



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مدیریت، علم و تکنولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش آینده پژوهی

ارتباط بین سیاست های خرد و سیاست های کلان در بهینه سازی مصرف
گاز

نگارش

فاطمه عباسی مزار

استاد راهنما

دکتر نادر منتظرین

بهمن ۱۳۹۵

بسمه تعالی



دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)
گروه آینده پژوهی

توجه: این قسمت در زمان تصویب پروژه تکمیل شده و در صفحه اول کلیه نسخ پایان نامه گنجانده می شود.

عنوان: اهداف و روش تحقیق این پروژه کارشناسی ارشد مطابق با مشخصات زیر در تاریخ ۱۳۹۴/۲/۳۰ شورای گروه آینده پژوهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید.

عنوان پروژه:

ارتباط بین سیاست های خرد و سیاست های کلان در بهینه سازی مصرف گاز

اهداف و روش تحقیق:

هدف از این تحقیق، بررسی ترکیب مناسب سیاست هایی است که برای دستیابی به بهینه سازی مصرف گاز، لازم است اتخاذ شوند. روش تحقیق:

در این پایان نامه از پیش بینی با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو استفاده شد تا شدت انرژی تا پایان برنامه ششم توسعه پیش بینی شود. به علاوه، از روش دلفی و روش TOPSIS برای یافتن ترتیب سیاست های لازم جهت اتخاذ استفاده شد. در پایان با استفاده از روش سناریونویسی، سناریوهای آینده برای وضعیت بهینه سازی مصرف گاز نوشته شد تا شرایط لازم برای اجرای برنامه مذکور در میان سناریوها را یافته و در جهت تحقق آن تلاش شود.

نام و امضاء مدیر گروه آینده پژوهی:
دکتر محسن بهرامی

نام و امضاء استاد راهنما:
دکتر نادر منتظرین

نام و امضاء دانشجو:
فاطمه عباسی مزار

توجه: این قسمت در زمان ارائه پروژه تکمیل شده و همراه با قسمت فوق در صفحه اول پایان نامه گنجانده شود.

اینجانب دکتر نادر منتظرین استاد راهنمای پروژه گواهی می نمایم که کلیه قسمت های مندرج در این پایان نامه توسط دانشجو، خانم فاطمه عباسی مزار به انجام رسیده و محتوای آن مطابق با عنوان، اهداف و روش تحقیق فوق می باشد.

امضاء استاد راهنما:

تاریخ:

اعضاء هیئت داوران پس از بررسی کامل کار انجام شده از نظر کیفی، نوآوری، احاطه به موضوع و نحوه ارائه، رای نهایی خود را بدین صورت اعلام می نمایند:

داور خارجی: دکتر حسین رحمان سرشت
امضاء:

داور داخلی: دکتر محمود کرقره پتیان
امضاء:

استاد راهنما اول: دکتر نادر منتظرین
امضاء:

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب فاطمه عباسی مزار متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است.

نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

فاطمه عباسی مزار

امضا

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به پدر و مادر عزیزم،

به پاس محبت بی دریغ، حمایت و همراهی همیشگی شان.

شایسته است در ابتدای پایان‌نامه پیش رو، از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر منتظرین، که همواره با نظراتی سازنده، راهنمای اینجانب بودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. بدون تردید، اخلاق برجسته و والای ایشان، الگویی سرآمد برای زندگی‌ام خواهد بود.

به علاوه، از تمامی اساتید ارجمند، دوستان عزیز و کارشناسان محترمی که با همکاری آن‌ها موفق به انجام این پژوهش شدم، تشکر می‌نمایم.

چکیده

در این پایان‌نامه، ابتدا شدت انرژی تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۲۰۲۲) به روش شبیه‌سازی مونت کارلو پیش‌بینی شده است؛ این پیش‌بینی نشان داد بین آنچه تداوم روندهای موجود برای آینده شدت انرژی رقم می‌زنند و آنچه مطابق پیش‌بینی سیاست‌های کلی کشور باید به آن دست یافت (کاهش شدت انرژی به نصف تا پایان برنامه ششم)، فاصله زیادی وجود دارد.

با تمرکز بر صرفه‌جویی در مصرف گاز در جهت کاهش شدت انرژی، سیاست‌های صرفه‌جویی کشورهای مختلف، در دو دسته خرد و کلان، مورد بررسی قرار گرفته و سیاست‌هایی که اتخاذ آن‌ها برای کاهش شدت انرژی ایران به نصف تا پایان ۲۰۲۲ لازم است، مطابق نظر خبرگان و به روش دلفی، حاصل شد. اولویت اجرای این سیاست‌ها به روش ¹TOPSIS به دست آمد و سپس نحوه ترکیب و اولویت سیاست‌های ارائه شده، بر اساس خرد یا کلان بودن تحلیل شد؛ این تحلیل نشان داد اتخاذ سیاست‌های صرفه‌جویی زمانی نتیجه‌بخش خواهد بود که ابتدا سیاست‌های کلان اجرا شده و زمینه‌ای برای اجرای سیاست‌های خرد فراهم آورند تا بدون این‌که رفاه و آسایش مردم مختل شود یا تولید کشور کاهش یابد، مردم و صنعت به همکاری در اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی هدایت و تشویق شوند.

در پایان با بررسی سناریوهای مختلف بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران، شرایطی که تحت آن بتوان برنامه سیاستی اولویت‌بندی شده فوق را اجرا کرد، با روش ²GBN بررسی شد؛ این بررسی نشان داد در شرایطی که مدیریت واحد، جامع و یکپارچه‌ای، کنترل پروژه‌های بهینه‌سازی را به دست بگیرد و همچنین، شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی فراهم شود، امکان دستیابی به هدف نام‌برده در افق زمانی مورد نظر و با برنامه سیاستی مذکور وجود خواهد داشت. در هر یک از سناریوهای دیگر نیز، نحوه ترکیب و تعامل سیاست‌های خرد و کلان برای رسیدن به هدف مورد نظر، مورد نقد و ارزیابی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی:

صرفه‌جویی انرژی، گاز طبیعی، سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز.

¹ TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

² GBN: Global Business Network

۱	فصل اول مقدمه.....	۷
۲	فصل دوم پیش‌بینی شدت انرژی.....	۱۴
۱.۲	مقدمه.....	۱۵
۲.۲	معرفی شاخص شدت انرژی و ارائه آمار مربوط به آن.....	۱۵
۳.۲	مروری بر پژوهش‌های انجام شده در مورد شاخص شدت انرژی.....	۱۹
۴.۲	انواع مدل‌های پیش‌بینی‌کننده بر اساس متغیرهای مورد استفاده.....	۲۰
۱.۴.۲	پیش‌بینی شدت انرژی به روش شبیه‌سازی مونت کارلو.....	۲۱
۲.۴.۲	متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در مدل‌های پیش‌بینی شدت انرژی.....	۲۳
۳.۴.۲	نتیجه اجرای مدل شبیه‌سازی مونت کارلو.....	۲۵
۱.۳.۴.۲	شناسایی فاکتورهای علی اصلی برای استفاده در مدل پیش‌بینی‌کننده.....	۲۶
۲.۳.۴.۲	تعیین رابطه ریاضی مناسب بین متغیرهای ورودی و متغیر خروجی (مدل پیش‌بینی‌کننده).....	۲۶
۳.۳.۴.۲	تخصیص تابع توزیع احتمال به متغیرهای ورودی و اجرای مدل.....	۲۶
۳	فصل سوم سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز.....	۳۰
۱.۳	مقدمه.....	۳۱
۲.۳	اهمیت صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی.....	۳۱
۳.۳	سیاست‌های صرفه‌جویی موجود در مطالعات قبلی.....	۳۵
۱.۳.۳	سیاست‌های کلان.....	۳۶
۱.۱.۳.۳	ممیزی انرژی صنایع.....	۳۷
۲.۱.۳.۳	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی.....	۳۷
۳.۱.۳.۳	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر.....	۳۸
۴.۱.۳.۳	افزایش قیمت انرژی.....	۳۸
۵.۱.۳.۳	ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت.....	۳۹
۶.۱.۳.۳	بهبود زیرساخت‌های ICT و افزایش تحرک مجازی.....	۴۰
۷.۱.۳.۳	بهبود برنامه‌ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها.....	۴۰
۸.۱.۳.۳	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها.....	۴۱
۹.۱.۳.۳	تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی.....	۴۱
۱۰.۱.۳.۳	افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا.....	۴۲
۱۱.۱.۳.۳	توسعه و ترویج نیروگاه‌های CHP و CCHP.....	۴۲
۲.۳.۳	سیاست‌های خرد.....	۴۳
۱.۲.۳.۳	روش‌های مبتنی بر بازخورد.....	۴۳
۲.۲.۳.۳	ارائه آموزش و آگاهی‌بخشی به افراد.....	۴۷
۳.۲.۳.۳	عایق‌کاری ساختمان‌ها.....	۴۸

۴	فصل چهارم ارزیابی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز	۵۰
۱.۴	مقدمه	۵۱
۲.۴	روش دلفی	۵۱
۱.۲.۴	شرح روش دلفی	۵۱
۲.۲.۴	نحوه اجرای دلفی	۵۵
۳.۲.۴	تحلیل نتایج نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها	۵۷
۴.۲.۴	تحلیل نتایج نوبت اول دلفی برای شاخص‌ها	۶۱
۵.۲.۴	تحلیل نتایج نوبت دوم دلفی برای سیاست‌ها	۶۲
۳.۴	رتبه‌بندی و ارائه اولویت برای سیاست‌ها و تحلیل آن‌ها	۶۴
۱.۱.۳.۴	نتایج حاصل از رتبه‌بندی سیاست‌ها	۶۴
۵	فصل پنجم سناریوهای بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران	۶۸
۱.۵	مقدمه	۶۹
۲.۵	سناریونویسی	۷۱
۱.۲.۵	تعریف سناریو	۷۲
۲.۲.۵	هدف از سناریونویسی	۷۲
۳.۲.۵	اعتبارسنجی سناریوها	۷۳
۴.۲.۵	تعداد مطلوب سناریوها	۷۳
۵.۲.۵	سناریوهای انرژی	۷۴
۶.۲.۵	روش سناریونویسی GBN	۷۷
۳.۵	تدوین سناریوهای آینده بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران	۸۱
۱.۳.۵	تعیین چارچوب اصلی سناریوها	۸۱
۱.۱.۳.۵	مشخص کردن عوامل کلیدی	۸۱
۲.۱.۳.۵	تعیین نیروهای پیشران	۸۳
۳.۱.۳.۵	تعیین عدم قطعیت‌های اصلی	۸۷
۴.۱.۳.۵	انتخاب منطق سناریو یا نقشه‌ی حرکت	۸۷
۲.۳.۵	سناریوهای بهینه‌سازی مصرف گاز	۸۸
۱.۲.۳.۵	سناریوی ۱: کارآمدی مدیریت- بهبود شرایط سرمایه‌گذاری	۸۸
۲.۲.۳.۵	سناریوی ۲: کارآمدی مدیریت- رکود شرایط سرمایه‌گذاری	۸۹
۳.۲.۳.۵	سناریوی ۳: شرایط فعلی مدیریت- رکود شرایط سرمایه‌گذاری	۹۰
۴.۲.۳.۵	سناریوی ۴: شرایط فعلی مدیریت- بهبود شرایط سرمایه‌گذاری	۹۰
۶	فصل ششم جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۹۲
۱.۶	مقدمه	۹۳
۲.۶	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۹۳
۳.۶	پیشنهادات برای انجام تحقیقات آتی	۹۶

۹۷..... منابع و مراجع

۷ پیوست‌ها ۱۰۵

- 7.1 پیوست اول: پرسشنامه نوبت اول دلفی ۱۰۵
- ۲.۷ پیوست دوم: پرسشنامه نوبت دوم دلفی ۱۱۱
- 7.3 پیوست سوم: پرسشنامه تصمیم‌گیری چندشاخصه به روش تاپسیس ۱۱۴
- ۴.۷ پیوست چهارم: پرسشنامه تعیین عدم‌قطعیت‌های موثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز ۱۲۱
- ۵.۷ پیوست پنجم: پتانسیل صرفه‌جویی گاز در بخش خانگی با کاهش دمای ساختمان ۱۲۴
- ۶.۷ پیوست ششم: پتانسیل صرفه‌جویی گاز در بخش خانگی با عایق‌کاری ساختمان ۱۲۶
- ۷.۷ پیوست هفتم: شرح روش‌های رتبه‌بندی استفاده شده ۱۳۰
- ۱.۷.۷ روش AHP ۱۳۰
- ۲.۷.۷ روش TOPSIS ۱۳۱
- ۸.۷ پیوست هشتم: روش‌های مختلف سناریونویسی ۱۳۳
- ۱.۸.۷ روش‌های مختلف سناریونویسی مطابق دسته‌بندی بیشاپ ۱۳۳
- ۲.۸.۷ سایر روش‌های سناریونویسی ۱۳۷
- ۱.۲.۸.۷ سناریونویسی به روش الکساندر فینک ۱۳۷
- ۲.۲.۸.۷ روش موسسه Business Futures ۱۳۹
- ۳.۲.۸.۷ سناریونویسی به روش فون اوتته رایبنیتز ۱۳۹

صفحه

فهرست اشکال

شکل ۱.۱ مسیر پروژه.....	۱۲
شکل ۱.۲ شدت انرژی ایران، خاورمیانه و جهان، [۸].....	۱۶
شکل ۲.۲ ده کشور با بیش‌ترین درصد رشد شدت انرژی در سال ۲۰۱۴، [۸].....	۱۶
شکل ۳.۲ ده کشور با بیش‌ترین میزان شدت انرژی در سال ۲۰۱۴ و مقایسه با متوسط جهانی، [۸].....	۱۷
شکل ۴.۲ شدت انرژی و تغییرات آن (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۸)، [۷].....	۱۷
شکل ۵.۲ تغییرات شدت انرژی (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۸) به ازای تغییر در GDP سرانه، [۷].....	۱۸
شکل ۶.۲ شیوه عملکرد مدل مونت کارلو، [۱۴]، [۱۵].....	۲۳
شکل ۷.۲ پیش‌بینی شدت انرژی سال ۲۰۱۶- بر حسب koe/\$2005p.....	۲۸
شکل ۸.۲ پیش‌بینی شدت انرژی سال ۲۰۲۲- بر حسب koe/\$2005p.....	۲۸
شکل ۹.۲ روند افزایشی پیش‌بینی‌شده برای شدت انرژی تا سال ۲۰۲۲.....	۲۹
شکل ۱.۳ وضعیت تولید و مصرف گاز طبیعی در ایران، [۲۴].....	۳۲
شکل ۲.۳ وضعیت تولید، مصرف، صادرات و واردات گاز طبیعی در ایران، [۴].....	۳۳
شکل ۳.۳ نسبت مصارف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف در ایران، [۴].....	۳۳
شکل ۴.۳ نسبت مصارف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف کشورهای OECD آسیا، OECD اروپا، OECD آمریکا و کشورهای خاورمیانه، [۲۶].....	۳۴
شکل ۵.۳ پیش‌بینی تولید گاز طبیعی در کشورهای خاورمیانه (بر حسب تریلیون فوت مکعب)، [۲۶].....	۳۵
شکل ۱.۴ چارچوب فرایند دلفی.....	۵۳
شکل ۲.۴ مشخصات شرکت‌کنندگان در نوبت اول دلفی.....	۵۶
شکل ۳.۴ مدل ارزیابی سیاست‌ها.....	۶۴
شکل ۱.۵ تقسیم‌بندی فعالیت‌های آینده‌پژوهی مبتنی بر زمان، [۷۵].....	۷۰
شکل ۲.۵ تفاوت پیش‌بینی نقطه‌ای و پیش‌بینی با سناریوها، [۷۸].....	۷۰
شکل ۳.۵ روش GBN.....	۸۱
شکل ۴.۵ شناسایی عوامل پیشران با توجه به عوامل کلیدی.....	۸۴
شکل ۵.۵ ماتریس GBN سناریوهای صرفه‌جویی گاز.....	۸۸

صفحه	فهرست جداول
۲۵.....	جدول ۱.۲ متغیرها و مرجع هر یک.
۲۶.....	جدول ۲.۲ ضرایب متغیرها در مدل پیش‌بینی‌کننده.
۴۸.....	جدول ۱.۳ صرفه‌جویی حاصل شده به ازای عایق‌کاری پشت‌بام‌های مختلف.
۵۷.....	جدول ۱.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها.
۶۲.....	جدول ۲.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای شاخص‌ها.
۶۳.....	جدول ۳.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها.
۶۴.....	جدول ۴.۴ وزن شاخص‌ها.
۶۵.....	جدول ۵.۴ رتبه‌بندی سیاست‌ها.
۷۴.....	جدول ۱.۵ ارزیابی تعداد سناریوهای یک پروژه، [۸۳].
۸۳.....	جدول ۲.۵ نیروهای پیشران.
۸۷.....	جدول ۳.۵ جدول تعیین عدم قطعیت‌ها.

۱

فصل اول

مقدمه

تامین و مصرف انرژی همواره از دغدغه‌های بشر بوده است؛ اما در سال‌های اخیر، به دلیل پررنگ‌تر شدن نقش محیط زیست و انرژی در فعالیت‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع، این موضوع و مسائل مرتبط با آن، اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است. انرژی در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقشی زیربنایی دارد؛ توسعه اقتصادی و گسترش صنایع، نیازمند دسترسی به انرژی است. در طول ادوار گذشته، رقابت‌های بزرگی در سطح جهانی بر سر تصاحب انرژی وجود داشته است؛ چرا که امنیت ملی و پایداری نظام‌های حکومتی تا حد زیادی در گرو دسترسی به این منابع است.

ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی، از ثروتمندترین کشورهای جهان به حساب می‌آید. این منابع در کشور با قیمت‌هایی به مراتب پایین‌تر از سایر کشورها و با سهولت بیش‌تری به مصرف‌کننده عرضه می‌شود؛ اما میزان مصرف و اتلاف انرژی بسیار بالاتر از کشورهای صنعتی است و وضعیت مصرف انرژی در کشور با اصول ارتقا بهره‌وری انرژی در جهان، مغایرت دارد. امروزه تداوم رشد جوامع وابسته به توسعه پایدار سیستم انرژی به معنای مدیریت عرضه و تقاضای انرژی با توجه به ملاحظات محیط‌زیستی و اجتماعی است. پیاده‌سازی الگوی توسعه پایدار سیستم انرژی در هر جامعه‌ای نیازمند تدوین مقررات توسعه به گونه‌ای است که سیستم به سمت پایداری به پیش برده شود؛ در این راستا، بسیاری از کشورها با توجه بیش‌تر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و اهمیت دادن به آن، به عنوان یک منبع جدید انرژی که استفاده از آن منافع محیط‌زیستی هم دارد، این راهبرد را در پیش گرفته و موفق به کاهش شدت انرژی خود به میزان زیادی شده‌اند. بحث بهینه‌سازی مصرف انرژی از دهه ۱۹۷۰ و همزمان با بحران‌های نفتی در بسیاری از کشورها مطرح و اجرا شد؛ کشورها درصدد کاهش شاخص شدت انرژی خود برآمدند تا با وابستگی کمتر به انرژی در بحران‌های مشابه کمتر آسیب ببینند. به علاوه، توجه به مسائل زیست محیطی در اواخر دهه ۱۹۸۰ و دهه ۱۹۹۰^۳ نیز، توجه به این موضوع را تقویت کرد.

متأسفانه در ایران، علی‌رغم وجود قوانین بسیار، مبنی بر کاهش مصرف یا شدت انرژی، آمار موجود حاکی از افزایش مصرف انرژی، به ویژه در بخش‌های غیرتولیدی است؛ بنابراین، افزایش شدت انرژی در این سال‌ها به معنای افزایش بالای تولید و رشد توسعه جامعه نبوده و صرفاً به معنای افزایش مصرف انرژی بوده است. در ادامه، مروری بر قوانین و سیاست‌های بالادستی کشور در حوزه صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی انجام گرفته است [۱]:

^۳ کنوانسیون وین برای حفاظت از لایه ازن (سال ۱۹۸۷) و پیمان کیوتو (۱۹۹۳).

۱- اصل ۵۰ قانون اساسی^۴ به اهمیت توسعه پایدار اشاره دارد و بیان می‌کند فعالیتهای اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیرقابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است.

۲- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی^۵ (نفت و گاز) در پنج دسته گسترش اکتشاف نفت و گاز، گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی، ایجاد سازمان‌دهی قانونمند برای جذب منابع مالی مورد نیاز، صادرات فراورده‌های نفت و گاز به جای صدور نفت خام و گاز طبیعی، و بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی قرار گرفته‌اند.

۳- سیاست‌های کلی بخش حمل‌ونقل^۶ نیز در پنج دسته ملاحظات اقتصادی و دفاعی و امنیتی، کاهش آلودگی، افزایش ایمنی، برقراری تعادل بین تجهیزات ناوبری و تقاضا، و کاهش شدت انرژی قرار گرفته‌اند.

۴- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی^۷ بر افزایش بهره‌وری، کاهش شدت انرژی، افزایش بهره‌برداری و نیز صادرات انرژی، و افزایش ارزش افزوده در صنعت نفت و گاز تاکید دارند.

۵- بند هفتم سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف^۸ با ارائه سیاست‌های مشخصی، کاهش مستمر شاخص شدت انرژی به حداقل دو سوم مقدار پایه^۹ تا پایان برنامه پنجم و نصف این مقدار تا پایان برنامه ششم را مطرح می‌کند. بقیه بندهای این سیاست نیز، بر آموزش مردم و همراهی دولت در برنامه‌های کاهش مصرف و نیز افزایش بهره‌وری تاکید دارند [۱].

۶- سند ملی راهبرد انرژی کشور^{۱۰}، سندی جامع برای مدیریت بخش انرژی کشور در بازه‌ای ۲۵ ساله و تا افق ۱۴۲۰ است که در سه بخش چالش‌ها و تنگناها، اهداف کلان، و راهبردهای بخش انرژی کشور تنظیم شده است. در این سند، اولین چالش اشاره شده، بالا بودن شدت انرژی و اولین هدف کلان نیز کاهش این شاخص عنوان شده است [۲].

