

برآورد انرژی الکتریکی مورد نیاز جمعیت آینده ایران تا سال ۲۰۵۰ با بهره‌گیری از تکنیک‌های مدلسازی نرم‌افزار DemProj و کد MAED به منظور ترازمندی منابع انرژی برق هسته‌ای

امیرحسین کشاورز^۱، علی پذیرنده^{۲*}، غلامرضا جهانفرنیا^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰

چکیده

در عصر حاضر، سیاست‌ها و برنامه‌های جامع انرژی برق در سطوح ملی و بین‌المللی با موضوع جمعیت، پیوند و ارتباط مستقیمی برقرار کرده است. شاخص جمعیت بعنوان یک پارامتر اصلی در برنامه ریزی و ترازمندی انرژی الکتریکی مورد نیاز کشورها، همیشه مورد توجه تحلیل‌گران حوزه انرژی بوده است. این پژوهش تلاش دارد تا با بهره‌گیری از روش‌های علمی و استفاده از مدلسازی کامپیوتری چشم انداز صحیحی از شاخص‌های جمعیتی و انرژی مورد نیاز آینده را برای برنامه ریزان جامع انرژی کشور بمنظور ترازمندی منابع انرژی برق مورد نیاز تا سال ۲۰۵۰ فراهم نماید. تولید ناخالص داخلی و جمعیت، دو متغیر برونزای اصلی تأثیرگذار در مدل تقاضای انرژی هستند. همچنین افق جمعیت تا ۲۰۵۰ را با چهار فرض ادامه اجرای سیاست‌های تنظیم خانواده (فرض کاهشی رشد جمعیت با نرخ ۱/۷ فرزند)، سیاست تثبیت میزان‌های باروری (فرض تثبیت جمعیت با نرخ ۱/۹ فرزند) و اجرای سیاست تشویق مولد (فرض افزایش جمعیت با نرخ ۲/۱ و ۲/۵ فرزند) و تقاضای انرژی برق را با دو فرض کمترین و بیشترین نرخ رشد ارائه می‌نماید. مطابق با پیش‌بینی موسسات معتبر اقتصادی دنیا میزان GDP کشور برابر ۳ درصد در سال فرض شده است. نرخ رشد تقاضای انرژی الکتریکی مورد نیاز طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ واقعی بوده و بر اساس داده‌های ترازنامه‌های انرژی ایران می‌باشد. در مدلسازی فرض شده که از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ نرخ رشد تقاضای انرژی حدود ۵/۳ درصد و از ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۵ به ۶ درصد خواهد رسید و این رشد با توجه به نرخ رشد جمعیت در اواخر دوره به ۳ درصد در سال ۲۰۴۰ تا ۲۰۵۰ کاهش یابد. برای پیش‌بینی جمعیت از روش ترکیبی و نرم‌افزار DemProj و جهت پیش‌بینی تقاضای انرژی مورد نیاز از مدل MAED که از کدهای معتبر آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای می‌باشد استفاده شده است. نتایج بدست آمده بیانگر این امر است که در صورت تحقق فرض اول، جمعیت کل کشور در سال ۲۰۵۰ برابر ۹۶۷۸۶۳۷۳ نفر، با فرض سیاست ثابت ماندن نرخ باروری ۱/۹، جمعیت برابر ۹۹۵۲۶۴۷۶ نفر، با فرض اجرای سیاست تشویق مولد با نرخ ۲/۱ برابر ۱۰۲۳۱۴۰۵۲ نفر و در صورت تحقق فرض چهارم برابر ۱۰۸۰۲۴۴۰۸ نفر خواهد بود. بر این اساس شاخص سرانه مصرف انرژی الکتریکی در پایان دوره برنامه ریزی برابر ۵۳۵۳/۹ کیلو وات ساعت بوده و میزان تقاضای انرژی الکتریکی در صورت تحقق کمترین نرخ رشد جمعیت برابر ۵۱۸۱۸۲/۶ میلیون کیلووات ساعت و در صورت تحقق بیشترین نرخ رشد برابر ۵۷۸۳۴۹/۷ میلیون کیلووات ساعت خواهد بود.

واژگان کلیدی: اقتصاد انرژی، برنامه جامع انرژی، سیستم تولید برق، نیروگاه‌های هسته‌ای، انرژی هسته‌ای، برنامه ریزی، جمعیت، ترازمندی.

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی انرژی هسته‌ای، گروه مهندسی هسته‌ای، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ah.keshavarz@srbiau.ac.ir

^{۲*} استاد تمام گروه مهندسی هسته‌ای، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران paziran@ut.ac.ir

^۳ دانشیار گروه مهندسی هسته‌ای، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران jahanfarnia@srbiau.ac.ir

نویسنده مسئول: دکتر علی پذیرنده paziran@ut.ac.ir

۱. کلیات

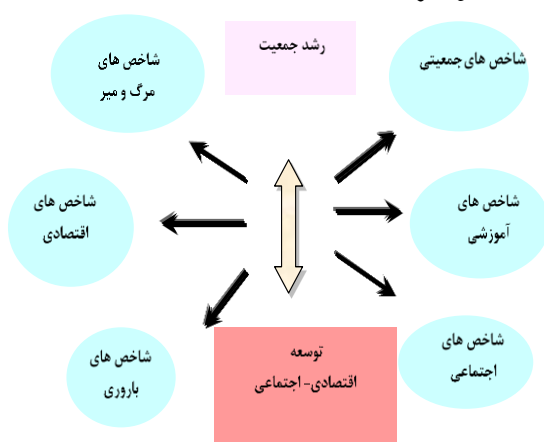
در تعیین نیازهای عملی آینده انرژی برق ایران نیازمند توجه به سهم منابع مختلف انرژی بهینه و تغییرات جمعیت در رشد اقتصادی پایدار هستیم. ایران مصمم است انرژی هسته ای سهمی بهینه در برنامه های تولید انرژی ایفا کند. پژوهش های گذشته نیز اهمیت نقش انرژی هسته ای را مورد تاکید قرار می دهند. برای نمونه، مطالعات سال ۱۹۷۳ از سوی موسسه تحقیقاتی استنفورد نشان داد که ایران تا سال ۱۹۹۴، به تاسیسات انرژی هسته ای با ظرفیت تولید ۲۰ هزار مگاوات برق در سال نیاز خواهد داشت. همچنین در مطالعه دیگری که سازمان انرژی اتمی ایران انجام داده، نشان می دهد که در سال ۲۰۲۱ ایران باید مجموعاً ۱۰ هزار مگاوات معادل ۱۲.۵ درصد از نیاز برق خود را از انرژی هسته ای تأمین کند. سازمان «توانیر» نیز میزان بهینه سهم برق هسته ای در سبد تولید برق سال ۲۰۳۱ ایران را ۸ هزار از مجموع ۱۲۰ هزار مگاوات پیش بینی کرده است.

برخی بر این باورند که سرمایه گذاری های زیرساختی و هزینه های هنگفت انجام شده برای راکتور بوشهر با اضافه شدن تنها ۱۰۰۰ مگاوات برق به منابع تولید انرژی ایران همخوانی ندارد. این یک نظریه معتبر است. مطالعات سازمان انرژی اتمی ایران نشان می دهد که ایران باید بین ۲ تا ۴ واحد دیگر در بوشهر بسازد تا آن را از نظر اقتصادی مقرون به صرف کند. به همین دلیل است که در پروژه های تاسیسات انرژی هسته ای، معمولاً ۴ تا ۶ واحد ساخته می شود تا ضمن کاهش هزینه های عملیاتی، سرمایه گذاری های زیرساختی اولیه نیز اقتصادی باشد. به عنوان نمونه هم ترکیه و هم امارات متحده عربی کار خود را با ۴ واحد آغاز کرده اند. بر مبنای این ملاحظات است که ایران تصمیم گرفته ۴ نیروگاه دیگر را نیز با مشارکت روسیه احداث کند.

یکی دیگر از نظریه ها علیه برنامه های هسته ای ایران این است که ایران یک کشور غنی از نفت است و به انرژی هسته ای به عنوان منبعی برای تولید انرژی نیاز ندارد. زمانی که به عقب نگاه کنیم در می یابیم که ایران از سال ۱۹۷۵ به عرصه

هسته ای وارد شده و در این زمینه تشویق آمریکا نیز همراهی اش کرده است، به خصوص طرح اتم برای صلح پرزیدنت دوايت آیزنهاور. در سال های ۱۹۷۰؛ محمدرضا پهلوی طرح های هدفمندی برای توسعه برنامه هسته ای داشت و می خواست تا سال ۱۹۹۴، با پشتیبانی آمریکا ۲۳ نیروگاه هسته ای بسازد. این در حالی است که در آن زمان جمعیت ایران یک سوم جمعیت کنونی بود. به هر ترتیب این استدلال این موضوع که مصرف نفت ایران با توجه به افزایش جمعیت و تعداد خودروها سیر صعودی دارد را نادیده می گیرد. نیاز داخلی ایران به نفت از یک میلیون و ۳۰۰ هزار بشکه در سال ۲۰۰۱، به یک میلیون و ۹۰۰ هزار بشکه در سال ۲۰۱۰ رسیده است. این نشان دهنده افزایش نزدیک به ۵۰ درصدی مصرف نفت در یک دهه است. با نگاهی به تجربه اندونزی، کشوری که از یک صادر کننده نفت به یک وارد کننده نفت تبدیل شد، می توان دریافت که امکان تکرار سناریویی مشابه برای ایران وجود دارد.

شاخص جمعیت بعنوان یک پارامتر اصلی در برنامه ریزی و ترازمندی انرژی برق مورد نیاز کشورها همیشه مورد توجه تحلیل گران حوزه انرژی بوده است. از زمانی که بحث های توسعه مطرح شد، همواره یک سوی این بحث ها به برآورد جمعیت و ارتقاء سطح زندگی افراد بشر باز می گشته است. نحوه ی ارتباط شاخص های موثر بر رشد جمعیت و توسعه به نحو زیر است.



شکل ۱- شاخص های موثر بر رشد جمعیت و توسعه.

در سیاست‌گذاری انرژی برآورد ساختار جمعیت آتی مهم‌تر از حجم کل جمعیت کنونی است. برنامه‌ریزان کلان توسعه‌ی انرژی و اقتصاد مرتبط با آن، برای انجام مدل‌سازی سناریوهای های مختلف خود علاقه‌مند به اطلاع از روندتغییرات و رشد جمعیت آینده بر مبنای نرخ های مختلف در بازه های هستند. پیش‌بینی ساختار جمعیت، به‌ندرت با استفاده از روش ریاضی صورت می‌گیرد. در مقابل، از روش ترکیبی که از توان پیش‌بینی قوی‌تری برخوردار است و به وضوح وابستگی‌های متقابل طبقات جمعیتی را در نظر می‌گیرد استفاده می‌شود. رویکرد ترکیبی این امکان را فراهم می‌سازد که تمام ساختار جمعیت را در طول دوره‌ی معینی در آینده پیش‌بینی کنیم. البته، هم‌چنین امکان پیش‌بینی حجم کل جمعیت را به‌دست می‌دهد زیرا از طریق جمع‌زدن شمار جمعیت پیش‌بینی‌شده در همه‌ی طبقات می‌توان کل جمعیت را به‌دست آورد. کاربرد روش ترکیبی پیش‌بینی جمعیت تا حدودی پیچیده است. با این‌حال، اصول اساسی آن تا حدی ساده است. اصطلاح پیش‌بینی جمعیت حکایت از آن دارد که روند آتی جمعیت ناشناخته بوده و چنانچه میزان‌ها و روندهای باروری، مرگ‌ومیر و مهاجرت مشخص باشند، ارقام پیش‌بینی‌شده بیانگر شمار جمعیت در آینده خواهد بود. امروزه این روش بیش از هر روش دیگری کاربرد دارد. اطلاق واژه‌ی ترکیبی به سبب آن است که جمعیت پیش‌بینی‌شده براساس عملکردمجموعه‌ی عوامل مؤثر بر تغییرات و تحولات جمعیت به‌دست می‌آید. در روش ترکیبی، برخلاف روش ریاضی، پیش‌بینی جمعیت برحسب گروه‌های سنی ۵ ساله و در افق زمانی ۵ سال صورت می‌گیرد. این روش مبتنی بر ترکیب سنی و جنسی جمعیت در سال پایه است. مهم‌ترین مرحله‌ی پیش‌بینی جمعیت به روش ترکیبی تعیین روند تغییرات عوامل مؤثر بر رشد جمعیت و انتخاب فرضیه‌های مربوط به چگونگی تغییرات آنها در آینده می‌باشد. با مقایسه جمعیت ایران با کشورهای که از نظر میزان جمعیت تقریباً مشابه ایران بوده اند ملاحظه می‌شود که در طی نیم قرن اخیر روند تغییرات تعداد جمعیت در ایران مشابه فیلیپین،

