فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شماره دو، تابستان ۱۴۰۲

برآورد انرژی الکتریکی مورد نیاز جمعیت آینده ایران تا سال۲۰۵۰ با بهره‌گیری از تکنیک‌های مدلسازی نرم‌افزار DemProj وکد MAED به‌منظور 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، سیاست ها و برنامه های جامع انرژی برق در سطوح ملی و بین المللی 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 تحلیل گران حوزه انرژی بوده است.این پژوهش تلاش دارد تا با بهره گیری از روش‌های علمی و استفاده از مدلسازی کامپیوتری چشم انداز صحیحی از شاخص های 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 موالید (فرض افزایش جمعیت با نرخ ۲/۱ و۲/۵ فرزند) و تقاضای انرژی برق را با دو فرض کمترین و بیشترین نرخ رشد ارائه می نماید.مطابق با پیش بینی موسسات معتبر اقتصادی دنیا میزان GDP کشور برابر۳ درصد در سال فرض شده است.نرخ رشد تقاضای انرژی الکتریکی مورد نیاز طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ واقعی بوده و بر اساس داده های ترازنامه های انرژی ایران می باشد. در مدلسازی فرض شده که از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ نرخ رشد تقاضای انرژی حدود ۵/۳ درصد و از ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۵ به ٦ 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 نرم افزار DemProj و جهت پیش بینی تقاضای انرژی مورد نیاز از مدل MAED که ازکدهای معتبرآژانس بین المللی انرزی هسته ای می باشد استفاده شده است. نتایج بدست آمده بیانگر این امر است که در صورت تحقق فرض اول، جمعیت کل کشور در سال۲۰۵۰برابر۹٦۷۸٦۳۷۳ نفر، با فرض سیاست ثابت ماندن نرخ باروری۱/۹، جمعیت برابر با۹۹۵۲٦٤۷٦ نفر، با فرض اجرای سیاست تشویق موالید با نرخ ۲/۱ برابر ۱۰۲۳۱٤۰۵۲ نفر و درصورت تحقق فرض چهارم برابر۱۰۸۰۲٤٤۰۸ نفر خواهد بود.بر این اساس شاخص سرانه مصرف انرژی الکتریکی در پایان دوره برنامه ریزی برابر۵۳۵۳/۹ کیلو وات ساعت بوده ومیزان تقاضای انرژی الکتریکی در صورت تحقق کمترین نرخ رشدجمعیت برابر۵۱۸۱۸۲/٦ میلیون کیلووات ساعت و در صورت تحقق بیشترین نرخ رشدبرابر۵۷۸۳٤۹/۷ میلیون کیلووات ساعت خواهد بود.

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

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی انرژی هسته ای ،گروه مهندسی هسته ای، واحد علوم تحقیقات،دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ،ایران ah.keshavarz@srbiau.ac.ir

[۲*] استاد تمام گروه مهندسی هسته ای،واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران paziran@ut.ac.ir

[۳] دانشیار گروه مهندسی هسته ای،واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ،ایران jahanfarnia@srbiau.ac.ir

نویسنده مسئول: دکترعلی پذیرنده **paziran@ut.ac.ir**

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

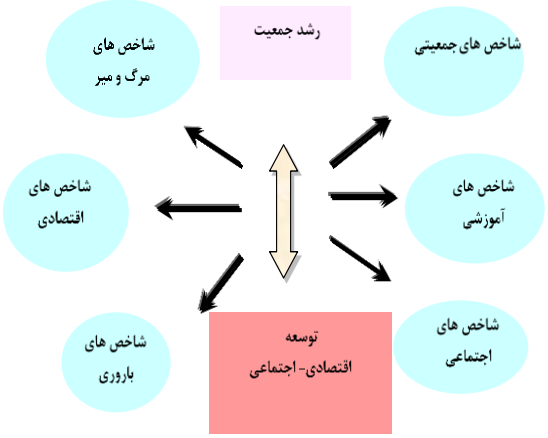
۱. کلیات

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 ۱۹۹٤، به تاسیسات انرژی هسته ای با ظرفیت تولید ۲۰ هزار مگاوات برق در سال نیاز خواهد داشت. همچنین درمطالعه دیگری که سازمان انرژی اتمی ایران انجام داده، نشان می دهد که در سال ۲۰۲۱ ایران باید مجموعا ۱۰ هزار مگاوات معادل ۱۲.۵درصد 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 بین۲ تا٤ 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، معمولا ٤ تا ٦ 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 ٤ واحد آغاز کرده اند. برمبنای این ملاحظات است که ایران تصمیم گرفته ٤ 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 دوایت آیزنهاور. در سال های ۱۹۷۰؛ محمدرضا پهلوی طرح های هدفمندی برای توصعه برنامه هسته ای داشت و می خواست تا سال ۱۹۹٤، 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 بحث‌های توسعه مطرح شد، همواره یک سوی این بحث ها به برآوردجمعیت و ارتقاء سطح زندگی افراد بشر باز می‌گشته است. نحوه‌ی ارتباط شاخص‌های موثر بر رشد جمعیت و توسعه به نحو زیر است.



شکل ۱– شاخص‌های موثر بر رشد جمعیت و توسعه.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

در سیاستگذاری انرژی برآورد ساختار جمعیّت آتی مهم‌تر از حجم کل جمعیّت کنونی است. برنامه‌ریزان کلان توسعه‌ی انرژی و اقتصاد مرتبط با آن، برای انجام مدلسازی سناریوهای های مختلف خود علاقه‌مند به اطلاع از روندتغییرات و رشدجمعیّت آینده بر مبنای نرخ های مختلف دربازه های هستند. پیش‌بینی ساختار جمعیّت، به‌ندرت با استفاده از روش ریاضی صورت می‌گیرد. در مقابل، از روش ترکیبی که از توان پیش‌بینی قوی‌تری برخورداراست و به وضوح وابستگی‌های متقابل طبقات جمعیّتی را درنظر می‌گیرد استفاده می‌شود. رویکرد ترکیبی این امکان را فراهم می‌سازد که تمام ساختار جمعیّت را در طول دوره‌ی معیّنی در آینده پیش‌بینی کنیم. البتّه، هم‌چنین امکان پیش‌بینی حجم کل جمعیّت را به‌دست می‌دهد زیرا از طریق جمع‌زدن شمار جمعیّت پیش‌بینی‌شده در همه‌ی طبقات می‌توان کل جمعیّت را به‌دست آورد. کاربرد روش ترکیبی پیش‌بینی جمعیّت تا حدودی پیچیده است. با این‌حال، اصول اساسی آن تا حدّی ساده است. اصطلاح پیش‌بینی جمعیّت حکایت از آن دارد که روند آتی جمعیّت ناشناخته بوده و چنانچه میزان‌ها و روندهای باروری, مرگ‌ومیر و مهاجرت مشخص باشند, ارقام پیش‌بینی‌شده بیانگر شمار جمعیّت در آینده خواهد بود. امروزه این روش بیش از هر روش دیگری کاربرد دارد. اطلاق واژه‌ی ترکیبی به سبب آن است که جمعیّت پیش‌بینی‌شده براساس عملکردمجموعه‌ی عوامل مؤثّر بر تغییرات وتحوّلات جمعیّت به‌دست می‌آید. در روش ترکیبی, برخلاف روش ریاضی, پیش‌بینی جمعیّت برحسب گروه‌های سنّی ۵ ساله و در افق زمانی ۵ سال صورت می‌گیرد. این روش مبتنی بر ترکیب سنّی و جنسی جمعیّت در سال پایه است. مهم‌ترین مرحله‌ی پیش‌بینی جمعیّت به روش ترکیبی تعیین روند تغییرات عوامل موثر بر رشد جمعیّت و انتخاب فرضیه‌های مربوط به چگونگی تغییرات آنها در آینده می‌باشد.