^۴ قانون اساسی در همه‌پرسی ۱۲ آذر ۱۳۵۸ به تایید مردم ایران رسید.

^۵ ابلاغ شده توسط رهبری در سال ۱۳۷۹.

^۶ ابلاغ شده توسط رهبری در سال ۱۳۷۹.

^۷ ابلاغ شده توسط رهبری در سال ۱۳۸۵.

^۸ ابلاغ شده توسط رهبری در سال ۱۳۸۹.

^۹ در سال ۱۳۸۹.

^{۱۰} مصوب در سال ۱۳۹۵.

موارد مذکور، به مصرف صحیح، صرفه‌جویی یا کاهش شدت انرژی اشاره کرده‌اند؛ غیر از این موارد، به دلیل اهمیت مسئله انرژی، به ویژه برای ایران به عنوان یک کشور صادرکننده نفت و گاز، اشاراتی غیرمستقیم به مسئله انرژی و لزوم بهینه‌سازی و بهره‌وری در بسیاری از سیاست‌های بالادستی دیگر نیز از جمله سیاست‌های کلی محیط‌زیست دیده می‌شود؛ به علاوه، اسناد و قوانین پایین‌دستی بسیاری هم به اهمیت کاهش شاخص شدت انرژی پرداخته‌اند؛ قانون توسعه حمل‌ونقل و مدیریت مصرف سوخت^{۱۱}، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها^{۱۲}، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی^{۱۳} با ۷۵ ماده، ماده ۱۲۹ قانون برنامه پنجم توسعه و سند توسعه ویژه فرابخشی مدیریت انرژی^{۱۴} از آن جمله‌اند. همچنین، برخی قوانین و مقررات در جهت کاهش مصرف، صرفه‌جویی یا بهینه‌سازی هستند که نهایتاً به کاهش شدت انرژی می‌انجامد؛ بند «و» تبصره ۱۹ قانون برنامه دوم توسعه^{۱۵}، ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه^{۱۶} و مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان^{۱۷} از آن جمله هستند؛ در سرفصل امور اقتصادی از سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه^{۱۸}، نیز کاهش شدت انرژی در سه بند^{۱۹} مورد توجه قرار گرفته است.

چنان که ملاحظه شد شدت انرژی، شاخصی است که از سال ۱۳۷۹ در اسناد و سیاست‌های بالادستی و پایین‌دستی کشور مورد توجه و تاکید قرار گرفته است و تنها شاخص انرژی است که برای آن، مقدار مشخص کمی در افق زمانی مشخص، هدف‌گذاری شده است؛ بر این اساس، بند هفتم سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف درباره این شاخص را، در پژوهش پیش رو، به عنوان هدف تعیین کرده و در فصل دوم به تحقیق این مطلب پرداخته شده است که آیا تداوم روندهای فعلی در حوزه انرژی، این هدف را برآورده می‌کند یا خیر. به این منظور، پیش‌بینی شدت انرژی به روش مونت کارلو صورت گرفته و نتیجه نهایی به صورت احتمالی به دست آمده است؛ مدل پیش‌بینی‌کننده نشان داد شدت انرژی، به احتمال زیاد، در سال‌های آینده افزایش می‌یابد، که این موضوع، سیاست‌های نظام مبنی بر بهینه‌سازی مصرف و کاهش

^{۱۱} تصویب شده در سال ۱۳۸۶.

^{۱۲} تصویب شده در سال ۱۳۸۸.

^{۱۳} تصویب شده در سال ۱۳۸۹.

^{۱۴} موضوع بند ج ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه

^{۱۵} اجرا شده از سال ۱۳۷۴.

^{۱۶} اجرا شده از سال ۱۳۷۹.

^{۱۷} تصویب شده در سال ۱۳۸۹.

^{۱۸} ابلاغ شده توسط رهبری در سال ۱۳۹۴.

^{۱۹} بندهای ۱۱، ۱۴ و ۱۶ از سرفصل امور اقتصادی.

شدت انرژی را برآورده نمی‌کند. از سویی، شاخص هدف تعیین شده (شدت انرژی)، خود حاصل کسر مصرف انرژی بر تولید ناخالص داخلی (GDP^{۲۰}) است که در این پایان‌نامه، سعی شده تمرکز روی مصرف انرژی باشد و از پرداختن به GDP صرف نظر شده است.

ایران، از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده انرژی، با در اختیار داشتن ۹,۳٪ از ذخایر جهانی نفت و ۱۸,۳٪ از ذخایر جهانی گاز طبیعی [۲۴]، و همچنین از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آن به حساب می‌آید. داده‌های ترازنامه انرژی نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ مصارف نهایی انرژی به طور متوسط سالیانه ۲,۸٪ افزایش یافته است [۴]؛ مصرف انرژی در سال‌های اخیر به قدری بالا بوده است که عدم کنترل این وضع، بنا به پیش‌بینی‌ها، منجر به برابری تولید انرژی و مصرف آن تا سال ۱۴۰۰ خواهد شد و تا کم‌تر از ده سال بعد، واردات انرژی به ایران از صادرات آن بیش‌تر خواهد شد [۵].

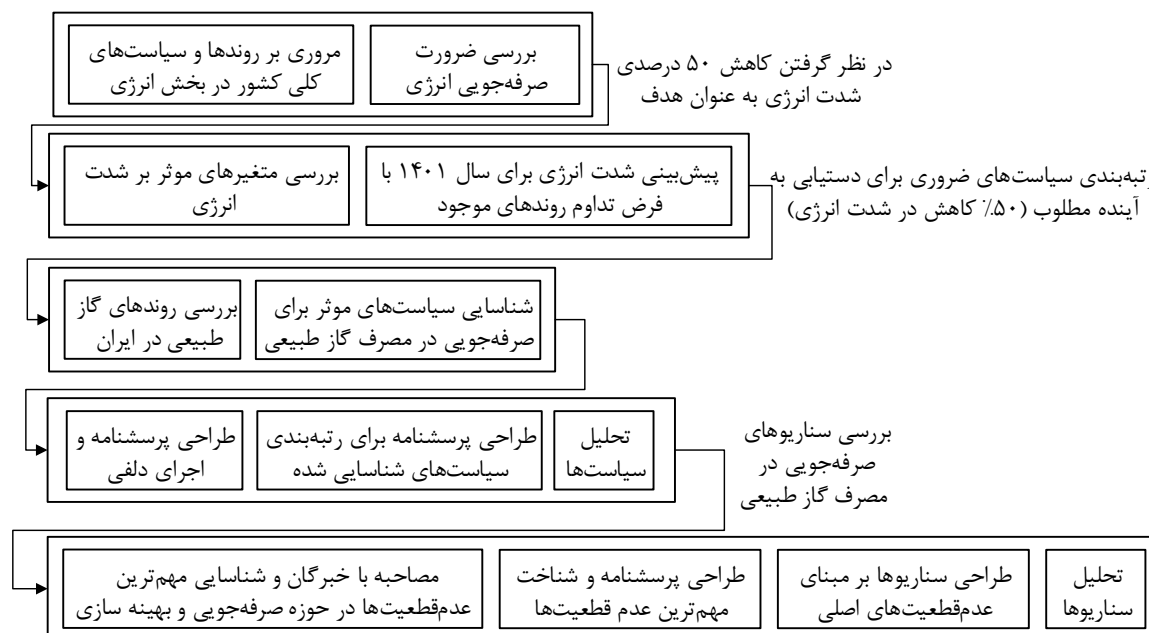
با نگاهی به آمار موجود، اهمیت بررسی گاز طبیعی در میان انواع انرژی‌ها آشکار می‌شود. گاز طبیعی در میان انواع مختلف سوخت‌ها به علت آلاینده‌گی حاصل از سوخت پایین، فراوانی پراکندگی ذخایر، هزینه‌ی استحصال کم، ارزش حرارتی زیاد و قیمت مناسب، اهمیت بالایی دارد؛ حجم بالای ذخایر گازی ایران، از یک طرف و آمار مصرف بالای گاز طبیعی در کشور، از طرف دیگر نیز بر اهمیت بررسی این نوع انرژی می‌افزاید. در سال‌های اخیر، به طور متوسط ۵۲,۶٪ از مصارف انرژی بخش‌های مختلف کشور، از منابع گازی تامین شده و متوسط سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی در این سال‌ها، ۵,۸ برابر سرانه مصرف گاز طبیعی در دنیا بوده است [۴].

به این ترتیب در ادامه، مطابق شکل ۱,۱، سیاست‌های مختلف، اعم از خرد یا کلان، درباره بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف گاز و میزان اثربخشی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت؛ هدف این بود که عمده‌ترین سیاست‌هایی که اتخاذ آن‌ها برای دستیابی به هدف مورد نظر در افق مورد بررسی (سال ۱۴۰۱) لازم است و نیز اولویت اتخاذ آن‌ها تعیین شود. برای ارائه این سیاست‌ها، پس از مطالعات کتابخانه‌ای، با استفاده از روش دلفی، از نظر خبرگان برای حصول اطمینان از اهمیت سیاست‌های انتخابی و شاخص‌های ارائه شده در انتخاب آن‌ها استفاده شد؛ چرا که مطالعات کتابخانه‌ای سیاست‌های پیشنهاد شده‌ای را ارائه می‌دهد که آزمایش نشده یا در کشورهای دیگر مورد آزمون قرار گرفته‌اند و ممکن است الزاما در ایران جواب ندهند و

^{۲۰} GDP: Gross Domestic Production

به همین دلیل، استفاده از نظر خبرگان با زمینه کاری یا پژوهشی مرتبط، مفید واقع می‌شود. برای نظرسنجی از خبرگان، از روش دلفی استفاده شد؛ این روش اگرچه از روش‌های کلاسیک آینده‌پژوهی به شمار می‌رود، اما به دلیل دید مناسبی که از موضوع به دست می‌دهد، وفاقی که بین سیاست‌گذاران ایجاد می‌کند، و کاربردی که پیش از استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری دارد، مورد استفاده قرار گرفت. دلفی در دو مرحله اجرا شد و پس از آن، از نتیجه دلفی برای تدوین پرسشنامه اولویت‌بندی سیاست‌ها به روش تصمیم‌گیری چندشاخصه تاپسیس (TOPSIS) استفاده شد. در پایان فصل چهارم، مجموعه‌ای از سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف گاز به ترتیب اولویت، برای دستیابی به هدف تعیین شده (کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی تا پایان سال ۱۴۰۱) ارائه شده‌اند.

در مرحله آخر از این پژوهش، پیشران‌های تعیین‌کننده آینده بهینه‌سازی مصرف گاز در کشور به شیوه مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان حاصل شدند و مجدداً از نظرخواهی از خبرگان برای اولویت‌بندی عدم‌قطعیت‌های کلیدی استفاده شد. در پایان، عدم‌قطعیت‌های اصلی که چارچوب سناریوها را تشکیل می‌دهند، حاصل شده و بر اساس آن سناریوهای آینده این موضوع در کشور و میزان برآورد هدف تعیین شده برای کاهش شدت انرژی استخراج شدند. این سناریوها تاثیر سیاست‌های خرد و کلان بر مصرف انرژی را مشخص کرده‌اند.



شکل ۱.۱ مسیر پروژه.

ضروری است این توضیح اضافه شود که در این پایان نامه، مقصود از سیاست‌های خرد صرفه‌جویی، سیاست‌هایی است که در آن‌ها بدون ایجاد تغییر در روش‌های موجود مصرف انرژی، از مردم انتظار می‌رود کم‌تر مصرف کنند؛ این سیاست‌ها متکی به تلاش مردم هستند و همت تک تک افراد جامعه برای دستیابی به صرفه‌جویی مد نظر است؛ در واقع، دولت تنها در تشویق افراد به انجام صرفه‌جویی مشارکت دارد و خود صرفه‌جویی حاصل بهبودهای جزئی رفتار تک تک افراد است. در مقابل، سیاست‌های کلان، سیاست‌هایی هستند که دولت با اجرای آن‌ها، ابزارها یا روش‌های جدیدی برای صرفه‌جویی ایجاد می‌کند که مردم به تنهایی قادر به ایجاد آن‌ها نیستند. این روش‌ها در برخی موارد طوری هستند که جایگزین روش‌های مصرف قبلی می‌شوند و افراد ناگزیر از استفاده از این روش‌ها هستند؛ در موارد دیگر، ظرفیتی ایجاد می‌شود که مردم همه از مسیر جدیدی پیروی کنند، اما امکان انتخاب برای مردم وجود دارد؛ در این شرایط می‌توان برای تاثیرگذاری بر انتخاب مردم، جذابیت‌های روش جدید را افزایش داد. در سیاست‌های کلان، بیش از آن که تلاش مردم برای صرفه‌جویی برجسته باشد، روش جدید پیشنهادی و جذابیت و اثرگذاری آن مهم است. در این سیاست‌ها، دولت مردم را در چارچوب جدیدی قرار می‌دهد و آن‌ها ناچارند که تبعیت کنند.

۲

فصل دوم

پیش‌بینی شدت انرژی

۱.۲ مقدمه

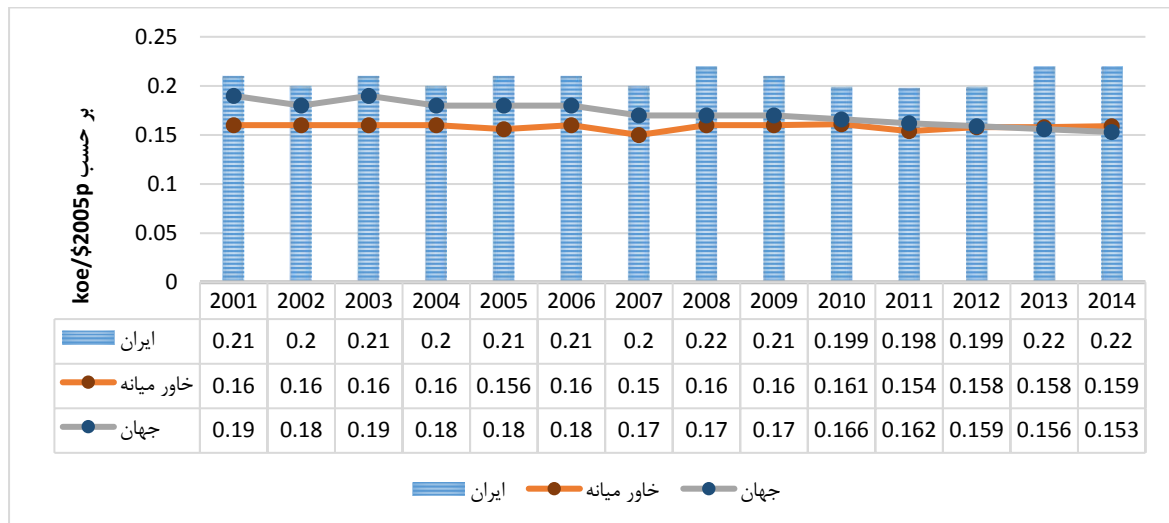
در این فصل، برای قضاوت درباره میزان پاسخگویی روندها و شرایط موجود به هدف کاهش شدت انرژی در کشور به نصف، و نیز نشان دادن اهمیت اتخاذ سیاست‌های صرفه‌جویانه در جهت دستیابی به این هدف، ابتدا مروری بر آمار مربوط به شاخص شدت انرژی در سطح ایران و جهان انجام گرفته است؛ سپس روش‌ها و متغیرهای پیش‌بینی با مروری بر تحقیقات انجام شده قبلی، معرفی شده و در انتها، پیش‌بینی با استفاده از روش مونت کارلو انجام شده و نتیجه آن، همراه با تحلیل‌های مربوطه آورده شده است.

۲.۲ معرفی شاخص شدت انرژی و ارائه آمار مربوط به آن

شدت انرژی و بهره‌وری انرژی از جمله شاخص‌های معتبر در بررسی کارایی مصرف انرژی هستند. در سطح کلان، بهره‌وری انرژی از تقسیم میزان تولید ناخالص داخلی به مقدار انرژی مصرفی و شدت انرژی از تقسیم میزان مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی حاصل می‌شود. درحالی‌که، متوسط شدت انرژی جهان^{۲۱}، $220/154 \text{ koe}/\$2005p$ می‌باشد، این رقم در کشور ایران $223 \text{ koe}/\$2005p$ است [۸]. این شاخص در اغلب کشورها، طی ۱۴ سال اخیر، روند کاهشی یا حداقل ثابت داشته است و میانگین رشد جهانی آن در سال ۲۰۱۵، درحالی‌که قیمت نفت از نیمه سال ۲۰۱۴ حدود ۶۰٪ کاهش یافته بود، به ۱٫۸٪ کاهش رسیده است که سه برابر میزان بهبود در فاصله سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ است [۳]. در ایران، مطابق شکل ۱،۲ با روندی تقریباً افزایشی مواجه بوده است و رشد متوسط سالیانه‌ای برابر ۱٫۰۸٪ در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ داشته است [۸].

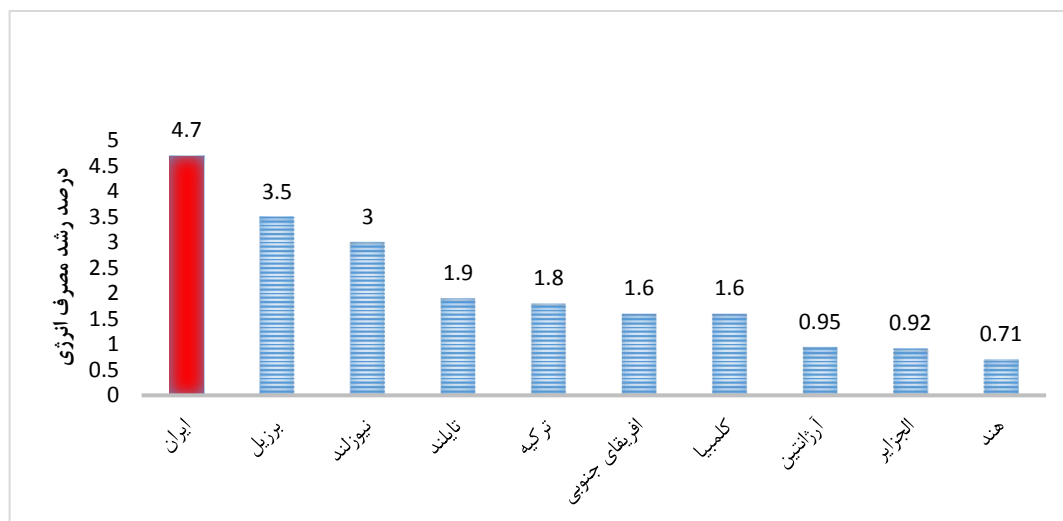
^{۲۱} در سال ۲۰۱۵

^{۲۲} $\text{koe}/\$2005p$ به مفهوم کیلوگرم معادل نفت خام مصرف شده به ازای ایجاد یک دلار تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۵ است: $\text{kg of oil equivalent per gdp at ppp (ppp: purchasing power parity)}$



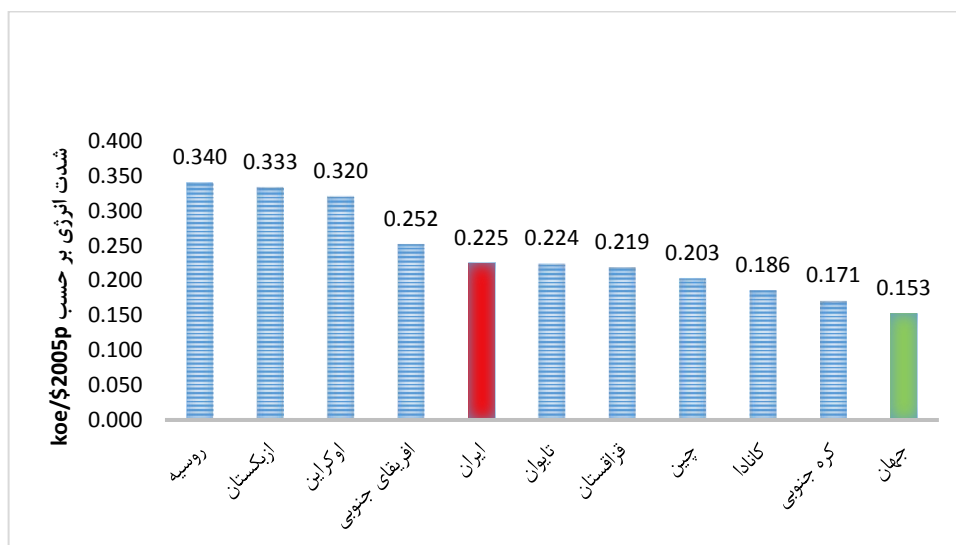
شکل ۱.۲ شدت انرژی ایران، خاورمیانه و جهان، [۸].

چنان که در شکل ۲،۲ ملاحظه می‌شود، رشد شدت انرژی در ایران از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ بیش‌ترین مقدار را در بین کشورها داشته است.



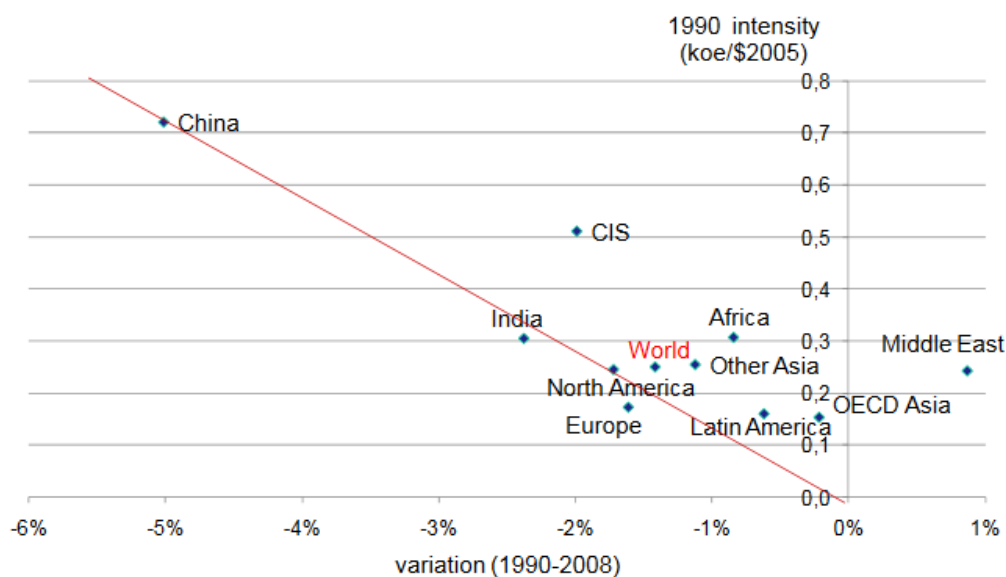
شکل ۲.۲ ده کشور با بیش‌ترین درصد رشد شدت انرژی در سال ۲۰۱۴، [۸].