ترکیه، مصر و تایلند می‌باشد. در حالی که کشور آلمان مدت- هاست که با رشد بسیار آهسته روبه رو بوده و در دهه اخیر با رشد منفی نیز مواجه شده است. از دیدگاه جمعیت شناسان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد جمعیت عبارتند از باروری، مرگ و میر و همچنین مهاجرت. این عوامل را می‌توان از جمله عوامل مستقیم در رشد جمعیت تلقی نمود. معمولاً عوامل مستقیم به صورت اعداد و ارقام در دست جمعیت شناس بوده و او قادر است با این داده‌ها به پیش‌بینی جمعیت بپردازد. اما برای ساختن فرضیه‌های خود باید به عوامل غیرمستقیم و واسطه‌ای نیز توجه نماید. عوامل مستقیم شامل:

- باروری
- مرگ و میر
- ساختار سنی
- مهاجرت

عوامل غیرمستقیم و واسطه‌ای شامل:

- ارزش‌ها و باورهای رایج در ارتباط با تعداد و جنس فرزندان
- الگوهای رفتاری ازدواج
- مذهب
- وضع اقتصادی

بررسی‌ها نشان می‌دهد که همگام با فراز و نشیب‌های سیاست‌های جمعیتی، در ایران رشد جمعیت نیز تغییر یافته است. رشد جمعیت ایران از سال ۱۳۴۶ تا شروع انقلاب روندی کاهنده داشته و پس از انقلاب با اجرای سیاست‌های تشویق مولید ناگهان رشد جمعیت افزایش می‌یابد به طوری که در دهه ۱۳۶۵-۱۳۵۵ خورشیدی به یکباره به رشدی نزدیک ۴ درصد می‌رسد که در تاریخ کشور بی‌سابقه بوده است. از سال ۱۳۶۸ به بعد با از سر گرفتن سیاست‌های تنظیم خانواده رشد سالانه‌ی جمعیت ایران از ۳/۹ درصد در دهه ۱۳۵۵-۱۳۶۵، به ۱/۶۱ درصد در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ کاهش می‌یابد. از سال ۱۳۸۹ تاکنون، سیاست تشویق مولید از سوی دولت مطرح شد.

۲. سوال پژوهش

سوال اصلی در مقاله پیش رو اینست که شاخص رشد جمعیت بعنوان یک پارامتر اصلی در برنامه ریزی و ترازمندی انرژی

مورد نیاز کشورها، که همیشه مورد توجه تحلیل گران حوزه انرژی بوده است، به چه میزان بر مصرف و انرژی آینده برق مورد نیاز کشور ایران تاثیر گذار می باشد و در این بین سهم تولید برق هسته ای با فرض حفظ روند کنونی تولید و عدم انجام هرگونه سرمایه گذاری جدید در این زمینه به چه میزان خواهد بود. از اینرو این پژوهش تلاش دارد تا با بهره گیری از روش های علمی و استفاده از مدل سازی کامپیوتری چشم انداز صحیحی از شاخص های جمعیتی و انرژی مورد نیاز آینده را برای برنامه ریزان جامع انرژی کشور تا سال ۲۰۵۰ فراهم نماید. برای اعتباربخشی نتایج حاصله از مدل سازی، بر روی پارامترهای اثرگذار ناشی از جمعیت آنالیز حساسیت انجام می دهیم تا از درصد خطا بکاهیم.

۳. نوع و روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و به روش تحلیلی توصیفی است. این روش پژوهش برای توصیف عینی و کیفی محتوای مفاهیم مبتنی بر روشی نظام مند به کار می رود. در واقع، قلمرو این روش پژوهش را اسناد مکتوب، نظیر کتاب ها و مقاله های موضوعی خاص تشکیل میدهد. برلسون روش تحلیل را ابزاری برای توصیف عینی، سیستماتیک و کمی محتوای مطالب تعریف کرده است [۱].

۴. روش و ابزار گردآوری پژوهش

در پژوهش حاضر برای تدوین ادبیات و چارچوب نظری از روش جمع آوری مطالعه اسنادی و کتابخانه تخصصی استفاده شده است.

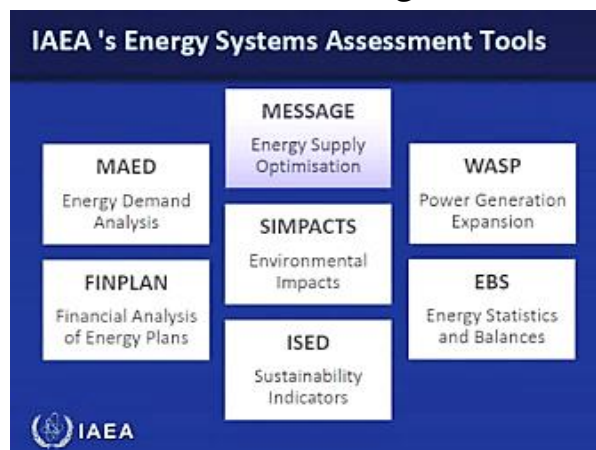
۵. ضرورت پژوهش:

انرژی از عواملی است که در اکثر فعالیت های اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد. امنیت ملی بسیاری از کشورهای جهان نیز در گرو دسترسی مطمئن به انرژی است. تحقیقات اخیر مجمع جهانی اقتصاد حاکی از آن است که ایران در بین ۱۲۴ کشور در جایگاه ۱۰۲، به لحاظ امنیت انرژی قرار دارد. البته

این مسئله به این معنی نیست که تمامی مشکلات مربوط به بخش انرژی ایران نتیجه فقدان انرژی هسته ای است. باید کارهای زیادی در بخش انرژی انجام شود که تنها محدود به توسعه انرژی هسته ای نیست. انگیزه عربستان سعودی برای ساخت نیروگاه هسته ای، یک نمونه برای نقض استدالی است که می گوید کشورهای غنی از نفت و گاز به انرژی هسته ای نیازی ندارند. امارات متحده عربی نیز که یک کشور غنی از نفت به شمار می رود نیز در همین راه گام گذاشته است. استدلال های ایران باید بر محور بهینه سازی اقتصادی تولید انرژی بر مبنای مدل سازی کامپیوتری نرخ رشد جمعیت و افزایش مصرف باشد. در این پژوهش تلاش می شود با بهره گیری از کدهای معتبر آژانس بین المللی انرژی اتمی و همچنین نرم افزارهای کامپیوتری پیش بینی جمعیت آینده، نیازمندی کشور به انرژی الکتریکی در بازه زمانی مورد نظر را برآورد نماید و نهایتاً سهم نیروگاه های برق هسته ای از این نیاز را تعیین نماید.

ضرورت این گونه تحقیقات در هر کشوری بخصوص کشور ایران بحدی است که حتی آژانس بین المللی انرژی اتمی^۲ به کشورهای عضو در انجام اینگونه مطالعات و برنامه ریزی یاری می رساند و کدها و مدل هایی را با مد نظر قراردادن الزامات زیست محیطی (پیمان کیوتو و معاهده پاریس) با هدف ارزیابی مدل های جایگزین استراتژی توسعه بخش انرژی و الکتریسیته بمنظور پیش بینی تقاضای آینده انرژی و برآورد نقش انرژی هسته ای در مواجهه با این تقاضا ها طراحی نموده است. شکل زیر مجموعه ی برنامه های مدل سازی انرژی هسته ای را نشان می دهد (آژانس بین المللی انرژی اتمی، ۲۰۰۱)

^۲ IAEA Tools and Methodologies for Energy System Planning and Nuclear Energy System Assessments



شکل ۲- مجموعه برنامه‌های مدل‌سازی انرژی هسته‌ای آژانس بین

المللی انرژی اتمی (IAEA).

۶. مرور ادبیات و پیشینه تحقیق

مدل‌های انرژی، ابزاری استاندارد برای برنامه‌ریزی‌های نیاز آینده به انرژی هستند. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای فرموله کردن و اجرای استراتژی‌های آینده انرژی انجام شده است و مدل‌های انرژی مختلفی در جهان ارائه شده‌اند.

مهمترین این مدل‌ها عبارتند از:

JASP, MARKAL, TIMES, EFOM, ENPET, RETScreen, MESSAGE, LEAP, MAED, MESAP, NEMS, WASP, ENERGY۲۰۲۰.

از میان مدل‌های موجود برای برآورد نیاز واقعی انرژی برق جمعیت آینده کشور، مدل MAED و مدل MESSAGE با استقبال بیشتری در جامعه محققین مواجهه بوده‌اند. (آژانس

بین‌المللی انرژی اتمی، ۲۰۰۱)

همچنین پژوهشگران انرژی ایران توافق خود را با بومی‌سازی مدل NewWorld برای ایران اعلام داشته‌اند. جوادپور در سال ۱۳۸۸، به مطالعه مدل‌های مختلف عرضه انرژی که در ایران

بیشتر به آنها مراجعه شده و همچنین مدل NewWorld پرداخته است. کاظمی در سال ۱۳۸۹، مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز به بخش‌های مختلف مصرف را توسعه داده است. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی است. اهداف با رویکردهای امنیت سیاسی و امنیت انرژی، زیست محیطی و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته‌اند. محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تعادل، تقاضا و حدود بالا و پایین متغیرها است. جناب در سال ۱۳۸۹، به توسعه مدل سیستم‌های عرضه انرژی الکتریکی پرداخته

است. در این تحقیق با هدف کاهش فشار بر ظرفیت‌های تولید مراکز تولید و بهره‌برداری مطلوب از ظرفیت‌های انتقال و بهینه‌سازی ظرفیت، مدل تحلیلی بر اساس مفروضات اصولی طراحی شده است که نتایج حل آن تعداد بهینه مراکز تولید انرژی برق، ظرفیت تولید و ساختار اتصال شبکه با رعایت محدودیت‌های اقتصادی، تکنولوژیکی و قابلیت اطمینان است. در سال ۱۳۷۳، سازمان برنامه و بودجه با همکاری دانشگاه صنعتی شریف طرح بیست ساله انرژی ایران را پیشنهاد داده‌اند. دفتر برنامه‌ریزی و مطالعات استراتژیک برق و انرژی وزارت نیرو و مرکز تحقیقات انرژی وزارت نفت نیز علاوه بر انتشار ترازنامه‌های دوره‌ای انرژی و هیدروکربوری کشور و جداول آماری ۳۱ ساله انرژی از سال ۴۷ تا ۹۷ در سال ۱۳۹۳ یک برنامه مدیریتی عرضه انواع انرژی تا افق ۱۴۲۰ را پیشنهاد داده است.

مطالعات سال ۱۹۷۳ موسسه تحقیقاتی استنفورد برنامه بلندمدت انرژی ایران را با نگرش حاکم در آن دوره زمانی به لحاظ سیاسی، منابع و نرخ رشد تخمینی جمعیت آن دهه پیشنهاد نموده و سعی داشته است ضمن برآورد تقاضای انرژی، پروژه‌های مربوط به سیستم‌های برق رسانی، نفت و گاز طبیعی، ترکیب سوختها و تکنولوژی‌های عرضه انرژی نیز ارزیابی شوند. بررسی تحقیقات انجام گرفته در کشورهای پیشرفته دنیا و ایران و توجه به توصیه‌های آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در برنامه‌ریزی بلند مدت انرژی هسته‌ای و تعهدات هر کشور در کاهش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین براساس معاهده‌های پاریس و کیوتو، اهمیت و ضرورت مدل‌سازی هر یک از منابع و ترازمندی و سرمایه‌گذاری و تعیین نقش هر یک از آنها، بخصوص انرژی هسته‌ای (همجوشی - شکافت) و منابع تجدیدپذیر را نمایان می‌کند.

۷. روش‌ها و ابزارهای مدل‌سازی جمعیت

در رشته‌های مختلف علمی مدل‌سازی، پیش‌بینی‌های کمی به منظور اطلاع از آینده و کنترل و یا تأثیرگذاری بر متغیر یا متغیرهای مورد نظر، صورت می‌پذیرد. پیش‌بینی‌های علمی مبتنی بر قواعد و اصول علمی و بدور از پیش‌داوری‌های شخصی محقق صورت پذیرفته و روش‌های شناخته شده‌ای

در این روش فرض می‌شود افزایش جمعیت (یک کشور یا منطقه) به صورت تصاعد هندسی است و معادله آن عبارتست از:

$$P_t = P_0(1+r)^t \quad (1)$$

که در آن

P_0 : عبارتست از جمعیت سال پایه

P_t : عبارتست از جمعیت در t سال بعد

r : متوسط نرخ رشد جمعیت بین دو سرشماری

t : زمان بین دو سرشماری.

