مدت به مقدار 330 تا 370 میلیون مترمکعب خواهد رسید و در بلندمدت به میزان 550 تا 590 میلیون‌متر مکعب خواهد شد.

2-2-2. مروری بر مطالعات داخلی

لطفعلی‌پور و دیگران (1382) تابع تقاضای گاز طبیعی مصارف خانگی شهر تهران برای دوره 1374-1378 را تخمین زدند. در این مطالعه تقاضای گاز طبیعی تابعی از قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی، درآمد و متوسط درجه حرارت هوا در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که کشش درآمدی تقاضای گاز طبیعی کمتر از واحد ست. همچنین مهمترین عامل تاثیرگذار بر مصرف خانوارها در تهران متوسط درجه دما مخصوصا در ماه-های سرد سال بود. مشیری و شاهمرادی (1384) ساختار مصرف گاز طبیعی و برق خانوارهای شهری کشور با تاکید بر الگوی مصرف دو استان تهران و اصفهان را تجزیه و تحلیل کردند. نمونه مورد مطالعه برای دوره 1375-1380 بود. الگوی نظری مبتنی بر فرآیند بهینه‌یابی دو مرحله‌ای است که به فرم تابعی انعطاف‌پذیر موضعی ختم می‌شود. نتایج نشان داد در دوره مورد مطالعه، گاز طبیعی در سبد مصرفی خانوار کالایی تقریبا بی-کشش است. پورکاظمی و همکاران (1384) تقاضای گاز شهری خانگی تهران را با استفاده از روش خطی ARIMA و روش غیرخطی شبکه‌های عصبی فازی بررسی و از لحاظ شش معیار ارزیابی عملکرد با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که برای اشتراک گاز طبیعی، شبکه‌های فازی در تمامی شش معیار ارزیابی عملکرد، بر روش ARIMA برتری داشته و مناسب‌تر است. عباسی و دهباشی (1389)، تابع تقاضای گاز طبیعی برای بخش خانگی در استان سمنان را برای دوره 1378تا 1387 مورد بررسی قرار دادند. تخمین با استفاده از روش OLS صورت گرفت. نتایج نشان داد گاز طبیعی در این

1 Shaikh etal (2016)

استان یک کالای کم کشش و نیز یک کالای ضروری برای تمامی گروه‌های درآمدی مردم است. ابونوری و غفوری (1390) در مطالعه‌ای عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران را برای دوره 1355-1386 بررسی و همچنین مقدار آن را برای افق 1404 پیش‌بینی کردند. کشش‌های بلندمدت تقاضای گاز درآمدی و قیمتی به ترتیب برابر با 8/8 و 1/68 می‌باشد همچنین کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت عرضه گاز طبیعی نسبت به صادرات گازطبیعی به ترتیب برابر با 0/13 و 0/25 بدست آمد. آنها با استفاده از مدل‌های برآورد شده طی سه سناریو خوش‌بینانه، حدمیانه و بدبینانه میزان عرضه و تقاضای گاز طبیعی در کشور را برای افق 1404 پیش‌بینی کردند. جوان و همکاران (1391) در موضوعی تحت عنوان پیش‌بینی تابع تقاضا و ذخیره‌سازی فصلی گاز طبیعی در طول برنامه پنجم توسعه با استفاده از روش شبکه مصنوعی و ARIMA، میزان تقاضای آینده گاز در کشور و ظرفیت لازم برای ذخیره سازی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ویژگی فصلی بودن مصرف داخلی گاز طبیعی همچنان طی سال‌های آینده ادامه خواهد داشت و پیشنهاد شد علاوه بر 4 میلیارد ظرفیت برنامه‌ریزی شده برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی، سالانه باید 10 میلیارد مترمکعب ظرفیت ذخیره‌سازی جدید جهت مدیریت عرضه و تقاضا ایجاد شود. کانی و همکاران[1](2013) با استفاده از مدل غیرخطی (STAR)[2] تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت ایران را برای دوره 1350-1388 تخمین زدند. نتایج نشان داد که ارزش افزوده و قیمت برق اثر معنی‌دار و مثبتی در تقاضای گازطبیعی در بخش صنعت دارند. قیمت گاز طبیعی اثر معنی‌دار و معکوسی دارد، اما قیمت فرآورده‌های نفتی هیچ اثری روی تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت ندارند. حاج‌عبدالهی و همکاران (2013)[3] مصرف خانگی گاز طبیعی را با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی برای 20 سال آینده استان کرمان پیش‌بینی کردند. دوره پیش‌بینی برای سال‌های 1387 تا 1407 بود، نتایج پیش‌بینی نشان داد که مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی طی 20 سال آینده تقریبا 1/8 برابر خواهد شد. بابازاده و همکاران (1392)

1 Kani etal. (2013)
2 Smooth transition autoregressive
3 Hajabdolahi etal. (2013)

تابع تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت گازطبیعی در بخش خانگی را برآورد کردند. آنها در مقاله خود از الگوی خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی و مدل تصحیح خطا جهت تخمین تابع تقاضا در طی سال‌های 1378-1388 استفاده کرده‌اند. شیرانی فخر و همکاران (1393) در مطالعه‌ای تحت عنوان تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت ایران با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری، تابع تقاضای بخش صنعت ایران را برای دوره 1360-1390 برآورد کردند. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که اولا ماهیت روند از نوع روند هموار است و ثانیا به صورت غیرخطی حرکت می‌کند.