با مقایسه جمعیت ایران با کشورهایی که از نظر میزان جمعیت تقریبا مشابه ایران بوده اند ملاحظه می‌شود که در طی نیم قرن اخیر روند تغییرات تعداد جمعیت در ایران مشابه فیلیپین، ترکیه، مصر وتایلند می باشد. در حالی که کشور آلمان مدت‌هاست که با رشد بسیار آهسته روبه رو بوده و در دهه اخیر با رشد منفی نیزمواجه شده است. از دیدگاه جمعیت شناسان مهم‌ترین عوامل موثر 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. معمولا عوامل مستقیم به صورت اعداد و ارقام در دست جمعیت شناس بوده و او قادر است با این داده ها به پیش بینی 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 واسطه ای شامل :

- ارزش ها 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 تغییریافته است.رشد جمعیت ایران از سال ۱۳٤٦ تا شروع انقلاب روندی کاهنده داشته و پس از انقلاب با اجرای سیاست‌های تشویق موالید ناگهان رشد جمعیت افزایش می یابد به طوری که در دهه ۱۳٦۵-۱۳۵۵خورشیدی به یکباره به رشدی نزدیک ٤ درصد می رسد که در تاریخ کشور بی‌سابقه بوده است. از سال ۱۳٦۸ به بعد با از سر گرفتن سیاست‌های تنظیم خانواده رشد سالانه‌ی جمعیت ایران از ۳/۹ درصد در دهه ۱۳۵۵-۱۳٦۵، به ۱/٦۱ درصد در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ کاهش‌می یابد. از سال ۱۳۸۹ تاکنون، سیاست تشویق موالید از سوی دولت مطرح شد.

۲. سوال پژوهش

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

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شمارهٔ دو، تابستان ۱۴۰۲

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

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 روش‌های علمی و استفاده از مدلسازی 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 مدلسازی، برروی پارامترهای اثرگذار ناشی از جمعیت آنالیزحساسیت 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 هاومقاله های موضوعی خاص تشکیل میدهد. برلسون روش تحلیل را ابزاری برای توصیف عینی، سیستماتیک و کمّی محتوای مطالب تعریف کرده است [۱].

٤. 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.

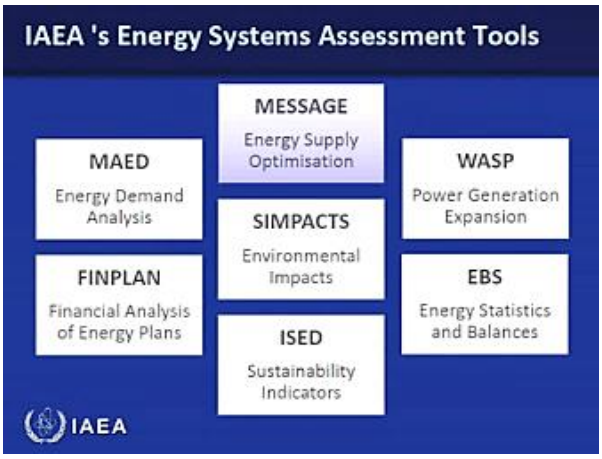
٥. ضرورت پژوهش:

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 ۱۲٤ 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 مدلسازی کامپیوتری نرخ رشد جمعیت و افزایش مصرف باشد. دراین 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 نهایتا 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 مدلهایی را با مد نظر قراردادن الزامات زیست محیطی (پیمان کیوتو و معاهده پاریس) با هدف ارزیابی مدلهای 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 زیرمجموعه ی برنامه های مدلسازی 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

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]



شکل۲- مجموعه برنامه های مدلسازی انرژی هسته ای آژانس بین المللی انرژی اتمی(IAEA).

٦. مرور ادبیات و پیشینه تحقیق

مدل های انرژی، ابزاری استاندارد برای برنامه ریزی های نیاز آینده به انرژی هستند. در سال های اخیر تلاش های زیادی برای فرموله کردن و اجرای استراتژی های آینده انرژی انجام شده است و مدل های انرژی مختلفی در جهان ارائه شده اند. مهمترین این مدلها عبارتند از:

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

از میان مدل های موجود برای برآورد نیاز واقعی انرژی برق جمعیت آینده کشور، مدل MAED و مدل MESSAGE با استقبال بیشتری در جامعه محققین مواجه بوده اند. (آژانس بین المللی انرژی اتمی،۲۰۰۱)

همچنین پژوهشگران انرژی ایران توافق خود را با بومی سازی مدل NewWorld برای ایران اعلام داشته اند. جوادپور در سال ۱۳۸۸، به مطالعه مدل های 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 بخش های مختلف مصرف را توسعه داده است. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه فازی است. اهداف با رویکردهای امنیت سیاسی و امنیت انرژی، زیست محیطی و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته اند. محدودیت های مدل شامل محدودیت های تعادل، تقاضا وحدود بالا و پایین متغیرها است. جناب در سال ۱۳۸۹، به توسعه مدل سیستم های عرضه انرژی الکتریکی پرداخته است. در این تحقیق با هدف کاهش فشار بر ظرفیت های تولید مراکز تولید و بهره برداری مطلوب از ظرفیت های انتقال و بهینه سازی 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 محدودیت های اقتصادی، تکنولوژیکی و قابلیت اطمینان است. در سال۱۳۷۳، سازمان برنامه و بودجه با همکاری دانشگاه صنعتی شریف طرح بیست ساله انرژی ایران را پیشنهاد داده اند. دفتر برنامه ریزی و مطالعات استراتژیک برق و انرژی وزارت نیرو و مرکز تحقیقات انرژی وزارت نفت نیز علاوه برانتشار ترازنامه های دوره ای انرژی و هیدروکربوری کشور و جداول آماری ۳۱ ساله انرژی از سال ٤٧ تا ٩٧ در سال۱۳۹۳یک برنامه مدیریتی عرضه انواع انرژی تا افق ۱٤۲۰را 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، پروژه های مربوط به سیستم های برق رسانی، نفت و گاز طبیعی، ترکیب سوختها و تکنولوژی های عرضه انرژی نیز ارزیابی شوند. بررسی تحقیقات انجام گرفته درکشورهای پیشرفته دنیا و ایران و توجه به توصیه های آژانس بین المللی انرژی اتمی در برنامه ریزی بلند مدت انرژی هسته ای و تعهدات هر کشور در کاهش گازهای گلخانه و گرمایش زمین براساس معاهده های پاریس و کیوتو ، اهمیت و ضرورت مدلسازی هر یک از منابع و ترازمندی و سرمایه گزاری و تعیین نقش هر یک از آنها، بخصوص انرژی هسته ای (همجوشی – شکافت) و منابع تجدید پذیر را نمایان می کند.

۷. روش‌ها و ابزارهای مدلسازی جمعیت

در رشته های مختلف علمی مدلسازی، پیش بینی های کمی به منظور اطلاع از آینده و کنترل و یا تأثیر گذاری بر متغیر یا متغیرهای مورد نظر، صورت می‌پذیرد. پیش بینی های علمی مبتنی بر قواعد و اصول علمی و بدور از پیش داوری‌های شخصی محقق صورت پذیرفته و روش‌های شناخته شده‌ی

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

پیش بینی ها و روش شناسی آن‌ها، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. در سیاستگزاری 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 روش‌های پیش بینی جمعیت هستند.

۱.۷.مدلسازی جمعیت به روش ریاضی:

برآوردجمعیت سالهای بین دو سرشماری یا سالهای نزدیک قبل یا بعد از آن به روشهای مختلفی صورت می گیرد که ساده ترین آن‌ها روش خطی درون‌گیری[۳] و برون‌گیری[۴] است. در این روش تصور میشود که افزایش عددی جمعیت درفاصله بین دو سرشماری یا در سال‌های نزدیک به آن یکسان است. از این‌رو میتوان با تقسیم کل افزایش یا کاهش جمعیت در فاصله مورد نظر به تعداد سال‌های آن فاصله، افزایش یا کاهش تعداد سالانه جمعیت را به‌دست آورد و از روی آن به جمعیت یکی از سال‌های واقع در آن فاصله رسید. این نوع برآورد و یا پیشبینی جمعیت، پیش بینی به روش ریاضی گفته میشود. پر کاربرد ترین روش‌های ریاضی، عبارتند از روش هندسی و روش نمایی که به شرح ذیل هستند:

الف-روش هندسی

در این روش فرض می‌شود افزایش جمعیت(یک کشوریا منطقه) به‌صورت تصاعد هندسی است و معادله آن عبارتست از:

$$P_t=P_o(1+r)^t \qquad (1)$$

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:

$$P_t=P_o.e^{rt} \qquad (2)$$

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 [۱٤,۲,۱].