ب- روش نمایی

با توجه به مشاهدات جمعیت شناسان منحنی افزایش جمعیت کشورها به منحنی تابع نمایی نزدیک تر است تا تصاعد هندسی، لذا افزایش جمعیت از معادله زیر تبعیت می‌کند:

$$P_t = P_0 \cdot e^{rt} \quad (2)$$

لازم به ذکر است، با توجه به تفاوت اندک مقادیر محاسبه شده در دو روش فوق در بازه های زمانی کوتاه و همچنین سادگی محاسبات روش هندسی برای برآورد متوسط نرخ رشد جمعیت، روش هندسی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴، ۲، ۱].

۲.۲. مدل سازی جمعیت به روش ترکیبی:

روش ترکیبی مورد توجه و علاقه خاص جمعیت شناسان قرار دارد، اساس این روش در درجه نخست تأکید بر ساختار سنی-جنسی جمعیت و بعد از آن میزان های موالید و مرگ و میر است و با پیش فرض هایی از روند سطح باروری همراه است. اطلاعات لازم برای پیش بینی جمعیت به روش ترکیبی عبارتند از:

۱- جمعیت پایه به تفکیک جنس و گروه های سنی ۵ ساله، که معمولاً از نتایج آخرین سرشماری استفاده می‌شود.

پیش بینی ها و روش شناسی آنها، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. در سیاست گذاری انرژی مورد نیاز برق اطلاع از تعداد، توزیع و ساختار جمعیت یک منطقه یا کشور همواره مورد توجه دانشمندان این حوزه بوده است. از پیشگامان این موضوع می‌توان از مالتوس نام برد، مالتوس به عنوان اولین جمعیت شناس تکنیکی، به زمان دو برابر شدن جمعیت ها علاقه وافری داشته و محاسباتی در این خصوص انجام می‌داد. پیش بینی جمعیت در برنامه ریزی اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و غیره هر کشور اولین گام در برنامه ریزی کلان انرژی برق است. برای برآورد جمعیت آینده مدل های مختلفی وجود دارد که هر کدام ویژگی های مختص به خود را دارند و انتخاب نوع مدل و استفاده از آن در درجه اول به اطلاعات موجود در زمان و سپس به هدف برنامه ریزی بستگی دارد. دو روش ریاضی و ترکیبی از عمده ترین روش های پیش بینی جمعیت هستند.

۱.۲. مدل سازی جمعیت به روش ریاضی:

برآورد جمعیت سال های بین دو سرشماری یا سال های نزدیک قبل یا بعد از آن به روش های مختلفی صورت می‌گیرد که ساده ترین آنها روش خطی درون گیری^۳ و برون گیری^۴ است. در این روش تصور میشود که افزایش عددی جمعیت در فاصله بین دو سرشماری یا در سال های نزدیک به آن یکسان است. از این رو میتوان با تقسیم کل افزایش یا کاهش جمعیت در فاصله مورد نظر به تعداد سال های آن فاصله، افزایش یا کاهش تعداد سالانه جمعیت را به دست آورد و از روی آن به جمعیت یکی از سال های واقع در آن فاصله رسید. این نوع برآورد و یا پیش بینی جمعیت، پیش بینی به روش ریاضی گفته میشود. پر کاربرد ترین روش های ریاضی، عبارتند از روش هندسی و روش نمایی که به شرح ذیل هستند:

الف- روش هندسی

^۳ Interpolation

^۴ Extrapolation

به منظور ترازمندی منابع انرژی برق هسته‌ای

بینی‌های دقیق از نظرات جمعیت‌شناسان خبره باید استفاده شود.

۲- ضریب بقا به تفکیک جنس و گروه‌های سنی ۵ ساله؛ از جدول عمر مربوط به ناحیه یا کشور مورد مطالعه استفاده می‌شود.

۳.۷. مزایا و محدودیت‌های روش‌های پیش

بینی جمعیت

در صورت استفاده از متوسط نرخ رشد باید توجه شود که پیش‌بینی برای سال‌های بین دوسرشماری یا با فاصله کم و معمولاً حداکثر پنج سال از آخرین سرشماری می‌باشد در غیر اینصورت نتایج پیش‌بینی از صحت مناسبی برخوردار نخواهد بود. به عنوان نمونه با استفاده از متوسط نرخ رشد جمعیت که از سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ به دست می‌آید، جمعیت سال ۱۳۹۰ را برآورد نموده با جمعیت حاصل از سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰ مقایسه می‌کنیم. برای مثال متوسط نرخ رشد جمعیت در بین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۴۵ برابر است با ۳.۱۳ درصد و با توجه به جمعیت سال ۱۳۳۵، جمعیت سال ۱۳۹۰ معادل ۱۰۳۰۷۱۲۳۶ نفر برآورد می‌شود. این رقم با مقدار واقعی جمعیت در سال ۱۳۹۰ یعنی ۷۵۱۴۹۶۶۹ نفر، حاصل از سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال مذکور، ۳۷ درصد اختلاف دارد که غیر قابل چشم‌پوشی است. این خطا به دلایلی از جمله عدم توجه به ساختار سنی جمعیت رخ می‌دهد.

برای اجتناب از خطای فوق و همانطور قبلاً ذکر شد استفاده از روش ترکیبی پیشنهاد می‌شود. در روش ترکیبی ساختار سنی و برخی میزان‌ها (نرخ‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرد. چه بسا دو جامعه با جمعیت مساوی و متوسط نرخ رشد مساوی به دلیل ساختار سنی متفاوت بعد از گذشت زمانی معین دارای جمعیت‌های متفاوتی شوند (یکی از دلایل رخداد خطا در استفاده از متوسط نرخ رشد جمعیت مورد اشاره در بالا همین است).

۸. پیش‌بینی نرخ جمعیت با نرم‌افزار DemProj

در اکثر پیش‌بینی‌های جمعیت چند مرحله‌ای اصلی وجود دارد. مدت زمان سپری شده در هر مرحله بسته به کاربرد متفاوت است، اما بیش‌تر کارهای پیش‌بینی جمعیت دست‌کم ۷ مرحله را دربر می‌گیرد:

۳- میزان باروری عمومی (GFR) (یا میزان باروری کل (TFR)) و همچنین روند تغییرات میزان باروری در طول زمان پیش‌بینی. لازم است ذکر شود پیش‌بینی در این روش در بازه‌های زمانی ۵ ساله انجام می‌شود، برای انجام پیش‌بینی ابتدا جمعیت هرگروه پنج ساله (به تفکیک مرد و زن) در ضریب بقا ضرب و جمعیت پنج سال آینده (البته متناسب به گروه سنی پنج سال بالاتر) بدست می‌آید. این قسمت محاسبات به شرط استفاده از جدول عمر مناسب از دقت بالایی برخوردار است و دقت پیش‌بینی به برآورد جمعیت زیر پنج سال در پنج سال بعد وابسته است. برای پیش‌بینی جمعیت ۴-۵ ساله در پنج سال آینده میانگین جمعیت زنان در سنین باروری (۴۹-۱۵ ساله) به تفکیک گروه‌های سنی پنج ساله در سال پایه و سال مورد پیش‌بینی محاسبه و با در دست داشتن میزان‌های باروری مولید پنج سال محاسبه می‌شود.

همانطور که ملاحظه می‌شود دقت پیش‌بینی به روش ترکیبی منوط به پیش‌فرض‌هایی در رابطه با روند میزان مولید در آینده است، خصوصاً که بازه پیش‌بینی بلند مدت باشد. جمعیت‌شناسان با تخمین سه مقدار برای میزان باروری کل جمعیت را در سه حالت پیش‌بینی می‌کنند، که از آن به سناریوهای سطح بالا، سطح پایین و متوسط یاد می‌شود. با واردکردن عامل مهاجرت به محاسبات پیش‌بینی تکمیل می‌شود، در این رابطه هم از اطلاعات مهاجرتی موجود در سطح ملی و جهانی و پیش‌بینی‌هایی در خصوص روندهای آینده مهاجرت استفاده می‌شود.

روش ترکیبی با استفاده از یک صفحه گسترده مانند Excel قابل محاسبه است اما برای دقت بیشتر و استفاده از اطلاعات پشتیبان، مانند الگوهای جداول عمر مناسب، از نرم‌افزارهای پیش‌بینی جمعیت مانند People یا Demproj استفاده می‌شود. اساس کار نرم‌افزارهای مزبور روش ترکیبی است. بدیهی است برای پیش

(۱) انتخاب منطقه‌ی جغرافیایی: پیش‌بینی‌های جمعیت معمولاً در سطح ملی انجام می‌شود. با این حال، می‌توان برای مناطق جغرافیایی دیگر مثل مناطق شهری، کلان شهرها، استان‌ها، بخش‌ها و مناطق حوزه‌ی آبریز مرزی نیز جمعیت را پیش‌بینی کرد. برای مثال، روند تمرکززدایی برنامه‌های عمومی در بسیاری از کشورها تا حد زیادی نیاز به پیش‌بینی‌های جمعیت را در سطوح استانی و منطقه‌ای افزایش داده است. برای انجام یک پیش‌بینی جمعیت ابتدا باید مناسب‌ترین منطقه‌ی جغرافیایی را برای کاربرد پیش‌بینی تعیین کرد.

(۲) تعیین دوره‌ی پیش‌بینی: پیش‌بینی‌های جمعیت در سال پایه‌ی معینی شروع و برای شمار معینی سال در آینده ادامه می‌یابد. انتخاب سال پایه اساساً مبتنی بر اطلاعات در دسترس و اغلب سالی است که آخرین سرشماری یا بررسی پیمایشی در سطح وسیع در آن انجام شده است. شمار سال‌هایی که باید برای آن‌ها پیش‌بینی صورت بگیرد از طریق استفاده از نتایج پیش‌بینی تعیین می‌شوند. فعالیت‌های برنامه‌ریزی عموماً مبتنی بر پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت (۵ ساله) است، در حالی که پیش‌بینی‌هایی که در زمینه‌ی تعیین خط‌مشی و سیاست‌گذاری صورت می‌گیرد اغلب از دوره‌های زمانی طولانی‌تر (۱۰ تا ۳۰ سال) استفاده می‌کنند.

(۳) گردآوری داده‌ها: برای انجام پیش‌بینی جمعیت دست‌کم باید اطلاعاتی در زمینه‌ی شمار افراد بر حسب سن و جنس، میزان باروری کل و امید زندگی در بدو تولد برای سال پایه در دست باشد. از آنجا که انجام دقیق پیش‌بینی‌های جمعیت به داده‌هایی بستگی دارد که پیش‌بینی بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد، قبل از انجام پیش‌بینی لازم است از صحت و سقم داده‌ها و کیفیت آن‌ها مطمئن شد. ویژگی خاص DemProj که آن را EasyProj نیز می‌گویند این است که به محققین امکان می‌دهد تا با استفاده از داده‌های چشم‌انداز جمعیت جهان سازمان ملل خیلی سریع یک پیش‌بینی جمعیت انجام دهد.

(۴) ارایه‌ی فرض‌ها: پیش‌بینی‌های جمعیت مستلزم ارایه‌ی فرض‌هایی درباره‌ی سطوح آینده‌ی میزان باروری کل، امید زندگی در بدو تولد و مهاجرت بین‌المللی است [۱۱]. علاوه بر این، باید فرض‌هایی در مورد مناسب‌ترین جدول‌های مدل

برای برآورد باروری و مرگ‌ومیر ارایه کرد. این فرض‌ها باید به دقت در نظر گرفته شوند و مبتنی بر راهبردهای انتخاب منطقی باشند.

(۵) واردکردن داده. پس از گردآوری داده‌های سال پایه و اتخاذ تصمیم‌های لازم در مورد فرض‌های پیش‌بینی، می‌توان از DemProj برای واردکردن داده‌ها و انجام پیش‌بینی جمعیت استفاده کرد.

(۶) بررسی پیش‌بینی‌ها: بعد از انجام پیش‌بینی، باید به دقت به بررسی نتایج پیش‌بینی پرداخت. این بررسی شامل ملاحظات دربار‌ه‌ی شاخص‌های مختلف جمعیت‌شناختی و همین‌طور توزیع سنی و جنسی جمعیت پیش‌بینی شده است. از طریق بررسی دقیق این شاخص‌ها می‌توان از کیفیت داده‌های ورودی و فرض‌های ارایه‌شده و این که آن‌ها به درستی در برنامه‌ی رایانه‌ای وارد شده‌اند، اطمینان حاصل کرد. همچنین، برای اطمینان از این که نتایج این فرض‌ها به‌طور کامل درک شده است باید به بررسی دقیق نتایج پیش‌بینی پرداخت.