مطابق شکل ۳،۲ نیز، در سال ۲۰۱۴، با اختلاف بالایی از میانگین جهانی، پنجمین کشور دنیا از نظر شدت انرژی محسوب می‌شود.



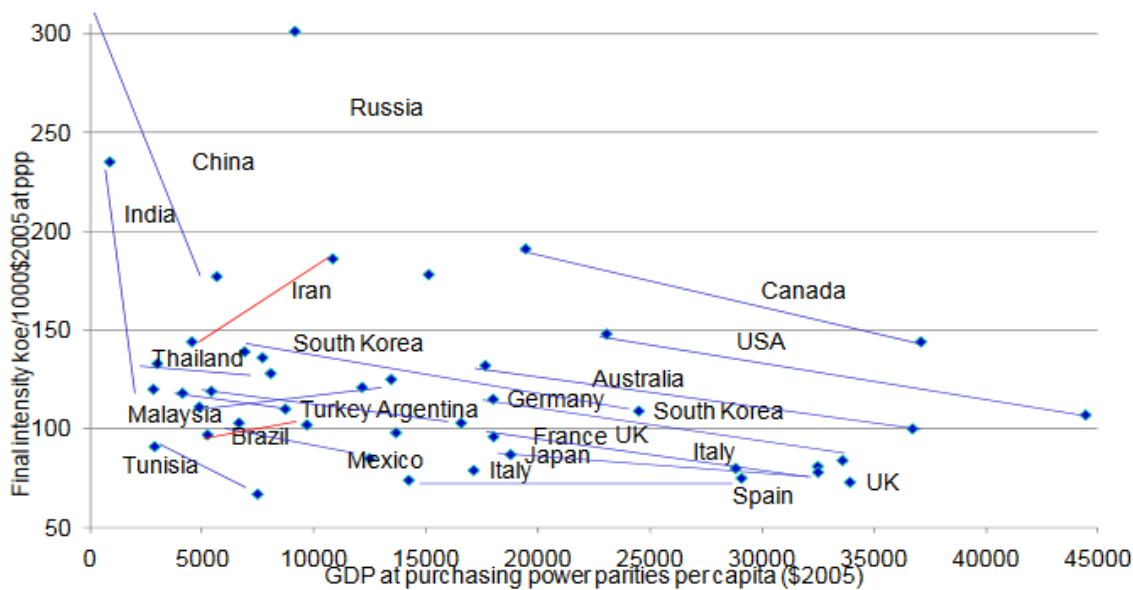
شکل ۳.۲ ده کشور با بیش‌ترین میزان شدت انرژی در سال ۲۰۱۴ و مقایسه با متوسط جهانی، [۸].

چنان‌که در شکل ۴.۲ نشان داده شده است، شاخص شدت انرژی در سال‌های اخیر، تنها در کشورهای خاورمیانه روند افزایشی داشته است.



شکل ۴.۲ شدت انرژی و تغییرات آن (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۸)، [۷].

آمار ارائه شده در شکل‌های فوق، به سختی قابل توجیه هستند؛ به ویژه، زمانی که تولید ناخالص داخلی ($GDP^{۲۳}$) کشور در کنار شدت انرژی مورد توجه قرار گیرد. شکل ۵،۲ نحوه تغییر شدت انرژی بر حسب تغییر در GDP سرانه کشورهای مختلف را نشان می‌دهد؛ در این شکل پیداست که بسیاری از کشورهای پیشرفته، هم در میزان GDP افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند و هم شدت انرژی را همزمان کاهش داده‌اند، به‌طوری که نرخ افزایش GDP بیش‌تر از نرخ افزایش مصرف انرژی بوده است؛ اما در ایران، افزایش نسبتاً کم GDP با افزایش نسبتاً زیاد شدت انرژی همراه بوده است.



شکل ۵،۲ تغییرات شدت انرژی (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۸) به ازای تغییر در GDP سرانه، [۷].

این به آن معناست که بخش بزرگی از این افزایش رشد مصرف انرژی، در بخش غیرتولیدی به مصرف رسیده است، چرا که استفاده از آن در صنعت و نیروگاه‌های برق، طبیعتاً تبدیل به تولید، عرضه کالا و افزایش GDP می‌شود؛ اما این اتفاق با شیبی رخ داده که بسیار کم‌تر از شیب رشد مصرف انرژی بوده است. آمار فوق برای آشنایی بیش‌تر با وضعیت شاخص شدت انرژی در ایران و جهان و لزوم کاهش آن ارائه شد؛ با توجه به تاکید سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی، بر بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی و مغایرت آن با افزایش به طور متوسط ۱،۰۸ درصدی شدت انرژی در ایران [۸]، بخش‌های بعدی این فصل با این هدف انجام شده‌اند که با پیش‌بینی شاخص شدت انرژی برای پنج سال آینده، نتیجه وضعیت مصرف

^{۲۳} GDP: Gross Domestic Production

فعلی انرژی را نشان داده و با برجسته کردن فاصله بین مقدار هدف این شاخص با مقدار پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۱ (۲۰۲۲ میلادی)، اهمیت اقدامات صرفه‌جویانه در جهت کاهش این شاخص را نشان دهند.

۳.۲ مروری بر پژوهش‌های انجام شده در مورد شاخص شدت انرژی

بسیاری از مطالعاتی که به شاخص شدت انرژی پرداخته‌اند، با تجزیه این شاخص به اجزا و عوامل آن، به دنبال شناخت رفتار آن بوده‌اند؛ شدت انرژی را می‌توان با بهبود بهره‌وری در استفاده از انرژی یا با کنار گذاشتن فعالیت‌های بسیار انرژی‌بر^{۲۴} (تغییر در ساختار فعالیت‌های اقتصادی)، کاهش داد. بهبود بهره‌وری به کاهش مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت‌های اقتصادی در یک بخش خاص (مثلاً صنعت) و ساختار فعالیت اقتصادی به ترکیب در حال تغییر فعالیت‌های اقتصادی با ثابت نگه داشتن بهره‌وری (تغییر از فعالیت‌های بسیار انرژی‌بر به فعالیت‌هایی که انرژی کم‌تری مصرف می‌کنند) گفته می‌شود.

در ایالات متحده آمریکا، با مطالعه داده‌های مصرف انرژی در سطح ایالتی بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۱، مشخص شد حدود ۷۵٪ بهبود ایجاد شده در شدت انرژی در سال‌های اخیر، حاصل بهبود در بهره‌وری بوده است. تجزیه و تحلیل در سطح ایالتی نشان داد که افزایش درآمد سرانه و قیمت‌های بالاتر انرژی نیز نقش بزرگی در کاهش شدت انرژی ایفا می‌کنند؛ که این دو عامل هم شدت انرژی را عمدتاً از طریق تغییر در بهره‌وری انرژی و نه تغییر در فعالیت‌های اقتصادی، تحت تاثیر قرار می‌دهند [۹]. پژوهش دیگری نیز که به همین روش و با داده‌های ۷۵ کشور طی ۴۰ سال انجام شد، نشان داد بهبود بهره‌وری توانسته است موجب کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی شدت انرژی شود و اثر ساختاری تاثیر مشخصی بر شدت انرژی نداشته است. تحلیل رگرسیون نیز نشان داده است درآمد سرانه، قیمت نفت، ترکیب انرژی‌های سوختی و رشد GDP عوامل اصلی شدت و بهره‌وری انرژی هستند؛ درحالی‌که این شاخص‌ها، ارتباط روشنی با فعالیت‌های اقتصادی ندارند [۱۰]. مقاله دیگری، اثر افزایش قیمت برق روی شدت برق را بررسی کرده است و بدین منظور از داده‌های پنل ۱۶ منطقه در کره جنوبی طی ۱۰۸ ماه استفاده کرده که نشان داده است افزایش قیمت برق در بلندمدت بر کاهش شدت برق اثرگذار است، اما در کوتاه‌مدت تاثیری ندارد؛ یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد مدیریت قیمت برق می‌تواند یک ابزار سیاست بالقوه برای بهبود شدت برق در بخش‌های ساخت کشور با قیمت‌های برق تحت کنترل دولت، باشد؛ باید توجه داشت افزایش قیمت برق

^{۲۴} Energy-Intensive Activities

ممکن است مانع بهره‌وری مصرف برق در بعضی از بخش‌های ساخت باشد؛ به این صورت که افزایش قیمت، بیش‌تر موجب کاهش خروجی تولید شود تا کاهش تقاضای برق [۱۱]. پژوهش‌های دیگری هم در این زمینه انجام شده‌اند که اثر قیمت انرژی بر کاهش نرخ رشد شدت انرژی نسبت به عوامل دیگری از قبیل هزینه سرمایه و نیروی کار را قابل توجه می‌دانند [۱۲]، [۱۳].

۴.۲ انواع مدل‌های پیش‌بینی‌کننده بر اساس متغیرهای مورد استفاده

مدل‌های ریاضی پیش‌بینی‌کننده، بر اساس متغیرهای استفاده شده در آن‌ها به دو دسته مدل‌های قطعی و مدل‌های غیرقطعی (تصادفی) تقسیم می‌شوند. مدل قطعی، مدلی است که در آن، نتایج از طریق روابط مشخص، به طور دقیقی تعیین می‌شوند و مقدار متغیرها قطعی بوده، هیچ تغییر تصادفی در توسعه حالات آینده سیستم درگیر نمی‌شود.

آینده نامشخص است و پیش‌بینی قطعی، تصویر ناقصی از آینده فراهم می‌کند؛ به همین دلیل، مدل مناسب جهت پیش‌بینی آینده، یک مدل غیرقطعی است. مدل غیرقطعی^{۲۵}، فرایندی تصادفی^{۲۶} است که با زمان رشد می‌کند؛ به عبارتی یک توالی زمانی است که تحول سیستمی متشکل از متغیری (هایی) که به صورت تصادفی تغییر می‌کند را نشان می‌دهد؛ مدل‌های تصادفی از بازه‌ای از مقادیر متغیرها به شکل توزیع احتمال استفاده می‌کنند. ورودی‌های تصادفی به خروجی‌های تصادفی (مدل‌های تصادفی بیش از یک خروجی دارند و بر محدودیت ایجاد تنها یک آینده غلبه می‌کنند) می‌انجامد و چون خروجی‌ها تصادفی‌اند، تنها می‌توان آن‌ها را برآوردهایی از پیش‌بینی واقعی آینده سیستم به‌شمار آورد. خروجی این سیستم‌ها به دلیل تصادفی بودن، بیش‌تر به واقعیت نزدیک است و در نتیجه مناسب‌تر است.

توسعه مدل پیش‌بینی نیاز به اتخاذ فرضیات خاصی درباره متغیرهای ورودی دارد. این فرضیات پیش‌بینی می‌شوند و امکان حصول اطمینان درباره آن‌ها وجود ندارد؛ اما بر اساس داده‌های تاریخی، تخصص در این زمینه یا تجربه‌های موجود گذشته، تخمین آن‌ها ممکن است. این تخمین، درحالی‌که برای توسعه مدل مفید است، دارای عدم قطعیت ذاتی و ریسک خواهد بود. به عدم قطعیت‌ها معمولاً به سه روش زیر پرداخته می‌شود:

^{۲۵} Stochastic Model

^{۲۶} Random Process

۱. تخمین‌های نقطه‌ای متغیرهای دارای عدم قطعیت که محتمل‌ترین مقدار آن‌ها را معرفی می‌کند؛ این روش، ساده‌ترین روش است، اما می‌تواند نتایج بسیار گمراه‌کننده داشته باشد.
 ۲. تخمین‌های بازه‌ای که معمولاً سه سناریو را محاسبه می‌کنند؛ بدترین سناریو، بهترین سناریو و محتمل‌ترین سناریو. این نوع تخمین، طیف وسیعی از نتایج را نشان می‌دهد، اما احتمال آن‌ها را مشخص نمی‌کند و با دادن وزن برابر به هر نتیجه، به ارزیابی احتمال آن‌ها اهمیت نمی‌دهد. به علاوه، این رویکرد تنها چند برآمد گسسته را نشان می‌دهد و صدها نتیجه دیگر را نادیده می‌گیرد.
 ۳. سناریوهای چه می‌شود اگر...^{۲۷} معمولاً بر اساس بازه‌ای از تخمین‌ها هستند و اثر متغیرهای قابل کنترل را بررسی می‌کنند. این نوع تجزیه و تحلیل وقت‌گیر است و نتیجه آن، تعداد زیادی داده خواهد بود [۱۴].
- تعیین احتمال دستیابی به نتایج در هیچ‌یک از سه روش اخیر وجود ندارد؛ روش پیش‌بینی دیگری که به عدم قطعیت‌ها می‌پردازد، روش مونت کارلو است که این امکان را فراهم می‌کند. یکی از نقاط قوت شبیه‌سازی مونت کارلو این است که امکان محاسبه ریسک در تجزیه و تحلیل کمی و تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. اجرای شبیه‌سازی مونت کارلو با استفاده از توزیع معلوم متغیرها که با توجه به داده‌های تاریخی آن‌ها حاصل شده است، اتفاق می‌افتد. توزیع‌های احتمال، تغییرات ممکن متغیرهای ورودی مدل را تعریف می‌کنند و شبیه‌سازی مونت کارلو برای محاسبه اثر عدم قطعیت در خروجی اصلی مدل، مورد توجه قرار می‌گیرد. سناریوهای شبیه‌سازی مونت کارلو نسبت به پیش‌بینی تاریخی، این برتری را دارند که گستره متنوع‌تری از سناریوها نسبت به داده‌های تاریخی که نتیجه محدود دارند را تامین می‌کنند.

۱.۴.۲ پیش‌بینی شدت انرژی به روش شبیه‌سازی مونت کارلو

آینده انرژی عدم قطعیت قابل توجهی دارد؛ تقاضا برای انرژی به عوامل زیادی بستگی دارد که با گذشت زمان به طور گسترده‌ای نوسان دارند و اندازه‌گیری آن‌ها دشوار است، از جمله رشد فعالیت اقتصادی (که با GDP اندازه گرفته می‌شود)، آب‌وهوا (که اثر آن با شاخص‌های HDD^{۲۸} و CDD^{۲۹} منعکس می‌شود)، جمعیت، پیشرفت تکنولوژی، قیمت انرژی و اقدامات مدیریت سمت تقاضا (DSM^{۳۰})؛ به علاوه، این موضوع

^{۲۷} What If ...?

^{۲۸} Heating Degree Days

^{۲۹} Cooling Degree Days

^{۳۰} DSM: Demand Side Management

از عوامل غیرعادی مثل اعتصاب، اختلافات تجاری، نوسان در بازار کالا و نیز رویدادهای جهانی همچون بحران اقتصادی، جنگ‌ها و انقلاب‌ها تاثیر می‌پذیرد [۱۵].

به منظور محاسبه توزیع احتمال شدت انرژی، لازم است عدم قطعیت داده‌های ورودی به عدم قطعیت خروجی‌ها منتقل شود. شبیه‌سازی مونت کارلو، که با تکیه بر نمونه‌گیری تصادفی مکرر برای به دست آوردن نتایج عددی، برای اولین بار در سال ۱۹۴۹ توسط متروپولیس^{۳۱} و اولام^{۳۲} معرفی شده است [۱۶]. یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای انتقال عدم قطعیت موجود در جنبه‌های مختلف یک سیستم، به خروجی پیش‌بینی شده است؛ به‌طوری‌که نتیجه آن، یک احتمال مشروط، یا به عبارتی، بیان کمی شانس وقوع یک حادثه (مثلاً شانس افزایش شدت انرژی به میزان معینی در سال آینده، ۵٪ است) است. گرایش به استفاده از روش‌های مونت کارلو زمانی بیش‌تر می‌شود که محاسبه پاسخ دقیق با کمک الگوریتم‌های قطعی، ناممکن یا ناموجه باشد.

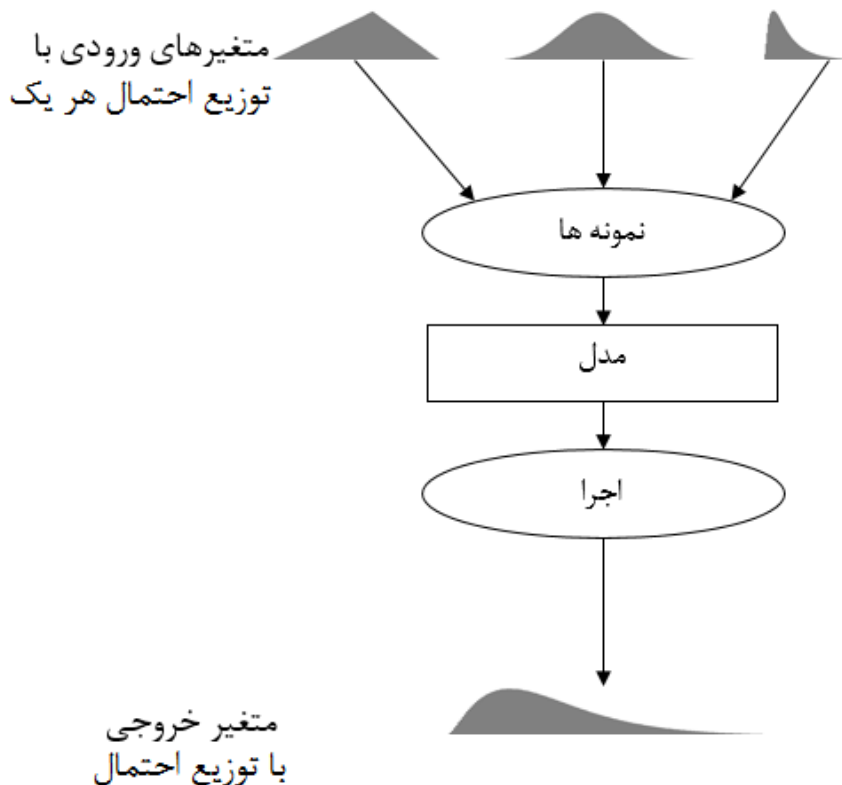
تنها یک روش مونت کارلو وجود ندارد، بلکه مونت کارلو به هر تکنیکی گفته می‌شود که از طریق نمونه‌سازی آماری، پاسخ‌های تقریبی برای مسائل کمی فراهم می‌کند؛ به هر حال، همه این رویکردها از الگوی مشخص زیر پیروی می‌کنند:

- ۱- محدوده‌ای از ورودی‌های ممکن تعریف می‌شود؛ به عبارتی، مطابق شکل ۶،۲، توزیع احتمال برای هر متغیر ورودی با توجه به داده‌های تاریخی مشخص می‌شود.
- ۲- با استفاده از توزیع عدم قطعیت ورودی‌ها، طیف وسیعی از ورودی‌های تصادفی ممکن برای شبیه‌سازی مسئله مشابه، نمونه‌سازی می‌شود (نمونه‌ها در شکل ۶،۲) [۱۷].
- ۳- با استفاده از ورودی‌های بدست آمده، محاسبات مشخصی برای به دست آمدن خروجی، انجام می‌شود (مدل در شکل ۶،۲)؛ در واقع، در شبیه‌سازی مونت کارلو، کل مدل به تعداد دفعات زیادی تحقق^{۳۳} می‌یابد (برای مثال ۱۰۰۰ بار). برای هر تحقق، تمام پارامترهای غیرقطعی نمونه‌برداری می‌شود (یعنی یک مقدار تصادفی از توزیع اختصاصی مربوط به هر پارامتر، انتخاب می‌شود).
- ۴- نتیجه اجراهای محاسباتی به صورت توزیع احتمال متغیر خروجی نشان داده می‌شود.

^{۳۱} Metropolis

^{۳۲} Ulam

^{۳۳} به هر بار اجرای سیستم شبیه‌سازی، تحقق (realization) سیستم گفته می‌شود.



شکل ۶.۲ شیوه عملکرد مدل مونت کارلو، [۱۴]، [۱۵].

۲.۴.۲ متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در مدل‌های پیش‌بینی شدت انرژی

شناخت عوامل موثر بر شدت انرژی به پیش‌بینی رفتار این شاخص کمک می‌کند؛ مطالعات بررسی شده در بخش ۳.۲، عمدتاً به بررسی اهمیت شاخص‌هایی چون قیمت انرژی، درآمد سرانه، نیروی کار و ... پرداخته بودند. پژوهش دیگری که توسط موسسه رند^{۳۴} انجام شد، این شاخص را، برای پیش‌بینی رفتار آینده آن در تمام بخش‌ها (خانگی، تجاری، صنعت، حمل‌ونقل)، به صورت موشکافانه‌تری مورد بررسی قرار داد؛ در این مطالعه، برای اندازه‌گیری شدت انرژی کلی کشور آمریکا با مدل شدت انرژی سالیانه، متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای احتمالاً اثرگذار بر شدت انرژی معرفی شدند:

متغیرهای آب‌وهوایی، متغیرهای رشد اقتصادی، جمعیت و آمار جمعیتی، متغیر کارایی انرژی، قیمت انرژی، متغیر تغییرات تکنولوژیکی و متغیر اقدامات و سیاست‌های دولت.

^{۳۴} Rand Corporation

سپس برای بعضی شاخص‌ها به طور دقیق‌تر، متغیرهای قابل اندازه‌گیری زیر معرفی شدند:

نسبت جمعیت بر $GSP^{۳۵}$ ، میانگین قیمت انرژی در بخش مسکونی، میانگین قیمت انرژی در بخش حمل‌ونقل، میانگین قیمت انرژی در بخش صنعت، میانگین قیمت انرژی در بخش تجارت، نسبت هر فوت مربع از فضای تجاری بر GSP ، درصد GSP از تولید انرژی بر GSP سرانه، شاخص روز درجه گرمایش یا روز درجه حرارت (HDD) برای روزهای گرم، و شاخص درجه روز سرمایش (CDD) برای روزهای سرد، و در انتها از روش رگرسیون برای پیش‌بینی شدت انرژی امریکا در سال‌های آینده استفاده شد [۱۸].