۲.۷.مدلسازی 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 میزان‌های موالید و مرگ و میر است و با پیش فرض‌هایی از روند سطح باروری همراه است. اطلاعات لازم برای پیش بینی جمعیت به روش ترکیبی عبارتند از:

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

[۳] Interpolation

[۴] Extrapolation

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

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

۳- میزان باروری عمومی(GFR) (یا میزان باروری کل(TFR)) و همچنین روند تغییرات میزان باروری در طول زمان پیش بینی. لازم است ذکر شود پیش بینی در این روش در بازه های زمانی ۵ ساله انجام می‌شود، برای انجام پیش بینی ابتدا جمعیت هرگروه پنج ساله (به تفکیک مرد و زن) در ضریب بقا ضرب و جمعیت پنج سال آینده (البته منتسب 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 پیش بینی به برآورد جمعیت زیر پنج سال در پنج سال بعد وابسته است. برای پیش بینی جمعیت ٤-۰ ساله در پنج سال آینده میانگین جمعیت زنان در سنین باروری (٤۹-۱۵ ساله) به تفکیک گروه‌های سنی پنج ساله در سال پایه و سال مورد پیش بینی محاسبه و با در دست داشتن میزان های باروری موالید پنج سال محاسبه می‌شود.

همانطور که ملاحظه می‌شود دقت پیش بینی به روش ترکیبی منوط به پیش فرض هایی در رابطه با روند میزان موالید در آینده است، خصوصاً که بازه پیش بینی بلند مدت باشد. جمعیت شناسان 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 یادمی‌شود. با واردکردن عامل مهاجرت به محاسبات پیش بینی تکمیل می‌شود، در این رابطه هم از اطلاعات مهاجرتی موجود در سطح ملی و جهانی و پیش بینی هایی در خصوص روندهای آینده مهاجرت استفاده می‌شود.

روش ترکیبی با استفاده از یک صفحه گسترده مانند Excel قابل محاسبه است اما برای دقت بیشترو استفاده از اطلاعات پشتیبان، مانند الگوهای جداول عمر مناسب، از نرم افزارهای پیش بینی جمعیت مانند People یا Demproj استفاده می‌شود. اساس کار نرم افزارهای مزبور روش ترکیبی است. بدیهی است برای پیش بینی های دقیق از نظرات جمعیت شناسان خبره باید استفاده شود.

۳.۷.مزایا ومحدودیت های روش‌های پیش بینی جمعیت

در صورت استفاده از متوسط نرخ رشد باید توجه شود که پیش بینی 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 می کنیم. برای مثال متوسط نرخ رشد جمعیت در بین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳٤۵ برابر است با ۳.۱۳ درصد و با توجه به جمعیت سال ۱۳۳۵، جمعیت سال ۱۳۹۰ معادل ۱۰۳۰۷۱۲۳٦ نفر برآورد می‌شود. این رقم با مقدار واقعی جمعیت در سال ۱۳۹۰ یعنی ۷۵۱٤۹٦٦۹ نفر، حاصل از سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال مذکور، ۳۷ درصد اختلاف دارد که غیر قابل چشم پوشی 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 (نرخ ها) 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 جمعیّت با نرم‌افزار DemProj

در اکثر پیش‌بینی‌های جمعیّت چند مرحله‌ی اصلی وجود دارد. مدّت زمان سپری شده در هر مرحله بسته به کاربرد متفاوت است، امّا بیش‌تر کارهای پیش‌بینی جمعیّت دست‌کم ۷ مرحله را دربر می‌گیرد:

فصلنامه علمی - پژوهشی ترمایندهی و کنترل، سال هفتم، شمارهٔ دو، تابستان ۱٤۰۲

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

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

۲) **تعیین دوره‌ی پیش‌بینی**: پیش‌بینی‌های جمعیّت در سال پایه‌ی معیّنی شروع و برای شمار معیّنی سال در آینده ادامه می‌یابد. انتخاب سال پایه اساساً مبتنی بر اطّلاعات 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. فعّالیت‌های برنامه‌ریزی عموماً مبتنی بر پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدّت (۵ ساله) است، در حالی‌که پیش‌بینی‌هایی که در زمینه‌ی تعیین خطّ‌مشی و سیاست‌گذاری صورت می‌گیرد اغلب از دوره‌های زمانی طولانی‌تر (۱۰ تا ۳۰ سال) استفاده می‌کنند.

۳) **گردآوری داده‌ها**: برای انجام پیش‌بینی جمعیّت دست‌کم باید اطّلاعاتی در زمینه‌ی شمار افراد بر حسب سن و جنس، میزان باروری کل و امید زندگی در بدو تولّد برای سال پایه در دست باشد. از آنجا که انجام دقیق پیش‌بینی‌های جمعیّت به داده‌هایی بستگی دارد که پیش‌بینی بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد، قبل از انجام پیش‌بینی لازم است از صحّت و سُقم داده‌ها و کیفیّت آن‌ها مطمئن شد. ویژگی خاصّ DemProj که آن را EasyProj نیزمی‌گویند این است که به محققین امکان می‌دهد تا با استفاده از داده‌های چشم‌انداز جمعیّت جهان سازمان ملل خیلی سریع یک پیش‌بینی جمعیّت انجام دهد.

٤) **ارایه‌ی فرض‌ها**: پیش‌بینی‌های جمعیّت مستلزم ارایه‌ی فرض‌هایی درباره‌ی سطوح آینده‌ی میزان باروری کل، امید زندگی در بدو تولّد و مهاجرت بین‌المللی است [۱۱]. علاوه بر این، باید فرض‌هایی در مورد مناسب‌ترین جدول‌های مُدل برای برآورد باروری و مرگ‌ومیر ارایه کرد. این فرض‌ها باید به دقّت درنظر گرفته شوند و مبتنی بر راهبُردهای انتخاب منطقی باشند.

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

٦) **بررسی پیش‌بینی‌ها:** بعد از انجام پیش‌بینی، باید به دقّت به بررسی نتایج پیش‌بینی پرداخت. این بررسی شامل ملاحظاتی درباره‌ی شاخص‌های مختلف جمعیّت‌شناختی و همین‌طور توزیع سنّی و جنسی جمعیّت پیش‌بینی‌شده است. از طریق بررسی دقیق این شاخص‌ها می‌توان از کیفیّت 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 کاربُردها نیازمند پیش‌بینی‌های جمعیّتی 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 جمعیّتی دیگر استفاده کرد.

۹. مرفولوژی رشد جمعیت در ایران

بررسی تغییرات تعداد و حجم جمعیت ایران طی سرشماری های عمومی نفوس و مسکن سرشماری سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۳۵ حاکی از آن است که طی این مدت حدود ۵٦/۲ 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 ٤۳ میلیون نفری که در نیمه دوم قرن اتفاق افتاده است واقعیتی است که عمدتا 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

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

انقلاب روندی کاهنده و ناگهان پس از انقلاب افزایش یافته به طوری که در دهه‌ی ۱۳۵۵-۱۳٦۵ به یکباره به رشدی نزدیک ٤ درصد رسیده که در تاریخ ایرانمان بی سابقه بوده است. کاهش رشد جمعیت طی دهه ۱۳٤۵-۱۳۵۵ نسبت به دهه قبل از آن ناشی از اجرای سیاست‌های کنترل جمعیت بود که به طور رسمی از سال ۱۳٤٦ اعمال شده و اثر آن در کاهش رشد طبیعی جمعیت به ویژه در نقاط شهری ایران چشمگیر بوده است. یقینا عوامل متعددی در افزایش رشد جمعیت ایران در دهه ی ۱۳۵۵-۱۳٦۵ دخیل بوده‌اند که از جمله آنها می‌توان به تغییرات اعمال شده در سیاست‌های کنترل جمعیت پس از انقلاب اسلامی و اجرای سیاست‌های تشویق موالید اشاره نمود. با انتشار نتایج سرشماری ۱۳٦۵ و مشاهده‌ی رشد بالای جمعیت طی دهه‌ی ۱۳۵۵-۱۳٦۵دولت 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 دهه ی ۱۳٤۵-۱۳۵۵ به طور رسمی اجرا شده بود). دولت درخرداد ۱۳٦۷، سیاست تحدید موالید را اعلام نمود و متعاقب آن برنامه‌های تنظیم خانواده را به مرحله‌ی اجرا درآورد. با اجرای سیاست‌های تنظیم خانواده، روند باروری در دهه‌های ۱۳٦۵-۱۳۷۵ و ۱۳۷۵-۱۳۸۵ و دوره پنج ساله ۱۳۹۰-۱۳۸۵ تنزل چشمگیری یافت، به گونه‌ای که کاهش تعداد موالید (به همراه کاهش تعداد مرگ و میر و افزایش امید زندگی) رشد سالانه‌ی جمعیت ایران را، از ۳/۹ درصد در دهه ۱۳۵۵-۱۳٦۵، 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- ۱۳٦۵ مربوط به ورود مهاجران عمدتا افغانی و عراقی بین آن سال‌ها بوده است. پدیده ای که در سال‌های اخیر نیز با شدت به مراتب کمتری وجود داشته است [۱٦,۵,۱].