(۷) انجام پیش‌بینی‌های دیگر: بسیاری از کاربردها نیازمند پیش‌بینی‌های جمعیتی دیگر است. پس از آن که پیش‌بینی اصلی انجام شد، با استفاده از یک یا بیش‌تر از یک نوع دیگر از فرض‌های پیش‌بینی می‌توان به‌طور سریع از برنامه برای انجام یک پیش‌بینی جمعیتی دیگر استفاده کرد.

۹. مرفولوژی رشد جمعیت در ایران

بررسی تغییرات تعداد و حجم جمعیت ایران طی سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن سرشماری سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۳۵ حاکی از آن است که طی این مدت حدود ۵۶/۲ میلیون نفر به جمعیت ایران اضافه شده است، درحالی که طی پنجاه سال قبل از آن طبق اسناد موجود فقط ۸/۷ میلیون نفر به جمعیت اضافه شده بود. این تفاوت ۴۳ میلیون نفری که در نیمه دوم قرن اتفاق افتاده است واقعیتی است که عمدتاً معلول کاهش مرگ و میر به ویژه در مورد کودکان و تغییر نگرش خانواده‌ها به بقای فرزندان بوده است. از ابتدای نیمه‌ی دوم قرن حاضر جمعیت ایران ۳/۷ برابر شده است که رشدی برابر ۲/۷ درصد را نشان می‌دهد. رشد جمعیت ایران تا شروع

جمعیت با داشتن ۱/۳ فرزند)، سیاست تثبیت میزان‌های باروری (فرض تثبیت جمعیت با ۲ فرزند) و نیز اجرای سیاست تشویق مولید (فرض افزایش جمعیت با داشتن نزدیک به ۴ فرزند) تا سال ۲۰۵۰ ارائه می‌نماید. برای پیش-بینی جمعیت از روش ترکیبی و نرم افزار DemProj استفاده شده است. در ادامه روش کار و فرضیه‌های تحقیق توضیح داده می‌شود:

۱.۱. روش تحقیق و فرضیه‌ها و داده‌ها:

با توجه به اهمیت سیاست‌های جمعیتی و اثر مستقیم آن در میزان‌های باروری و رشد جمعیت، برای بررسی باروری سه فرض و برای مرگ و میر یک فرض در نظر گرفته می‌شود.

۱.۱.۱. فرضیه‌های باروری

۱.۱.۱.۱. فرض اول

مطالعات جمعیتی نشان می‌دهند که در طی دهه اخیر میزان باروری در ایران در حال کاهش بوده است. و در طی دهه‌های آتی به سیر نزولی خود ادامه خواهد داد. در این حالت پیش‌بینی می‌شود که در طی دهه‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۳۰، به ازای هر سال ۰/۱۵ میزان باروری کل کاهش یابد، به عبارتی دیگر میزان باروری کل در ایران از حدود ۱/۹ فرزند در سال ۱۳۹۰ به ۱/۷ فرزند در سال ۱۴۳۰ کاهش یابد.

۲.۱.۱.۱. فرض دوم

ثابت ماندن میزان باروری فرض دوم این تحقیق را تشکیل می‌دهد، به این ترتیب که میزان باروری کل در ایران در سطح ۱/۹ فرزند باقی بماند.

۳.۱.۱.۱. فرض سوم

افزایش میزان باروری با توجه به اجرای سیاست‌های تشویق مولید از هم اکنون به بعد فرض سوم این تحقیق می‌باشد، به این صورت که در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۳۰، به ازای هر سال ۰/۰۵ میزان باروری کل افزایش یابد، به عبارتی دیگر میزان باروری کل در ایران از حدود ۱/۹ فرزند در سال ۱۳۹۰ به ۲/۱ فرزند در سال ۱۴۳۰ افزایش یابد.

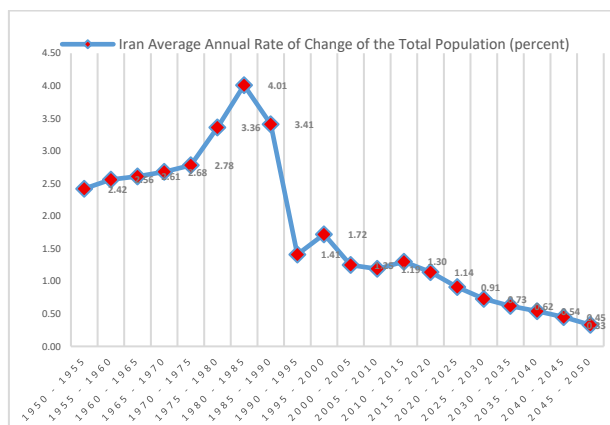
۴.۱.۱.۱. فرض چهارم

انقلاب روندی کاهنده و ناگهان پس از انقلاب افزایش یافته به طوری که در دهه‌ی ۱۳۵۵-۱۳۶۵ به یکباره به رشدی نزدیک ۴ درصد رسیده که در تاریخ ایرانمان بی سابقه بوده است. کاهش رشد جمعیت طی دهه ۱۳۴۵-۱۳۵۵ نسبت به دهه قبل از آن ناشی از اجرای سیاست‌های کنترل جمعیت بود که به طور رسمی از سال ۱۳۴۶ اعمال شده و اثر آن در کاهش رشد طبیعی جمعیت به ویژه در نقاط شهری ایران چشمگیر بوده است. یقیناً عوامل متعددی در افزایش رشد جمعیت ایران در دهه‌ی ۱۳۵۵-۱۳۶۵ دخیل بوده‌اند که از جمله آنها می-توان به تغییرات اعمال شده در سیاست‌های کنترل جمعیت پس از انقلاب اسلامی و اجرای سیاست‌های تشویق مولید اشاره نمود. با انتشار نتایج سرشماری ۱۳۶۵ و مشاهده‌ی رشد بالای جمعیت طی دهه‌ی ۱۳۵۵-۱۳۶۵ دولت متوجه‌ی سنگینی بار افزایش جمعیت و نگران تامین نیازهای مختلف آن در سال‌های آتی شد و به فکر احیای سیاست قدیمی کنترل جمعیت افتاد (که اولین بار در دهه‌ی ۱۳۴۵-۱۳۵۵ به طور رسمی اجرا شده بود). دولت در خرداد ۱۳۶۷، سیاست تحدید مولید را اعلام نمود و متعاقب آن برنامه‌های تنظیم خانواده را به مرحله‌ی اجرا درآورد. با اجرای سیاست‌های تنظیم خانواده، روند باروری در دهه‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵ و ۱۳۷۵-۱۳۸۵ و دوره پنج ساله ۱۳۹۰-۱۳۸۵ تنزل چشمگیری یافت، به گونه-ای که کاهش تعداد مولید (به همراه کاهش تعداد مرگ و میر و افزایش امید زندگی) رشد سالانه‌ی جمعیت ایران را، از ۳/۹ درصد در دهه ۱۳۵۵-۱۳۶۵، به ۱/۲۹ درصد در دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۵ رسانید. ناگفته نماند که طبق مطالعات جمعیتی انجام شده، حدود ۰/۷ درصد از رشد جمعیتی مشاهده شده بین سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۶۵ مربوط به ورود مهاجران عمدتاً افغانی و عراقی بین آن سال‌ها بوده است. پدیده‌ی ای که در سال‌های اخیر نیز با شدت به مراتب کمتری وجود داشته است [۱، ۱۶، ۵].

۱.۰. مدل‌سازی جمعیت ایران تا سال ۲۰۵۰

پژوهش حاضر آینده‌نگری جمعیت ایران را با سه دیدگاه ادامه اجرای سیاست‌های تنظیم خانواده (فرض کاهشی رشد

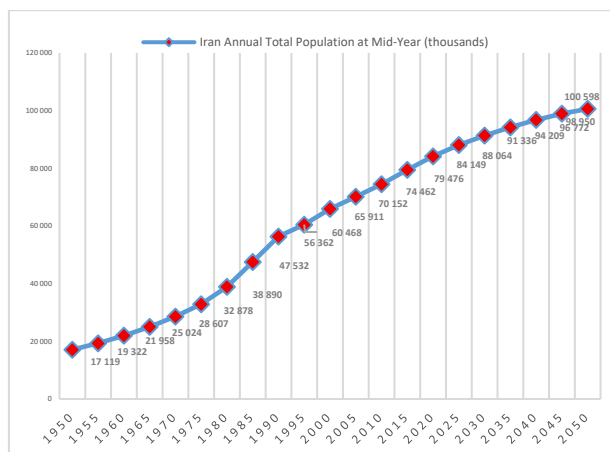
مرزهای خارج از ایران مهاجرت کرده اند که شمار آنها تاکنون مبهم باقی مانده است، زیرا مبتنی بر طی نمودن تشریفات و ضوابط قانونی و رسمی نبوده است. با توجه به اینکه برای پیش بینی جمعیت به روش ترکیبی لازم است تا اطلاعات ترکیب سنی و جنسی مهاجران را به دست آورد و در این مورد اطلاعات قابل قبولی در ایران وجود ندارد لذا در این پیش بینی از فرضیه مهاجرت صرف نظر شده است.



شکل ۳- پیش بینی نرخ رشد جمعیت کشور در بازه زمانی: ۲۰۵۰-۱۹۵۰

۱۹۵۰

(سازمان ملل متحد).



شکل ۴- پیش بینی رشد جمعیت ایران در بازه زمانی: ۲۰۵۰-۱۹۵۰

(مرجع سازمان ملل متحد).

۱.۲. نتایج پیش بینی بوسیله نرم افزار DemProj

در پیش بینی جمعیت به روش ترکیبی، براساس بررسی حاضر در صورت تحقق فرض اول جمعیت کل کشور در سال ۱۴۳۰ هجری (۲۰۵۰ میلادی) برابر با ۹۶۷۸۶۳۷۳ نفر، با فرض سیاست ثابت ماندن میزانهای باروری برابر با ۹۹۵۲۶۴۷۶ نفر و با فرض اجرای سیاست تشویق مولید برابر

افزایش میزان باروری با توجه به اجرای سیاستهای تشویق مولید از هم اکنون به بعد فرض سوم این تحقیق می باشد، به این صورت که در طی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۴۳۰، به ازای هر سال ۵۸/۰ میزان باروری کل افزایش یابد. به عبارتی دیگر میزان باروری کل در ایران از حدود ۱/۹ فرزند در سال ۱۳۹۰ به ۲/۵ فرزند در سال ۱۴۳۰ افزایش یابد. شایان ذکر است که در هر سه فرض با توجه به ساختار جمعیت، الگوی باروری مفروض در این پیش بینی به صورت خطی می باشد.

۲.۱۱. فرضیه های مرگ و میر

بررسی های به عمل آمده حاکی از آن است که در دهه های اخیر میزان مرگ و میر ایران همواره در حال کاهش بوده است. از جمله عوامل مؤثر در این امر، جوانی ساختار جمعیت ایران و بهبود وضع تغذیه و پیشرفت بهداشت در طی دهه های اخیر بوده است. در سال ۱۳۹۰ امید زندگی در بدو تولد برای مردان ۷۲/۱ سال و برای زنان ۷۴/۶ سال برآورد شده است. بر اساس روند گذشته و ادامه ی بهبود وضع تغذیه و پیشرفت بهداشت جمعیت ایران به ویژه در مناطق روستایی و جوان بودن ساختار سنی ایران پیش بینی می شود که این نسبت در سال ۱۴۳۰ هجری خورشیدی برای مردان به ۷۴/۶ سال و برای زنان به ۸۱/۵ سال برسد. به عبارتی دیگر افزایش امید زندگی در بدو تولد در طی ۴۰ سال مورد بحث، ۰/۱۷ سال برای زنان و ۰/۱۴ سال برای مردان در هر سال خواهد بود. شایان ذکر است که الگوی مرگ و میر مفروض در این پیش بینی مدل DemProj از جداول الگویی سازمان ملل برای هر دو جنس و افزایش امید زندگی به صورت خطی می باشد.

۳.۱۱. ساختار سنی و سال پایه مدلسازی جمعیت

جمعیت ایران به تفکیک جنس و گروه های سنی ۵ ساله حاصل از نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰، به عنوان جمعیت پایه این پیش بینی در نظر گرفته شده است [۱].