در مدلی که شرکت آب و برق BC در کانادا برای پیش‌بینی مصرف انرژی انجام داده است، عدم قطعیت‌های کلیدی عبارت‌اند از: تعداد مشترکین و میزان مصرف به ازای هر مشترک، درآمد، GDP ، میزان خرده-فروشی، وضعیت اشتغال، ساخت مساکن جدید، جمعیت، آب‌وهوا، قیمت برق و قیمت گاز طبیعی؛ همچنین، اثر آب‌وهوا روی مصرف انرژی با استفاده از شاخص روز درجه حرارت (HDD) مشخص شده است؛ این مدل با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو، شدت انرژی را برای ۲۰ سال آینده پیش‌بینی کرده است [۱۵].

پژوهش دیگری در چین به منظور تعیین پتانسیل کاهش شدت انرژی با استفاده از روش مونت کارلو، انجام شد، که در آن از متغیرهای شدت $R\&D^{۳۶}$ ، بهره‌وری نیروی کار، اندازه شرکت‌ها و قیمت انرژی برای مدلسازی شدت انرژی استفاده شده بود [۱۹].

در این قسمت، برای تعیین متغیرهای مدل پیش‌بینی‌کننده، مطابق مطالعات موجود و نیز دسترسی به متغیرها عمل شد و در نتیجه، متغیرهای زیر انتخاب شدند، مرجع هر یک از این متغیرها در جدول ۱، ۲ نشان داده شده‌اند:

۱- رشد اقتصادی (که با GDP سنجش می‌شود)؛

۲- قیمت انرژی (که ترکیب وزن‌داری از قیمت برق، گاز و نفت است که به ترتیب ۱۳، ۷۰ و ۱۶ درصد مصرف نهایی انرژی در ایران از سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ را تشکیل می‌دهند [۴])؛

۳- آب‌وهوا (که با شاخص‌های HDD و CDD سنجیده می‌شود)؛

^{۳۵} تولید ناخالص ایالت یا GSP : Gross State Production

^{۳۶} Research & Development

۴- متغیرهای جمعیتی/اقتصادی: درآمد متوسط خانوار، جمعیت، بیکاری و تورم؛

جدول ۱.۲ متغیرها و مرجع هر یک.

ردیف	نام متغیر	منبع داده
۱	شدت انرژی	[۸]
۲	GDP	[۲۰]
۳	قیمت انرژی	[۴]
۴	شاخص‌های آب‌وهوایی HDD و CDD	وبسایت سازمان هواشناسی کشور ^{۳۷}
۵	تورم	[۲۰]
۶	بیکاری	[۲۰]
۷	جمعیت	[۲۰]
۸	درآمد	[۲۰]

۳.۴.۲ نتیجه اجرای مدل شبیه‌سازی مونت کارلو

عدم قطعیت در متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در دوره پیش‌بینی، منبع اصلی خطا در پیش‌بینی است. برای تخمین توزیع شدت انرژی در آینده و برآورد حدود بالا و پایین عدم قطعیت از روش مونت کارلو استفاده می‌شود. هدف از شبیه‌سازی، کمی کردن عدم قطعیت موجود در مدل‌های پیش‌بینی است [۱۵]. با استفاده از تکنیک مونت کارلو ابتدا توزیع احتمال نرخ تغییر سالیانه متغیرهای مستقل شناسایی و سپس با بازه‌ای از مقادیر تصادفی جایگزین می‌شود؛ بعد از آن، مقدار محتمل آینده هر متغیر مستقل و توزیع احتمال آن محاسبه می‌شود و در پایان، توزیع احتمال متغیر وابسته تخمین زده می‌شود [۱۹]؛ در واقع، دو قسمت اصلی که مونت کارلو ارائه می‌دهد، مقدار ممکن نرخ تغییر سالیانه هر متغیر مستقل در آینده و احتمال مربوط به آن است [۲۱].

به طور دقیق‌تر، مراحل اجرای روش مونت کارلو جهت پیش‌بینی شدت انرژی، طی شد، به شرح زیر هستند:

آخرین بازدید: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵؛ <http://irimo.ir/far/>؛^{۳۷}

۱.۳.۴.۲ شناسایی فاکتورهای علی اصلی برای استفاده در مدل پیش‌بینی‌کننده^{۳۸}

در میان روش‌های پیش‌بینی، از روش رگرسیون برای تخمین مدل پیش‌بینی‌کننده استفاده شد. در حالت ایده‌آل، در مسئله رگرسیون به ازای هر متغیر بهتر است ۲۰ مشاهده^{۳۹} وجود داشته باشد؛ اما در حالت کلی، به ازای هر متغیر، تعداد ۵ مشاهده قابل قبول است [۶]. به دلیل محدودیت تعداد متغیرهای مدل رگرسیون، از میان متغیرهای نام برده شده در جدول ۱، ۲، تعداد ۳ متغیر انتخاب شد که بیش‌ترین همبستگی را با شدت انرژی داشتند. این متغیرها عبارت‌اند از تورم، بیکاری و جمعیت و R^2 مربوط به آن‌ها برابر ۰,۷۲۲۷ و قابل قبول بود.

۲.۳.۴.۲ تعیین رابطه ریاضی مناسب بین متغیرهای ورودی و متغیر خروجی (مدل پیش‌بینی‌کننده)

در این قسمت از رگرسیون خطی برای تعیین مدل پیش‌بینی‌کننده استفاده شد؛ نتیجه استفاده از سه متغیر تعیین شده در مرحله قبل برای این مدل، در جدول ۲، آمده است:

جدول ۲.۲ ضرایب متغیرها در مدل پیش‌بینی‌کننده.

نام متغیر	ضریب	خطای استاندارد
تورم	۰,۰۰۰۷۰۷۴۸۸	۰,۰۰۰۲۳۸۸۸۴
جمعیت	۲,۲۵۳۷۸E-۰۹	۴,۱۳۴۹۴E-۱۰
بیکاری	۰,۰۰۲۵۵۲۸۶۹	۰,۰۰۰۸۳۵۴۸۲
عرض از مبدا	۰,۰۰۲۸۰۲۶۴۳	۰,۰۳۴۷۲۱۱۹۲

۳.۳.۴.۲ تخصیص تابع توزیع احتمال به متغیرهای ورودی و اجرای مدل

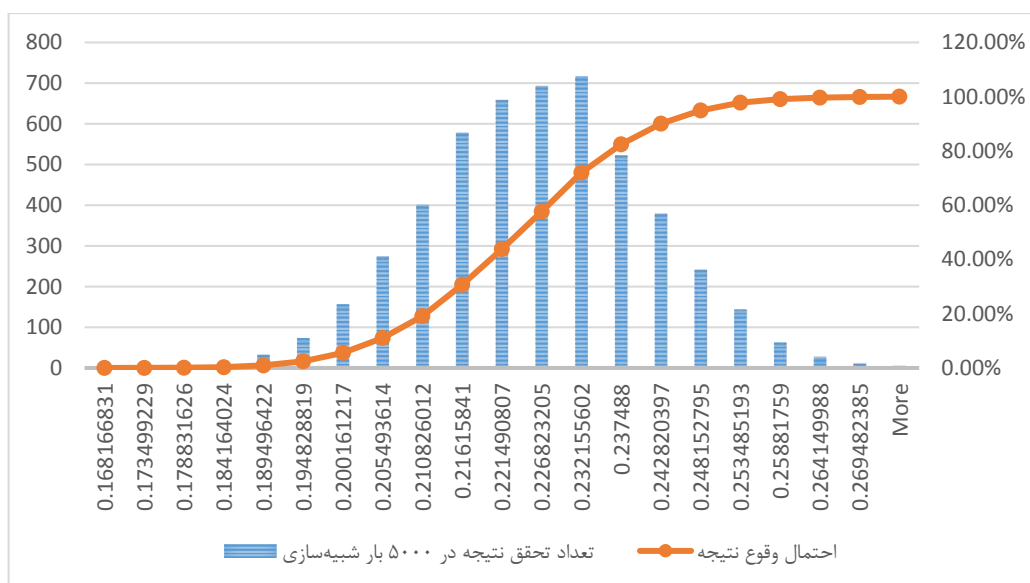
متغیری که با روش مونت کارلو پیش‌بینی می‌شود، اغلب ارزش آتی از پیش مشخصی ندارد و لازم است به شکلی کارآمدتر از شیوه‌های معمول، پیش‌بینی شود. این پیش‌بینی، نیازمند مدلی با توانایی تفکیک دو قسمت تعیین‌پذیر و تصادفی می‌باشد که در آن، ویژگی‌های قسمت دوم نظیر نوع توزیع احتمال، میانگین

^{۳۸} Forecasting Model

^{۳۹} Record

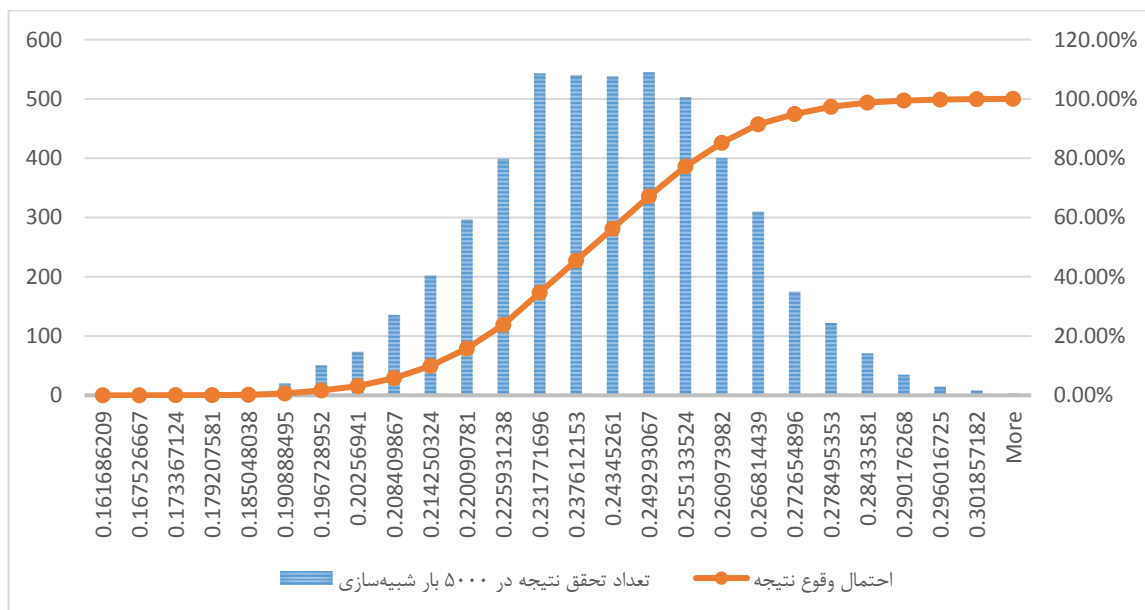
و واریانس نیز معرفی شده باشد؛ سپس این مدل طراحی شده برای محاسبه پیش‌بینی‌ها به کار گرفته می‌شود. شبیه‌سازی روشی است که از طریق آن می‌توان رفتاری مشابه قسمت تصادفی الگوی طراحی شده را ایجاد کرد؛ به این ترتیب، امکانی فراهم می‌شود که پیش‌بینی به همراه درجه اطمینان و به عبارتی درجه ریسک آن قابل محاسبه شود [۲۲]. قسمت تعیین‌پذیر در واقع، روند رشد ثابت متغیر طی سالیان گذشته است و شبیه‌سازی قسمت تصادفی، بازه‌ای از نوسان‌های تصادفی ممکن برای نرخ رشد سالیانه متغیرهای مستقل و دارای عدم قطعیت را ارائه می‌دهد [۱۶]، [۱۹].

بعد از تخصیص تابع توزیع احتمال به نرخ رشد سالیانه متغیرهای منتخب (که همگی دارای توزیع نرمال فرض شدند؛ چرا که بنا به تجربه متغیرهای اقتصادی اغلب دارای توزیع نرمال هستند [۱۹]) و ۵۰۰۰ بار اجرای مدل (عدد خاصی برای تعداد دفعات شبیه‌سازی مونت کارلو معرفی نمی‌شود و حداقل تعداد تحقق‌ها ۱۰۰۰ بار در نظر گرفته می‌شود؛ اما گفته می‌شود هرچه تعداد تحقق سیستم بیش‌تر باشد، دقت شبیه‌سازی بالاتر است؛ در اینجا تعداد دفعات شبیه‌سازی بر اساس مراجع [۱۶]، [۱۹] انتخاب شده است)، بر مبنای رابطه تعیین شده در مرحله ۲.۳.۴.۲، نتایج زیر برای پیش‌بینی شدت انرژی حاصل شد؛ منظور از اجرای مدل، تولید تعداد زیادی نمونه تصادفی از توزیع‌های احتمال ورودی‌ها و استفاده از هر نمونه به عنوان یک ورودی است؛ که نتیجه ۵۰۰۰ بار اجرای مدل، به صورت توزیع متغیر خروجی (شدت انرژی) در شکل ۷،۲ و شکل ۸،۲ نشان داده شده است؛ در این شکل‌ها، چنان‌که ملاحظه می‌شود علاوه بر نمودار فراوانی، نمودار فراوانی تجمعی شدت انرژی نیز نشان داده شده است:



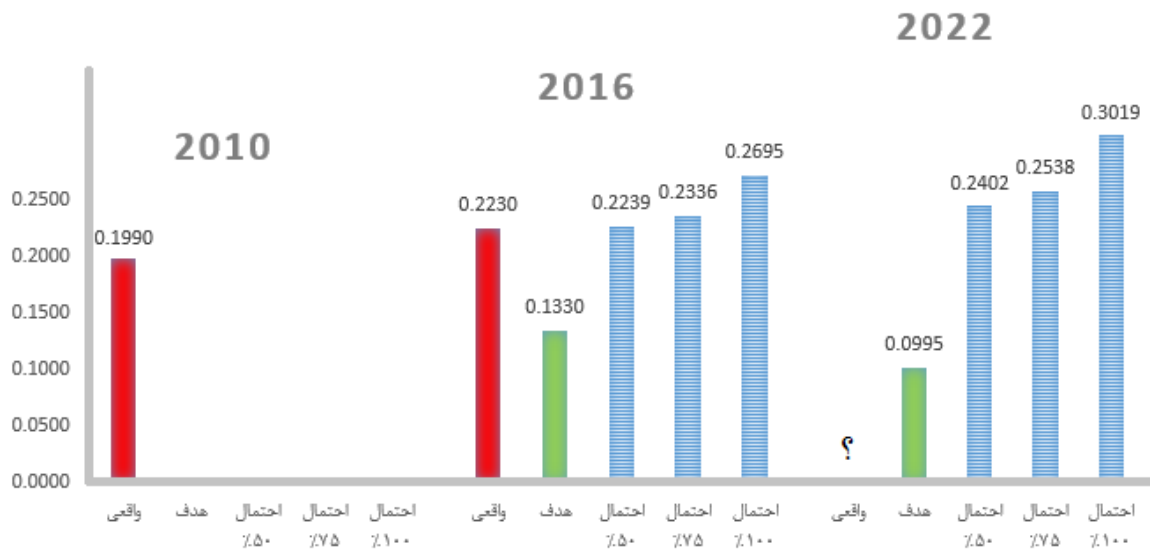
شکل ۷.۲ پیش‌بینی شدت انرژی سال ۲۰۱۶- بر حسب $\text{koe}/\$2005\text{p}$

انتظار می‌رود با فاصله گرفتن از زمان حال، عدم قطعیت افزایش یابد [۱۵] و این موضوع در نمودارها نیز مشهود است؛ به این ترتیب که پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۲ نسبت به پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۶، در محور افقی گسترده‌تر شده است و بازه بزرگتری را پوشش می‌دهد.



شکل ۸.۲ پیش‌بینی شدت انرژی سال ۲۰۲۲- بر حسب $\text{koe}/\$2005\text{p}$

شکل ۹،۲ برای روشن‌تر کردن وضعیت رشد شدت انرژی در سال‌های آینده آورده شده است؛ در این شکل، با توجه به این‌که سیاست مشخصی در سال ۲۰۱۶ نسبت به کاهش شدت انرژی در ایران، اتخاذ نشده است، فرض شده مقدار واقعی شدت انرژی در این سال، برابر این مقدار در سال ۲۰۱۵ یعنی ۰،۲۲۳۰ $\text{koe}/\$2005\text{p}$ باشد. این شکل نشان می‌دهد تداوم روندهای فعلی، چگونه باعث شده‌اند در سال ۲۰۱۶، مقدار واقعی شدت انرژی دور از مقدار هدف آن باشد؛ ادامه وضعیت موجود، به همین ترتیب باعث افزایش شدت انرژی در سال ۲۰۲۲ شده و بیش از دو برابر از مقدار هدف فاصله ایجاد خواهد شد.



شکل ۹.۲ روند افزایشی پیش‌بینی‌شده برای شدت انرژی تا سال ۲۰۲۲.

حتی اگر شدت انرژی پیش‌بینی‌شده با احتمال ۵۰٪ نیز برای سال ۲۰۲۲ به وقوع بپیوندد، نسبت به سال ۲۰۱۶، ۷۷٪ رشد شدت انرژی اتفاق خواهد افتاد؛ این اتفاق مطلوب نیست و برای جلوگیری از این امر باید یا GDP افزایش یابد (با نرخ بیش از نرخ افزایش مصرف انرژی) یا مصرف انرژی کاهش یابد. در اینجا برای ادامه کار فرض می‌شود رشد GDP کشور، طی پنج سال آینده به طور متوسط و مطابق پیش‌بینی‌ها، معادل ۴٫۲۳٪^{۴۰} طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ باشد [۲۳]. با توجه به این میزان رشد در GDP، مصرف انرژی باید پاسخگوی کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی، به نوبه خود، باشد؛ یعنی با حدود ۴۸٪ کاهش، منجر به کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی شود؛ بنابراین، با توجه به تمرکز تحقیق حاضر بر گاز طبیعی، این نوع انرژی هم باید پاسخگوی این هدف بوده و حداقل ۴۸٪ کاهش در مصرف آن ایجاد شود. در فصل سوم، بررسی خواهد شد که چه روش‌هایی برای بهینه‌سازی مصرف گاز وجود دارد.

^{۴۰} مطابق پیش‌بینی وبسایت آماری statista برای GDP ایران طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰.

فصل سوم

سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز

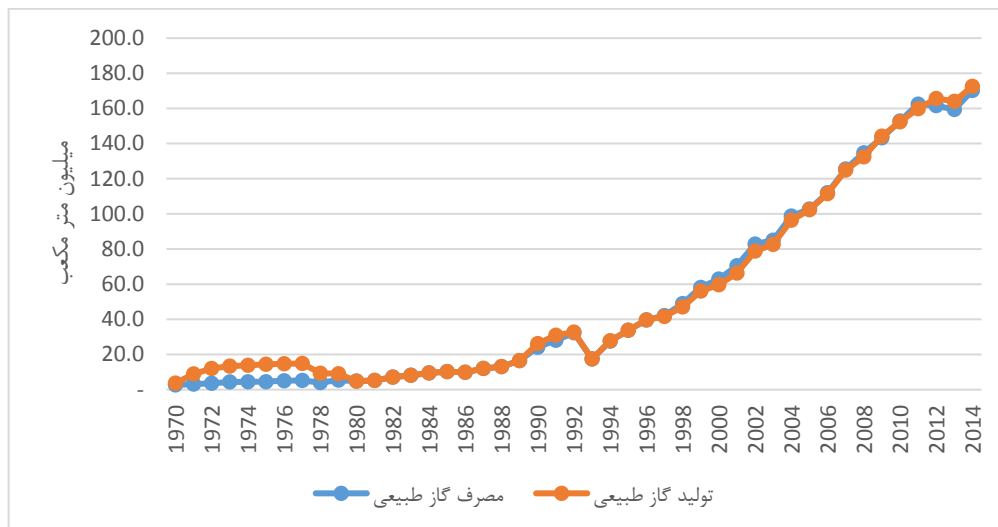
۱.۳ مقدمه

در این فصل، ابتدا اهمیت پرداختن به گاز طبیعی در پژوهش پیش رو بررسی شده است و سپس انواع سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز، با مرور ادبیات موجود، معرفی شده و تاثیر آن‌ها بر کاهش مصرف انرژی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از این فصل، این است که عمده‌ترین سیاست‌هایی که اتخاذ آن‌ها برای دستیابی به هدف مورد نظر در افق مورد بررسی (سال ۱۴۰۱) لازم است، تعیین شود.

۲.۳ اهمیت صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی

ایران، از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده انرژی، با در اختیار داشتن ۹,۳٪ از ذخایر جهانی نفت و ۱۸,۳٪ از ذخایر جهانی گاز طبیعی [۲۴]، و همچنین از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آن به حساب می‌آید. داده‌های ترازنامه انرژی نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ مصارف نهایی گاز به طور متوسط سالیانه ۲,۸٪ افزایش یافته است [۴]؛ مصرف انرژی در سال‌های اخیر به قدری بالا بوده است که عدم کنترل این وضع، بنا به پیش‌بینی‌ها، منجر به برابری تولید انرژی و مصرف آن تا سال ۱۴۰۰ خواهد شد و تا کمتر از ده سال بعد، واردات انرژی به ایران از صادرات آن بیش‌تر خواهد شد [۵].