با توجه به مطالعات قبلی می‌توان بیان کرد که جهت پیش‌بینی عرضه و تقاضای گاز طبیعی با استفاده از مدل‌های ساختاری مانند مدل ARDL، عمدتا از دو روش استفاده شده است. در روش اول ،سناریو سازی انجام شده است به طوری که برای هر تابع سه سناریو در نظر گرفته می‌شود؛ یک سناریو روند موجود متغیرها می‌باشد، سناریو دیگر روندی با رشد بالاتر از وضعیت فعلی متغیرها و در نهایت سناریویی با رشد کمتر از وضعیت موجود می‌باشد و پیش‌بینی‌ها بر اساس هر یک از سناریوهای ذکر شده انجام می‌گرفت. روش دوم استفاده از مدل ARIMA است که در آن تقاضای آتی گاز طبیعی فقط بر اساس مقادیر گذشته تقاضای گاز و شوک‌های موثر بر آن متغیر پیش‌بینی می‌شود مانند (اردوقدو2009) و (ابونوری و غفوری 1390). اما رویکرد اخیر، استفاده از مدل‌های ترکیبی است که در آن از ترکیب روش‌های مختلف برای پیش‌بینی استفاده شده است. بطور مثال برخی محققین از ترکیب شبکه عصبی و ARIMA برای پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی استفاده کرده‌اند مانند (جوان و همکاران 1391). در این مطالعه برای پیش‌بینی تقاضای سرانه گاز طبیعی در ایران، از مدل ترکیبی ARDL و ARIMA استفاده شده است.

3. روش شناسی پژوهش و معرفی داده‌ها

این بخش به معرفی مدل و داده‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌پردازد. هدف این مطالعه، برآورد و بررسی توابع عرضه و تقاضای گاز طبیعی در کوتاه‌مدت و بلندمدت و

پیش‌بینی آن‌ها برای 20 سال آینده یعنی تا سال 1415 است. در مطالعه حاضر برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرهای مستقل و عرضه و تقاضای سرانه گاز طبیعی کل کشور از مدل ساختاری ARDL استفاده شده است و برای پیش‌بینی متغیرهای مستقل مدل مذکور برای سال‌های مورد نظر مدل ARIMA بکار گرفته شده است. درنهایت با ترکیب مدل ARDL و ARIMA و با جایگذاری مقادیر پیش‌بینی شده متغیرهای مستقل از مدل ARIMA در مدل ARDL، مقدار تراز سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 پیش‌بینی می‌گردد.

1-3. مدل ARDL

در این مطالعه بر اساس ادبیات موضوع و اطلاعات موجود از مدل خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)، معرفی شده توسط پسران و همکاران (1997) برای بررسی هم-انباشتگی و نیز تخمین روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرها استفاده شده است.فرم کلی مدل ARDL به صورت زیر تصریح می‌شود.

$$Y_t = \mu + \sum_{j=1}^{p} \gamma_j Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q} \beta_j X_{t-j} + \upsilon_t \qquad (6)$$

آزمون فرضیه برای انجام آزمون F به صورت زیر است که در آن فرض صفر مبنی بر عدم وجود رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرها و فرض مقابل، وجود رابطه‌ی بلندمدت میان متغیرهاست:

$$\begin{cases} H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0 \\ H_1: \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq \lambda_3 \neq \lambda_4 \neq \lambda_5 \neq 0 \end{cases}$$

آماره F به دست آمده با دو مقدار بحرانی بدست آمده توسط پسران و شین (1999) مقایسه می‌شود.(پسران و همکاران، 1999[1])، مقدار پایین‌تر با فرض I(0) بودن تمامی متغیرها و مقدار بالاتر با فرض I(1) بودن تمام متغیرهاست. اگر آماره‌ی F محاسباتی از حد بالای مقدار بحرانی بزرگتر باشد، فرضیه‌ی صفر مبنی بر عدم وجود رابطه‌ی بلندمدت رد می‌شود و اگر آماره‌ی آزمون کمتر از حد پایین مقدار بحرانی باشد، فرضیه‌ی صفر را

1 Pesram etal. (1999)

نمی‌توان رد کرد و اگر آماره بین حد بالا و حد پایین مقادیر بحرانی باشد، نتیجه غیرقطعی خواهد بود. (پسران و همکاران ،2001[1])

2-3. مدل VAR

جهت بررسی قدرت پیش‌بینی مدل پیشنهادی، نتایج پیش‌بینی شده مدل مورد نظر، با مدل VAR[2] مورد مقایسه قرار گرفت. متدولوژی VAR تا اندازه زیادی مانند مدل‌های معادلات همزمان است، با این تفاوت که با تعدادی از متغیرهای درونزا سروکار داریم. در مدل VAR هر متغیر درونزا با استفاده از مقادیر گذشته خود و مقادیر با وقفه از تمامی دیگر متغیرهای درونزای مدل توضیح داده می‌شود. معمولا هیچ متغیر برونزایی در مدل وجود ندارد. همچنین مدل VAR رفتار کوتاه‌مدت متغیرها را با دیگر متغیرها و مقادیر باوقفه خود متغیر، تعیین می‌کند. فرم کلی مدل VAR به صورت زیر است:

$$Y_t = \alpha + \sum_{j=1}^{p} \beta_j Y_{t-j} + \sum_{i=1}^{n} \gamma_i X_{t-i} + \nu_t \quad (7)$$

که درآن υها جملات تصادفی بوده که در متدولوژی VAR به عکس‌العمل یا تغییر ناگهانی گفته می‌شود.

3-3. مدل خودتوضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA)

در اوایل دهه 1990 استفاده از تحلیل هم‌جمعی به یک جزء پرکاربرد در تمام مطالعات تقاضای انرژی تبدیل شده و بسیاری از محققان تحلیل داده‌های خود را بر اساس هم‌جمعی انجام داده‌اند. بهره‌گیری گسترده از هم‌جمعی به این خاطر است که این روش، استفاده از داده‌ها در مورد متغیرهای غیرایستا جهت تخمین ضرایب را زمانی که متغیرها هم‌جمعند (وجود رابطه بلندمدت) توجیه می‌کند. این اصلی‌ترین دلیل استفاده از مدل ARIMA در

1 Pesram etal. (2001)
2. Vector Autoregression

این مطالعه است. این روش اولین بار توسط باکس- جنکینز (1978)[1] بیان شد. آنها نسل جدیدی از ابزارهای پیش‌بینی را تحت عنوان ARIMA معرفی کردند که این روش بر تحلیل خصوصیات آمارهای سری زمانی و تاثیرگذاری آنها بر روی معادله‌های منفرد یا هم‌زمان مطرح می‌شود. در مدل ARIMA هر متغیر توسط مقادیر گذشته خود همان متغیر و جزء خطا توضیح داده می‌شوند. متدولوژی ARIMA شامل چهار بخش است که عبارتند از: تشخیص، برآورد، کنترل و در نهایت پیش‌بینی می‌باشد.