۱۰. مدلسازی جمعیت ایران تا سال ۲۰۵۰

پژوهش حاضر آینده‌نگری جمعیت ایران را با سه دیدگاه ادامه اجرای سیاست‌های تنظیم خانواده (فرض کاهشی رشد جمعیت با داشتن ۱/۳ فرزند)، سیاست تثبیت میزان‌های باروری (فرض تثبیت جمعیت با ۲ فرزند) و نیز اجرای سیاست تشویق موالید (فرض افزایش جمعیت با داشتن نزدیک به ٤ فرزند)تا سال ۲۰۵۰ ارائه می نماید. برای پیش-بینی جمعیت از روش ترکیبی و نرم افزارDemProj استفاده شده است. درادامه روش کار و فرضیه‌های تحقیق توضیح داده می‌شود:

۱۱.روش تحقیق و فرضیه‌ها و داده ها:

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.

۱.۱۱. فرضیه های باروری

۱.۱.۱۱. فرض اول

مطالعات جمعیتی نشان می‌دهند که درطی 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 پیش بینی می‌شود که درطی دهه‌های ۱۳۸۵ تا۱٤۳۰، به ازای هرسال ۰/۰۱۵ میزان باروری کل کاهش یابد، به عبارتی دیگر میزان باروری کل در ایران ازحدود ۱/۹ فرزند درسال۱۳۹۰به۱/۷ فرزند در سال ۱٤۳۰ کاهش یابد.

۲.۱.۱۱. 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.

۳.۱.۱۱. فرض سوم

افزایش میزان باروری با توجه به اجرای سیاست‌های تشویق موالید از هم اکنون به بعد فرض سوم این تحقیق می باشد، به این صورت که در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱٤۳۰، به ازای هر سال ۰/۰۰۵میزان 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 ۱٤۳۰ افزایش یابد.

۴.۱.۱۱. فرض چهارم

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

افزایش میزان باروری با توجه به اجرای سیاست‌های تشویق موالید 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 ۰/۵۸میزان باروری کل افزایش یابد. به عبارتی دیگرمیزان 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 می‌باشد.

۲.۱۱. فرضیه های مرگ و میر

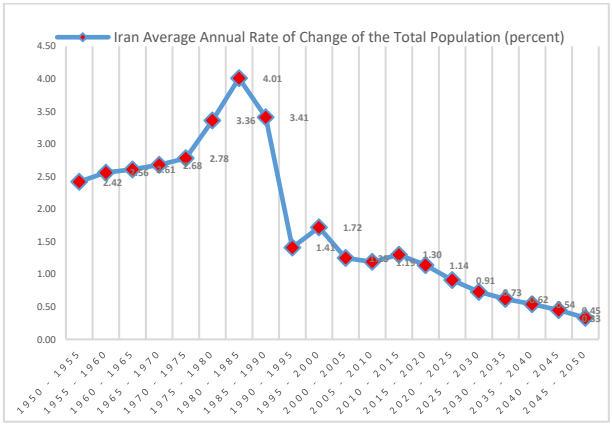
بررسی های به عمل آمده حاکی از آن است که دردهه‌های اخیر میزان مرگ ومیر ایران همواره درحال کاهش بوده است. از جمله عوامل مؤثر در این امر، جوانی ساختار جمعیت ایران و بهبود وضع تغذیه و پیشرفت بهداشت در طی دهه‌های اخیر بوده است. در سال ۱۳۹۰ امید زندگی در بدو تولد برای مردان ۷۲/۱ سال و برای زنان ۷۴/۶ سال برآورد شده است. بر اساس روند گذشته و ادامه‌ی بهبود وضع تغذیه و پیشرفت بهداشت جمعیت ایران به ویژه در مناطق روستایی و جوان بودن ساختار سنی ایران پیش بینی می‌شود که این نسبت درسال 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 ومیر مفروض در این پیش بینی مدل DemProjاز 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 گروه‌های سنی ۵ ساله حاصل از نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰، به عنوان جمعیت پایه این پیش بینی در نظرگرفته شده است [۱].

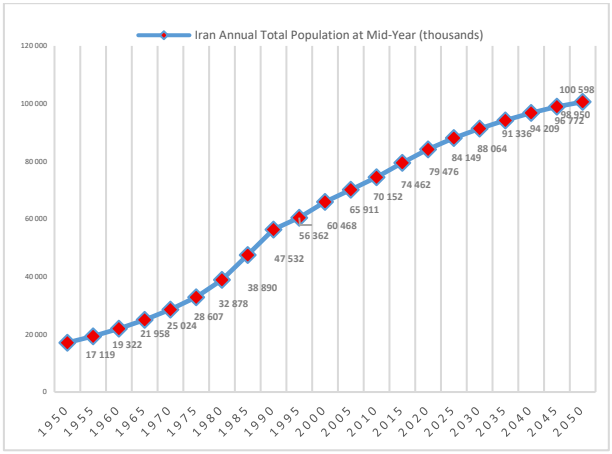
۴.۱۱. مهاجرت

در سرشماری‌های 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 بینی‌های جمعیتی نمی‌باشند. از سوی دیگر صدها هزار ایرانی در دهه های اخیر به مرزهای خارج از ایران مهاجرت کرده اندکه 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 درایران وجود ندارد لذا دراین پیش بینی ازفرضیه مهاجرت صرف نظر شده است.



شکل۳- پیش بینی نرخ رشد جمعیت کشور در بازه زمانی: ۲۰۵۰-۱۹۵۰

(سازمان ملل متحد).



شکل٤-پیش بینی رشد جمعیت ایران در بازه زمانی: ۲۰۵۰-۱۹۵۰

(مرجع سازمان ملل متحد).

۱۲.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 موالید برابر

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

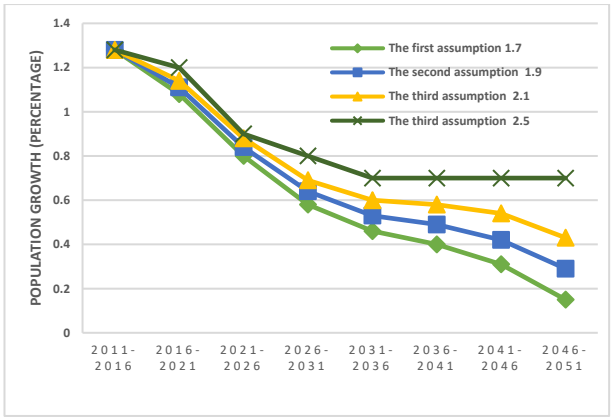
۱۰۲۳۱٤۰۵۲ نفر و در صورت تحقق فرض چهارم برابر۱۰۸۰۲٤٤۰۸ نفر خواهد بود.