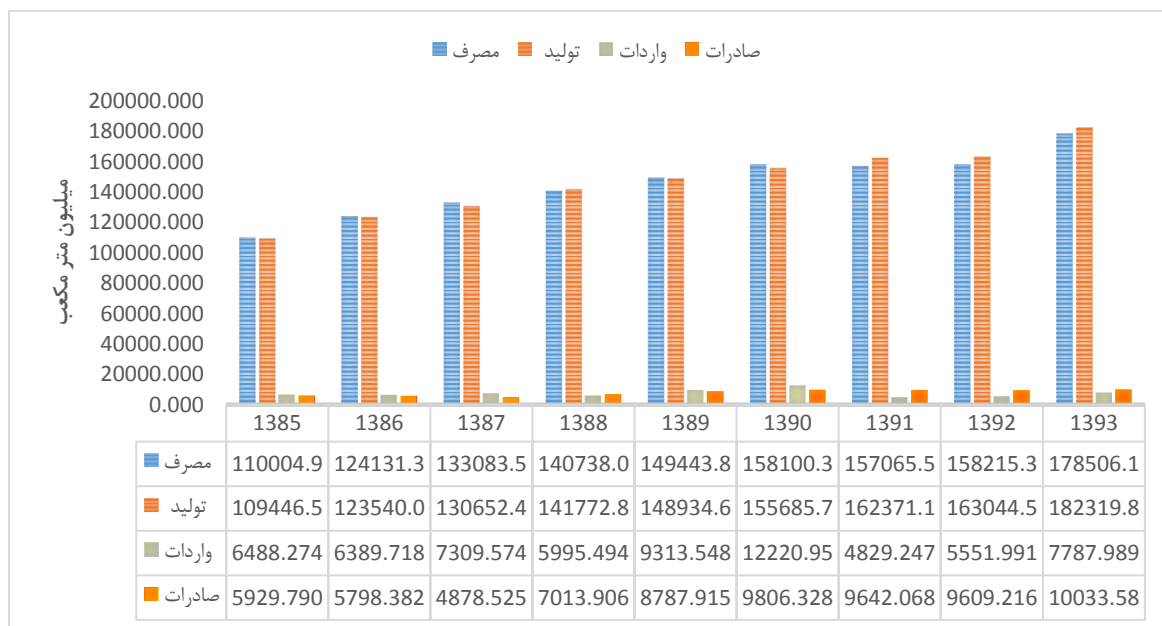
با نگاهی به آمار موجود، اهمیت بررسی گاز طبیعی در میان انواع انرژی‌ها آشکار می‌شود. گاز طبیعی در میان انواع مختلف سوخت‌ها به علت آلاینده‌گی حاصل از سوخت پایین، هزینه‌ی استحصال کم، ارزش حرارتی زیاد و قیمت مناسب، اهمیت بالایی دارد و به عنوان سوخت برتر قرن بیست و یکم شناخته می‌شود. رتبه نخست ایران از نظر ذخایر گازی در جهان، از یک سو و آمار مصرف بالای گاز طبیعی در کشور، از سوی دیگر نیز بر اهمیت بررسی این نوع انرژی می‌افزاید. در سال‌های اخیر، به طور متوسط ۵۲,۶٪ از مصارف انرژی بخش‌های مختلف، از منابع گازی تامین شده و متوسط سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی در این سال‌ها ۵,۸ برابر سرانه مصرف گاز طبیعی در دنیا بوده است [۴]. شکل ۱,۳ وضعیت تولید و مصرف گاز طبیعی در ایران را نشان می‌دهد؛ چنان که ملاحظه می‌شود، از سال ۱۹۸۰ میلادی به بعد، تقریباً هر چقدر گاز طبیعی در ایران تولید شده است، در داخل کشور به مصرف رسیده است.



شکل ۱.۳ وضعیت تولید و مصرف گاز طبیعی در ایران، [۲۴].

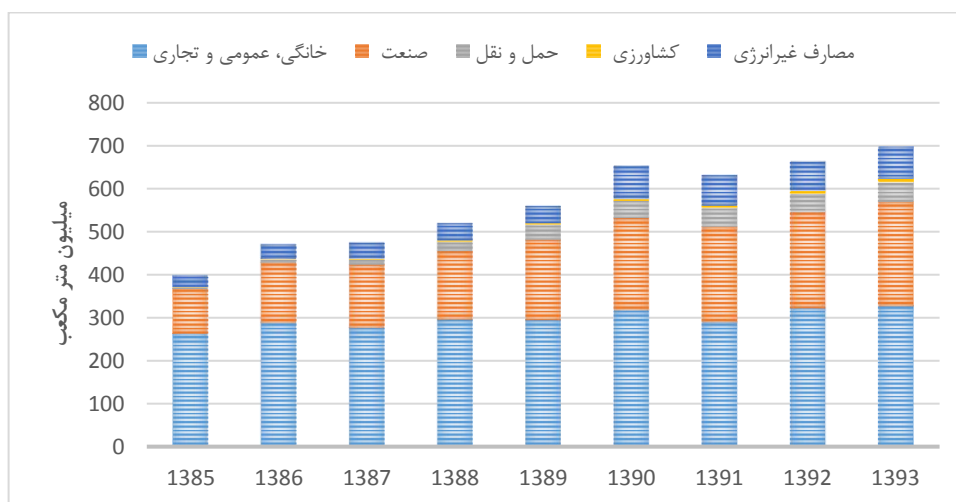
برنامه‌ریزی تخصیص گاز به طور کلان حول سه موضوع استوار است: مصرف داخلی (خانگی، تجاری، صنعتی و نیروگاهی)، تزریق به مخازن نفت برای افزایش برداشت، و صادرات [۲۵]؛ اما، چنان که در شکل ۱،۳ ملاحظه می‌شود مصرف گاز در ایران، همپای تولید آن در سال‌های اخیر افزایش داشته و از دو موضوع دیگر دور مانده است.

در شکل ۲،۳ میزان صادرات و واردات هم گنجانده شده است و مربوط به سال‌های اخیر است؛ برابری نسبی تولید و مصرف، و نیز حجم پایین صادرات گاز برای کشوری که دارنده بیش‌ترین ذخایر گازی دنیاست، منطقی به نظر نمی‌رسد.



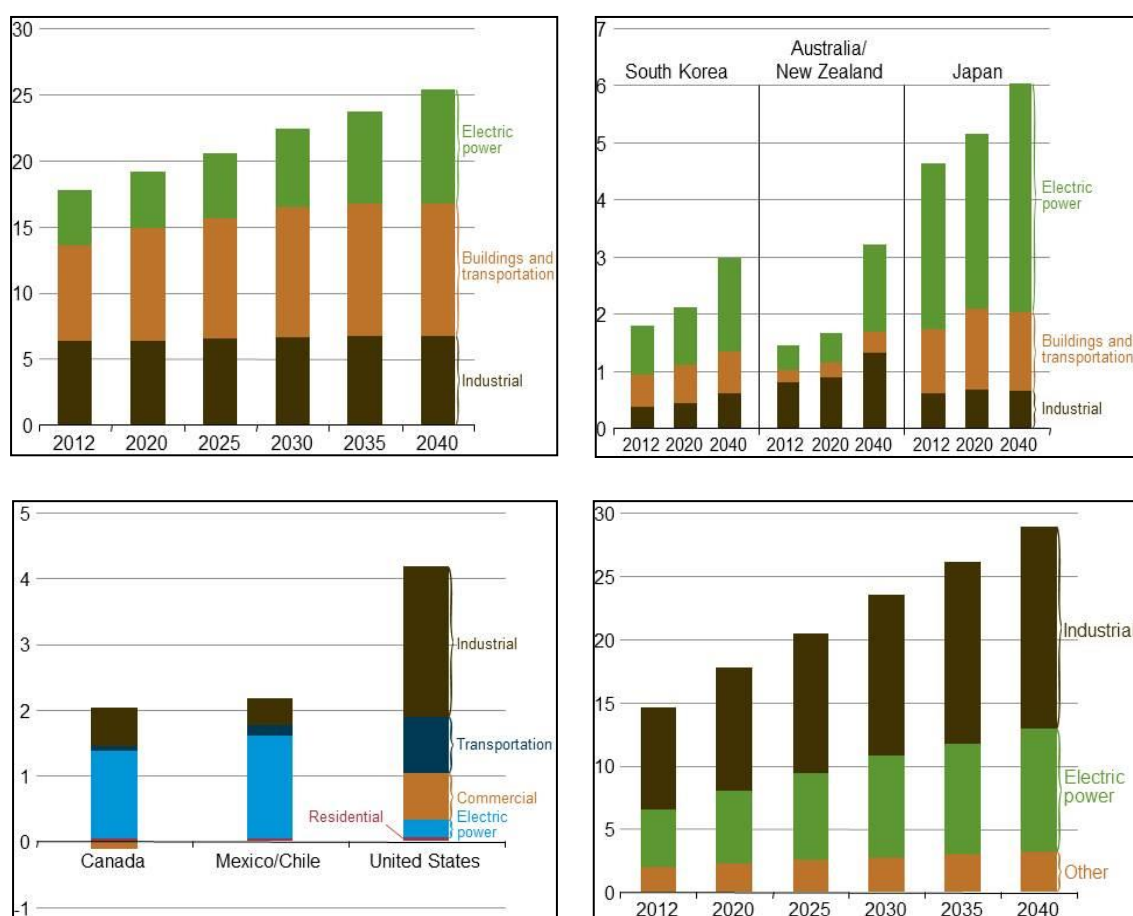
شکل ۲.۳ وضعیت تولید، مصرف، صادرات و واردات گاز طبیعی در ایران، [۴].

به خصوص این که چنان که در شکل ۳،۳ نشان داده شده است، بیش از نیمی از مصارف نهایی گاز را مصارف عمومی و خانگی، یعنی بخش غیرتولیدی، تشکیل می‌دهد و این میزان مصرف گاز در جهت تولید بیش‌تر GDP نیست؛ این موضوع، بر خلاف روند کشورهای توسعه‌یافته است که بیش‌ترین مصرف گاز را در صنعت یا نیروگاه‌ها برای تولید برق دارند [۲۵].



شکل ۳.۳ نسبت مصارف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف در ایران، [۴].

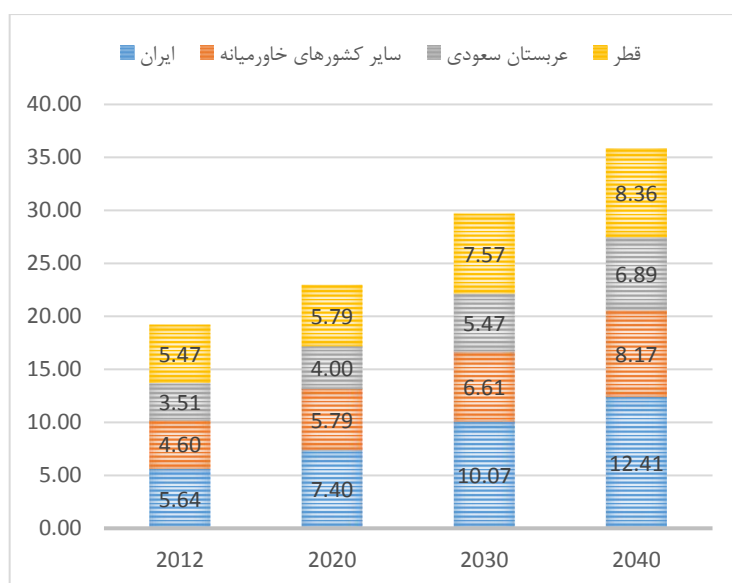
متأسفانه بر خلاف اکثر کشورهای دنیا که امروزه از نظر صنعتی به گاز طبیعی، به عنوان سوخت پاک، بیش از پیش توجه دارند، در ایران روند افزایشی قابل توجهی برای مصارف صنعتی گاز مشاهده نمی‌شود. شکل ۴.۳ نسبت مصارف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف کشورهای OECD و کشورهای خاورمیانه را نشان می‌دهد.



شکل ۴.۳ نسبت مصارف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف کشورهای OECD آسیا، OECD اروپا، OECD امریکا و کشورهای خاورمیانه، [۲۶].

چنان‌که مشاهده می‌شود بر خلاف توانمندی بالای ایران در بخش گاز طبیعی، تقریباً تمام گاز تولید شده، به مصرف می‌رسد و این مسئله، لزوم بهینه‌سازی مصرف گاز را روشن می‌سازد؛ به خصوص که مطابق

پیش‌بینی EIA^{۴۱}، در شکل ۵،۳، ایران در سال‌های آینده با اختلاف بالایی از رقبای خاورمیانه خود، از بزرگترین تولیدکنندگان گاز خواهد بود. گاز صرفه‌جویی شده می‌تواند به شکل‌های مختلفی از جمله صادرات مورد استفاده مجدد قرار بگیرد.



شکل ۵.۳ پیش‌بینی تولید گاز طبیعی در کشورهای خاورمیانه (بر حسب تریلیون فوت مکعب)، [۲۶].

۳.۳ سیاست‌های صرفه‌جویی موجود در مطالعات قبلی

در این بخش به بررسی سیاست‌های صرفه‌جویی در مطالعات مختلف از کشورهای مختلف جهان و درباره بخش‌های مختلف مصرف‌کننده گاز پرداخته شده است.

مطابق شکل ۳،۳ مصرف گاز در بخش کشاورزی بسیار ناچیز و تنها ۰.۵۸٪ از کل مصارف گاز در بخش‌های مختلف را تشکیل داده است؛ به دلیل ناچیز بودن این مقدار، از بررسی راهکارهای صرفه‌جویی و بهینه‌سازی در این بخش صرف نظر شده است.

در ۹ سال اخیر (از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۳)، مصرف گاز در بخش خانگی ۵۴٪ از کل مصارف گاز در بخش‌های مختلف را به خود تخصیص داده است [۴]. در پرمصرف‌ترین بخش، به بررسی مصرف گاز برای

^{۴۱} EIA: Energy Information Administration

گرمایش محیط پرداخته شده است. در این بخش، لوازم خانگی، اگرچه برق مصرف می‌کنند؛ اما، در یک سیستم بزرگ‌تر، این برق از سوختن گاز حاصل می‌شود. به دلیل پیچیدگی زیاد در نظر گرفتن سیستم به این صورت و انجام محاسبات، از این مورد نیز صرف نظر شده است؛ تنها ذکر این نکته در این مورد لازم است که کاهش مصرف برق لوازم خانگی به صورت غیرمستقیم موجب کاهش مصرف گاز برای تولید برق می‌شود.

مصرف گاز در بخش صنعت ۳۲٪ از کل مصارف گاز در بخش‌های مختلف را به خود تخصیص داده است [۴]. در بخش صنعت، از مهم‌ترین سیاست‌های موثر بر صرفه‌جویی انرژی، اهمیت انجام ممیزی‌های مکرر و مرتب انرژی (به کمک شرکت‌های ESCO) است. همچنین تاکید بر صنایع سنگین انرژی‌بر یا تاکید بر صنایع سبک با تکنولوژی بالا و صنایع خدماتی [۲۸] با ارائه مشوق‌های مالی توسط دولت‌ها، می‌تواند به عنوان سیاست مهم دیگری مد نظر قرار بگیرد.

مصرف گاز در بخش حمل‌ونقل ۵٪ از کل مصارف گاز در بخش‌های مختلف را به خود تخصیص داده است [۴]؛ مهم‌ترین سیاست‌های موثر بر صرفه‌جویی در مصرف گاز در بخش حمل‌ونقل نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

به علاوه، مصارف گاز نیروگاه‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته و سیاست‌های مربوط به صرفه‌جویی در نیروگاه‌ها هم بررسی شده‌اند؛ سپس سیاست‌های مورد بررسی در دسته‌بندی خرد یا کلان ارائه شده‌اند:

۱.۳.۳ سیاست‌های کلان

سیاست‌های کلان، سیاست‌هایی هستند که دولت با آن سیاست‌ها، ابزارها یا روش‌های جدیدی برای صرفه‌جویی ایجاد می‌کند که مردم به تنهایی قادر به ایجاد آن‌ها نیستند. این روش‌ها در برخی موارد طوری هستند که جایگزین روش‌های مصرف قبلی می‌شوند و افراد ناگزیر از استفاده از این روش‌ها هستند؛ در موارد دیگر، ظرفیتی ایجاد می‌شود که مردم همه از مسیر جدیدی پیروی کنند، اما امکان انتخاب برای مردم وجود دارد؛ در این شرایط می‌توان برای تاثیرگذاری بر انتخاب مردم، جذابیت‌های روش جدید را افزایش داد. در سیاست‌های کلان، بیش از آن که تلاش مردم برای صرفه‌جویی برجسته باشد، روش جدید پیشنهادی و جذابیت و اثرگذاری آن مهم است. در واقع، در این نوع سیاست‌ها، دولت مردم را در چارچوب جدیدی قرار می‌دهد و آن‌ها ناچارند که تبعیت کنند.

۱.۱.۳.۳ ممیزی انرژی صنایع

ممیزی انرژی فرایند ارزیابی کارایی انرژی یک سیستم و شناسایی روش‌های بهبود آن است و در صورت وجود جزئیات بیش‌تر در مورد نحوه مصرف انرژی و رفتار مصرف‌کنندگان موثرتر عمل می‌کند؛ این فرایند با هدف کاهش هزینه‌های تولید اجرا می‌شود. ممیزی انرژی، بهترین راه صرفه‌جویی انرژی است که در آن، سیستم به خوبی تجزیه و تحلیل شده و گزارشی ارائه می‌شود که تغییرات ممکن در سیستم با هیچ خروجی منفی را ارزیابی می‌کند [۲۹].

ممیزی انرژی بخش مهم فرایندی است که توسط شرکت‌های خدمات انرژی (ESCO^{۴۲}) به انجام می‌رسد. ESCOها، شرکت‌هایی از نوع خدمات مهندسی هستند که در کلیه بخش‌های مصرف‌کننده انرژی، طرح‌های مرتبط با بهبود کارایی انرژی را طراحی، اجرا و تامین مالی می‌کنند و با تضمین حصول سطح مشخصی از کارایی انرژی و برعهده گرفتن مخاطرات پروژه، سهم خود را از محل صرفه‌جویی انرژی تامین می‌کنند؛ یعنی پرداخت پول به شرکت ESCO مستقیماً وابسته به میزان انرژی صرفه‌جویی شده است. به طور کلی، در سال ۲۰۱۵ شرکت‌های خدمات انرژی، ۲۴ میلیارد دلار درآمد داشته‌اند؛ در میان کشورهای جهان، شرکت‌های ESCO چینی با ۱۳,۳ میلیارد دلار درآمد، بیشترین درآمد را داشته‌اند [۳]. شرکت چینی خدمات انرژی Runli در سال ۲۰۱۰ بابت هر یک از ۱۱ پروژه‌ای که انجام داده است، تخمین زده که حدود ۱۴۵۰۰۰ دلار صرفه‌جویی انرژی انجام داده است [۳۰]. محاسبات سابا^{۴۳} نیز نشان می‌دهد اگر حداقل در هر استان ایران یک شرکت ESCO فعال وجود داشته باشد، سالیانه ۸۰۰ میلیون کیلووات ساعت معادل ۹۰,۴ میلیون مترمکعب گاز طبیعی صرفه‌جویی در مصرف انرژی به وجود می‌آید [۳۱].

۲.۱.۳.۳ جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی

اطلاعات قابل اعتماد، به موقع و تفصیلی از فناوری‌ها، بازارها، مصرف‌کنندگان نهایی و فرصت‌های صرفه‌جویی در تمامی بخش‌ها بر سیاست‌ها و استراتژی‌های کارایی انرژی تاثیرگذار است. دولت‌ها باید در تعیین این که چه داده‌هایی جمع‌آوری شود، به نمونه تلاش‌های مشابه بین‌المللی برای جمع‌آوری داده‌ها رجوع کنند [۳۵].

^{۴۲} ESCO: Energy Service Company

^{۴۳} سازمان بهره‌وری انرژی ایران

جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی هم در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده و هم در شبکه‌های انتقال، و همچنین استفاده از ابزارهای دقیق برای اندازه‌گیری بسیار بااهمیت است؛ در کشور ما بخش زیادی از گاز طبیعی به دلیل نبود سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق از دست می‌رود یا سرقت می‌شود.

از طرف دیگر، فقدان اطلاعات درباره پتانسیل بهبود برنامه‌های بهره‌وری و صرفه‌جویی نیز از مهم‌ترین چالش‌های اجرای برنامه‌ها و سیاست‌های صرفه‌جویی است. بهبود جمع‌آوری، تحلیل و مدیریت داده‌های انرژی می‌تواند ابزاری تشویقی برای صرفه‌جویی باشد. وجود داده درباره امکان بهبود بالقوه این برنامه‌ها باعث می‌شود انگیزه برای ارزیابی فرصت‌های این برنامه‌ها ایجاد شود؛ درحالی‌که فقدان اطلاعات درباره مصرف فعلی انرژی، فقدان اطلاعات لازم برای تجزیه و تحلیل فرصت‌ها و اقدامات، و نیز اطلاعات هزینه-فایده اقدامات، باعث می‌شود حرکتی به سمت بهینه‌سازی ایجاد نشود [۳۲].

۳.۱.۳.۳ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

به نظر می‌رسد انرژی‌های خورشیدی و بادی تا سال ۲۰۲۵ به صورتی رقابتی در کنار سوخت‌های فسیلی در برخی مناطق وجود داشته باشند؛ علی‌رغم شکست‌های بسیار در بخش تجدیدپذیرها و پذیرش غیرمداوم و گهگاهی بودن آن‌ها، یکی از انگیزه‌های پذیرش گسترده آن‌ها می‌تواند کاهش قیمت‌ها باشد، همچنین یارانه‌های دولتی در جهت برطرف کردن مشکلات مرتبط با تغییرات آب و هوا می‌تواند موثر باشد. در میان سوخت‌های فسیلی، گاز طبیعی در کنار انرژی‌های تجدیدپذیر، برنده بزرگ مسابقه تامین رشد تقاضای انرژی تا سال ۲۰۴۰ خواهد بود [۲۶]. در سال ۲۰۱۵، خاورمیانه ۱٫۰٪ سهم کل تولید انرژی‌های تجدیدپذیر جهان را با ۳۶٫۳٪ رشد نسبت به سال ۲۰۱۴ از آن خود کرد که رقم قابل توجهی نیست و البته با وجود ذخایر زیاد نفت و گاز این منطقه قابل توجه است [۳۶].