۴.۱۱. مهاجرت

در سرشماری های عمومی نفوس و مسکن ایران، فقط آمار مهاجرت به داخل ایران ارائه شده که به دلایل مختلف آمار و ارقام قابل قبولی برای استفاده در پیش بینی های جمعیتی نمی باشند. از سوی دیگر صدها هزار ایرانی در دهه های اخیر به

به منظور ترازمندی منابع انرژی برق هسته‌ای

۱۰۲۳۱۴۰۵۲ نفر و در صورت تحقق فرض چهارم برابر ۱۰۸۰۲۴۴۰۸ نفر خواهد بود.

جدول ۱- برآورد جمعیت کل کشور با چهار فرض پیش بینی تا

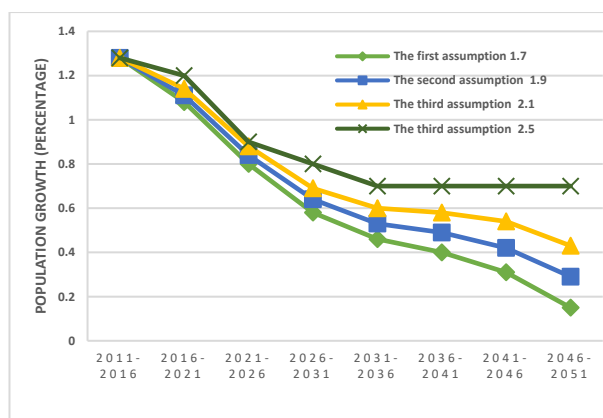
افق ۲۰۵۰ (جمعیت به هزار نفر) [۱۰,۹]

سال پیش بینی	فرض اول ادامه سیاست تنظیم خانواده ۱/۷ فرزند	فرض دوم اجرای سیاست تثبیت باروری ۱/۹ فرزند	فرض سوم اجرای سیاست تشویق مولید ۲/۱ فرزند	فرض سوم اجرای سیاست تشویق مولید ۲/۵ فرزند
۲۰۱۱	۷۵,۱۶۴	۷۵,۱۶۴	۷۵,۱۶۴	۷۵,۱۶۴
۲۰۱۶	۸۰,۱۲۵	۸۰,۱۷۱	۸۰,۲۱۸	۸۰,۳۱۱
۲۰۲۱	۸۴,۵۵۰	۸۴,۷۲۹	۸۴,۹۰۸	۸۵,۲۶۷
۲۰۲۶	۸۷,۹۹۱	۸۸,۳۷۰	۸۸,۷۴۸	۸۹,۵۱۰
۲۰۳۱	۹۰,۵۸۹	۹۱,۲۳۰	۹۱,۸۷۰	۹۳,۱۵۸
۲۰۳۶	۹۲,۷۱۳	۹۳,۶۹۹	۹۴,۶۸۶	۹۶,۶۶۳
۲۰۴۱	۹۴,۵۸۵	۹۶,۰۳۱	۹۷,۴۸۳	۱۰۰,۳۹۸
۲۰۴۶	۹۶,۰۴۷	۹۸,۰۸۴	۱۰۰,۱۳۸	۱۰۴,۲۹۶
۲۰۵۱	۹۶,۷۸۶	۹۹,۵۲۶	۱۰۲,۳۱۴	۱۰۸,۰۲۴

جدول ۲- توزیع جمعیت کشور با سه فرض پیش بینی در گروه‌های

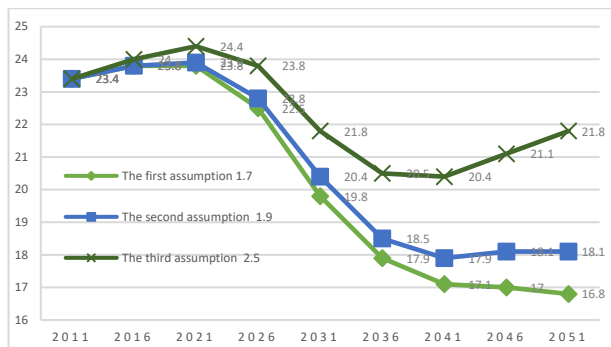
مختلف سنی تا افق ۲۰۵۰ (از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۳۰)

سال میلادی	سال شمسی	فرض اول ادامه اجرای سیاست تنظیم خانواده ۱/۷ فرزند			فرض دوم سیاست تثبیت میزان‌های باروری ۱/۹ فرزند			فرض چهارم اجرای سیاست تشویق مولید ۲/۵ فرزند		
		۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰	۱۴-۰۰
۲۰۱۱	۱۳۹۰	۲۳,۴	۷۰,۹	۵,۷	۲۳,۴	۷۰,۹	۵,۷	۲۳,۴	۷۰,۹	۵,۷
۲۰۱۶	۱۳۹۵	۲۳,۸	۷۰,۴	۵,۸	۲۳,۸	۷۰,۴	۵,۸	۲۳,۸	۷۰,۴	۵,۸
۲۰۲۱	۱۴۰۰	۲۳,۸	۷۰,۳	۶,۶	۲۳,۸	۷۰,۳	۶,۶	۲۳,۸	۷۰,۳	۶,۶
۲۰۲۶	۱۴۰۵	۲۳,۵	۷۰,۵	۸	۲۳,۵	۷۰,۵	۸	۲۳,۵	۷۰,۵	۸
۲۰۳۱	۱۴۱۰	۱۹,۸	۷۰,۵	۹,۷	۱۹,۸	۷۰,۵	۹,۷	۱۹,۸	۷۰,۵	۹,۷
۲۰۳۶	۱۴۱۵	۱۷,۹	۷۰,۵	۱۱,۶	۱۷,۹	۷۰,۵	۱۱,۶	۱۷,۹	۷۰,۵	۱۱,۶
۲۰۴۱	۱۴۲۰	۱۷,۱	۷۰,۳	۱۳,۶	۱۷,۱	۷۰,۳	۱۳,۶	۱۷,۱	۷۰,۳	۱۳,۶
۲۰۴۶	۱۴۲۵	۱۷	۷۰,۵	۱۶,۵	۱۷	۷۰,۵	۱۶,۵	۱۷	۷۰,۵	۱۶,۵
۲۰۵۱	۱۴۳۰	۱۶,۸	۷۰,۸	۲۰,۴	۱۶,۸	۷۰,۸	۲۰,۴	۱۶,۸	۷۰,۸	۲۰,۴

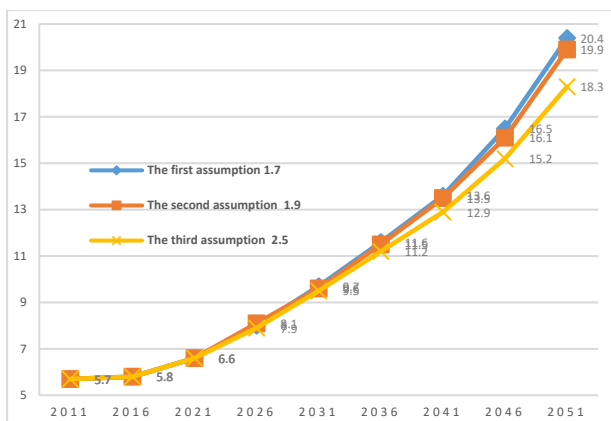


شکل ۵- نمودار رشد جمعیت کل کشور در دوره های پنج ساله با

چهار فرض باروری تا افق ۲۰۵۰.



شکل ۶- نمودار پیش بینی جمعیت افراد کمتر از ۱۵ سال [۱].



شکل ۷- نمودار پیش بینی جمعیت ۶۵ سال و بیشتر [۱].

۱.۳ ساختار تقاضای انرژی در ایران:

بخش های مصرف کننده که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته اند عبارتند از: بخش خانگی، بخش خدمات (عمومی و تجاری)، بخش صنعت (شامل معدن، ساخت و تولید یا کارگاه های صنعتی، ساختمان سازی، آب و کشاورزی)، بخش حمل و نقل و مصارف غیر انرژی. منظور از مصارف غیرانرژی، استفاده از حامل های انرژی به عنوان مواد اولیه تولید در صنایع پتروشیمی و فولاد است.

۱.۱.۳ منابع تولید انرژی اولیه

در سال ۲۰۱۷ تولید انرژی اولیه به میزان ۳۰۶۰/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام و اختصاص ۵۳/۲ درصد آن به نفت خام، مایعات و میعانات گازی و مواد افزودنی ۴۵/۵ درصد به گاز طبیعی و ۰/۳ درصد به انرژی بادی، آبی، خورشیدی، ۰/۴ درصد انرژی هسته ای، ۰/۳ درصد به منابع تجدیدپذیر قابل احتراق، ۰/۳ درصد به زغال سنگ [۷,۶,۵,۴,۳].

جدول ۳- عرضه کل انرژی اولیه و مصرف نهایی (میلیون بشکه نفت

خام)

تولید	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
-------	------	------	------	------	------	------	------	------

نفت خام	۱۵۸۳.۹	۱۵۷۲.۹	۱۱۸۷.۲	۱۱۸۳.۰	۱۲۱۲.۳	۱۲۰۱.۳	۱۵۷۲.۵	۱۶۲۹.۰
گاز طبیعی	۹۰۶.۷	۹۴۷.۸	۹۸۸.۵	۹۹۳.۲	۱۱۲۵.۲	۱۱۸۶.۶	۱۲۹۳.۱	۱۳۹۲.۹
زغال سنگ	۵.۳	۵.۷	۵.۱	۵.۱	۵.۳	۵.۹	۶.۵	۷.۶
منابع تجدید پذیر (بیوماس و جامد و بیوگاز)	۵.۷	۵.۹	۸.۴	۸.۴	۸.۵	۸.۵	۸.۵	۸.۵
انرژی آبی	۵.۶	۷.۱	۷.۳	۸.۶	۸.۲	۸.۳	۹.۷	۹.۱
انرژی خورشیدی و بادی	۰.۱۰	۰.۱۳	۰.۱۲	۰.۲۲	۰.۱۱	۰.۱۳	۰.۱۵	۰.۲۳
انرژی هسته ای	-	۰.۶	۳.۳	۸.۱	۸.۰	۵.۲	۱۱.۸	۱۳.۳
کل تولید انرژی اولیه	۲۵۰۷.۲	۲۵۴۰.۲	۲۲۰۰.۰	۲۲۰۶.۷	۲۲۶۷.۵	۲۴۱۵.۹	۲۹۰۲.۲	۳۰۶۰.۶

۲.۱۳. تولید انرژی الکتریکی

بر مبنای داده های آماری آخرین ترازنامه انرژی ایران تولید انرژی الکتریکی نیروگاههای کشور در سال ۲۰۱۷ به ۳۰۸۳۰۶/۵ میلیون کیلو وات ساعت رسید که نسبت به سال قبل از آن حدود ۶/۹ درصد رشد داشته است. از کل برق تولیدی کشور حدود ۴۱/۱ درصد توسط وزارت نیرو، ۵۳/۹ درصد توسط بخش خصوصی، ۲/۶ درصد توسط صنایع بزرگ و ۲/۴ درصد توسط سازمان انرژی اتمی ایران تأمین شده است. تولید برق توسط بخش خصوصی در مقایسه با سال گذشته ۷/۹ درصد رشد داشته است [۷, ۶, ۵, ۴].

جدول ۴- روند تغییرات تولید ناویژه انرژی الکتریکی ایران طی

سالهای ۲۰۱۷-۲۰۱۰ (گیگاوات ساعت)

شرح	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
تولید وزارت نیرو	۲۰۴۴۹.۳	۲۰۸۰۵۳.۴	۲۱۵۱۲۸.۲	۱۳۵۲۱۵.۳	۱۱۸۵۹۲.۴	۱۲۰۱۳۰.۷	۱۲۱۳۹۷.۷	۱۲۶۶۲۱.۴
تولید سازمان انرژی اتمی	-	۳۲۷.۱	۱۸۴۷.۳	۴۴۵۵.۸	۴۴۷۲.۱	۲۹۱۳.۹	۶۶۲۰.۲	۷۴۵۰.۵
تولید صنایع بزرگ	۷۵۷۹.۴	۹۸۳۵.۶	۱۰۷۳۹.۹	۶۵۴۹.۲	۶۲۷۰.۴	۶۴۴۰.۲	۶۴۸۲.۳	۷۹۰۵.۲
تولید بخش خصوصی	۳۰۹۱۰.۲	۲۱۸۳۵.۵	۲۶۵۵۹.۸	۱۳۶۱۲۲.۹	۱۴۵۱۰۲.۴	۱۵۱۱۴۸.۹	۱۵۴۵۹۵.۲	۱۶۶۳۲۹.۴
تولید کل کشور	۲۳۲۹۵۸.۹	۲۴۰۰۵۱.۶	۲۵۴۲۷۵.۳	۲۶۲۴۳۲.۲	۲۷۴۴۳۷.۲	۲۸۰۶۳۳.۶	۲۸۹۰۹۵.۳	۳۰۸۳۰۶.۵

سهام تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه های سیکل ترکیبی ۳۷/۳ درصد، بخاری ۲۹/۳ درصد، گازی ۲۵/۸ درصد، آبی ۵ درصد، اتمی ۲/۴ درصد، تجدیدپذیر و بازیافت حرارتی ۰/۲ درصد و دیزلی نیز ۰/۳ درصد بوده است.

با توجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی در ایران، تولید برق عمدتاً توسط نیروگاههای حرارتی صورت می گیرد. تولید نیروگاه های بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و اتمی نسبت به سال قبل به ترتیب ۶/۵، ۱/۸، ۱۱/۳ و ۱۲/۹ درصد افزایش داشته

است. تولید نیروگاههای تجدیدپذیر آبی نسبت به سال قبل، در مجموع با کاهش ۶ درصدی رو برو بود که این امر به دلیل کاهش بی سابقه بارندگی و استمرار خشکسالی در کشور و پایین آمدن ارتفاع آب در مخازن سدها رخ داده است. سایر نیروگاهها (شامل بادی، خورشیدی، بیوگازسوز و بازیافت حرارتی) از افزایش قابل ملاحظه ۱۹۴/۳ گیگاوات ساعت (۷۰/۳ درصد) برخوردار بوده است که این افزایش رشد عمدتاً ناشی از افزایش ظرفیت سیستمهای فتوولتائیک، بدیل وضعیت پنلهای خورشیدی منفصل از شبکه به صورت متصل به شبکه، افزایش ظرفیت نیروگاه های بادی، افزایش تولید نیروگاههای بیوگاز سوز و همچنین تولید از واحدهای بازیافت حرارت برای اولین بار در کشور می باشد. البته در این سال تولید نیروگاههای بادی ۲۳ درصد رشد داشته است. همچنین تولید نیروگاه های فتوولتائیک نیز به دلیل افزایش تولید در برخی نیروگاههای موجود و تولید انرژی در ۱۷ نیروگاه خورشیدی و سامانه های فتوولتائیک متعدد که بتازگی وارد مدارو متصل به شبکه شده و در مقایسه با سال قبل ۱۹/۵ برابر شده، رخ داده است [۱, ۲, ۳, ۴, ۵, ۶, ۷].

۳.۱۳. ظرفیت اسمی نیروگاه برق ایران

ظرفیت اسمی نیروگاه های ایران در سال ۲۰۱۷ به میزان ۷۸۸۰۱/۷ مگاوات بوده و ۲۰/۱ درصد این ظرفیت به نیروگاههای بخاری، ۳۲/۹ درصد به نیروگاه های گازی، ۲۹/۴ درصد به نیروگاههای سیکل ترکیبی، ۰/۶ درصد به نیروگاههای دیزلی، ۱۵/۲ درصد به نیروگاههای آبی، ۱/۳ درصد به نیروگاه های اتمی و ۰/۵ درصد به نیروگاه های بادی، خورشیدی، بیوگاز و بازیافت حرارتی اختصاص داشته است. همچنین ظرفیت اسمی و عملی نیروگاه های برق کشور در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۱۶ رشد ۳ و ۲/۵ درصدی داشته است [۷, ۶, ۵, ۴, ۳, ۲, ۱].

جدول ۵- ظرفیت اسمی نیروگاه های کشور (مگاوات)

شرح	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
وزارت نیرو	۵۰۲۹۰	۵۱۲۰۶.۹	۵۲۸۹۵.۸	۳۸۲۳۶	۳۴۰۳۸.۱	۳۳۸۹۳.۱	۳۴۶۳۶.۹	۳۵۲۷۷.۲
سازمان انرژی اتمی	-	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰

به منظور ترازمندی منابع انرژی برق هسته‌ای

صنایع بزرگ								
بخاری	۴۷۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶	۵۸۸۶
گازی	۴۵۴۵	۴۵۴۵	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۵۳۱۶
جمع	۵۰۲۳۶	۵۱۳۳۶	۵۵۸۰۶	۵۵۸۰۶	۵۵۸۰۶	۵۵۸۰۶	۵۵۸۰۶	۵۹۰۴۶
بخش خصوصی								
بخاری	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۳۳۹۹۵	۳۳۹۹۵	۳۳۹۹۵	۳۳۹۹۵	۳۹۹۹۵
گازی	۵۸۲۰۴	۷۵۳۶۴	۸۵۸۸۵	۱۱۷۹۸	۱۴۲۲۴۸	۱۵۳۰۵۸	۱۵۷۹۷	۱۴۲۴۱
سیکل ترکیبی	-	-	۴۸۴	۱۳۵۷۴۵	۱۴۲۱۸۵	۱۴۲۱۸۵	۱۵۱۹۴۵	۱۷۷۷۶۵
آبی	-	-	-	-	-	-	-	۱۸
بادی	۲۸۴	۲۸۴	۲۸۴	۳۳۴	۵۴۶	۱۵۱۹	۱۸۴۴	۲۶۵۶
خورشیدی	-	-	-	-	-	-	-	۱۷۴۰۱
بیوگاز	۶۹	۶۹	۶۹	۶۹	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶
باز یافت حرارتی ^(۳)	-	-	-	-	-	-	-	۱۳۶
جمع	۶۱۴۵۶	۷۸۶۱۶	۹۳۹۷۷	۲۸۸۱۱۷	۳۲۵۰۹۹	۳۲۶۹۱۵	۳۵۲۴۶۴	۳۶۴۹۹۹
کل کشور	۶۱۴۵۹۳	۶۵۳۲۳۲	۶۸۸۹۴۱	۷۰۲۳۵۹	۷۳۱۴۸۷	۷۴۱۸۵۲	۷۶۴۸۳۹	۷۸۸۰۱۷

میزان تولید ناویژه انرژی الکتریکی بخش های مختلف در

سال ۲۰۱۷ بصورت زیر بوده است:

جدول ۶- تولید ناویژه برق انواع نیروگاه‌های ایران در سال ۲۰۱۷

(گیگاوات ساعت)

نیروگاه	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	آبی	بادی، خورشیدی، اتمی و بیوگاز	جمع
وزارت نیرو	۶۳۱۰۴۱	۲۲۴۶۵۵	۲۵۶۲۴۴	۹۴۳	۱۵۳۲۹۱	۴۰۱	۱۲۶۶۲۱۴
سازمان انرژی اتمی	-	-	-	-	-	۷۴۵۰۵	۷۴۵۰۵
صنایع بزرگ	۲۲۰۳۲	۵۷۰۱۹	-	-	-	-	۷۹۰۵۲
بخش خصوصی	۲۵۰۳۰۳	۵۱۳۰۹۷	۸۹۴۵۴۴	-	۶۶۵	۴۶۸۵	۱۶۶۳۲۹۴
کل تولید کشور	۹۰۳۳۷۷	۷۹۴۷۷۱	۱۱۵۰۷۹	۹۴۳	۱۵۳۲۹۵۶	۷۹۲۳۰۱	۳۰۸۳۰۶۵

۴.۱۳. مصرف داخلی و تلفات انرژی الکتریکی

در سال ۲۰۱۷ مصرف داخلی نیروگاه های کشور ۳/۱ درصد از کل تولید برق کشور بوده است. بیشترین میزان خود مصرفی برای نیروگاه‌های بخاری با ۴۵/۳ درصد از کل خود مصرفی نیروگاه‌های کشور است. کل سهم تلفات شبکه برق کشور که عمدتاً به صورت گرما تلف می شود با ۰/۷ درصد

کاهش از ۱۲/۱ در سال ۱۳۹۵ به ۱۱/۴ درصد در سال ۱۳۹۶ و سهم تلفات شبکه توزیع با ۰/۸ درصد کاهش از ۱۱/۵ به ۱۰/۸ درصد و سهم تلفات انتقال و فوق توزیع طی دوره مورد بررسی از ۲/۹ به ۲/۸ درصد کاهش یافته است. این کاهش تلفات علاوه بر افزایش درآمد، منجر به کاهش هزینه شده و بر کاهش پیک بار سال ۲۰۱۷ و همچنین بر شاخصهای زیست محیطی تأثیر مثبت داشته است. شاخص نسبت کل تلفات انتقال و توزیع به تولید ناویژه برق در ایران در سال ۲۰۱۶، ۱۲/۱ درصد بود این در حالی است که در سال ۲۰۱۶ این شاخص در جهان، کشورهای عضو و غیر عضو OECD و منطقه خاورمیانه به ترتیب ۷/۹ و ۶/۱ و ۹/۳ و ۱۲/۶ درصد بوده است [۱۱، ۱۰، ۸].

جدول ۷- مصارف داخلی و تلفات شبکه‌های برق ایران طی سال‌های

۲۰۱۷-۲۰۱۰ (تراوات ساعت)

سال	مصارف داخلی	تلفات انرژی و شبکه انتقال و فوق توزیع	تلفات انرژی شرکت توزیع	کل تلفات انرژی
۲۰۱۰	۸.۱	۸.۱	۲۶.۵	۳۴.۷
۲۰۱۱	۸.۵	۷.۸	۲۶.۳	۳۴.۱
۲۰۱۲	۸.۶	۸.۵	۲۸.۲	۳۶.۸
۲۰۱۳	۹.۱	۸.۵	۲۸.۹	۳۷.۴
۲۰۱۴	۸.۹	۷.۹	۲۶.۷	۳۴.۶
۲۰۱۵	۸.۱	۷.۷	۲۵.۶	۳۳.۳
۲۰۱۶	۸.۸	۷.۹	۲۵.۶	۳۳.۵
۲۰۱۷	۹.۵	۸.۴	۲۵.۳	۳۳.۷

۵.۱۳. مبادلات انرژی الکتریکی :

در سال ۲۰۱۷، میزان واردات و صادرات برق ایران به ترتیب ۳/۹ و ۸/۲ تراوات ساعت بوده که واردات نسبت به سال گذشته ۸/۵ درصد کاهش و صادرات ۲۲/۵ درصد افزایش داشته است [۴، ۳، ۲، ۱].

جدول ۸- روند واردات و صادرات برق ایران طی سال‌های ۲۰۱۷-

۲۰۱۰ (گیگاوات ساعت)

سال	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
صادرات	۶۷۰۷	۸۶۶۸۲	۱۱۰۲۹۱	۱۱۵۵۵۶	۹۶۵۹۹	۹۸۷۹۹	۶۶۸۷۸	۸۱۷۲۴

۶.۶.۱۳. مصرف بخش کشاورزی:

مصرف این بخش معادل ۳۹ تراوات ساعت بوده که نسبت به سال قبل ۷/۸ درصد افزایش داشته است.

۶.۶.۱۳. مصرف روشنایی معابر:

مصرف حدود ۵ تراوات ساعت به این بخش تعلق گرفته است.

جدول ۹- مصرف برق بخش‌های مختلف تأمین شده توسط وزارت نیروی ایران طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۰ (گیگاوات ساعت)

سال	خانگی	عمومی	تجاری	صنعتی	حمل و نقل	کشاورزی	سایر مصارف	جمع
۲۰۱۰	۶۰۹۰۷۷	۲۱۳۰۸۱	۱۲۷۲۶۸	۶۱۱۸۳۴	۲۹۹۴	۲۴۱۸۸۸	۳۵۶۷۶	۱۸۴۱۸۱۸
۲۰۱۱	۵۶۷۷۲۷	۱۶۷۵۱۵	۱۲۶۶۳۶	۶۳۵۹۱۵	۳۵۲۷	۳۰۰۲۰۳	۳۷۵۲۱	۱۸۳۹۰۵۴
۲۰۱۲	۶۱۳۵۰۹	۱۷۸۰۹۸	۱۲۵۹۸۸	۶۶۷۴۰۹	۳۶۶۴	۳۱۶۴۶۶	۳۶۳۵۳	۱۹۴۱۴۸۵
۲۰۱۳	۶۴۳۷۸۹	۱۷۸۳۰۹	۱۳۳۶۶۶	۷۰۳۰۸۸	۳۲۴۹	۳۳۱۰۳۱	۳۷۶۴۷	۲۰۳۰۸۷۹
۲۰۱۴	۷۱۱۶۲۷	۱۹۷۶۶۷	۱۵۴۰۴۴	۷۴۰۷۰۵	۳۸۵۴	۳۵۱۸۷۹	۳۸۳۶۹	۲۱۹۸۱۴۴
۲۰۱۵	۷۶۱۰۳۳	۲۲۱۹۵۷	۱۶۶۷۹۷	۷۱۶۵۷	۵۶۹۸	۳۶۰۸۸۶	۴۰۱۷۳	۲۲۷۳۱۱۵
۲۰۱۶	۷۸۳۷۸۱	۲۲۹۱۴۳	۱۷۶۱۹۸	۷۷۱۶۷	۴۳۵۷	۳۶۲۱۵	۴۶۹۹۵	۲۳۷۴۳۵۸
۲۰۱۷	۸۳۴۰۳۳	۲۴۳۲۸	۱۸۶۸۰۸	۸۴۱۷۷۱	۴۷۶۵	۳۸۹۵۱۶	۵۰۰۹۱	۲۵۵۰۲۶۳

۶.۱۳. حداکثر بار تولیدی همزمان شبکه

در سال ۲۰۱۷ حداکثر توان تولیدی همزمان شبکه سراسری ۵۳۸۴۲ و حداکثر توان تولیدی همزمان کل کشور ۵۴۰۱۶ مگاوات بوده است. حداکثر توان تولیدی در پیک همزمان کل کشور نسبت به سال ۲۰۱۶ از ۴/۷ درصد افزایش برخوردار بوده است [۴,۵,۶,۷].