جدول ۱- برآورد جمعیت کل کشور با چهار فرض پیش بینی تا افق ۲۰۵۰ (جمعیت به هزار نفر)[۱۰,۹]

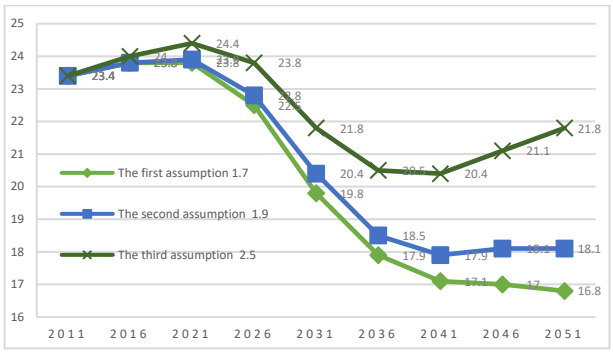
سال پیش بینی	فرض اول ادامه سیاست تنظیم خانواده ۱/۷فرزند	فرض دوم اجرای سیاست تثبیت باروری ۱/۹ فرزند	فرض سوم اجرای سیاست تشویق موالید ۲/۱ فرزند	فرض سوم اجرای سیاست تشویق موالید ۲/۵ فرزند
۲۰۱۱	۷۵,۱٦٤	۷۵,۱٦٤	۷۵,۱٦٤	۷۵,۱٦٤
۲۰۱٦	۸۰,۱۲۵	۸۰,۱۷۱	۸۰,۲۱۸	۸۰,۳۱۱
۲۰۲۱	۸٤,۵۵۰	۸٤,۷۲۹	۸٤,۹۰۸	۸۵,۲٦۷
۲۰۲٦	۸۷,۹۹۱	۸۸,۳۷۰	۸۸,۷٤۸	۸۹,۵۱۰
۲۰۳۱	۹۰,۵۸۹	۹۱,۲۳۰	۹۱,۸۷۰	۹۳,۱۵۸
۲۰۳٦	۹۲,۷۱۳	۹۳,٦۹۹	۹٤,٦۸٦	۹٦,٦٦۳
۲۰٤۱	۹٤,۵۸۵	۹٦,۰۳۱	۹۷,٤۸۳	۱۰۰,۳۹۸
۲۰٤٦	۹٦,۰٤۷	۹۸,۰۸٤	۱۰۰,۱۳۸	۱۰٤,۲۹٦
۲۰۵۱	۹٦,۷۸٦	۹۹,۵۲٦	۱۰۲,۳۱٤	۱۰۸,۰۲٤

جدول ۲- توزیع جمعیت کشور با سه فرض پیش بینی در گروه‌های مختلف سنی تا افق ۲۰۵۰ (از سال ۱۳۹۰ تا ۱٤۳۰)

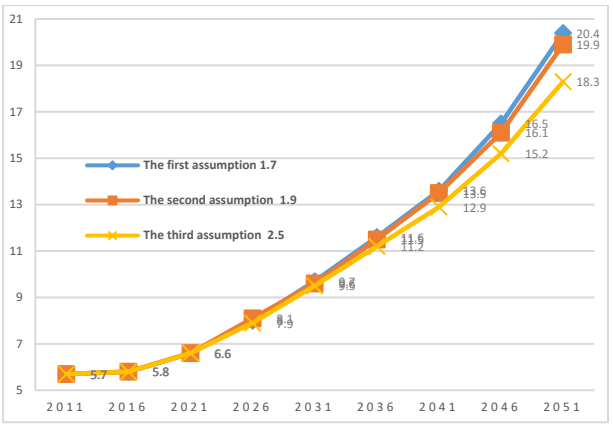
سال میلادی	سال شمسی	فرض اول ادامه اجرای سیاست تنظیم خانواده ۱/۷ فرزند			فرض دوم سیاست تثبیت میزان‌های باروری ۱/۹ فرزند			فرض چهارم اجرای سیاست تشویق موالید ۲/۵ فرزند		
		۱٤-۰	۶۴-۱۵	۶۵ و بیش تر	۱٤-۰	۶۴-۱۵	۶۵ و بیش تر	۱٤-۰	۶۴-۱۵	۶۵ و بیش تر
۲۰۱۱	۱۳۹۰	۲۳,٤	۷۰.۹	۵,۷	۲۳.٤	۷۰.۵	۵,۷	۲۳.٤	۷۰.۹	۵,۷
۲۰۱٦	۱۳۹۵	۲۳,۸	۷۰.٤	۵,۸	۲۳.۸	۷۰.٤	۵,۸	۲٤	۷۰.۲	۵,۸
۲۰۲۱	۱٤۰۰	۲۳,۸	۶۹.٦	۶,٦	۲۳.۹	۶۹.۵	۶,٦	۲٤.٤	۶۹	۶,٦
۲۰۲٦	۱٤۰۵	۲۲,۵	۶۹.۵	۸	۲۲.۸	۶۹.۲	۸,۱	۲۳.۸	۶۸.۳	۷,۹
۲۰۳۱	۱٤۱۰	۱۹,۸	۷۰.۵	۹,۷	۲۰.٤	۷۰	۹,٦	۲۱.۸	۶۸.۷	۹,۵
۲۰۳٦	۱٤۱۵	۱۷,۹	۷۰.۵	۱۱,٦	۱۸.۵	۷۰	۱۱,۵	۲۰.۵	۶۸.۳	۱۱,۲
۲۰٤۱	۱٤۲۰	۱۷,۱	۶۹.۳	۱۳,٦	۱۷.۹	۶۸.٦	۱۳,۵	۲۰.٤	۶٦.۷	۱۲,۹
۲۰٤٦	۱٤۲۵	۱۷	۶٦.۵	۱٦,۵	۱۸.۱	۶۵.۸	۱٦,۱	۲۱.۱	۶۳.۷	۱۵,۲
۲۰۵۱	۱٤۳۰	۱٦,۸	۶۲.۸	۲۰,٤	۱۸.۱	۶۲	۱۹,۹	۲۱.۸	۶۳.۵	۱۸,۳



شکل۵ -نمودار رشد جمعیت کل کشور در دوره های پنج ساله با چهار فرض باروری تا افق۲۰۵۰.



شکل٦ - نمودار پیش بینی جمعیت افراد کمتر از ۱۵ سال [۱].



شکل ۷- نمودار پیش بینی جمعیت ٦۵ سال و بیشتر [۱].

۱۳.ساختار تقاضای انرژی در ایران:

بخش های مصرف کننده که دراین مطالعه موردبررسی‌قرارگرفته اند عبارتند از: بخش خانگی، بخش خدمات (عمومی و تجاری)، بخش صنعت (شامل معدن، ساخت و تولید یا کارگاه های صنعتی، ساختمان سازی، آب وکشاورزی)، 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.

۱.۱۳.منابع تولید انرژی اولیه

درسال ۲۰۱۷ تولید انرژی اولیه به میزان ۳۰٦۰/٦ میلیون بشکه معادل نفت خام و اختصاص۵۳/۲ درصد آن به نفت خام، مایعات و میعانات گازی و مواد افزودنی٤۵/۵ درصد به گازطبیعی و ۰/۳ درصد به انرژی بادی، آبی، خورشیدی، ۰/٤درصد انرژی هسته ای، ۰/۳درصد به منابع تجدیدپذیر قابل احتراق،۰/۳ درصد به زغال سنگ [۷,٦,۵,٤,۳].

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

تولید	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱٤	۲۰۱۵	۲۰۱٦	۲۰۱۷

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شمارهٔ دو، تابستان ۱٤۰۲

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

نفت خام	۱۵۸۳.۹	۱۵۷۲.۹	۱۱۸۷.۲	۱۱۸۳.۰	۱۲۱۲.۳	۱۲۰۱.۳	۱۵۷۲.۵	۱۶۲۹.۰
گازطبیعی	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 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	۲۳۶۷.۵	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 ٤۱/۱ درصد توسط وزارت نیرو، ۵۳/۹ درصد توسط بخش خصوصی، ۲/٦ درصد توسط صنایع بزرگ و۲/٤ 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 [۷,٦,۵,٤].