۴.۱.۳.۳ افزایش قیمت انرژی

پژوهش‌های بسیاری انجام شده که نشان می‌دهند اثرگذاری افزایش قیمت انرژی و حذف سوبسیدها بر کاهش مصرف قابل توجه است [۳۷]، [۳۸]؛ به علاوه، برخی از پژوهش‌هایی که اثرگذاری افزایش قیمت انرژی روی شدت انرژی را تحقیق می‌کردند، در بخش ۳.۲ مورد بررسی قرار گرفتند؛ این مطالعات، اثر افزایش قیمت روی کاهش شدت انرژی را مثبت ارزیابی کرده و نشان داده بودند که اثرگذاری سیاست افزایش قیمت‌ها در بلندمدت بیش‌تر است. در ایالات متحده آمریکا، با مطالعه داده‌های مصرف انرژی در سطح ایالتی بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۱، مشخص شد حدود ۷۵٪ بهبود ایجاد شده در شدت انرژی در

سال‌های اخیر، حاصل بهبود در بهره‌وری بوده است. تحلیل‌های رگرسیون این پژوهش نیز نشان داد، کاهش قیمتی کوتاه‌مدت به میزان ۱۱٪ و کاهش قیمتی بلندمدت به میزان ۳۰٪ تقاضای انرژی را کاهش می‌دهند [۹].

دولت‌ها باید به صورت دوره‌ای مقررات و یارانه‌های انرژی را بازنگری کنند تا مطمئن شوند قیمت‌های خرده‌فروشی حامل‌های انرژی، انعکاس‌دهنده تمامی هزینه‌های عرضه و تحویل انرژی شامل هزینه‌های دولت هستند [۳۵].

در کشورهای صادرکننده نفت، قیمت داخل زیر سطح بازار نگه داشته می‌شود و در نتیجه مصرف بسیار بالا می‌رود [۳۹]. راه‌حل‌های قیمتی دسته‌ای از راهکارها برای کاهش مصرف انرژی هستند که در عین حال که اثربخش هستند، در استفاده از آن‌ها باید به این نکته توجه داشت که افزایش قیمت انرژی به شدت وابسته به ساختار اقتصادی کشورهاست. افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند با افزایش سطح عمومی قیمت‌ها، تورم را افزایش داده و درآمد ناخالص ملی را کاهش دهد؛ در واقع، به دلیل عدم فرهنگ‌سازی مناسب، افزایش قیمت‌ها بلافاصله منجر به اجرای پروژه‌های صرفه‌جویی و بهینه‌سازی نشده و اولین اقدام در مواجهه با آن (با توجه به این که محیط رقابتی وجود ندارد و به موجب آن، بنگاه‌ها قادر به تحمیل هزینه‌های خود به مردم هستند) افزایش قیمت سایر کالاها و خدمات است؛ در این صورت آثار زیان‌بار تورم متوجه جامعه بوده و بیشترین فشار را بر اقشار کم درآمد وارد خواهد کرد؛ به علاوه، صرفه‌جویی انرژی نیز محقق نخواهد شد [۴۰]، [۴۱]. البته، ناکارا بودن راه‌حل قیمتی، نمی‌تواند و نباید موجب فراموش کردن این مسئله مهم گردد که قیمت‌های داخلی انرژی بسیار پایین‌تر از قیمت‌های جهانی و حتی منطقه‌ای انرژی است؛ سیاست‌های قیمتی در عین لازم‌الاجرا بودن، باید زمانی ارائه شوند که مردم آمادگی لازم را کسب کرده و قبلاً به شیوه‌های مختلف غیرقیمتی، مصرف خود را کاهش داده باشند.

۵.۱.۳.۳ ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت

منظور از این سیاست، اعمال محدودیت‌هایی است که باعث شود ادامه فعالیت صنایع سنگین به شیوه قبل ممکن نباشد و مجبور به افزایش بازدهی شوند یا مشوق‌هایی برای صنایع با تکنولوژی بالا و کم‌تر انرژی‌بر تعیین شوند و به این ترتیب، به مرور زمان ساختار صنعتی کشور تغییر یابد [۴۲]. توسعه صنایع کم‌کربن و کارآمد از نظر انرژی، از برنامه‌های کارایی انرژی چین در بخش صنعت بوده است. تجربه این کشور نشان

داد تحت مقررات شدیدتر، صنایع بسیار انرژی‌بر، توجه بیش‌تری بر بهره‌وری خواهند داشت؛ این سیاست، در بهبود بهره‌وری بدون کاهش رقابت‌پذیری یا افزایش انتشار کربن موثر بوده است [۴۳].

۶.۱.۳.۳ بهبود زیرساخت‌های ICT و افزایش تحرک مجازی

امکان ارسال نامه‌ها به صورت الکترونیکی، خرید از راه دور، دورکاری، تجارت الکترونیکی، بانکداری الکترونیکی، انجام خدمات مسافرتی (رزرو و خرید بلیت)، آموزش مجازی، ملاقات‌های مجازی و ... از مواردی هستند که امروزه به واسطه گسترش تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT^{۴۴}) تسهیل شده و موجب کاهش تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل شده‌اند [۴۴]، [۴۵].

افزایش شهرنشینی موجب رشد مصرف انرژی می‌شود. توسعه پایدار شهرها و بهبود برنامه‌ریزی شهری، کنترل جمعیت شهری و بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری از مهم‌ترین عواملی هستند که درباره ارتباط شهرها و مصرف انرژی باید مورد توجه قرار بگیرند:

۷.۱.۳.۳ بهبود برنامه‌ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها

شهرها منبع اصلی انتشار CO₂ هستند؛ به همین دلیل، برنامه‌ریزی شهری اهمیت پیدا می‌کند. تحت کنترل قرار دادن جمعیت شهری و روند شهرنشینی، طراحی و جابجایی مناسب مسکن و خیابان‌ها، در دسترس بودن مقاصد^{۴۵}، و مدیریت و قیمت‌گذاری پارکینگ‌ها از لحاظ ایجاد محدودیت زمانی و هزینه‌ای (که می‌تواند بر میزان مالکیت خودروها و مسافت طی شده آن‌ها اثرگذار باشد) از عوامل موثر بر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل با تاکید بر بهبود برنامه‌ریزی شهری هستند [۲۸]، [۴۶].

به علاوه، کنترل جمعیت شهری موضوع مهمی است که کم‌تر به آن توجه می‌شود؛ تمرکز مشاغل، امور اداری، سلامت و ... در شهرها موجب جذب جمعیت و افزایش شهرنشینی، ایجاد حاشیه‌شهرها و مسائلی که به همراه می‌آورد، می‌شود.

کاهش استفاده از خودروهای شخصی با گسترش شبکه حمل‌ونقل عمومی درون شهری و سیاست‌های دیگری مانند افزایش دسترسی به شبکه حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری، افزایش سرعت، کاهش هزینه و افزایش فراوانی سیستم حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری از عوامل موثر بر گرایش افراد به استفاده بیش‌تر از

^{۴۴} ICT: Information & Communication Technology

^{۴۵} یعنی توسعه مناطق شهری طوری باشد که کلیه نیازهای افراد یک منطقه، در همان منطقه برآورده شود.

این سیستم‌ها و در نتیجه کاهش مصرف انرژی است [۲۸]، [۴۶]. به علاوه، برای کاهش استفاده از خودروهای شخصی، ایجاد برنامه‌های سهمیه‌بندی استفاده از خودرو، تولید اتومبیل‌های کاراتر، تاکید بر استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر یا سوخت‌های فسیلی توسط دولت‌ها و انعطاف‌پذیری در زمان‌های کاری که با ممکن کردن کار در ساعات غیررسمی، بر بار ترافیکی مسیرهای شهری تاثیر گذاشته و موجب کاهش مصرف می‌شود، می‌توانند بر میزان مصرف سوخت و صرفه‌جویی انرژی موثر باشند [۴۷]، [۴۸].

کلیه روش‌های صرفه‌جویی در مصرف برق به طور غیرمستقیم موجب صرفه‌جویی در مصرف گاز هم می‌شوند؛ چرا که گاز طبیعی با ۷۱,۳٪ سهم در سوخت نیروگاه‌های کشور، عمده‌ترین سوخت مصرفی نیروگاه‌ها در سال ۱۳۹۳ به شمار می‌آید [۴]. در این مطالعه، از پرداختن به روش‌هایی که به این ترتیب بر مصرف گاز تاثیر می‌گذارند و در واقع، تاثیرگذاری اولیه آن‌ها روی مصرف برق است، صرف نظر شده و تنها ذکر این نکته حائز اهمیت می‌نماید که بهتر است به جای صدور قبوض برق و گاز، به صورت جداگانه، قبوض انرژی به مصرف‌کنندگان انرژی ارائه شود. بدین ترتیب، روش‌های صرفه‌جویی در مصرف گاز از آسیب تغییر در سوخت مورد استفاده، به جای کاهش واقعی مصرف مصون خواهند بود. روش‌هایی نیز وجود دارند که با بهبود راندمان نیروگاه‌ها موجب صرفه‌جویی در مصرف گاز می‌شوند؛ این روش‌ها عبارت‌اند از:

۸.۱.۳.۳ خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها

خصوصی‌سازی صنعت برق با افزایش رقابت و در نتیجه افزایش کارایی به بهینه‌سازی مصرف گاز کمک می‌کند [۴۹]. در ایران اگرچه تعداد نیروگاه‌های دولتی با تعداد نیروگاه‌های خصوصی تقریباً برابر است، اما تفاوت بازدهی آن‌ها حدود ۱ تا ۲٪ است [۴]؛ این امر ناشی از آن است که به رغم خصوصی‌سازی، شرایط رقابتی ایجاد نشده است و قیمت گاز ارائه شده به نیروگاه‌ها بسیار پایین است [۵۰]؛ به هر حال، این سیاست پیش‌نیازهایی را می‌طلبد که اجرای آن‌ها پیش از اجرای خصوصی‌سازی ضرورت دارد.

۹.۱.۳.۳ تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

در سال ۱۳۹۳، راندمان کل نیروگاه‌های کشور با ۱٪ کاهش به ۳۸,۹٪ رسید؛ یکی از دلایل پایین بودن متوسط راندمان تولید برق کشور، پایین بودن راندمان نیروگاه‌های گازی است و یکی از راهکارهای موثر افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور، تبدیل کردن واحدهای سیکل ساده گازی به سیکل ترکیبی است؛ هر واحد بخار در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، به طور متوسط به میزان ۲۰۰ میلیون مترمکعب گاز

طبیعی در سال در مصرف سوخت صرفه‌جویی ایجاد می‌کند که معادل ۰.۳۸۵٪ صرفه‌جویی سالانه در گاز مصرفی نیروگاه‌هاست [۴].

۱۰.۱.۳.۳ افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا

دولت‌ها باید مجموعه‌ای از سیاست‌ها را برای بهبود کارایی انرژی در ساختمان‌های موجود با تاکید بر نوسازی سیستم‌ها اجرا کنند؛ سیاست‌ها می‌توانند شامل موارد زیر باشند [۳۵]:

۱- رعایت استانداردهای حداقل عملکرد انرژی برای کل ساختمان شامل پوسته و سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی در زمان نوسازی.

۲- توسعه نفوذ محصولات جدید با بازدهی بالا در بازار.

۳- ارتقای مدیریت انرژی و سیستم‌های کنترلی برای کاهش مصرف انرژی و هدف‌گذاری مناسب فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی.

سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران طرح‌هایی از جمله ارتقای رده مصرف انرژی بخاری‌های گازی دودکش‌دار در این زمینه اجرا کرده است؛ به علاوه، طرح بهبود کارایی موتورخانه‌ها در راستای ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر مطرح شد که تاکنون اجرایی نشده است.

۱۱.۱.۳.۳ توسعه و ترویج نیروگاه‌های CHP و CCHP

توسعه تکنولوژی‌های تولید پراکنده، محدودیت در ساخت خطوط انتقال، افزایش تقاضای انرژی پایدار از سوی مشترکان، خصوصی‌سازی صنعت برق و نگرانی‌های تغییرات آب‌وهوا در فراگیر شدن مفهوم تولید پراکنده نقش داشته است [۵۱]. در میان روش‌های تولید پراکنده، سیستم‌های CHP و CCHP، بازده انرژی را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهند؛ در نیروگاه‌های معمولی، حدود ۲۰ درصد از انرژی ورودی به انرژی مفید تبدیل می‌شود، این میزان در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به ۴۰ درصد می‌رسد؛ در سیستم CHP حدود ۸۰ درصد از انرژی ورودی به انرژی مفید تبدیل می‌شود. از دیگر مزایای این سیستم، کاهش هزینه‌های انرژی اولیه برای مصرف‌کنندگان است؛ در سیستم‌های معمولی، مصرف‌کننده مجبور است برق را از شبکه‌های تولید و توزیع برق خریداری کند؛ برای مصارف گرمایشی نیز باید گاز طبیعی یا فسیلی

خریداری شود. در سیستم CHP، مصرف‌کننده از شبکه برق مستقل شده و چون از گاز و یا سوخت فسیلی در بالاترین حد بهره‌وری استفاده می‌کند، هزینه‌هایش به شدت پایین می‌آیند.

۲.۳.۳ سیاست‌های خرد

مقصود از سیاست‌های خرد صرفه‌جویی، سیاست‌هایی است که در آن‌ها بدون ایجاد تغییر در روش‌های موجود مصرف انرژی، از مردم انتظار می‌رود کمتر مصرف کنند؛ این سیاست‌ها متکی به تلاش مردم هستند و همت تک تک افراد جامعه برای دستیابی به صرفه‌جویی مد نظر است؛ در واقع، دولت تنها در تشویق افراد به انجام صرفه‌جویی مشارکت دارد و خود صرفه‌جویی حاصل بهبودهای جزئی رفتار تک تک افراد است.

۱.۲.۳.۳ روش‌های مبتنی بر بازخورد^{۴۶}

اولین مطالعات در ارتباط با تاثیر بازخورد روی مصرف انرژی و اثبات اثرات قابل اندازه‌گیری آن در کاهش مصرف، در دهه ۱۹۷۰ و توسط روانشناسان صورت گرفت. بازخورد نوعی ابزار یادگیری است که به کاربران به روش سعی و خطا، آموزش می‌دهد [۳۳]. فرایند یادگیری برای صرفه‌جویی می‌تواند از طریق کمپین‌های آموزشی، تبلیغات، خدمات مشاوره و رسانه‌های خبری صورت گیرد، اما بیش‌ترین یادگیری با استفاده از سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند و با تجربه روزانه اتفاق می‌افتد [۵۲].

انرژی به صورت مضاعفی برای بخش خانگی نامحسوس است. اولاً، اگرچه انرژی به عنوان یک کالا، ضرورتی اجتماعی یا ماده‌ای استراتژیک مفهوم شده است؛ اما در واقع، نیرویی نامرئی و انتزاعی است که از طریق لوله‌ها یا سیم‌هایی وارد خانه می‌شود که اغلب از نظر پنهان هستند. ثانیاً، بیش‌تر رفتارهای انرژی‌بر، بخشی از امور و عادات جاری افراد هستند که جزئی تلقی می‌شوند و در نتیجه ارتباط بین رفتارهای خاص انرژی‌بر و انرژی مصرف‌شده را برای آن‌ها مشکل می‌کند [۵۳].

افزایش بازخورد موجب افزایش آگاهی و دانش می‌شود و افزایش آگاهی و دانش، در رفتار مصرف انرژی مصرف‌کنندگان تاثیر می‌گذارد و به عنوان مشوقی برای کاهش مصرف یا کاهش انتشار کربن عمل می‌کند [۵۴]، [۵۳]. بازخورد دادن به افراد، نوعی مشوق به حساب می‌آید؛ افراد اگرچه از نتیجه برخی رفتارهای خود روی مصرف انرژی آگاهی دارند، اقدام به تغییر نمی‌کنند؛ در اینجا از بازخورد، به معنی آگاهی‌بخشی

^{۴۶} Feedback

به افراد در مورد میزان مصرف آن‌ها از منابع انرژی و تاثیرات محیط‌زیستی و مالی آن، باید استفاده کرد؛ آگاهی‌بخشی منجر به تغییر رفتار می‌شود [۳۳]. محتوای پیام‌های بازخوردی بسیار با اهمیت است؛ در پژوهشی نشان داده شد پیام‌های مبتنی بر سلامت، که در آن خانوار به اثرات سلامت انسان ناشی از استفاده کم از برق توجه می‌کند، رفتار صرفه‌جویی انرژی مداوم ۸ تا ۱۰٪ طی بیش از ۱۰۰ روز ایجاد کرد، درحالی‌که چارچوب صرفه‌جویی مبتنی بر کاهش هزینه‌ها صرفه‌جویی قابل توجهی ایجاد نکرد [۵۵]. پیام‌هایی بر اساس آگاهی دادن نسبت به گرم شدن زمین، رفتار محیط‌زیستی و تعامل اجتماعی (شامل قانون مداری، مشارکت در جامعه و ...) بر صرفه‌جویی انرژی اثرگذار هستند [۵۶].

ماندگاری رفتارهای صرفه‌جویانه مصرف انرژی، زمانی اتفاق می‌افتد که این رفتارها به صورت طبیعی و ذاتی دربیایند و این وقتی رخ می‌دهد که عادات جدید شکل بگیرند. رفتار ممکن است زمانی که بازخورد در کنار مشوق‌هایی برای صرفه‌جویی انرژی استفاده می‌شود، تغییر کند؛ اما با حذف مشوق‌ها احتمالاً تغییرات رفتاری کنار گذاشته می‌شوند. معمولاً رفتار جدیدی که در طول سه ماه یا بیش‌تر شکل می‌گیرد، به نظر می‌رسد ماندگار باشد، اما تداوم بازخوردها و ارائه مشوق‌ها هنگام ایجاد تغییر، برای کمک به ماندگاری تغییر، لازم هستند. عرضه و مصرف انرژی طبیعی اجتماعی-تکنولوژیکی^{۴۷} دارند؛ یعنی، در طول زمان رفتار در تعامل با تکنولوژی بروز پیدا می‌کند؛ بهبودهای فنی و فیزیکی به تنهایی کاهش مصرف انرژی خانوار را تضمین نمی‌کند و مصرف حتی در خانه‌هایی که برای مصرف کم انرژی طراحی می‌شوند هم به راحتی بر اساس فاکتورهای که وابسته به چند عادت رفتاری هستند، تغییر می‌کند. هر تلاشی برای تغییر الگوهای مصرف و عرضه باید وجوه مشترک بین عرضه‌کننده، تکنولوژی و مصرف‌کننده را لحاظ کرده و روش‌های بهبود آن‌ها را در نظر بگیرد و اینجاست که موضوع بازخورد مورد توجه قرار می‌گیرد [۳۳].

مطالعاتی که میزان صرفه‌جویی حاصل از بازخورد را اعلام کرده‌اند، اغلب مقداری بین ۱٫۱٪ تا ۲۰٪ صرفه‌جویی (و معمولاً بین ۵٪ تا ۱۲٪) را اطلاع داده‌اند [۵۷]. بازخورد مستقیم (یعنی نشان دادن میزان مصرف روی صفحه نمایش) معمولاً ۵٪ تا ۱۵٪ صرفه‌جویی حاصل می‌کند. بازخورد غیرمستقیم (بازخوردی که پیش از رسیدن به دست مصرف‌کننده، پردازش شده باشد که عمدتاً منظور از آن، قبض برق یا گاز است) بسته به کیفیت اطلاعات ارائه شده در آن، بین ۰٪ تا ۱۰٪ صرفه‌جویی به دست می‌دهد [۳۳].

دسته‌بندی کاملتری از انواع بازخورد به شرح زیر می‌تواند انجام شود:

^{۴۷} Sociotechnical

۱. کنتورهای گاز یا برق استاندارد

کنتورهای گاز یا برق استاندارد، شکل مرسوم بازخورد مصرف هستند که استفاده از آن‌ها برای بازخورد، نیازمند تعهد مصرف‌کننده به قرائت مرتب و بررسی صحت و دقت صورتحساب است؛ پتانسیل صرفه‌جویی این روش ۱۰٪ تا ۲۰٪ است. در این روش امکان نمایش زمان مصرف یا اوج مصرف وجود ندارد [۳۳].

۲. استفاده از کنتورهای هوشمند

کنتور هوشمند همان کنتور برق یا گاز است که به آن قابلیت‌های جدیدی مانند امکان ارسال و دریافت اطلاعات اضافه شده باشد. کنتور هوشمند شبیه کنتورهای متداول، میزان مصرف انرژی را اندازه‌گیری می‌کند؛ با این تفاوت که توانایی دسترسی به اطلاعات آن از راه دور وجود دارد و همچنین می‌توان مقادیر قرائت شده برق و گاز را در یک تجهیز دیگر برای خود مشترکین نمایش داد. علاوه بر این، کنتورهای هوشمند قابلیت دریافت اطلاعات و دستورات از راه دور را نیز دارند. برای مثال، می‌توان ساعت و میزان تعرفه‌ها را در آن تغییر داد و یا می‌توان وضعیت آن را از حالت خرید اعتباری برق به حالت پرداختی ماهیانه جابجا کرد. مصرف‌کنندگان با دریافت دقیق‌تر و بهتر اطلاعات، به شیوه درست‌تری از انرژی استفاده کرده و هزینه‌های انرژی را کاهش می‌دهند [۵۸]. انگیزه اصلی برخی کشورها از استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری هوشمند مصرف، عبارت‌اند از: مدیریت بار، کاهش پیک، کاهش کلاهبرداری، کنترل یا محدود کردن بار، کاهش تقاضای کلی و صدور صورتحساب‌های دقیق [۵۲]. کنتورهای هوشمند می‌توانند به شکل‌های زیر مورد استفاده باشند:

الف) نمایش مستقیم مصرف روی مانیتورهای مجزا از کنتور^{۴۸}

در این نوع بازخورد، مانیتور از کنتور جداست و مصرف لحظه‌ای به علاوه اطلاعات مصرف قبلی را نشان می‌دهد. آزمایش انجام شده با این نوع بازخورد موجب ۱۰٪ صرفه‌جویی در مصرف برق شد.

ب) نمایش مصرف روی مانیتورهای تلفن همراه، تلویزیون‌ها و رایانه‌های شخصی

ارائه بازخورد با استفاده از تلویزیون‌ها و رایانه‌های شخصی در ژاپن در سال ۲۰۰۵ به صورت آزمایشی انجام شد؛ به این ترتیب که مصرف تاریخی، هزینه روزانه، هزینه ۱۰ روز اخیر، دمای خانه و مقایسه با دمای خانه‌های دیگر به صورت آنلاین ارائه شد و طی ۹ ماه منجر به ۱۸٪ صرفه‌جویی در مصرف برق و ۹٪

^{۴۸} Direct Displays On Monitors Separate From The Meter

صرفه‌جویی در مصرف گاز شد. به علاوه، ۱۳۷ خانوار هلندی نیز در سال ۲۰۰۵ با مشارکت در برنامه‌ای مشابه (ارائه اطلاعات در صفحه وب) به ۸,۵٪ صرفه‌جویی دست یافتند [۳۳].