۸.۱۳. شدت انرژی:

شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی (و یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی محاسبه میگردد و نشان میدهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول) چه مقدار انرژی به کار رفته است. ایران از لحاظ مصرف انرژی به منظور تولید کالاها و خدمات وضعیت مطلوبی نداشته و جزء کشورهای با شدت انرژی بسیار بالا محسوب میشود. در سال ۲۰۱۶، شاخص

واردات	۳۰۱۵	۳۶۵۶۱	۲۸۹۷۲	۳۷۰۷	۳۷۷۱۵	۴۱۴۸۲	۴۲۲۱۱	۳۸۵۲۱
--------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------

۶.۱۳. مصرف انرژی الکتریکی:

در سال ۲۰۱۷ کل فروش برق وزارت نیرو و صنایع بزرگ (با احتساب برق مصرفی پالایشگاه‌ها، واحدهای کک سازی و واحدهای کوره بلند) حدود ۶/۲۶۰ گیگاوات ساعت بود که نسبت به سال ۲۰۱۶ دارای نرخ رشدی معادل ۷/۱ درصد بوده است. سهم مصرف بخش‌های صنعت، خانگی، کشاورزی، عمومی، تجاری، سایر مصارف و حمل و نقل به ترتیب ۳۳ و ۳۲/۷ و ۱۵/۳ و ۹/۵ و ۷/۳ و ۲ و ۰/۲ درصد از کل مصرف برق وزارت نیرو را داشته اند [۷,۶,۵].

۱.۶.۱۳. مصرف بخش خانگی:

سرانه مصرف برق به ازای هر مشترک خانگی در سال ۲۰۱۷ حدود ۲۹۶۸ کیلووات ساعت است که نسبت به سال قبل آن ۳/۹ درصد افزایش را نشان می دهد. این امر نشان میدهد که علاوه افزایش تعداد مشترکین بخش خانگی، مصرف برق و به تبع آن سرانه مصرف هر مشترک خانگی نیز افزایش یافته است.

۲.۶.۱۳. مصرف بخش تجاری:

میانگین مصرف هر مشترک این بخش در حدود ۷/۴۱۸۳ کیلووات ساعت بوده که ۴/۲ درصد نسبت به سال ۲۰۱۶ افزایش داشته است.

۳.۶.۱۳. مصرف بخش عمومی:

متوسط مصرف هر مشترک این بخش ۶/۱۵۰۹۷ کیلووات ساعت بوده که نسبت به سال قبل ۲ درصد افزایش داشته است.

۴.۶.۱۳. مصرف بخش صنعت:

مصرف برق بخش صنعتی که توسط وزارت نیرو تأمین شده اس (بدون احتساب بخش حمل و نقل) معادل ۲/۸۴ تراوات ساعت بوده و نسبت به سال قبل از آن ۴/۹ درصد افزایش داشته.

۵.۶.۱۳. مصرف بخش حمل و نقل:

کل مصرف برق در بخش حمل و نقل در سال ۲۰۱۷ در مجموع معادل ۵/۴۷۶ گیگا وات ساعت بوده که نسبت به سال قبل ۷/۹ درصد افزایش داشته است.

به منظور ترازمندی منابع انرژی برق هسته‌ای

شدت عرضه انرژی اولیه جهان براساس تولید ناخالص داخلی بر حسب نرخ ارز و برابری قدرت خرید به ترتیب ۰/۱۸ و ۰/۱۳ تن معادل نفت خام (هر تن معادل نفت ۱۱/۶۳ مگاوات ساعت) به ازای هزار دلار بوده است. این در حالی است که این رقم در ایران بیش از ۲/۹ و ۱/۳ برابر مقدار متوسط جهانی است. همچنین شاخص شدت و مصرف نهایی انرژی جهان براساس تولید ناخالص داخلی بر حسب نرخ ارز و برابری قدرت خرید به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۸ تن معادل نفت خام به ازای هزار دلار بوده است. این در حالی است که این رقم در ایران بیش از ۳ و ۱/۴ برابر مقدار متوسط جهانی است [۷,۶,۵,۴,۳].

۹.۱۳. ضریب انرژی:

از تقسیم نرخ رشد مصرف نهایی انرژی به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دست می‌آید. در دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۶ شاخص ضریب انرژی در جهان نسبت به دوره قبل اندکی کاهش یافته و به عدد ۰.۴۶ رسیده است، در همان دوره شاخص مزبور برای ایران ۰.۹۹ بوده است با استفاده از آمار داخلی در ترازنامه های انرژی ایران، ملاحظه می‌شود که ضریب انرژی ایران در تمامی دوره‌ها تقریباً رشد مصرف نهایی انرژی بیش از رشد تولید ناخالص داخلی بوده است. اما نکته قابل توجه این است که اختلاف بین رشد تولید ناخالص داخلی و رشد مصرف نهایی انرژی رو به کاهش

از تقسیم ارزش تولیدات به مقدار انرژی مصرفی به دست می‌آید (عکس شدت مصرف نهایی انرژی). برای محاسبه بهره‌وری انرژی در سطح ملی می‌توان تولید ناخالص داخلی را بر مقدار مصرف نهایی انرژی تقسیم نمود. این شاخص در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال قبل با ۲/۹ درصد افزایش، از ۵۶۴۴/۵ به ۵۸۰۶/۴ هزارریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام رسیده است [۷,۶,۵,۴].

۱۱.۱۳. شاخص سرانه انرژی:

کل سرانه مصرف (اعم از انرژی و غیر انرژی) در ایران ۲/۳۵ تن معادل نفت خام (هر تن معادل نفت ۱۱/۶۳ مگاوات ساعت) یعنی ۲۷/۳۳ مگاوات ساعت بوده که این میزان ۱/۸ برابر متوسط سرانه مصرف جهانی و ۰/۷۹ برابر کشورهای OECD است. در سال ۲۰۱۷ مصرف سرانه غیر انرژی و انرژی ایران به ترتیب ۲/۷ و ۱/۷ برابر سطح جهانی بوده است. همچنین سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخشهای کشاورزی، خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل و صنعت به ترتیب ۳/۳، ۲/۲، ۱/۵ و ۱/۵ برابر متوسط جهانی بود. مقایسه سرانه مصرف نهایی انرژی ایران به تفکیک حاملهای انرژی با مقیاس جهانی نشان می‌دهد که سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی ۶/۶ و نفت خام و فرآورده‌های نفتی ۱/۴ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی میباشد [۷,۶,۵,۴,۳,۲,۱].

جدول ۱۰- شاخص‌های سرانه انرژی

شاخص سرانه	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
تولید ناخالص داخلی (هزار ریال)	۸۳۲۳۵۸	۸۴۶۸۹۲	۷۷۲۰۵۷	۷۶۰۱۵۴	۷۷۴۹۸۲	۷۵۳۳۰۷	۸۳۷۱۴۷	۸۵۶۱۷۴
عرضه انرژی اولیه (میلیون بشکه معادل نفت)	۲۰۶	۲۱.۱	۲۰.۹	۲۱.۵	۲۲.۳	۲۱.۵	۲۲.۵	۲۲.۸
کل مصرف نهایی انرژی (میلیون بشکه معادل نفت)	۱۳.۹	۱۴.۰	۱۳.۹	۱۴.۴	۱۴.۶	۱۴.۲	۱۴.۸	۱۴.۷
کل مصرف نهایی (میلیون بشکه معادل نفت)	۱۵.۳	۱۵.۸	۱۵.۵	۱۶.۰	۱۶.۴	۱۶.۲	۱۶.۹	۱۶.۸
تولید برق (کیلووات ساعت)	۳۱۴۰۰	۳۱۹۴.۳	۳۳۴۲.۴	۳۴۰۷.۶	۳۵۱۹.۸	۳۵۵۰.۰	۳۶۱۷.۰	۳۸۰۳۰.۰

جدول ۱۱- پیش‌بینی سهم بخش‌های مختلف در تولید ناخالص داخلی

داخلی

بخش مصرف	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰	۲۰۲۵	۲۰۳۰	۲۰۳۵	۲۰۴۰	۲۰۴۵	۲۰۵۰
کشاورزی	۱۰	۹	۸.۱	۷.۷	۶.۶	۶	۵.۴	۵.۲	۴.۸
ساختمان‌سازی	۵.۸	۵.۳	۴.۸	۴.۴	۴	۳.۶	۳.۳	۳	۲.۷
معدن	۰.۷	۰.۷	۰.۸	۰.۸	۰.۹	۰.۹	۱	۱.۱	۱.۲
آب	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱
ساخت و تولید	۱۹.۵	۲۱.۸	۲۴.۳	۲۳.۷	۲۳.۱	۲۲.۵	۲۲	۲۲	۲۲.۵
خدمات	۴۷.۸	۴۷.۶	۴۷.۳	۴۸.۵	۴۹.۸	۵۱	۵۲.۳	۵۲.۶	۵۲.۹
حل و نقل	۷.۳	۸	۸.۷	۹.۵	۱۰.۴	۱۱.۳	۱۲.۳	۱۲.۵	۱۲.۸
انرژی	۸.۷	۷.۵	۵.۸	۵.۶	۵.۲	۴.۵	۳.۷	۳.۵	۳
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

است [۷,۵,۲].

۱۰.۱۳. بهره‌وری انرژی:

جدول ۱۲- نسبت شاخص‌ها به تولید ناخالص داخلی

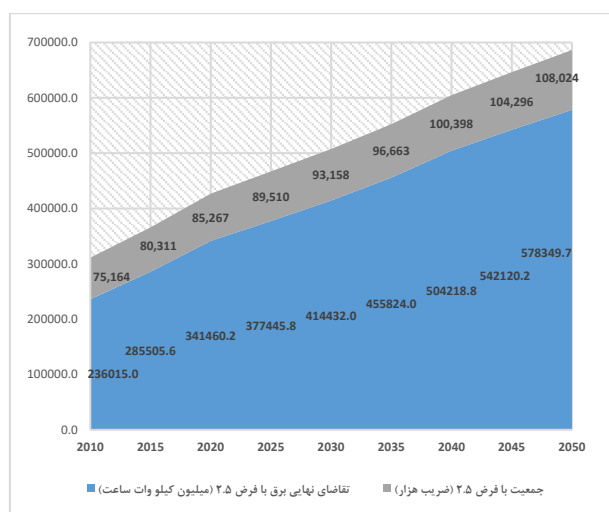
نسبت شاخص به تولید ناخالص داخلی:	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
عرضه انرژی اولیه (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲۷	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۲۹	۰.۲۷	۰.۲۷
کل مصرف نهایی انرژی (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۱۸	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۱۹	۰.۱۸	۰.۱۷
کل مصرف نهایی (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)	۰.۱۸	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۲۰	۰.۲۰
تولید برق (وات ساعت به ریال)	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۴

۱۴. پیش بینی تقاضای انرژی برق تا افق ۲۰۵۰

در این مطالعه بمنظور پیش بینی تقاضای انرژی از مدل سازی و برنامه ریزی بلند مدت انرژی توسط مدل MAED استفاده شده است. مدل^۵ MAED توسط آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) توسعه یافته و براساس مصرف نهایی (End-use) و با استفاده از داده های فنی اقتصادی به پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی می پردازد. تقاضای انرژی مدل آینده بر مبنای سناریوهای میان مدت و بلند مدت اقتصادی و اجتماعی و توسعه جمعیت و فناوری تحلیل می شود. در این مدل مصرف انرژی برای تولید کالاها و خدمات مختلف به متغیرهای اقتصادی، اجتماعی (نظیر جمعیت، تعداد خانوار، نرخ رشد اقتصادی در بخش های مختلف) و فنی که بر تقاضای انرژی مؤثرند، ارتباط تابعی داده می شود و به صورت برون زا در قالب سناریوهای مختلف دریافت شده و از آنها برای پیش بینی تقاضای آینده انرژی استفاده می شود. تولید ناخالص داخلی و جمعیت، دو متغیر برونزای اصلی تأثیرگذار در مدل تقاضا است که باید در قالب سناریویی مناسب، روند آینده آنها را پیش بینی کرد. در سناریوی مرجع فرض می شود که نرخ رشد بلند مدت تولید ناخالص داخلی مطابق با پیش بینی موسسات معتبر اقتصادی برابر ۳ درصد در سال باشد. هر چند ممکن است که در طول زمان نوساناتی در جهت افزایش یا کاهش نسبت به نرخ مزبور وجود داشته باشد، اما با توجه

به وضعیت فعلی اقتصاد کلان و شرایط کشور این فرض اتخاذ شده است.