3-4. معیارهای سنجش قدرت پیش‌بینی

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و اطمیان حاصل پیدا کردن از مدل انتخابی، ازمعیارهای چون، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مجذور خطا (MSE) و معیار میانگین درصد قدرمطلق خطا (MAPE) استفاده گردیده است. این معیارها به صورت زیر هستند:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n} \quad (8) \qquad MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n} \quad (9) \qquad MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \quad (10)$$

در این معادلات n تعداد پیش‌بینی‌ها، e_i خطای پیش‌بینی است که از اختلاف مقادیر واقعی از مقادیر پیش‌بینی شده بدست می‌آید و y_i مقدار واقعی است. از این سه معیار برای سنجش قدرت مدل انتخابی در مقایسه با مدل‌های دیگر استفاده شده است.

3-5. داده‌های مورد استفاده

به منظور بررسی عوامل تاثیر گذار بر توابع عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران از لگاریتم تولید و مصرف سرانه گازطبیعی کل کشور بر پایه میلیون‌متر مکعب، Lngdp لگاریتم درآمد ناخالص داخلی واقعی سرانه به قیمت‌های ثابت 1383 (میلیارد ریال)، Lnpp لگاریتم قیمت واقعی برق (ریال به ازای هر کیلووات ساعت)، Lnpop لگاریتم جمعیت

1. Box & Jenkins (1978)

کل کشور (بر حسب میلیون نفر)، Lnpg لگاریتم قیمت واقعی گازطبیعی (ریال به ازای هر مترمکعب) استفاده شده است. جهت واقعی کردن قیمت برق و قیمت گازطبیعی، در بخش خانگی که به عنوان کالای نهایی استفاده می‌شوند از شاخص قیمتی مصرف‌کننده بر اساس سال پایه 1383 (CPI) و برای آن بخش‌هایی که به عنوان نهاده تولیدی بکار گرفته می-شوند از شاخص قیمتی تولیدکننده بر اساس سال پایه 1383 (PPI) استفاده گردیده است. متغیرهای تولید و مصرف گاز طبیعی سرانه از نسبت تولید و مصرف گاز طبیعی کل کشور در سال‌های مختلف به جمعیت در همان سال‌ها بدست آمده است. متغیر درآمد واقعی سرانه از نسبت تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت 1383 به جمعیت کل کشور محاسبه گردیده است. تعداد جمعیت کل کشور از آمارنامه سالانه مرکز آمار کل کشور بدست آمده است. قیمت واقعی برق به صورت میانگینی از قیمت آن در بخش‌های مختلف اقتصادی(خانگی، صنعت، کشاورزی، خدمات، حمل و نقل و تجاری) در نظر گرفته شده و از ترازنامه انرژی وزارت نیرو بدست آمده است. قیمت واقعی گاز طبیعی نیز به عنوان میانگینی از قیمت آن در بخش‌های مصرف‌کننده گاز طبیعی (مسکونی، تجاری، صنعتی، خدمات، حمل و نقل و کشاورزی) می‌باشد و از ترازنامه انرژی برای سال‌های مختلف محاسبه گردیده است. میزان ذخایر اثبات شده (تریلیون مترمکعب) از آمار منتشر شده در ترازنامه‌ی انرژی سال‌های مختلف بدست آمده است. تعداد داده‌ها، 36 مشاهده برای هر متغیر است که به صورت سری زمانی سالانه از سال 1360 تا 1395 می‌باشد. دراین مطالعه برای تخمین مدل و محاسبات مورد نیاز از نرم‌افزارهای Stata12 و Excel بهره گرفته شده است.

4. تجزیه و تحلیل نتایج مدل

4-1. آزمون پایایی

جهت بررسی ریشه واحد در این مطالعه از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته استفاده شده است، این آزمون برای هر یک از متغیرهای (Ld، LS، Lgdp، Lpop، LnS، Lnrp Lpe و Lpg) انجام گرفته و نتایج آن در جدول یک آمده است.

جدول 1: نتایج آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته جهت بررسی پایایی متغیرها

متغیرها	تفاضل مرتبه اول		سطح	
	مقدار بحرانی	آماره ADF	مقدار بحرانی	آماره ADF
Lnd	-2/983	*-4/25	- 2/98	*-0/452
Lngdp	-3/41	***-3/79	-3/41	***-0/235
Lnpop	-2/861	**-4/786	-2/86	**-0/871
Lnpg	-2/86	**-3/021	-2/86	**0/485
Lnpp	-2/983	*-3/34	-2/980	*-0/252
Lnrp	-2/86	*-4/55	-2/86	**-0/013
LnS	-2/86	*-5/049	-2/86	*-0/87

منبع: یافته‌های پژوهش

*:حالت بدون عرض از مبدا

**:حالت دارای عرض از مبدا

***:حالت دارای عرض از مبدا و روند

مقادیر بحرانی آورده شده در جدول (1) بر اساس سطح معناداری 5٪ است.

نتایج جدول (1) نشان می‌دهد که هیچ یک از متغیرها در سطح پایا نیستند. یعنی فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در سطح 5 درصد خطا را نمی‌توان رد کرد اما متغیرهای Lpop، Ld، Lgdp، Lpp، LnS، Lnrp و Lpg در تفاضل مرتبه اول پایا یعنی هم‌جمع از مرتبه اول هستند.

4-2. آزمون هم‌انباشتگی

نتایج آزمونF برای بررسی رابطه هم‌انباشتگی در جدول (2) آمده است.