جدول٤- روند تغییرات تولید ناویژه انرژی الکتریکی ایران طی سالهای ۲۰۱۷-۲۰۱۰ (گیگاوات‌ساعت)

شرح	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱٤	۲۰۱۵	۲۰۱٦	۲۰۱۷
تولید وزارت نیرو	۲۰۴۴۶۹.۳	۲۰۸۰۵۳.۴	۲۱۵۱۲۸.۲	۱۲۵۲۱۵.۳	۱۱۸۵۹۲.۴	۱۲۰۱۳۰.۷	۱۲۱۳۹۷.۷	۱۲۶۶۲۱.۴
تولید سازمان انرژی اتمی	-	۳۲۷.۱	۱۸۴۷.۳	۴۵۴۵.۸	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	۲۰۹۱۰.۲	۲۱۸۳۵.۵	۲۶۵۵۹.۸	۱۲۶۱۲۲.۹	۱۴۵۱۰۲.۴	۱۵۱۱۴۸.۹	۱۵۴۵۹۵.۲	۱۶۶۳۲۹.۴
تولید کل کشور	۲۳۲۹۵۸.۹	۲۴۰۰۵۱.۶	۲۵۴۲۷۵.۳	۲۶۲۴۳۳.۲	۲۷۴۴۳۷.۲	۲۸۰۶۳۳.۶	۲۸۹۰۹۵.۳	۳۰۸۳۰۶.۵

سهم تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه های سیکل ترکیبی ۳۷/۳ درصد، بخاری ۲۹/۳ درصد، گازی ۲۵/۸ درصد، آبی ۵ درصد، اتمی۲/٤ درصد، تجدیدپذیر و بازیافت حرارتی۰/۲ درصد و دیزلی نیز ۰/۰۳ 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 ترتیب۶/۵، ۱۱/۳،۱/۸ و ۱۲/۹ درصدافزایش داشته است.تولید نیروگاههای تجدیدپذیرآبی نسبت به سال قبل، در مجموع با کاهش٦ 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 ۱۹٤/۳ 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 [۱,۲,۳,٤,۵,٦,۷] .

۳.۱۳.ظرفیت اسمی نیروگاه برق ایران

ظرفیت اسمی نیروگاه های ایران در سال۲۰۱۷ به میزان ۷۸۸۰۱/۷ مگاوات بوده و۲۰/۱ درصد این ظرفیت به نیروگاههای بخاری، ۳۲/۹ درصد به نیروگاه های گازی، ۲۹/٤ درصد به نیروگاههای سیکل ترکیبی، ۰/٦ درصد به نیروگاههای دیزلی، ۱۵/۲ درصد به نیروگاههای آبی، ۱/۳درصد 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 سال۲۰۱٦رشد ۳ و ۲/۵ درصدی داشته است [۷,٦,۵,٤,۳,۲,۱].

جدول ۵- ظرفیت اسمی نیروگاه های کشور(مگاوات)

شرح	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱٤	۲۰۱۵	۲۰۱٦	۲۰۱۷
وزارت نیرو	۵۰۲۹۰	۵۱۲۰۶.۹	۵۲۸۹۵.۸	۳۴۸۲۳.۶	۳۴۰۳۸.۱	۳۳۸۹۳.۱	۳۴۶۳۶.۹	۳۵۳۷۷.۲
سازمان انرژی اتمی	-	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰	۱۰۲۰

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شمارهٔ دو، تابستان ۱۴۰۲

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

صنایع بزرگ								
بخاری	۴۷۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶	۵۸۸.۶
گازی	۴۵۴۵	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۵۳۱۶
جمع	۵۰۲۳.۶	۵۱۳۳.۶	۵۵۸۰.۶	۵۵۸۰.۶	۵۵۸۰.۶	۵۵۸۰.۶	۵۵۸۰.۶	۵۹۰۴.۶
بخش خصوصی								
بخاری	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۳۳۹۹.۵	۳۹۹۹.۵	۳۹۹۹.۵	۳۹۹۹.۵	۳۹۹۹.۵
گازی	۵۸۲۰.۴	۷۵۳۶.۴	۸۵۸۸.۵	۱۱۷۹۸	۱۴۲۲۴.۸	۱۵۳۰۵.۸	۱۵۷۹۷	۱۴۲۴۱
سیکل ترکیبی	-	-	۴۸۴	۱۳۵۷۴.۵	۱۴۲۱۸.۵	۱۴۲۱۸.۵	۱۵۱۹۴.۵	۱۷۷۷۶.۵
آبی	-	-	-	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۴۴	۱۰.۹	۱۸
بادی	۲۸.۴	۲۸.۴	۲۸.۴	۳۲.۴	۵۴.۶	۱۵۱.۹	۱۸۴.۴	۲۶۵.۶
خورشیدی	-	-	-	-	۰.۵	۳.۹	۳۴.۹	۱۷۴.۱
بیوگاز	۶.۹	۶.۹	۶.۹	۶.۹	۱۱.۶	۱۱.۶	۱۱.۶	۱۱.۶
بازیافت حرارتی(۳)	-	-	-	-	-	-	۱۳.۶	۱۳.۶
جمع	۶۱۴۵.۶	۷۸۶۱.۶	۹۳۹۷.۷	۲۸۸۱۱.۷	۳۲۵۰۹.۹	۳۳۶۹۱.۵	۳۵۲۴۶.۴	۳۶۴۹۹.۹
کل کشور	۶۱۴۵۹.۳	۶۵۲۲۲.۲	۶۸۸۹۴.۱	۷۰۲۳۵.۹	۷۳۱۴۸.۷	۷۴۱۸۵.۲	۷۶۴۸۳.۹	۷۸۸۰۱.۷

میزان تولید ناویژه انرژی الکتریکی بخش های مختلف در سال ۲۰۱۷ بصورت زیر بوده است:

جدول٦- تولید ناویژه برق انواع نیروگاه‌های ایران در سال ۲۰۱۷ (گیگاوات‌ساعت)

نیروگاه	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	آبی	بادی، خورشیدی، اتمی و بیوگاز	جمع
وزارت نیرو	۶۳۱۰۴.۱	۲۲۴۶۵.۵	۲۵۶۲۴.۴	۹۴.۳	۱۵۳۲۹.۱	۴.۱	۱۲۶۶۲۱.۴
سازمان انرژی اتمی	-	-	-	-	-	۷۴۵۰.۵	۷۴۵۰.۵
صنایع بزرگ	۲۲۰۳.۲	۵۷۰۱.۹	-	-	-	-	۷۹۰۵.۲
بخش خصوصی	۲۵۰۳۰.۳	۵۱۳۰۹.۷	۸۹۴۵۴.۴	-	۶۶.۵	۴۶۸.۵	۱۶۶۳۲۹.۴
کل تولید کشور	۹۰۳۳۷.۷	۷۹۴۷۷.۱	۱۱۵۰۷۹	۹۴.۳	۱۵۳۹۵.۶	۷۹۲۳.۱	۳۰۸۳۰۶.۵

٤.١٣. 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 ٤٥/٣ 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 از۱۲/۱در سال ۱۳۹۵ به ۱۱/٤ درصد در سال ۱۳۹٦ 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 برکاهش 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 سال۲۰۱٦، ۱۲/۱ درصد بود این در حالی است که در سال ۲۰۱٦ این شاخص در جهان، کشورهای عضو و غیرعضوOECD و منطقه خاورمیانه به ترتیب ۷/۹ و ٦/۱ و ۹/۳ و ۱۲/٦ درصد بوده است [۱٦,۱۱,۱۰,۸].

جدول ۷- مصارف داخلی و تلفات شبکه‌های برق ایران طی سال‌های ۲۰۱۷- ۲۰۱۰ (تراوات ساعت)

سال	مصارف داخلی	تلفات انرژی 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

٥.١٣. 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 [٤,۳,۲,۱].

جدول ۸- روند واردات و صادرات برق ایران طی سال‌های۲۰۱۷- ۲۰۱۰ (گیگاوات‌ساعت)

سال	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
صادرات	۶۷۰۷	۸۶۶۸.۲	۱۱۰۲۹.۱	۱۱۵۸۵.۶	۹۶۵۹.۹	۹۸۷۹.۹	۶۶۸۷.۸	۸۱۷۲.۴

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

واردات	۳۰۱۵.۴	۳۶۵۶.۱	۳۸۹۷.۲	۳۷۰۷	۳۷۷۱.۵	۴۱۴۸.۲	۴۲۲۱.۱	۳۸۵۲.۱

٦.١٣.مصرف انرژی الکتریکی:

در سال ۲۰۱۷ کل فروش برق وزارت نیرو و صنایع بزرگ(با احتساب برق مصرفی پالایشگاه ها، واحدهای کک سازی و واحدهای کوره بلند) حدود ٦/ ٢٦٠٢٦٤ گیگاوات ساعت بود که نسبت به سال ۲۰۱٦ دارای نرخ رشدی معادل ۷/۱ درصد بوده است. سهم مصرف بخش های 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 [۷,٦,٥].