ج) بازخورد مجزا شده^{۴۹}

در این روش، اطلاعات مصارف نهایی مصرف‌کنندگان به آن‌ها عرضه می‌شود. این روش بسیار گرانقیمت و استفاده مداوم از آن غیر عملی است و تنها جنبه آموزشی و ارتقای آگاهی از میزان برق مصرفی لوازم خانگی دارد [۳۳].

د) ارائه بازخورد با نمایشگرهای محیطی^{۵۰}

این نوع نمایشگرها متن یا عدد نشان نمی‌دهند بلکه علائم هشدار دهنده شامل صدا یا نور چشمک‌زن دارند که هنگامی که مصرف بیش از حد معینی شود، هشدار می‌دهند [۳۳].

۳. ارائه قبوض با اطلاعات بیش‌تر^{۵۱}

این قبوض، صورتحساب‌هایی هستند که دقیق (بر اساس قرائت و نه تخمین) هستند، مکرراً ارسال می‌شوند و اطلاعات مفیدی غیر از کل مصرف و هزینه دوره مصرف دارند که این موضوع می‌تواند شامل مقایسه با دوره‌های قبلی (بازخورد تاریخی) یا مقایسه با دیگر کاربران انرژی باشد (بازخورد مقایسه‌ای). صورتحساب‌ها می‌توانند روندهای گرافیکی از چگونگی تغییر تقاضا برای گرمایش در طول سال یا چگونگی تغییر مصرف نسبت به دوره مشابه در سال قبل را نشان دهند و به این ترتیب به کاربر این فرصت را می‌دهند که در مورد آنچه موجب تغییر در مصرف شده است (از جمله الگوهای جدید مالکیت، لوازم خانگی جدید، یا عایق جدید ساختمان)، کار کند [۳۴]. در دهه ۱۹۹۰ آزمایشی مبنی بر ارائه صورتحساب‌های مکرر و دقیق با همکاری گروهی از خانوارهای انرژی انجام شد که نتیجه آن ۱۰٪ صرفه‌جویی طی دو سال اجرای آزمایش بود [۳۴].

آزمایشی نیز توسط شرکت OPOWER در اواخر سال ۲۰۰۹ انجام شد که در آن، گزارش مصرف انرژی خانوارها در بخش مسکونی با همسایگان‌شان مقایسه شده بود. این آزمایش روی ۶۰۰,۰۰۰ خانوار آمریکایی انجام گرفت. تخمین زده شد که این برنامه بین ۱,۴٪ تا ۳,۳٪ (به طور متوسط ۲٪) کاهش مصرف انرژی

^{۴۹} Disaggregated Feedback

^{۵۰} Ambient Displays

^{۵۱} Informative Billing

نسبت به مقدار انرژی مصرف‌شده در شروع مطالعه، ایجاد کرده باشد. به علاوه، این برنامه اثبات کرد که مداخلات غیرقیمتی می‌تواند با کم‌ترین هزینه، به طور قابل ملاحظه‌ای در رفتار مصرف‌کنندگان تغییر ایجاد کند؛ اثری که معادل افزایش قیمت برق به میزان ۱۱٪ تا ۲۰٪ در کوتاه مدت یا ۵٪ در بلند مدت است. [۳،۲].

۴. ارائه مشوق‌های مالی به مصرف‌کنندگان کم‌مصرف

کاهش هزینه‌ها و ارائه مشوق‌های مالی تعهد عمیقی نسبت به اقدامات صرفه‌جویانه ایجاد می‌کنند. در یک پروژه تحقیقاتی به بررسی ویژگی‌های موثر و انگیزشی بازخورد مقایسه‌ای مصرف انرژی برای مصرف‌کنندگان با انگیزه‌های مختلف صرفه‌جویی در مصرف و با استفاده از نرم‌افزار اندرویدی EnergyWiz انجام شد، اولین انگیزه افرادی که در این پژوهش شرکت داشتند، کاهش هزینه‌ها عنوان شده بود [۵۹]. روش‌های بازخوردی معرفی شده، اغلب برای کاهش مصرف برق مطرح شده‌اند؛ اما می‌توان نتایج آن‌ها را در مورد گاز هم تعمیم داد.

۳.۳.۲ ارائه آموزش و آگاهی‌بخشی به افراد

تفاوت این روش با ارائه بازخورد در این است که در این مورد، بدون توجه به رفتار مصرفی افراد، به همه، به شکل یکسانی آموزش داده می‌شود.

معمولاً در محیط‌های کاری هیچ انگیزه مالی مستقیمی برای کاهش مصرف انرژی وجود ندارد و اطلاعات مربوط به سطح مصرف، به ندرت در دسترس است. طی پژوهشی، دو مداخله رفتاری نسبتاً ساده در یک محیط کاری (شامل ۲۴ ساختمان) طی زمستان سال ۲۰۰۸ به دو شیوه مختلف، اجرا و مقایسه شد؛ در روش اول، کارکنان به صورت ماهیانه، از طریق ایمیل، در جریان وضعیت مصرف انرژی خود قرار گرفتند (بازخورد) و در روش دوم، در مورد صرفه‌جویی انرژی به افراد آموزش‌هایی (آموزش و آگاهی‌بخشی) داده شد. ابزارهای این مداخلات رفتاری به شرح زیر بودند [۶۰]:

۱- کمپین ارائه اطلاعات: این کمپین بروشورهایی با محتواهای متفاوت در اختیار افراد قرار می‌داد که محتوای آن‌ها اطلاعاتی درباره انرژی و علل ضرورت صرفه‌جویی، اطلاعاتی درباره چگونگی صرفه‌جویی در انرژی در محیط کار با تمرکز بر برخی رفتارهای خاص صرفه‌جویانه، و تعیین هدفی برای کاهش مصرف انرژی ساختمان (مثلاً کاهش ۱۵ درصدی مصرف انرژی ساختمان) بود.

۲- بازخورد: افراد به وسیله ایمیلی که گراف مربوط به مصرف انرژی ماه قبل ساختمان مربوط به آن‌ها را نشان می‌داد، در حلقه بازخوردی قرار می‌گرفتند.

ارسال ایمیل به ۷٪ کاهش و آموزش به ۴٪ کاهش در مصرف انرژی منجر شدند.

تاثیر آموزش و آگاهی‌بخشی به مردم برای کاهش مصرف در فصل زمستان در پیوست پنجم محاسبه شده است؛ با این فرض که تمام مردم، با آموزش، حاضر باشند یک درجه دمای منازل خود را کاهش دهند، حداکثر ۲,۱۷٪ صرفه‌جویی در شبانه‌روز حاصل خواهد شد.

۳.۲.۳.۳ عایق‌کاری ساختمان‌ها

استفاده از شبیه‌سازی نشان داده است تاثیر اجرای دستورالعمل‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان بر مصرف انرژی ساختمان، مصرف انرژی را بین ۱۷ تا ۴۲ درصد (بنا به کاربری ساختمان و دولتی یا خصوصی بودن آن) کاهش می‌دهد [۶۱].

در پژوهشی با استفاده از برنامه شبیه‌سازی TRNSYS انرژی مورد نیاز سالانه برای یک ساختمان اداری در آتن با تغییر وضعیت عایق پشت‌بام، مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج حاصل شده در جدول ۱,۳ نشان داده شده است [۶۲]:

جدول ۱,۳ صرفه‌جویی حاصل شده به ازای عایق‌کاری پشت‌بام‌های مختلف.

وضعیت پشت‌بام	عایق‌کاری	میزان صرفه‌جویی در انرژی برای گرمایش	میزان صرفه‌جویی در انرژی برای سرمایش	میزان صرفه‌جویی کلی
به خوبی عایق‌کاری شده	۸-۹٪	۰٪	۲٪	
به طور متوسطی عایق‌کاری شده	۱۳٪	۰-۴٪	۳-۷٪	
بدون عایق	۴۵-۴۶٪	۲۲-۴۵٪	۳۱-۴۴٪	

چنان‌که ملاحظه می‌شود، بسته به وضعیت اولیه عایق ساختمان، این سیاست به مقادیر مختلفی می‌تواند صرفه‌جویی ایجاد کند. به منظور بررسی بیش‌تر تاثیر عایق‌کاری، با در نظر گرفتن مفروضاتی، تاثیر عایق‌کاری ساختمان‌ها و صرفه‌جویی حاصل از آن در پیوست ششم محاسبه شده است؛ مطابق محاسبات انجام گرفته، عایق‌کاری بام، حدود ۷ تا ۱۶ درصد صرفه‌جویی و عایق‌کاری دیوارهای خارجی حدود ۲۰ تا ۴۱ درصد صرفه‌جویی می‌تواند ایجاد کند که رقم قابل توجهی است و نشان‌دهنده اهمیت این راهکار است.

در این بخش، تعدادی از سیاست‌های مهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بر اساس گزارش‌هایی از کشورهای مختلف، مورد بررسی قرار گرفت. این روش‌ها، به صورت خلاصه و به شکل پرسشنامه دلفی آماده ارائه به خبرگان شدند.

در فصل بعد بررسی خواهد شد که اتخاذ کدام سیاست‌ها برای دستیابی به هدف کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی، ضروری است، چگونه باید سیاست‌های خرد و کلان را در ترکیب با هم به کار برد و ترتیب اولویت انتخاب این سیاست‌ها به چه صورت باید باشد.

فصل چهارم

ارزیابی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف گاز

۱.۴ مقدمه

در فصل گذشته مروری بر سیاست‌های صرفه‌جویی انجام شد. برای ارائه سیاست‌های لازم برای تحقق هدف این پژوهش، از نظر خبرگان و به روش دلفی، برای حصول اطمینان از اهمیت سیاست‌های انتخابی برای ایران، و همچنین اهمیت شاخص‌های ارائه شده در انتخاب آن‌ها استفاده شد؛ دلفی در دو مرحله اجرا شد و پس از آن از نتیجه دلفی برای تدوین پرسشنامه اولویت‌بندی سیاست‌ها به روش تصمیم‌گیری چندشاخصه تاپسیس (TOPSIS) استفاده شد. در پایان فصل، مجموعه‌ای از سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف گاز به ترتیب اولویت، به منظور دستیابی به هدف تعیین شده (کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی تا پایان سال ۱۴۰۱) ارائه و تحلیل شدند.

۲.۴ روش دلفی

۱.۲.۴ شرح روش دلفی

روش دلفی، فنی متداول برای پیش‌بینی و یاری‌دهنده در تصمیم‌گیری با استفاده از نظرات متخصصان است که در دهه ۱۹۵۰ معرفی شد و مورد استفاده قرار گرفت. اولین مطالعه جدی به وسیله روش دلفی که شامل پیش‌بینی‌هایی در مورد پیشرفت‌های عمده علمی-تکنولوژیک تا سال ۲۰۰۰ و پس از آن بود، در سال ۱۹۶۴ توسط موسسه رند منتشر شد [۶۳].

بسیاری از محققان تعریف ارائه شده توسط لینستون^{۵۲} و توراف^{۵۳} برای دلفی را به کار برده‌اند که آن را این‌طور تعریف می‌کنند: «دلفی، روشی برای ساختاردهی یک فرایند ارتباط گروهی است؛ به‌طوری‌که این فرایند به گروهی از افراد، به‌عنوان یک کل، امکان حل مسئله‌ای پیچیده را می‌دهد». استفاده از دانش و دیدگاه تخصصی یک مجموعه، در تصمیم‌گیری پیرامون مسائلی که ماهیت کیفی دارند، بسیار راه‌گشاست؛ هدف اصلی روش دلفی، دستیابی به قابل اطمینان‌ترین اجماع گروهی از نظرات خبرگان به واسطه یک سری از پرسشنامه‌های متمرکز همراه با بازخورد کنترل‌شده است. با وجود این‌که روش دلفی یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه نیست؛ اما، در بسیاری از موارد قبل از به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری

^{۵۲} Linstone

^{۵۳} Turoff

چندشاخصه از این روش، برای غربال شاخص‌ها و گزینه‌ها، یا رسیدن به توافق در زمینه اهمیت شاخص‌های تصمیم‌گیری استفاده می‌شود [۶۴]. خصوصیات اصلی این روش به ترتیب زیر است [۶۳]:

۱. فرایندی تکرار شونده است؛ باید حداقل دو مرتبه در مورد هر سوال به متخصصان توضیح داد تا بدین‌وسیله با اطلاعاتی که از متخصصان دیگر دریافت می‌کنند، بتوانند در پاسخ‌های خود تامل و مجدداً نظر خود را اعلام کنند.

۲. گمنامی شرکت‌کنندگان یا حداقل پاسخ‌های آن‌ها باید حفظ شود؛ به همین دلیل، فرایند کاری گروه باید به صورتی باشد که آن‌ها در یک زمان یا یک فضا به سوالات پاسخ ندهند، تا غلبه بر موانع فکری شرکت‌کنندگان تضمین شود.

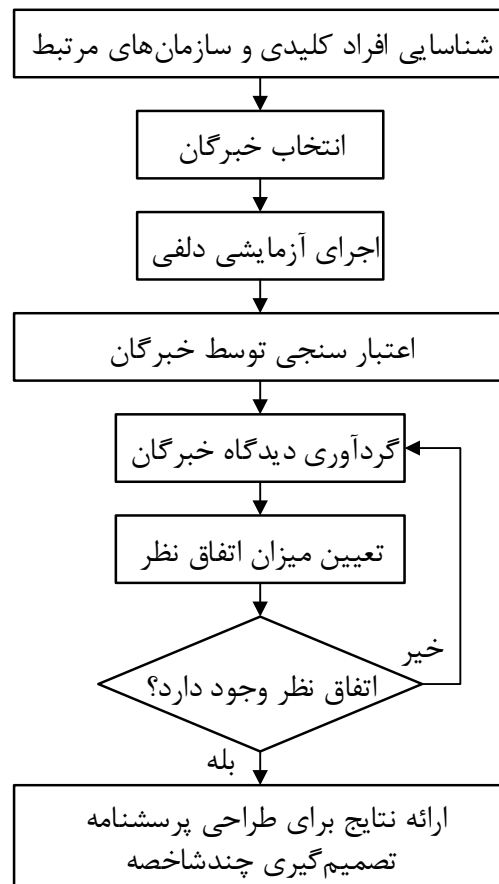
۳. بازخوردها باید کنترل شده باشد؛ تبادل اطلاعات بین متخصصان آزاد نیست و تنها از طریق هماهنگ-کننده گروه صورت می‌گیرد و بدین‌وسیله اطلاعات غیرمرتبط حذف می‌شود. بازخورد به معنی فرصت بازنگری نظرات خود و ارزشیابی نظرات سایر شرکت‌کنندگان توسط متخصصان است که مهم‌ترین حرکت به سمت اجماع به حساب می‌آید.

۴. پاسخ‌ها را باید به صورت کمی و آماری پردازش کرد.

مهم‌ترین شرایط مورد نیاز برای کاربرد دلفی عبارت‌اند از: نیاز به قضاوت خبرگان، لزوم توافق گروهی در دستیابی به نتایج، لزوم گمنامی در گردآوری داده‌ها، وجود مشکل پیچیده، چند بعدی و بین رشته‌ای، نبود توافق و کامل نبودن دانش، وجود خبرگان با تجربه و توانمند، پراکندگی خبرگان، عدم محدودیت زمانی و نبود روش دیگری که علاوه بر داشتن شرایط قبل، از نظر هزینه‌ای هم اثربخش‌تر باشد. در این پژوهش، پیچیدگی و چندبعدی بودن مسئله، نیاز به قضاوت خبرگان (و بر اساس شناخت آن‌ها از شرایط کشور)، وجود خبرگان با تجربه و توانمند و پراکندگی آن‌ها، موجب استفاده از این روش شد؛ به علاوه، اثربخشی هزینه‌ای روش نیز مزیت دیگری برای این انتخاب بود [۶۴].

درباره تعداد شرکت‌کنندگان در فرایند دلفی، دستورالعمل دقیقی وجود ندارد؛ درحالی‌که، ۶ تا ۱۲ عضو برای دلفی ایده‌آل و ۵ تا ۱۰ عضو کافی دانسته شده است، در برخی از مطالعات دلفی، از چند هزار متخصص هم استفاده شده است. توصیه معمول این است که از ترکیبی از افراد با تخصص‌های متعدد استفاده شود که در حوزه تخصصی دانش مرتبط با مسئله مورد بررسی، صلاحیت داشته باشند.

چارچوب فرایند دلفی انجام شده در این پژوهش، در شکل ۱،۴ داده شده است:



شکل ۱.۴ چارچوب فرایند دلفی.

منظور از توافق نظر یا اجماع، یافتن پاسخ صحیح نیست، بلکه فقط رسیدن به توافق در یک سطح خاص، برای موضوع مورد بررسی، مهم است. اندازه‌گیری اتفاق نظر، نقش مهمی در مطالعات دلفی دارد؛ به طور کلی، از روش‌های زیر برای سنجش میزان توافق در مطالعات مختلف استفاده شده است:

- ثبات در آرای به دست آمده؛ این ثبات از دو دیدگاه در مطالعات مطرح می‌شود، برخی ثبات دیدگاه فرد در دو نوبت متوالی را در نظر می‌گیرند و برخی ثبات دیدگاه دسته جمعی افراد را [۶۵]، [۶۶].
- تعداد تکرارهای از قبل تعیین شده؛ پژوهشگران معمولاً سه یا چهار نوبت اجرای دلفی را کافی می‌دانند [۶۵]، [۶۴].
- تحلیل ذهنی؛ سازگاری منطق شخصی پژوهشگر با میانگین نظرات در برخی مطالعات به عنوان ملاک وفاق در نظر گرفته شده است [۶۵].

- سطح مشخصی از توافق؛ دستیابی به سطح مشخصی از توافق که در مطالعات مختلف مقادیر متفاوتی برای آن عنوان شده است؛ مثلاً ۵۱٪، ۶۰٪، ۸۰٪ یا ۹۵٪ که به تعداد شرکت‌کنندگان در مطالعه نیز بستگی دارد [۶۵]، [۶۷].
 - نرخ قطع‌کننده $APMO^{۵۴}$ ؛ برخی از محققان، در مطالعاتی که متغیرها مقیاس اسمی (بله/خیر) دارند، از این شاخص برای بررسی توافق استفاده می‌کنند که نحوه محاسبه آن در (۱.۴) آمده است [۶۵].
 - دامنه میان چارکی ($IQR^{۵۵}$) [۶۵]؛
 - ضریب تغییرات [۶۵]، [۶۷]؛
 - اجماع بعد از تکمیل فرایند دلفی؛ این شاخص مربوط به زمانی است که وقت در نظر گرفته شده برای دلفی به پایان رسیده و میانگین نظر نهایی گروه برای تک تک افراد ارسال و از آن‌ها درخواست می‌شود توافق یا عدم توافق خود را اعلام کنند [۶۵].
- به علاوه، می‌توان از شاخص‌های آمار استنباطی هم برای ارزیابی میزان اجماع آرا استفاده کرد؛ این شاخص‌ها عبارت‌اند از [۶۵]، [۶۷]:
- آزمون استقلال مربع کای^{۵۶}؛
 - آزمون تغییر مک نمار^{۵۷}؛
 - آزمون ویلکاکسون^{۵۸}؛
 - آمار کاپا^{۵۹}؛
 - ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن^{۶۰}؛
 - ضریب تطابق کندال^{۶۱}؛
 - آزمون‌های $F^{۶۲}$ و $t^{۶۳}$ ؛

^{۵۴} APMO: Average Percent of Majority Opinions

^{۵۵} Interquartile range (IQR)

^{۵۶} Chi square test for independence

^{۵۷} McNemar change test

^{۵۸} Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

^{۵۹} Kappa Statistics

^{۶۰} Spearman's rank correlation coefficient

^{۶۱} Kendall's W coefficient of concordance

^{۶۲} F-tests

^{۶۳} T-tests

در میان روش‌های آمار استنباطی، زمانی که شرکت‌کنندگان دلفی کم‌تر از ۳۰ نفر باشند، تنها می‌توان از آزمون مک‌نمار، آزمون ویلکاکسون و ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده کرد [۶۷]. استفاده از این آزمون‌ها مستلزم حضور شرکت‌کنندگان نوبت اول، در نوبت‌های بعدی نیز هست؛ در غیر این صورت، نظر آن دسته از خبرگان، از دست رفته است؛ از طرفی، نمی‌توان تمام شرکت‌کنندگان را مجاب به شرکت مجدد در دلفی نمود؛ به همین دلیل، از این روش‌ها استفاده نشد. در میان روش‌های آمار توصیفی نیز استفاده از روش دامنه میان چارکی و ضریب تغییرات، به مطالعات دلفی با تعداد شرکت‌کنندگان زیاد مربوط می‌شود [۶۷]؛ در میان روش‌های باقی‌مانده، از نرخ APMO استفاده شد، چرا که بر اساس نظر شخصی محقق نیست، به تعداد کم شرکت‌کنندگان حساس نیست و از طرفی، عدم حضور شرکت‌کنندگان در نوبت‌های بعدی دلفی به معنی از دست دادن نظر اولیه آن‌ها نخواهد بود^{۶۴}.

نرخ APMO به صورت زیر تعریف شده است [۶۵]:

(۱.۴)

$$APMO = \left(\sum (\text{اکثریت مخالف}) + \sum (\text{اکثریت موافق}) \right) / \text{کل نظرات ارائه شده}$$

یک نظر زمانی به «اکثریت» می‌رسد که درصد آرای مربوط به آن، بیش از ۵۰ باشد. در مورد مخرج کسر فوق نیز، این نکته باید ذکر شود که منظور فقط نظرات «موافق» یا «مخالف» است و «نظری ندارم» به عنوان یک نظر در محاسبات لحاظ نمی‌شود. دستیابی به اجماع درباره هر یک از سیاست‌ها به این معناست که درصد آرای حداکثر، بیش‌تر از نرخ APMO باشد. سیاست‌هایی که در مورد آن‌ها در نوبت اول دلفی، توافق حاصل نشود، به نوبت دوم دلفی راه می‌یابند و این چرخه به این شکل تداوم می‌یابد تا زمانی که خبرگان به اجماع درباره تمام گزینه‌ها برسند [۶۸].