جدول 2: نتایج آزمون F

وضعیت	مقدار بحرانی 1%		مقدار بحرانی 5%		آماره F محاسباتی
تقاضای گاز طبیعی	I (1) 5/40	I (0) 4/09	I (1) 4/39	I (0) 3/28	6/17
عرضه‌ی گاز طبیعی	I (1) 5/2	I (0) 3/37	I (1) 4/76	I (0) 3/66	5/88

منبع: یافته‌های پژوهش

همانطور که از جدول (2) مشاهده می‌شود مقادیر F محاسبه شده برای تقاضا و عرضه‌ی گاز طبیعی به ترتیب برابر با 6/17 و 5/88 است بنابراین چون آمارهF محاسبه شده در سطوح اطمینان 99٪ و 95٪ بیشتر از حد بالای مقدار بحرانی است، بنابراین فرض عدم وجود رابطه‌ی بلندمدت میان متغیرها رد می‌شود و لذا رابطه بلندمدت وجود دارد.

3-4. تخمین مدل ARDL و ECM

در این قسمت به تجزیه و تحلیل نتایج تخمین مدل‌های ARDL و ECM پرداخته می‌شود. جدول (3) نتایج تخمین بلندمدت ضرایب معادله را با روش ARDL نشان می‌دهد.

جدول 3: نتایج تخمین ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت تقاضای گاز طبیعی

ضرایب بلندمدت				
عرض از مبدأ (α)	Lpop	Lpp	lpg	Lgdp
-0/233	1/12	0/99	-0/61	0/499
-2/56	2/47	4/39	-3/95	2/84
Adj –Rsquared			0/81	
ضرایب کوتاه‌مدت				
عرض از مبدأ (α)	ECM	Dlpop	Dlpp	dlpg	Dlgdp
-0/164	-0/54	0/86	0/88	-0/45	0/41
-1/89	-2/16	2/38	3/77	-3/6	2/60
Adj –Rsquared			0/84		

منبع: یافته‌های پژوهش

از نتایج جدول (3) بر می‌آید که روند تغییرات درآمد و میزان تقاضای گازطبیعی، نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین این دو متغیر است. از سوی دیگر روند تغییرات قیمت واقعی گاز طبیعی، بیانگر وجود رابطه معکوس بین قیمت واقعی گازطبیعی و مصرف آن می‌باشد. بنابراین ارتباط قیمت و درآمد با تقاضای گازطبیعی نشانگر نظریه تقاضای کالا نرمال گازطبیعی می‌باشد. علامت مثبت ضریب مربوط به قیمت واقعی برق نیز حاکی از وجود رابطه مثبت بین قیمت واقعی برق (به عنوان کالای جانشین گاز طبیعی) و مصرف گاز طبیعی می باشد. با توجه به شکل لگاریتمی تابع، ضریب‌های برآوردی نشان‌دهنده کشش

می‌باشند. بنابراین کشش درآمدی بلندمدت برابر 0/499 و کشش قیمتی تقاضای بلندمدت برابر 0/61- است. کشش تابع تقاضای گاز طبیعی نسبت به تغییر قیمت برق برابر است با 0/99 که این مقدار بیانگر این است که برق می‌تواند جانشین مناسبی برای گازطبیعی در بخش‌های با کاربری یکسان دو انرژی باشد. ضریب تعدیل کوتاه‌مدت بدست آمده از جدول(3) برابر با 0/54- می‌باشد و بدین معنی است که در هر دوره 0/54 درصد از عدم تعادل در مقدار تقاضا گازطبیعی تعدیل شده و به سمت روند بلندمدت خود نزدیک می-شود.

جدول 4. نتایج تخمین ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت عرضه گاز طبیعی

ضرایب بلندمدت				
Lgdp	Lpg	Lrp	عرض از مبدأ	
0/27 2/60	0/14 2/9	0/34 2/65	0/164 5/76	
0/68		Adj –Rsquared		
ضرایب کوتاه‌مدت				
Dlgdp	Dlpg	dlpp	ECM	عرض از مبدأ
0/15 3/14	0/13 2/83	0/33 2/52	-0/55 3/04	0/15 5/25
0/74		Adj –Rsquared		

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (4) نشان می‌دهد.کشش درآمدی بلندمدت عرضه گاز طبیعی برابر 0/27 و کشش قیمتی عرضه بلندمدت برابر 0/14 است. ضریب تعدیل کوتاه‌مدت بدست آمده از جدول(4) برابر با 0/55- می‌باشد و بدین معنی است که در هر دوره 0/55 درصد از عدم تعادل در مقدار عرضه گازطبیعی تعدیل شده و به سمت روند بلندمدت خود نزدیک می-شود.

برای پیش‌بینی مقدار تقاضای گاز طبیعی با استفاده از مدل ARDL از معادله (11) و برای پیش‌بینی میزان عرضه سرانه گاز طبیعی از معادله (12) استفاده می‌شود.

$$dLd = -0.23 - 0.38Ld_{t-2} + 0.49dLgdp - 0.61dLpg + 0.99dLpp + 1.29Lpop_{t-2} \quad (11)$$

(-2/56) (-1/78) (2/84) (-3/95 (4/39) (2/17)

$$dLS = 0.164 - 0.51LS_{t-2} + 27Lgdp + 0.14Lpg_{t-2} + 0.34dLrp \quad (12)$$

(5/76) (-3/05) (2/6) (2/9) (2/61)

آزمون‌های مربوط به فروض استاندارد کلاسیک نیز برای اطمینان از کارایی برآورد مدل‌های عرضه و تقاضای گاز طبیعی در جدول‌های (5) و (6) ارائه شده است. این نتایج نشان‌دهنده این هستند که مدل هیچ مشکلی از لحاظ فروض کلاسیک ندارد. یعنی فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد، و خودهمبستگی سریالی بین اجزا اخلال و مشکل ناهمسانی واریانس وجود ندارد، فرم تابع به درستی برازش شده و توزیع اجزاء نرمال است.