۱.٦.۱۳.مصرف بخش خانگی:

سرانه مصرف برق به ازای هر مشترک خانگی در سال ۲۰۱۷ حدود ۲۹٦۸ کیلووات ساعت است که نسبت به سال قبل آن ۳/۹ درصد افزایش را نشان می دهد. این امرنشان میدهد که علاوه افزایش تعداد مشترکین بخش خانگی، مصرف برق و به تبع آن سرانه مصرف هر مشترک خانگی نیز افزایش یافته است.

۲.٦.۱۳.مصرف بخش تجاری:

میانگین مصرف هر مشترک این بخش در حدود ٤١٨٣/٧ کیلووات ساعت بوده که ۲/٤ درصد نسبت به سال ۲۰۱٦ افزایش داشته است.

۳.٦.۱۳.مصرف بخش عمومی:

متوسط مصرف هرمشترک این بخش ١٥٠٩٧/٦ کیلووات ساعت بوده که نسبت به سال قبل ۲ درصد افزایش داشته است.

٤.٦.۱۳.مصرف بخش صنعت:

مصرف برق بخش صنعتی که توسط وزارت نیرو تأمین شده اس(بدون احتساب بخش حمل و نقل)معادل ٨٤/٢ تراوات ساعت بوده و نسبت به سال قبل از آن ۹/٤ درصد افزایش داشته.

٥.٦.۱۳.مصرف بخش حمل و نقل:

کل مصرف برق در بخش حمل و نقل در سال ۲۰۱۷ در مجموع معادل ٤٧٦/٥ گیگا وات ساعت بوده که نسبت به سال قبل ۹/۷درصد افزایش داشته است.

٦.٦.۱۳.مصرف بخش کشاورزی:

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

۷.٦.۱۳.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 (گیگاوات‌ساعت)

سال	خانگی	عمومی	تجاری	صنعتی	حمل و نقل	کشاورزی	سایر مصارف	جمع
۲۰۱۰	۶۰۹۰۷.۷	۲۱۳۰۸.۱	۱۲۷۲۶.۸	۶۱۱۸۳.۴	۲۹۹.۴	۲۴۱۸۸.۸	۳۵۶۷.۶	۱۸۴۱۸۱.۸
۲۰۱۱	۵۶۷۷۳.۷	۱۶۷۵۱.۵	۱۲۶۶۳.۶	۶۳۵۹۱.۵	۳۵۲.۷	۳۰۰۲۰.۳	۳۷۵۲.۱	۱۸۳۹۰۵.۴
۲۰۱۲	۶۱۳۵۰.۹	۱۷۸۰۹.۸	۱۲۵۹۸.۸	۶۶۷۴۰.۹	۳۶۶.۴	۳۱۶۴۶.۶	۳۶۳۵.۳	۱۹۴۱۴۸.۵
۲۰۱۳	۶۴۳۷۸.۹	۱۷۸۳۰.۹	۱۳۳۷۶.۶	۷۰۳۰۸.۸	۳۲۴.۹	۳۳۱۰۳.۱	۳۷۶۴.۷	۲۰۳۰۸۷.۹
۲۰۱۴	۷۱۱۶۲.۷	۱۹۷۶۶.۷	۱۵۴۰۴.۴	۷۴۰۷۰.۵	۳۸۵.۴	۳۵۱۸۷.۹	۳۸۳۶.۹	۲۱۹۸۱۴.۴
۲۰۱۵	۷۶۱۰۳.۳	۲۲۱۹۵.۷	۱۶۶۷۹.۷	۷۱۶۵۷	۵۶۹.۸	۳۶۰۸۸.۶	۴۰۱۷.۳	۲۲۷۳۱۱.۵
۲۰۱۶	۷۸۳۷۸.۱	۲۲۹۱۴.۳	۱۷۶۱۹.۸	۷۷۱۶۷	۴۳۵.۷	۳۶۲۲۱.۵	۴۶۹۹.۵	۲۳۷۴۳۵.۸
۲۰۱۷	۸۳۴۰۳.۳	۲۴۳۲۸	۱۸۶۸۰.۸	۸۴۱۷۷.۱	۴۷۶.۵	۳۸۹۵۱.۶	۵۰۰۹.۱	۲۵۵۰۲۶.۳

۷.۱۳.حداکثربار تولیدی همزمان شبکه

در سال ۲۰۱۷ حداکثر توان تولیدی همزمان شبکه سراسری ۵۳۸٤۲ وحداکثر توان تولیدی همزمان کل کشور٥٤٠١٦ مگاوات بوده است. حداکثر توان تولیدی در پیک همزمان کل کشور نسبت به سال ۲۰۱٦ از ٤/۷ درصد افزایش برخوردار بوده است[٤,٥,٦,۷]

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 ۲۰۱٦، شاخص

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

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 ۱۱/٦۳ 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 مقدارمتوسط 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 ۱/٤ برابر مقدار متوسط جهانی است [۷,٦,۵,٤,۳].

۹.۱۳.ضریب انرژی:

از تقسیم نرخ رشد مصرف نهایی انرژی به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دست می آید. دردوره ۲۰۰٦-۲۰۱٦ شاخص ضریب انرژی در جهان نسبت به دوره قبل اندکی کاهش یافته و به عدد ۰.٤٦ رسیده است، در همان دوره شاخص مزبور برای ایران ۰.۹۹ بوده است با استفاده از آمار داخلی در ترازنامه های انرژی ایران، ملاحظه می شود که ضریب انرژی ایران در تمامی دوره ها 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

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
ساختمان سازی	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.بهره وری انرژی:

از تقسیم ارزش تولیدات به مقدار انرژی مصرفی به دست می آید (عکس شدت مصرف نهایی انرژی). برای محاسبه بهره وری انرژی در سطح ملی می توان 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 ٥٦٤٤/٥ به ٥٨٠٦/٤ هزارریال به ازای هر بشکه معادل نفت خام رسیده است [۷,٦,۵,٤].

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 ۱۱/٦۳ 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 ترتیب۳/۳، 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 گازطبیعی ٦/٦ و نفت خام و فرآورده های نفتی ۱/٤ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی میباشد [۷,٦,۵,٤,۳,۲,۱].

جدول ۱۰- شاخص‌های سرانه انرژی

شاخص سرانه	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
تولید ناخالص داخلی (هزار ریال)	۸۳۲۳۵.۸	۸۴۶۸۹.۲	۷۷۲۰۵.۷	۷۶۰۱۵.۴	۷۷۴۹۸.۲	۷۵۳۳۰.۷	۸۳۷۱۴.۷	۸۵۶۱۷.۴
عرضه انرژی اولیه (میلیون بشکه معادل نفت)	۲۰.۶	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)	۳۱۴۰.۰	۳۱۹۴.۳	۳۳۴۲.۴	۳۴۰۷.۶	۳۵۱۹.۸	۳۵۵۵.۰	۳۶۱۷.۰	۳۸۰۳.۰

جدول ۱۱-پیش بینی سهم بخش های مختلف در تولید ناخالص داخلی

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

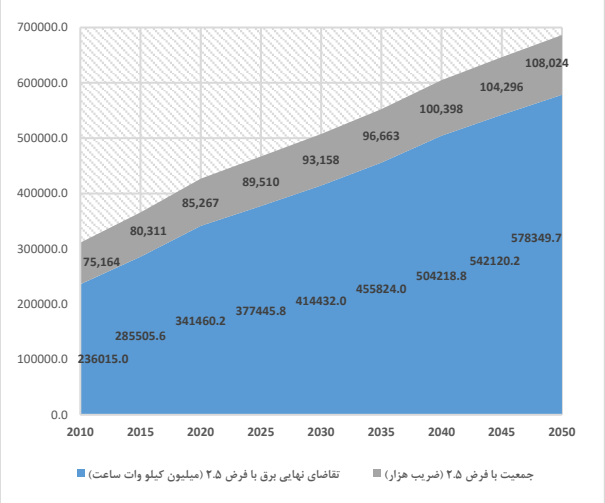
جدول ۱۲- نسبت شاخص‌ها به تولید ناخالص داخلی

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 متغییرهای 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 برابر۳ 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.