علاوه بر تعیین نرخ رشد بلند مدت تولید ناخالص داخلی، لازم است سهم بخش های مختلف در تولید ناخالص داخلی نیز مشخص شود که ارقام مربوطه در جدول ۱۲ ارائه شده است. پیش بینی روند تقاضای نهایی انرژی الکتریکی در طول دوره برنامه ریزی بر اساس دو سناریو کمترین و بیشترین نرخ رشد جمعیت برآورده شده است. نرخ رشد تقاضای انرژی برق مورد نیاز در اوایل دوره (سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷) واقعی بوده و براساس داده های ترازنامه های انرژی ایران می باشد. فرض می شود در بازه سال ۲۰۲۵-۲۰۲۰ نرخ رشد تقاضای برق حدود ۵/۳ درصد و در بازه ۲۰۲۵-۳۵ به ۶ درصد خواهد رسید و این رشد با توجه به نرخ رشد جمعیت در اواخر دوره تا ۳ درصد در سال ۲۰۴۰ تا ۲۰۵۰ کاهش می یابد. براین مبنا نتایج مدلسازی بصورت زیر خواهد بود [۲، ۳، ۵].



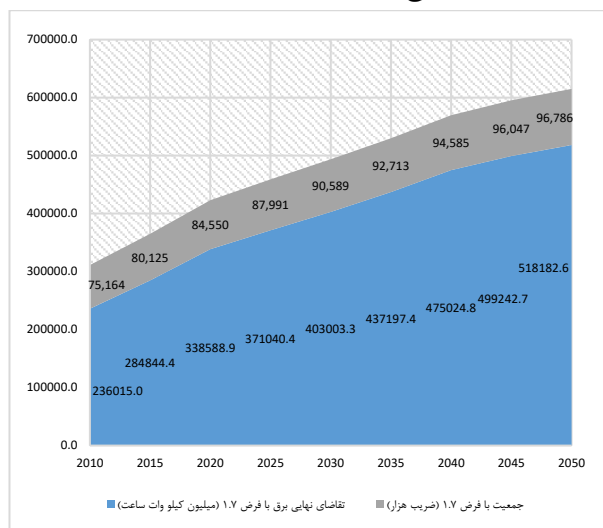
شکل ۸- میزان تقاضای انرژی برق با فرض بیشترین نرخ رشد زاد و ولد.

^۵ Model for Analysis of Energy Demand

خواهد شد. به بیانی دیگر هرم سنی جمعیت ایران در مراحل اولیه انتقال از مرحله جوانی به سالخوردگی است. بر اساس مدل‌سازی انجام گرفته در سال‌های ۱۴۱۰ تا ۱۴۳۰ هجری شمسی ساختمان سنی و جنسی جمعیت به اشکال زیر خواهد بود:

در صورت تحقق فرض اول: شکل هرم سنی استوانه‌ای خواهد بود. به عبارتی تعداد کودکان و نوجوانان تفاوت چشمگیری با افراد سالخورده نخواهد داشت. در این حالت رشد جمعیت بسیار کند خواهد بود.

در صورت عملی شدن فرض دوم: شکل هرم سنی نامرتب خواهد بود. به بیانی دیگر ساختمان سنی جنسی جمعیت در حال گذار از جمعیت جوان به جمعیت سالخورده خواهد بود. در این حالت رشد جمعیت آهسته خواهد بود.



شکل ۹- میزان تقاضای انرژی برق با فرض کمترین نرخ رشد زاد و ولد.

جدول ۱۳- پیش‌بینی روند تقاضای نهایی انرژی الکتریکی

سال	پیش‌بینی جمعیت ۱.۷٪ (ضریب هزار)	جمعیت با فرض ۱.۷٪ (ضریب هزار)	جمعیت با فرض ۲.۵٪ (ضریب هزار)	شاخص سرانه کیلووات ساعت	تقاضای نهایی برق با فرض ۱.۷٪ (میلیون کیلووات ساعت)	تقاضای نهایی برق با فرض ۲.۵٪ (میلیون کیلووات ساعت)
۲۰۱۰	۷۴۴۶۲	۷۵۱۶۴	۷۵۱۶۴	۳۱۴۰۰	۲۳۶۰۱۵	۲۸۴۸۴۴
۲۰۱۵	۷۹۴۷۶	۸۰۱۲۵	۸۰۳۱۱	۳۵۵۰۰	۳۳۸۵۸۸	۴۰۰۴۶
۲۰۲۰	۸۴۱۴۹	۸۴۵۵۰	۸۵۲۶۷	۴۰۰۴۶	۴۳۸۵۸۸	۵۰۰۴۶
۲۰۲۵	۸۸۰۶۴	۸۷۹۹۱	۸۹۵۱۰	۴۲۱۶۸	۴۷۱۰۴	۵۴۴۸۷
۲۰۳۰	۹۱۳۳۶	۹۰۵۸۹	۹۳۱۵۸	۴۴۴۸۷	۵۰۲۲۲	۵۷۱۰۴
۲۰۳۵	۹۴۲۰۹	۹۲۷۱۳	۹۶۶۶۳	۴۷۱۰۴	۵۴۴۸۷	۶۰۲۲۲
۲۰۴۰	۹۶۷۷۲	۹۴۵۸۵	۹۸۹۵۰	۵۰۲۲۲	۵۷۱۰۴	۶۴۴۸۷
۲۰۴۵	۹۸۹۵۰	۹۶۰۴۷	۱۰۴۲۹۶	۵۴۴۸۷	۶۰۲۲۲	۶۷۱۰۴
۲۰۵۰	۱۰۰۵۹۸	۹۶۷۸۶	۱۰۸۰۲۴	۵۷۱۰۴	۶۴۴۸۷	۷۰۲۲۲

در صورت تحقق فرض سوم: شکل هرم سنی مجدداً مثلثی شکل خواهد شد. به بیانی دیگر قاعده هرم سنی وسیع و راس آن جمع شده، یعنی تعداد زیادی از افراد در سنین کودکی و نوجوانی قرار خواهد داشت. در این حالت رشد جمعیت سریع خواهد بود.

نهایتاً در صورت تحقق فرض اول، جمعیت کل کشور در سال ۲۰۵۰ برابر ۹۶۷۸۶۳۷۳ نفر، با فرض سیاست ثابت ماندن نرخ باروری ۱.۹، جمعیت کل کشور برابر با ۹۹۵۲۶۴۷۶ نفر، با فرض اجرای سیاست تشویق مولید با نرخ ۲.۱، جمعیت کشور برابر ۱۰۲۳۱۴۰۵۲ نفر و در صورت تحقق فرض چهارم، جمعیت کل کشور برابر ۱۰۸۰۲۴۴۰۸ نفر خواهد شد.

۱۵. نتیجه‌گیری:

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن هرسایست جمعیتی تغییرات عمده‌ای در ساختمان سنی جمعیت رخ خواهد داد.

- در صورت ادامه سیاست تنظیم خانواده بر روی ۱.۷ فرزند، جمعیت کشور بالغ بر ۹۶ میلیون و هفتصد هزار نفر (با ساختاری نسبتاً سالمند) خواهد بود.
- در صورت سیاست تثبیت تعداد مولید بر روی ۱.۹ فرزند، جمعیت کل کشور بالغ بر ۹۹ میلیون و پانصد هزار نفر (با ساختاری نسبتاً سالمند) خواهد بود.
- در صورت اجرای سیاست تشویق مولید (تعداد مولید بر روی ۲.۱ فرزند) جمعیت کل کشور بالغ بر ۱۰۲ میلیون و سیصد هزار نفر (با ساختاری نسبتاً سالمند) خواهد بود.
- در صورت سیاست تشویق مولید (تعداد مولید بر روی ۲.۵ فرزند) جمعیت کشور بالغ بر ۱۰۸ میلیون نفر (با ساختار جمعیت نسبتاً جوان (۱۸.۲ درصد) و رو به سالمندی (۱۸.۳ درصد) خواهد بود.

مقایسه هرم‌های سنی جمعیت ایران در دو سرشماری اخیر نشان می‌دهد که جمعیت ایران که در حال حاضر جمعیت جوانی می‌باشد، و در سال‌های آتی به سوی سالمندی متمایل

[۸] Utrecht University, Copernicus Institute, Science Technology Society, (۲۰۰۱).

[۹] Stover, John and Sharon Karmayer (۲۰۰۴), DemProj, population forecasting software, translated by Hatem Hosseini, Tehran, Publications of the Center for Population Studies and Research in Asia and the Pacific.

[۱۰] Stover, John and colleagues (۲۰۰۸), Spectrum, Policymaking Modeling System, Translated by Hatem Hosseini, Tehran, Sociologists Publications.

[۱۱] United Nations Population Division (underprint). MortPak, United Nations software package for measuring mortality (under Windows), translated by Hatem Hosseini.

[۱۲] Pollard, A. H. and colleagues (۱۳۷۲), Population analysis methods, translated by Homa Agha and colleagues, Shiraz, Shiraz University Press.

[۱۳] آریاگا، ادوارد (۱۳۷۸)، روش‌های تحلیل جمعیت، ترجمه فاروق امین مظفری، تبریز، انتشارات احرار.

[۱۴] استور، جان و شارون کرمایر (۱۳۸۴)، DemProj نرم‌افزار پیش‌بینی جمعیت، ترجمه حاتم حسینی، تهران، انتشارات مرکز مطالعات و پژوهش‌های جمعیتی آسیا و اقیانوسیه.

[۱۵] استور، جان و همکاران (۱۳۸۸)، Spectrum سیستم مدل‌سازی سیاست‌گذاری، ترجمه حاتم حسینی، تهران، انتشارات جامعه‌شناسان.

[۱۶] بخش جمعیت سازمان ملل متحد (زیر چاپ)، MortPak بسته‌ی نرم‌افزاری سازمان ملل برای اندازه‌گیری مرگ‌ومیر (تحت ویندوز)، ترجمه حاتم حسینی.

همچنین بر این اساس داده‌های ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو و انجام مدل‌سازی نرم‌افزاری، شاخص سرانه مصرف انرژی برق در پایان دوره برنامه ریزی (سال ۲۰۵۰) برابر ۵۳۵۳.۹ کیلووات ساعت است و در صورت تحقق کمترین نرخ رشد جمعیت میزان تقاضای انرژی برق، معادل ۵۱۸۱۸۲.۶ میلیون کیلووات ساعت و در صورت تحقق بالاترین نرخ رشد، میزان تقاضای انرژی برق معادل ۵۷۸۳۴۹.۷ میلیون کیلووات ساعت خواهد شد.

۱۶. مراجع:

[۱] Statistics Center of Iran, Detailed results of general population and housing censuses. ۱۹۶۶ to ۲۰۱۶.

[۲] Iran Urban Planning and Architecture Studies and Research Center, Tehran.

[۳] Ministry of Energy, Tavanir Specialized Mother Company, Detailed Statistics of Iran's Electricity Industry (۲۰۱۰).

[۴] Iran Power Transmission and Distribution Production Management Joint Stock Company (Tavanir) Deputy of Planning Office of Technical Economic Information Production Planning.

[۵] Central Bank of the Islamic Republic of Iran Reference exchange rate.

[۶] International Energy Agency (IEA), Distributed Generation in Liberalise Electricity.

[۷] International Energy Agency (IEA), Projected Costs of Generating Electricity (۲۰۱۰).