جدول 5: آزمون‌های تشخیص برای مدل تقاضای گاز طبیعی

نوع آزمون	آماره F	آماره LM
Serial Correlation	0/12 (0/68)	0/15 (0/656)
Functional Form	0/021 (0/750)	0/035 (0/748)
Normality	NA	0/26 (0/767)
Heteroscedasticity	1/12 (0/205)	1/12 (0/190)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 6: آزمون‌های تشخیص برای مدل عرضه گاز طبیعی

نوع آزمون	آماره F	آماره LM
Serial Correlation	0/033 (0/736)	0/046 (0/712)
Functional Form	0/37 (0/399)	0/49 (0/340)
Normality	NA	0/49 (0/642)
Heteroscedasticity	0/211 (0/535)	0/219 (0/521)

منبع: یافته‌های پژوهش

4-4. پیش‌بینی با استفاده از مدل ترکیبی ARDL و ARIMA

این مطالعه برای افزایش در دقت پیش‌بینی براساس رویکرد اخیر در ادبیات موضوع انرژی، از مدل ترکیبی ARDL و ARIMA استفاده می نماید. به این ترتیب کـه ابتـدا هـر یـک از متغیرهای توضیحی موثر بر عرضه و تقاضای سرانه گاز طبیعی با استفاده از مـدل ARIMA پیش‌بینی می‌شود؛ سپس مقدار این پیش‌بینی‌ها را در مدل‌های اصلی تخمـین زده شـده کـه در این مطالعه مدل‌های ARDL ، (11) و (12) می‌باشند، قرار داده و مقادیر آینده عرضـه و تقاضای سرانه گاز طبیعی کل کشور بدست می‌آیـد. جهـت پـیش‌بینـی مقـادیر متغیرهـای توضـیحی در مـدل ARDL بـا اسـتفاده از مـدل ARIMA، مطـابق مطالعـه پسـران و شین[1](1998)، به دلیل کم بودن تعداد داده‌های سالانه مشاهدات، حداکثر مرتبه وقفه‌هـای بهینه برابر با 2 انتخاب می‌شود تا تعداد درجه آزادی کمتـری از دسـت بـرود و نتـایج قابـل استنادتر باشند. بعد از انتخاب حداکثر وقفه‌ها، مدل بهینه ARIMA با اسـتفاده از معیارهـای AIC و SBC انتخاب می‌شود. نتایج تخمین مدل‌های مختلف ARIMA(p,d,q) در جـدول (7) آورده شده است.

جدول 7: انتخاب مدل بهینه ARIMA برای متغیرهای توضیحی مدل تحقیق
با استفاده از معیارهای AIC و SBC

تولید ناخالص سرانه (dlgdp)				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	
-136/036	-136/108	-136/234	-127/091	AIC
-130/05	-130/122	-130/248	-121/105	SB
قیمت برق (dlpp)				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	
-16/688	-16/668	-16/623	-16/248	AIC
-10/692	-10/682	-10/637	-10/262	SB
جمعیت (dlpop)				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	

1. Pesaran and Shin (1998)

-272/439	-272/45	-272/384	-277/442	AIC
-266/576	-266/587	-266/521	-273/024	SB
قیمت گاز طبیعی (dlpg)				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	
27/643	25/757	26/750	25/392	AIC
33/629	31/743	32/736	31/378	SB
میزان ذخایر اثبات شده (dlrp)				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	
-106/97	-108/904	-109/088	-108/624	AIC
-100/993	-102/918	-103/102	-102/638	SB
تقاضای برق dld				
ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)	ARIMA(2,1,2)	
-117/58	-120/19	-117/91	-112/49	AIC
-111/59	-114/2	-111/93	-106/50	SB

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (7) نشان می‌دهد که مدل ARIMA(2,1,1) برای پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی سرانه، مدل ARIMA(1,1,1) جهت پیش‌بینی قیمت واقعی برق، مدل ARIMA(2,1,2) برای پیش‌بینی متغیر جمعیت، مدل ARIMA(2,1,2) برای پیش‌بینی قیمت واقعی گازطبیعی، مدل ARIMA(2,1,1) جهت پیش‌بینی میزان ذخایر اثبات شده و برای پیش‌بینی تقاضای گازطبیعی بر اساس مقادیر گذشته خود، مدل ARIMA(1,1,2) مناسب می‌باشند، زیرا داری کمترین AIC و SBC هستند. در نتیجه این مدل‌ها بهینه و دارای کمترین خطا می‌باشند. برآورد مدل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Stata12 انجام شده است به طوری که مدل‌های برآوردی به صورت زیر می‌باشند:

مدل ARIMA(2,1,1) برای پیش‌بینی تولید ناخالص سرانه:

$$lngdp_t = 0.029 + lngdp_{t-1} + 0.132 lngdp_{t-2} - 0.205 v_{t-1} \qquad (11)$$

مدل ARIMA(1,1,1) برای پیش‌بینی متغیر قیمت برق:

$$lnpp_t = 0.139 + 1.107 lnpp_{t-1} - 0.79 v_{t-1} \quad (12)$$

مدل ARIMA(2,1,2) برای پیش‌بینی متغیر جمعیت:

$$lnpop_t = 0.006 + 1.103 lnpop_{t-1} + 0.62 \ln pop_{t-2} - 0.31 v_{t-2} \quad (13)$$

مدل ARIMA(2,1,2) برای پیش‌بینی قیمت گاز طبیعی:

$$lnpg_t = 0.197 + lnpg_{t-1} + 0.71 lnpg_{t-2} - 0.45 v_{t-2} \quad (14)$$

مدل ARIMA (2, 1, 1) برای پیش‌بینی ذخایر اثبات شده:

$$\mathrm{lrp} = 0.025 + \mathrm{lrp}_{t-1} + 0.34 \mathrm{lrp}_{t-2} - 0.12 v_{t-1} \quad (15)$$

مدل ARIMA(1,1,2) برای پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی با استفاده از مقادیر گذشته خود:

$$\mathrm{ld} = 0.138 + 1.57 \mathrm{ld}_{t-1} - 0.62 v_{t-2} \quad (16)$$

اینک، با داشتن ARIMA مناسب و بهینه در مورد هر متغیر توضیحی، پیش‌بینی این متغیرها براساس مدل ARIMA مربوطه انجام گردیده است و در نهایت مقادیر بدست آمده متغیرهای توضیحی با استفاده از مدل ARIMA را در مدل اصلی ARDL معادلات (11) و (12) قرار داده تا مقادیر سرانه تولید و مصرف گاز طبیعی برای دوره 1415-1395 بدست آید.