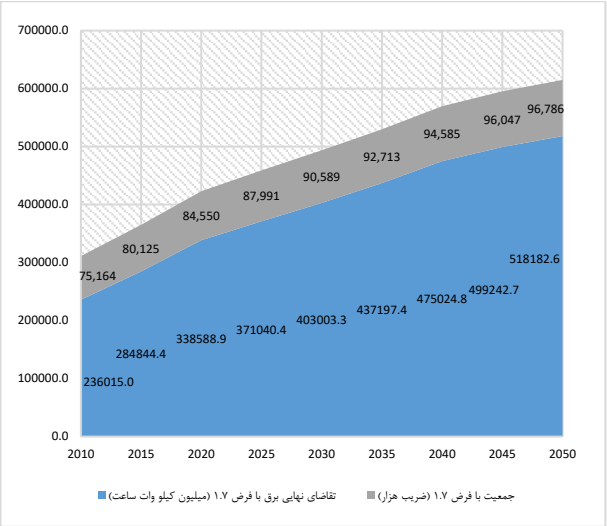
علاوه بر تعیین نرخ رشد بلند مدت تولید ناخالص داخلی، لازم است سهم بخش های مختلف در تولید ناخالص داخلی نیز مشخص شود که ارقام مربوطه در جدول ۱۲ارائه شده است. پیش بینی روند تقاضای نهایی انرژی الکتریکی درطول دوره برنامه ریزی بر اساس دو سناریو کمترین و بیشترین نرخ رشد جمعیت برآورده شده است. نرخ رشد تقاضای انرژی برق مورد نیاز دراویل دوره (سال۲۰۱۰ 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 ۳۵-۲۰۲۵ به ٦ درصد خواهد رسید و این رشد با توجه به نرخ رشد جمعیت دراواخر دوره تا ۳ درصد درسال۲۰۴۰ تا۲۰۵۰ کاهش می یابد. براین مبنا نتایج مدلسازی بصورت زیرخواهد بود [۵,۳,۲].



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

[۵] Model for Analysis of Energy Demand

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]



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

جدول ۱۳- پیش بینی روند تقاضای نهایی انرژی الکتریکی

سال	پیش بینی جمعیت ملل متحد (ضریب هزار)	جمعیت با فرض ۱.۷ (ضریب هزار)	جمعیت با فرض ۲.۵ (ضریب هزار)	شاخص‌سرانه کیلو وات ساعت	تقاضای نهایی برق با فرض ۱.۷ (میلیون کیلووات ساعت)	تقاضای نهایی برقبا فرض ۲.۵ (میلیون کیلووات ساعت)
۲۰۱۰	۷۴۴۶۲	75,164	75,164	۳۱٤۰,۰	۲۳۶۰۱۵.۰	۲۳٦۰۱۵,۰
۲۰۱۵	۷۹۴۷۶	80,125	80,311	۳۵۵۵,۰	۲۸۴۸۴۴.۴	۲۸۵۵۰۵,٦
۲۰۲۰	۸۴۱۴۹	84,550	85,267	٤۰۰٤,٦	۳۳۸۵۸۸.۹	۳٤۱٤٦۰,۲
۲۰۲۵	۸۸۰۶۴	87,991	89,510	٤۲۱٦,۸	۳۷۱۰۴۰.۴	۳۷۷٤٤۵,۸
۲۰۳۰	۹۱۳۳۶	90,589	93,158	٤٤٤۸,۷	٤۰۳۰۰۳.۳	٤۱٤٤۳۲,۰
۲۰۳۵	۹۴۲۰۹	92,713	96,663	٤۷۱۵,٦	۴۳۷۱۹۷.۴	٤۵۵۸۲٤,۰
۲۰۴۰	۹۶۷۷۲	94,585	100,398	۵۰۲۲,۲	۴۷۵۰۲۴.۸	۵۰٤۲۱۸,۸
۲۰۴۵	۹۸۹۵۰	96,047	104,296	۵۱۹۷,۹	۴۹۹۲۴۲.۷	۵٤۲۱۲۰,۲
۲۰۵۰	۱۰۰۵۹۸	96,786	108,024	۵۳۵۳,۹	۵۱۸۱۸۲.۶	۵۷۸۳٤۹,۷

۱۵.نتیجه گیری :

بررسی ها نشان می دهد که با در نظرگرفتن هرسیاست جمعیتی تغییرات عمده ای درساختمان سنی جمعیت رخ خواهد داد.

- در صورت ادامه سیاست تنظیم خانواده بر روی ۱.۷ فرزند، جمعیت کشور بالغ بر۹٦ میلیون و هفتصد هزار نفر (با ساختاری نسبتا سالمند) خواهد بود.
- در صورت سیاست تثبیت تعداد موالید بر روی۱.۹ فرزند، جمعیت کل کشور بالغ بر۹۹ میلیون وپانصد هزارنفر(با ساختاری نسبتا سالمند) خواهد بود.
- در صورت اجرای سیاست تشویق موالید(تعداد موالید بر روی۲.۱ فرزند)جمعیت کل کشور بالغ بر۱۰۲میلیون و سیصد هزار نفر (با ساختاری نسبتا سالمند) خواهد بود.
- در صورت سیاست تشویق موالید (تعداد موالید بر روی ۲.۵ فرزند)جمعیت کشور بالغ بر۱۰۸میلیون نفر(با ساختار جمعیت نسبتا جوان(۱۸.۲درصد) و رو به سالمندی (۱۸.۳ درصد) خواهد بود.

مقایسه هرم‌های سنی جمعیت ایران در دو سرشماری اخیر نشان می‌دهد که جمعیت ایران که درحال حاضر جمعیت جوانی می‌باشد، ودر سال‌های آتی به سوی سالمندی متمایل 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 سال های ۱٤۱۰ تا ۱٤۳۰ هجری شمسی ساختمان سنی و جنسی جمعیت به اشکال زیر خواهد بود:

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

درصورت 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.

درصورت تحقق فرض سوم: شکل هرم سنی مجددا 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.

نهایتا در صورت تحقق فرض اول، جمعیت کل کشور در سال ۲۰۵۰ برابر۹٦۷۸٦۳۷۳ نفر، با فرض سیاست ثابت ماندن نرخ باروری۱.۹، جمعیت کل کشور برابر با۹۹۵۲٦٤۷٦ نفر، با فرض اجرای سیاست تشویق موالید با نرخ ۲.۱، جمعیت کشور برابر ۱۰۲۳۱٤۰۵۲نفرو در صورت تحقق فرض چهارم، جمعیت کل کشور برابر۱۰۸۰۲٤٤۰۸ نفر خواهد شد.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]

همچنین بر این اساس داده های ترازنامه های انرژی وزارت نیرو و انجام مدلسازی نرم افزاری، شاخص سرانه مصرف انرژی برق در پایان دوره برنامه ریزی (سال۲۰۵۰) برابر ۵۳۵۳.۹ کیلو وات ساعت است و در صورت تحقق کمترین نرخ رشدجمعیت میزان تقاضای انرژی برق، معادل ۵۱۸۱۸۲.٦ میلیون کیلووات ساعت و در صورت تحقق بالاترین نرخ رشد، میزان تقاضای انرژی برق معادل۵۷۸۳٤۹.۷ میلیون کیلووات ساعت خواهد شد.

۱٦.مراجع:

[۱] Statistics Center of Iran, Detailed results of general population and housing censuses. ۱۹٦٦ to ۲۰۱٦.

[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).

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

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

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

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

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

[۹] Stover,John and Sharon Karmayer (۲۰۰٤), 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 جمعیّت، ترجمه فاروق امین‌مظفّری، تبریز، انتشارات احرار.

[۱٤] استوور، جان و شارون کرمایر (۱۳۸٤)، DemProj نرم‌افزار پیش‌بینی جمعیّت، ترجمه حاتم حسینی، تهران، انتشارات مرکز مطالعات و پژوهش‌های جمعیّتی آسیا و اقیانوسیه.

[۱٥] استوور، جان و همکاران (۱۳۸۸)، Spectrum سیستم مُدل‌سازی سیاست‌گذاری، ترجمه حاتم حسینی، تهران، انتشارات جامعه‌شناسان.

[۱٦] بخش جمعیّت سازمان ملل متّحد(زیر چاپ)، MortPak بسته‌ی نرم‌افزاری سازمان ملل برای اندازه‌گیری مرگ‌ومیر (تحت ویندوز)، ترجمه حاتم حسینی.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-22]