5-4. برآورد مدل VAR برای پیش‌بینی تقاضای گازطبیعی

یکی دیگر از روش‌های پیش‌بینی در سری‌های زمانی استفاده از مدل VAR است. مدل بکار رفته در این مقاله برای پیش‌بنی تقاضای گاز طبیعی مدل SVAR است. این مدل ترکیبی از مدل VAR و رگرسیون ساختاری است. در این مدل‌ها پیش‌بینی یک متغیر مانند Y نه تنها به مقادیر گذشته خودش بلکه به مقادیر جاری و گذشته متغیرهای تاثیرگذار بر این متغیر نیز مرتبط است.

برای تعیین تعداد وقفه‌های بهینه با استفاده از معیارهای آزمون نسبت درستنمایی (LR) آکاییک (AIC)، شوارتز بیزین (SB) و حنان کویین، تعیین شد که یک وقفه بهینه در الگوی VAR وجود دارد و بر این اساس، مدل VAR به صورت زیر تخمین زده شده است.

$$ld_t = \underset{(7/21)}{0.85}ld_{t-1} + \underset{(23)}{0.0013}\lg dp + \underset{(4/3)}{1.77}lpp - \underset{(-7/1)}{0.024}lpg + \underset{(4/2)}{2.25}pop \qquad (17)$$

برای تعیین مرتبه همگرایی با استفاده از دو آماره اثر و حداکثر مقدار ویژه مشخص شد که حداقل دو رابطه بلندمدت بین متغیرهای تابع تقاضای گاز طبیعی وجود دارد که یک رابطه بلندمدت را تحت عنوان مدل جوهانسن برآورد کردیم و نتایج آن به شکل زیر می‌باشد.

$$ld_t = \underset{(-2/23)}{-0.41} + \underset{(2/71)}{0.43}\lg dp + \underset{(2/36)}{0.23}lpp - \underset{(4/37)}{0.63}lpg + \underset{(3/55)}{3.01}pop \qquad (18)$$

6-4. بررسی دقت نتایج پیش‌بینی

جهت بررسی دقت پیش‌بینی مدل ترکیبی ARDL و ARIMA، مقادیر بدست آمده از مدل پیشنهادی را با دو مدل VAR و ARIMA مقایسه کرده و نتایج آن در جدول (8) آمده است.

جدول 8: مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از سه روش مدل ترکیبی ARDL و ARIMA، VAR و ARIMA برای دوره (1395-1385)- (میلیون مترمکعب)

سال	مقدار واقعی تقاضای سرانه گاز طبیعی	پیش‌بینی با ARIMA	پیش‌بینی با VAR	پیش‌بینی با ترکیب ARDL و ARIMA
1385	898/6	871/92	868/82	875/79
1386	1047/53	985/4	981/85	989/84
1387	1043/84	1107/9	1103/76	1113/07
1388	1836/39	1088/97	1084/85	1094/12
1389	1812/59	1941/15	1933/90	1950/21
1390	1998/45	1932/1	1915/14	1970/29

1391	1995/06	2071/55	2049/65	2081/42
1392	1980/11	2110/84	2100/94	2120/71
1393	2223/88	2087/11	2111/24	2096/95
1394	2352/47	2325/71	2316/93	2336/75
1395	2457/31	2425/73	2407/66	2448/42

منبع: یافته های پژوهش

حال با توجه به جدول (8)، قدرت پیش‌بینی سه الگوی مورد نظر مقایسه می‌شود. که نتایج آن در جدول (9) آورده شده است.

جدول 9: مقایسه توانایی الگوهای مختلف در پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی

نوع الگو	معیار MSE	معیار MAE	معیار MAPE
ترکیب ARDL و ARIMA	653/35	151	%8
VAR	670/51	154	%8/9
ARIMA	661/86	154	%8/7

منبع: یافته‌های پژوهش

ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدل ترکیبی ARDL و ARIMA با دو الگـوی VAR و ARIMA حاکی از آن است که مدل پیشنهادی قدرت بیشتری در پیش‌بینی تقاضای سرانه گاز طبیعی دارد، زیرا درصد خطای کمتری در پیش‌بینی تقاضای سرانه گاز طبیعی دارد.

4-7. پیش‌بینی آتی تراز داخلی گاز طبیعی

با توجه به قدرت پیش‌بینی مدل پیشنهادی می‌توان نتایج پیش‌بینی تراز داخلـی سـرانه گـاز طبیعی برای سال‌های 1396 تا 1415 را ارائه نمود. نتایج پیش‌بینی شـده تـراز داخلـی سـرانه گاز طبیعی کل کشور با استفاده از نرم‌افزارهای Stata12 و Excel بـرای دوره 1396-1415 بر اساس مدل ترکیبی ARDL و ARIMA در جدول (10) آورده شده است.

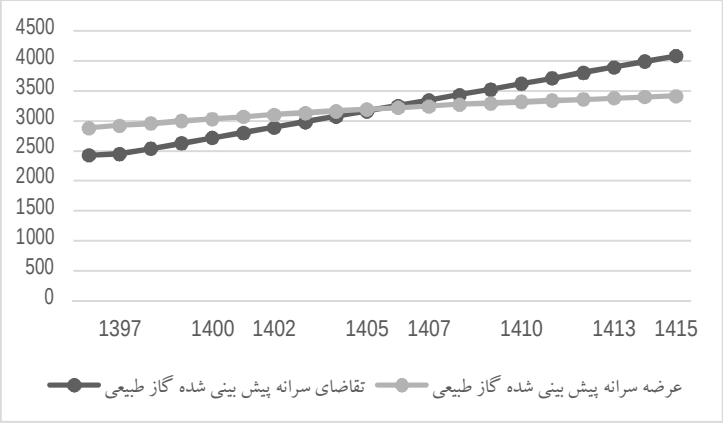
جدول (10): نتایج پیش‌بینی مقدار تراز داخلی گاز طبیعی کشور برای دوره (1396-1415)- (میلیون مترمکعب)

سال	پیش‌بینی عرضه سرانه گاز طبیعی	پیش‌بینی تقاضای سرانه گاز طبیعی
1396	2881/63	2451/06
1397	2922/09	2539/31
1398	2961	2627/80
1399	2998/40	2716/54

2805/53	3034/31	1400
2894/79	3068/78	1401
2984/33	3101/83	1402
3074/15	3133/5	1403
3164/26	3163/83	1404
3254/68	3192/84	1405
3345/4	3220/57	1406
3436/45	3247/05	1407
3527/82	3272/3	1408
3619/53	3296/36	1409
3711/58	3319/26	1410
3803/99	3341/02	1411
3896/77	3361/68	1412
3989/91	3381/255	1413
4083/44	3399/77	1414
4177/36	3417/26	1415

منبع: یافته های پژوهش

با توجه به نتایج مقدار تقاضای سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 به میزان 4177/36 میلیون مترمکعب خواهد رسید. همچنین مقدار عرضه سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 برابر با مقدار 3417/26 ملیون مترمکعب خواهد بود. بنابراین در سال 1415 کمبود عرضه گاز طبیعی خواهیم داشت که باید سیاست‌های در جهت کاهش تقاضای گاز طبیعی و همچنین افزایش عرضه گاز طبیعی انجام شود. روند مقدار پیش‌بینی در نمودار (1) قابل مشاهده است و این نمودار روند حرکت تقاضای سرانه گاز طبیعی و عرضه سرانه گاز طبیعی را به خوبی نشان می‌دهد.



نمودار 1: روند آتی تراز سرانه گاز طبیعی ایران (میلیون مترمکعب)

منبع: یافته های پژوهش

5. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

این پژوهش با هدف تحلیل عرضه و تقاضای گاز طبیعی کشور و پیش‌بینی میزان آن برای دوره 1396-1415به منظور برنامه‌ریزی و انجام سیاست‌های لازم جهت پاسخگویی به تقاضای آینده نگاشته شده است. نتایج مربوط به کشش حاکی از آن است که کشش قیمتی تقاضای گاز طبیعی کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب برابر با 0/45- و 0/61- درصد است و این بیانگر این است که گاز طبیعی کالایی کم‌کشش و ضروری است که یکی از دلایل پایین بودن این کشش، پایین بودن قیمت گاز طبیعی و نبود جانشین‌های قوی برای این حامل انرژی است. خانوارها به دلیل محدودیت جهت جانشینی وسایل گرمایشی با سایر انرژی‌های جایگزین معمولا قادر نخواهند بود در مقابل افزایش قیمت مصرف خود را کاهش دهند. در صنایعی مانند پتروشیمی و نیروگاه‌های تولید برق که وابستگی زیادی به گازطبیعی دارند، انجام عکس‌العمل در مقابل تغییر قیمت ناچیز است؛ حتی می‌توان گفت گاز طبیعی در این صنایع یک کالای بی‌کشش است. کشش قیمتی کوتاه‌مدت و بلندمدت عرضه گاز طبیعی به ترتیب برابر با 0/13 و 0/14 درصد

می‌باشد. مطابق نتایج این تحقیق مانند سایر مطالعات داخلی و خارجی، کشش‌های بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت بوده است.

همچنین نتایج پیش‌بینی تراز داخلی سرانه گاز طبیعی با استفاده از مدل ترکیبی ARDL و ARIMA بیانگر این است که تراز داخلی سرانه گاز طبیعی از سال 1404 تا سال 1415 با مازاد تقاضا مواجهه خواهد بود، بطوری که مقدار تقاضای سرانه گاز طبیعی تا سال 1415 به میزان 4177/36 میلیون مترمکعب خواهد رسید و مقدار عرضه سرانه گاز طبیع در همین سال برابر با مقدار 3417/26 میلیون مترمکعب خواهد بود. جهت پاسخگویی به این میزان مازاد تقاضا باید سیاست‌هایی در جهت افزایش تولید یا محدودیت تقاضا انجام گیرد. باید توجه داشت به دلیل اینکه مصرف‌کنندگان نسبت به افزایش قیمت گاز طبیعی واکنش زیادی نشان نمی‌دهند، لذا سیاست‌های محدودسازی تقاضای گاز طبیعی بایستی بیشتر به سوی سیاست‌هایی غیر قیمتی همانند بهبود تکنولوژیک در بخش‌های خانگی و صنعتی سوق پیدا نماید.

بطور خلاصه با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پیشنهاد کرد که با سرمایه‌گذاری بیشتر در زمینه تولید گاز طبیعی عرضه بیشتر گاز طبیعی فرآهم آید. از طرفی با بکارگیری سیاست‌های غیرقیمتی مانند آگاهی دادن، فرهنگ‌سازی در خصوص نحوه استفاده صحیح از گاز طبیعی، بهینه کردن تکنولوژی‌های مصرف گاز طبیعی از طریق ارائه محصولات با برچسب انرژی بالا می‌توان تا حدودی روند رشد تقاضای گاز طبیعی را کاهش داد. همچنین می‌توان با جایگزین کردن سیستم‌های گرمایشی برقی در بخش خانگی به جای وسایل گرمایشی گازسوز از رشد تقاضا در این بخش جلوگیری کرد.

6. منابع

الف) فارسی

ابونوری، عباسعلی و غفوری، شیرین (1390). برآورد عرضه و تقاضای گازطبیعی در ایران و پیش بینی برای افق 1404 . *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، سال چهارم، شماره 2، صص 117-136.

بابازاده، محمد، قدیمی دیزج، خلیل و قربانی، وحید (1393). برآورد تابع تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت گاز طبیعی در بخش خانگی. *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، سال هشتم، شماره 1، صص 101-113 .

پورکاظمی، محمدحسین، افسر، امیر و نهاوندی، بیژن. (1384). مطالعه تطبیقی روش های خطی ARIMA و غیرخطی شبکه های عصبی فازی در پیش بینی تقاضای اشتراک گاز شهری. *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره 71، صص 133-146.

جوان، افشین، زمانی، مهرزاد، قنبری، علیرضا و بیاری، لیلی. (1391). پیش‌بینی تابع تقاضا و ذخیره‌سازی فصلی گاز طبیعی در طول برنامه پنجم توسعه با استفاده از روش شبکه مصنوعی و ARIMA. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال نهم، شماره 34، صص 49-70 .

کشاورز حداد، غلامرضا و میرباقری جم، محمد. (1385). بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی (خانگی و تجاری) در ایران. *فصلنامه پژوهش های اقتصاد ایران*، شماره 32، صص 137-160 .

عباسی، ابراهیم و کاظم دهباشی، سعیده. (1389). برآورد تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی، مطالعه موردی استان سمنان. *فصلنامه علوم اقتصادی*، سال سوم، شماره 11، صص 109-133.

شیرانی‌فخر، زهره، خوش اخلاق، رحمان و شریفی، علیمراد. (1393). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، سال سوم، شماره 11، صص 129-157.

لطفعلی پور، محمدرضا و باقری، احمد. (1382). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی مصارف خانگی شهر تهران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد ایران*، شماره 16، صص 133-151.

مشیری، سعید و اکبر شاهمرادی. (1384). برآورد تابع تقاضای گاز طبیعی و برق خانوارهای کشور: مطالعه خرد مبتنی بر بودجه خانوار. *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره 79، صص 305-335.

ب) انگلیسی

Liu, L.-M., and Lin, M.-W. (1991). Forecasting Residential Consumption of Natural Gas Using Monthly and Quarterly Time Series. *International Journal of Forecasting*, Vol.7, Issue.1 pp. 3-16 .

Pesram, H., Shin, Y., and Smith, R. (1999). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Long-Run Relationship. *Department of Applied Economics, University of Cambridge* .

Pesaran, H., Shin, Y., & Smith, R. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of applied econometrics*, Vol.16, Issue.3, pp. 289-326 .

Box, G.P.E., Jenkins, G.M., 1978. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco, Holden Day.

Erdogdu, Erkan, (2007). Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey. *Energy policy*, Vol. 35., pp. 1129-1146.

Úbeda, S., Fco, E., & Berzosa, A. (2007). Modeling and Forecasting Industrial End-Use Natural Gas Consumption. *Energy Economics*, Vol.29, Issue.4, pp.710-742 .

Hill, C., Griffiths, W., & Lim, G. (2008). *Principles of econometrics* (Vol. 5): Wiley Hoboken, NJ.

Forouzanfar, M., Doustmohammadi, A., Menhaj, B., and Hasanzadeh, S. (2010). Modeling and Estimation of the Natural Gas Consumption For Residential and Commercial Sectors in Iran. *Applied Energy*, Vol.87, No.1, pp. 268-274 .

Bhattacharyya, S.C. (2011). *Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance*. Springer Publication.

Soldo, B. (2012). Forecasting Natural Gas Consumption .*Applied Energy*, Vol.92, pp. 26-37 .

Hajabdollahi, M., Hosseinzadeh, M., and Arab, M. M. G. (2013). Prediction of Long Term Residential Natural Gas Consumption Using ANN. *Journal of Applied Mechanical Engineering*, Vol. 2, Issue.2, pp.1-6.

Kani, A., Abbaspour, M., and Abedi, Z. (2013). Estimation of Natural Gas Demand in Industry Sector of Iran: A Nonlinear Approach. *International Journal of Economics and Finance,* Vol.5, Issue.9, pp.148-155.

Mensah, J. T. (2014). Modelling Demand for Liquefied Petroleum Gas (LPG) in Ghana: Current Dynamics and Forecast. *OPEC Energy Review*, Vol.38, Issue.4, pp.398-423 .

Akkurt, M., Demirel, O., and Zaim, S. (2016). Forecasting Turkey's Natural Gas Consumption by Using Time Series Methods. *European Journal of Economic and Political Studies*, Vol.3, Issue.2, pp.1-21 .

Shaikh, F., & Ji, Q. (2016). Forecasting Natural Gas Demand in China: Logistic Modelling Analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol.77, pp.25-32 .

Erdogdu, E. (2009). Natural Gas Demand in Turkey. *Munich Personal RePE Archive.*

IEA (International Energy Agency)(2005). Natural Gas Information, accessed from on 20.06.2005.

پیوست

نتایج تخمین مدل بلندمدت تقاضای گاز طبیعی

```
. reg l(0/2).d.ld d.lgdp d.lpg d.lpp l(0/2).d.lpop

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =      31
-------------+------------------------------           F(  8,    22) =    3.67
       Model |  .333058163     8   .04163227           Prob > F      =  0.0073
    Residual |  .249412716    22  .011336942           R-squared     =  0.8718
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.8161
       Total |  .582470878    30  .019415696           Root MSE      =  .10648

------------------------------------------------------------------------------
       D.ld |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         ld |
        LD. |  -.0965586   .1540252    -0.63   0.537    -.4159873    .2228701
       L2D. |  -.3878914   .2175847    -1.78   0.088    -.8391343    .0633516
            |
       lgdp |
        D1. |   .4998103   .1762449     2.84   0.010     .1343008    .8653198
            |
        lpg |
        D1. |  -.6148852    .155671    -3.95   0.001   -1.2920434   -.5377271
            |
        lpp |
        D1. |   .9915531   .2260804     4.39   0.000      .460415    1.522691
            |
       lpop |
        D1. |   1.375114   .7688884     1.79   0.087    -.2194625    2.969692
        LD. |   .6457086   .8663794     0.75   0.464    -1.151052     2.44247
       L2D. |   1.296672    .597019     2.17   0.041     .0585307    2.534814
            |
      _cons |  -.2336669    .091424    -2.56   0.018    -.4232687   -.0440652
------------------------------------------------------------------------------

. ivregress 2sls ld lgdp lpp lpg lpop (l.ld=l.lgdp l.pp l.pg l.pop)
```