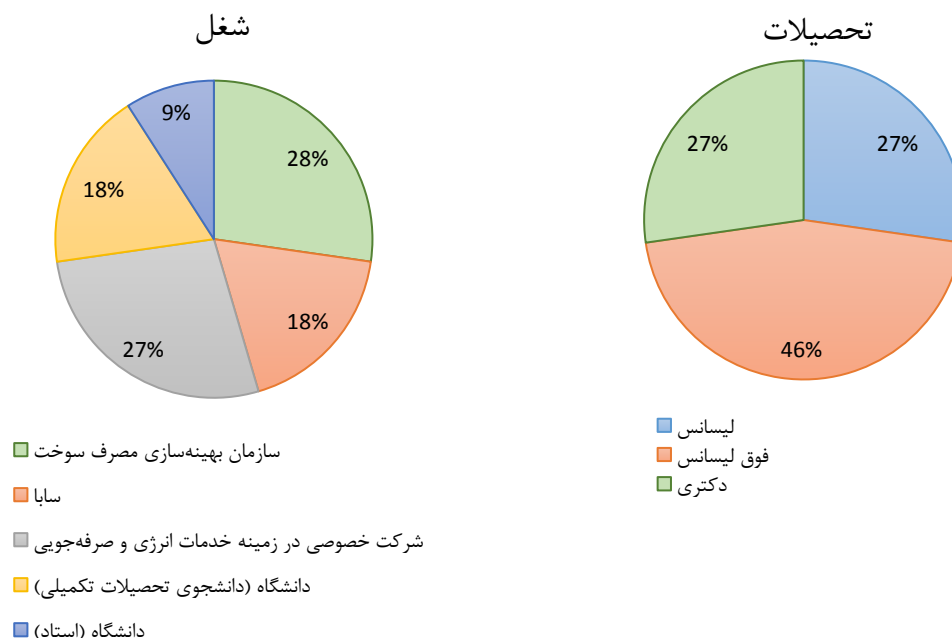
۲.۲.۴ نحوه اجرای دلفی

پیش از اجرای دلفی، خبرگان و صاحب‌نظران شناسایی شدند. نمونه‌گیری از بین آن‌ها به صورت گلوله برفی از دسته نمونه‌گیری متوالی یا متواتر و در زیرمجموعه نمونه‌گیری هدفمند صورت گرفت.

^{۶۴} در صورتی که در مورد آن نظر توافق به دست آمده باشد.

پرسشنامه دور اول دلفی برای اعتبارسنجی به ۴ نفر از خبرگان ارائه شد که مطابق نظر آن‌ها، تغییراتی در پرسشنامه اولیه لحاظ شده و در نهایت، این پرسشنامه به ترتیبی که در پیوست اول آمده است، برای خبرگان شرکت‌کننده در دلفی ارسال شد. در دور دوم دلفی توافق حاصل شد و فرایند تکراری دلفی متوقف شد؛ بر اساس نتایج حاصل شده در فرایند دلفی، پرسشنامه مربوط به تصمیم‌گیری چندشاخصه برای اولویت‌بندی سیاست‌های منتخب، به خبرگان ارسال شد.

به منظور دعوت از خبرگان برای شرکت در دلفی، با در نظر گرفتن دو نهاد اصلی متولی بحث صرفه‌جویی و بهینه‌سازی در ایران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت و سازمان بهره‌وری انرژی (سابا)، متخصصانی از هر یک انتخاب و برای شرکت در دلفی دعوت شدند؛ به علاوه، از خبرگان دانشگاهی که در حوزه انرژی فعالیت دارند و نیز از خبرگانی از شرکت‌های خصوصی که محور فعالیت‌های آن‌ها، خدمات انرژی، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی است، دعوت شد؛ در مجموع، ۲۲ نفر برای حضور در دلفی دعوت شدند. پرسشنامه نوبت اول دلفی برای اعتبارسنجی به ۴ نفر از خبرگان ارائه شد که مطابق نظر آن‌ها، تغییراتی در پرسشنامه اولیه لحاظ شده و در نهایت، این پرسشنامه به ترتیبی که در پیوست اول آمده است، برای خبرگان شرکت‌کننده در دلفی ارسال شد. زمان اجرای نوبت اول دلفی ۱۰ روز بود که در نهایت، با مشارکت ۱۱ نفر از خبرگان با تخصص‌هایی که در شکل ۲،۴ مشخص شده است، پایان یافت.



شکل ۲.۴ مشخصات شرکت‌کنندگان در نوبت اول دلفی.

نوبت اول دلفی به این ترتیب انجام شد که پرسشنامه‌ها برای تعدادی از شرکت‌کنندگان ارسال شد و سپس، به صورت تلفنی از آن‌ها نظرخواهی شد و برای بقیه شرکت‌کنندگان، به صورت حضوری تحویل داده و نظر آن‌ها خواسته شد. نظرخواهی به این ترتیب بود که در صورتی که اتخاذ سیاست‌های ارائه شده را برای تحقق هدف کاهش ۴۸ درصدی مصرف گاز تا پایان برنامه ششم توسعه لازم، و با توجه به دانش تخصصی‌شان ممکن می‌دانستند، توافق خود را اعلام کرده، در غیر این صورت، اعلام مخالفت می‌کردند؛ به علاوه، از آن‌ها خواسته شد دلایل نظرات خود را هم ارائه دهند؛ به این ترتیب، سعی شد بینش بهتری حاصل شود تا در تحلیل نتایج دلفی و اولویت‌بندی بتوان از آن استفاده کرد. بعد از دریافت نظرات نوبت اول، در پایان ۱۰ روز، میزان توافق نظر آرا بررسی شد.

۳.۲.۴ تحلیل نتایج نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها

نتایج آماری نوبت اول دلفی، در جدول ۱،۴ ارائه شده است. محاسبه نرخ APMO با داشتن این داده‌ها انجام گرفت؛ مجموع تعداد آرای موافقی که اکثریت آرا در هر سیاست را از آن خود کرده بودند برابر ۸۴ و مجموع تعداد آرای مخالف، برابر ۱۹ بود، با احتساب ۱۷۴ رای داده شده، نرخ APMO برابر ۵۹،۲٪ محاسبه شد. با داشتن این نرخ می‌توان درباره حصول اجماع در سیاست‌های مختلف، نظر داد.

جدول ۱.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها.

ردیف	سیاست	موافق		مخالف		بدون نظر		تعداد نظرات	اجماع
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
۱	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	۴۵،۴۵٪	۵	۵۴،۵۵٪	۶	۰٪	۰	۱۱	خیر
۲	گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر	۳۶،۳۶٪	۴	۶۳،۶۴٪	۷	۰٪	۰	۱۱	بله
۳	ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت	۸۱،۸۲٪	۹	۱۸،۱۸٪	۲	۰٪	۰	۱۱	بله
۴	بهبود زیرساخت‌های ICT	۲۷،۲۷٪	۳	۷۲،۷۳٪	۸	۰٪	۰	۱۱	بله

۵	بهبود برنامه ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها	۲	۱۸,۱۸ %	۹	۸۱,۸۲ %	۰	۰	۱۱	بله
۶	گسترش شبکه حمل و نقل عمومی درون شهری	۳	۲۷,۲۷ %	۸	۷۲,۷۳ %	۰	۰	۱۱	بله
۷	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	۶	۵۴,۵۵ %	۵	۴۵,۴۵ %	۰	۰	۱۱	خیر
۸	تبدیل نیروگاه های گازی به نیروگاه های سیکل ترکیبی	۱۱	۱۰۰ %	۰	۰ %	۰	۰	۱۱	بله
۹	توسعه نیروگاه های CHP و CCHP	۱۱	۱۰۰ %	۰	۰ %	۰	۰	۱۱	بله
۱۰	برنامه ریزی یکپارچه	۹	۸۱,۸۲ %	۲	۱۸,۱۸ %	۰	۰	۱۱	بله
۱۱	جمع آوری داده های دقیق مصرف انرژی	۱۰	۹۰,۹۱ %	۱	۹,۰۹ %	۰	۰	۱۱	بله
۱۲	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت های ESCO	۴	۳۶,۳۶ %	۶	۵۴,۵۵ %	۱	۹,۰۹ %	۱۰	خیر
۱۳	اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان	۱۰	۹۰,۹۱ %	۱	۹,۰۹ %	۰	۰	۱۱	بله
۱۴	آموزش و آگاهی دادن به افراد	۸	۷۲,۷۳ %	۳	۲۷,۲۷ %	۰	۰	۱۱	بله
۱۵	استفاده گسترده تر از روش های بازخوردی	۳	۲۷,۲۷ %	۷	۶۳,۶۴ %	۱	۹,۰۹ %	۱۰	بله
۱۶	افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا	۸	۷۲,۷۳ %	۳	۲۷,۲۷ %	۰	۰	۱۱	بله
مجموع		۸۴		۱۹				۱۷۴	

اگرچه تمام شرکت کنندگان در دلفی نوبت اول، مخالف قیمت‌های پایین انرژی بودند، اما برخی تغییر در سیاست‌های قیمتی تا پایان برنامه ششم را ناکارامی دانستند، چراکه معتقد بودند در این دوره زمانی کوتاه،

امکان فراهم آمدن شرایط مناسب برای این اقدام به‌طوری که مانع از افزایش سطح عمومی قیمت‌ها شود، وجود ندارد. به‌هرحال، این سیاست امتیاز لازم برای وفاق را کسب نکرد و در نوبت بعدی دلفی به بررسی گذاشته شد.

اگرچه کاهش مصرف گاز با تنوع‌بخشی منابع تامین انرژی اتفاق می‌افتد و در این صورت، گازی که در اثر تغییر انرژی مورد استفاده ذخیره می‌شود، به شکل‌های دیگر می‌تواند مصرف شود؛ اما مادامی که مسئله هدررفت انرژی و تلاش برای بهینه‌سازی حل نشود، این سیاست تنها به هزینه‌های فعلی خواهد افزود و اقدام صرفه‌جویانه‌ای محسوب نخواهد شد.

ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت با ارائه تشویق و تنبیه‌هایی از سوی دولت برای صنایع می‌تواند به تدریج رخ داده و موجب شود صرفه‌جویی گاز در صنایع تا اندازه‌ای رخ دهد.

بهبود زیرساخت‌های ICT، بهبود برنامه‌ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها، گسترش شبکه حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری اگرچه اقدامات مثبتی در جهت کاهش مصرف انرژی محسوب می‌شوند، اما در مورد بهینه‌سازی مصرف گاز در بخش حمل و نقل اقدامات قابل توجهی نیستند، به خصوص که سیاست دولت بر افزایش سهم گاز در میان سوخت‌های موجود است و نیز این که مصرف گاز به طور کلی در بخش حمل‌ونقل بسیار کم است، و انجام اقدامات کلان نام‌برده فایده‌چندانی برای صرفه‌جویی گاز نمی‌تواند ایجاد کند.

خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها نیز مانند سیاست افزایش قیمت انرژی، سیاست درستی است که به طرز اشتباهی در کشور به کار گرفته شده است و به این ترتیب، اثر مطلوب خود را بر جا نگذاشته است؛ بر این اساس، تفاوت نظر خبرگان به تفاوت نحوه اجرای این سیاست مربوط می‌شود؛ موافقان این سیاست، سیاست را مشروط به افزایش قیمت گاز برای نیروگاه‌ها موثر می‌دانستند و مخالفان، روند فعلی را بی‌تاثیر ارزیابی کرده و آن را قابل بهبود تا پایان برنامه ششم توسعه نمی‌دیدند.

تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و توسعه نیروگاه‌های CHP و CCHP، دو سیاستی هستند که بیش‌ترین آرای مثبت را از آن خود کرده‌اند و این نشان از اهمیت آشکار این دو سیاست در بهبود وضع بهینه‌سازی مصرف گاز در کشور دارد.

بسیاری از شرکت‌کنندگان معتقد بودند تهیه برنامه جامعی که با در نظر گرفتن تمام ذینفعان و منافع آن‌ها، سیاست‌ها و طرح‌های بهینه‌سازی را مطرح کند، موجب خواهد شد طرح‌های استواری پیشنهاد داده شده، و اجرا شوند و تجربه ناموفق طرح‌هایی که هم‌اکنون با صرف هزینه‌های گزاف و طی سال‌ها مطالعه به بن‌بست می‌خورند، تکرار نشود.

مهم‌ترین دلیل شرکت‌کنندگان برای رای مثبت به این سیاست، ائتلاف زیاد گاز در شبکه‌های انتقال، و همچنین تفاوت‌های بارز مقادیر گاز ارسال شده و نیروگاه‌ها و مقادیر دریافت شده بود که می‌تواند ناشی از عدم استفاده از ابزارهای دقیق برای اندازه‌گیری باشد؛ به هر حال، بخش زیادی از گاز طبیعی به دلیل نبود سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق از دست می‌رود یا سرقت می‌شود که ایجاد بهبود در این بخش، از زیربنایی‌ترین مسائل بهینه‌سازی مصرف گاز خواهد بود.

اگرچه تمام مشارکت‌کنندگان، شرکت‌های ESCO فعالیت‌های آن‌ها را مفید و سودآور می‌دانستند، برخی از آن‌ها اظهار کردند، مادامی که صنایع هزینه پایینی بابت انرژی پرداخت کنند، این گونه فعالیت‌ها نتیجه‌بخش نخواهند بود.

اجرای مبحث نوزدهم بدون شک، پتانسیل صرفه‌جویی زیادی را احیا خواهد کرد که البته مشروط به این که با حمایت دولت انجام شود، موفقیت آن تضمین شده خواهد بود.

آموزش و آگاهی دادن به افراد، بنا به اظهار کلیه مشارکت‌کنندگان، زمانی می‌تواند اثربخش باشد که از قبل بسترهای صرفه‌جویی کلان آنچنان فراهم شده باشد که بدون این که خللی به رفاه مردم وارد شود، صرفه‌جویی ایجاد کند. به عنوان مثال ابتدا باید تجهیزات گرمازا با راندمان بالا در اختیار مردم قرار گیرد و بعد از آن‌ها انتظار صرفه‌جویی برود؛ بدون فراهم کردن این شرایط، صرفه‌جویی معنی واقعی خود را از دست می‌دهد و به «کم مصرف کردن» معنا می‌شود.

بنا به اظهار خبرگان، استفاده گسترده‌تر از روش‌های بازخوردی، با طرح کنترلهای هوشمند گاز در کشور مدت‌ها دنبال شده است و بعدها به دلایلی کنار گذاشته شده که به نظر نمی‌رسد تا پایان برنامه ششم مجدداً این طرح را بتوان دنبال کرد.

افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا، سیاستی است که شرایط را برای اجرای سیاست‌هایی مانند روش‌های بازخوردی و آموزش و آگاهی دادن به افراد مهیا می‌کند و از این جهت بسیار بااهمیت است؛

بدون وجود چنین سیاست‌هایی، اجرای سیاست‌های خرد موفقیت‌آمیز نخواهد بود؛ با این حال برخی از خبرگان، بنا به تجربه، اجرای این سیاست تا پایان برنامه ششم را ممکن نمی‌دانستند.

با توجه به این‌که نتایج دلفی برای پرسشنامه چندشاخصه استفاده خواهد شد، فرایند دلفی به ترتیب فوق در مورد شاخص‌های ارزیابی نیز انجام شد:

۴.۲.۴ تحلیل نتایج نوبت اول دلفی برای شاخص‌ها

برای اولویت‌بندی سیاست‌های معرفی شده در قسمت قبل و ارائه آن‌ها به سیاست‌گذاران، نیاز است شاخص‌هایی تعریف شود تا بر اساس این شاخص‌ها، اولویت سیاست‌ها تعیین گردد. این شاخص‌ها با استفاده از مقالاتی که به بررسی موانع دستیابی به اهداف برنامه‌های صرفه‌جویی و بهینه‌سازی و آموخته‌های اجرای این برنامه‌ها پرداخته‌اند، ارائه شدند؛ به علاوه، اجرای آزمایشی دلفی نیز به بهبود تعریف شاخص‌ها و اضافه کردن مواردی به آن، کمک کرد.

برخی از موانع اجرای برنامه‌های صرفه‌جویی و بهینه‌سازی، عبارت‌اند از: ساختار بازار (تکنولوژی مورد نیاز آن سیاست ممکن است در بازار نباشد)، موانع اقتصادی (سرمایه کم، سوددهی، هزینه‌های پنهان، ریسک)، و عادت‌های رفتاری (و مقاومت در برابر تغییرات بر اثر عادت‌ها)؛ به علاوه، هزینه‌ها، موانع مدیریتی و فنی هم عوامل دیگری هستند که مانع از اجرای مناسب این برنامه‌ها هستند [۶۹]. سهیل‌انگاری در اجرای مقررات دولت، فقدان حمایت دولت، سرمایه اولیه بالا، سودآور نبودن و کمبود نیروی کار ماهر هم مانع از انجام اثربخش فعالیت‌های صرفه‌جویی می‌شوند [۷۰].

در نهایت، شاخص‌های موجود در جدول ۳،۳ برای ارزیابی در نوبت اول دلفی، در اختیار خبرگان قرار گرفت و نتایج آماری ارائه شده، حاصل شد. نرخ APMO برابر ۸۱،۸۲٪ محاسبه شد که با داشتن این نرخ می‌توان درباره حصول اجماع در سیاست‌های مختلف، مطابق جدول ۲،۴، نظر داد.

جدول ۲.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای شاخص‌ها.

ردیف	شاخص	موافق		مخالف		بدون نظر		تعداد نظرات	اجماع
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
۱	میزان تاثیر گذاری بر کاهش مصرف گاز	۸۱,۸۲٪	۹	۱۸,۱۸٪	۲	۰٪	۰	۱۱	بله
۲	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	۶۳,۶۴٪	۷	۳۶,۳۶٪	۴	۰٪	۰	۱۱	خیر
۳	قابلیت اجرا از لحاظ تکنولوژیکی	۱۸,۱۸٪	۲	۸۱,۸۲٪	۹	۰٪	۰	۱۱	بله
۴	سرمایه اولیه مورد نیاز	۸۱,۸۲٪	۹	۱۸,۱۸٪	۲	۰٪	۰	۱۱	بله
۵	سوددهی	۱۰۰٪	۱۱	۰٪	۰	۰٪	۰	۱۱	بله
۶	دوره بازگشت سرمایه	۸۱,۸۲٪	۹	۱۸,۱۸٪	۲	۰٪	۰	۱۱	بله
	مجموع	۵۴		۹				۷۷	

چنان که ملاحظه شد فقط شاخص « قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱) » شرط APMO را کسب نکرد؛ این شاخص در نوبت دوم هر امتیازی که کسب کند، مورد قبول خواهد بود و به همین دلیل، در نوبت دوم دلفی به بررسی مجدد این شاخص پرداخته نشد. در ضمن، به این دلیل که روش‌های صرفه‌جویی به تکنولوژی‌های پیچیده‌ای نیاز ندارند، قابلیت اجرا از لحاظ تکنولوژیکی یک شاخص ارزیابی برای سیاست‌ها نمی‌تواند به شمار بیاید.

۵.۲.۴ تحلیل نتایج نوبت دوم دلفی برای سیاست‌ها

سیاست‌هایی که خبرگان در نوبت اول، در مورد آن‌ها توافق نظر داشتند، در این نوبت مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. در مورد سیاست‌هایی که اتفاق نظر نسبی در مورد آن‌ها حاصل نشد؛ توضیحات بیشتری داده شده است و نظر خبرگان نیز به این توضیحات اضافه شده است. در نهایت، پرسشنامه مربوط به نوبت دوم

دلفی به ترتیبی که در پیوست دوم آمده است، برای خبرگان ارسال شد. زمان اجرای نوبت دوم دلفی یک هفته بود که در نهایت، با مشارکت ۵ نفر از ۱۱ نفر شرکت‌کننده در نوبت اول، پایان گرفت و نتایج آن به شرح جدول ۳،۴ ارائه شد:

جدول ۳.۴ تحلیل پاسخ‌های نوبت اول دلفی برای سیاست‌ها.

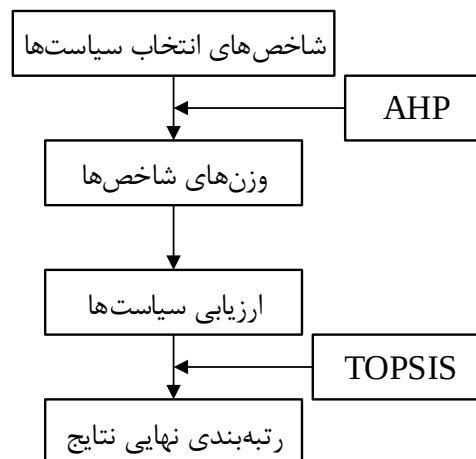
ردیف	سیاست	موافق		مخالف		بدون نظر		تعداد نظرات	اجماع
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد		
۱	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	۴	۸۰٪	۱	۲۰٪	۰	۰٪	۵	بله
۲	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	۴	۸۰٪	۱	۲۰٪	۰	۰٪	۵	بله
۳	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO	۴	۸۰٪	۱	۲۰٪	۰	۰٪	۵	بله
مجموع		۱۲		۳				۱۵	

و با نرخ APMO برابر ۰،۸، خبرگان در مورد تمام سیاست‌ها به توافق و اجماع رسیدند. این توافق بر این اساس حاصل شد که پیش از اجرای سیاست‌های قیمتی، شرایط صرفه‌جویی به روش‌های دیگر فراهم شده باشد تا اثر منفی افزایش قیمت انرژی روی کل اقتصاد حداقل شود و همچنین پیش از خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها و ممیزی انرژی صنایع توسط ESCOها، افزایش قیمت انرژی اتفاق افتاده باشد.

به این ترتیب از میان سیاست‌ها، اتخاذ تمام آن‌ها به جز گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود زیرساخت‌های ICT، بهبود برنامه‌ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها، گسترش شبکه حمل‌ونقل عمومی، و استفاده گسترده‌تر از روش‌های بازخوردی توسط خبرگان برای دستیابی به هدف ضروری ارزیابی شدند. از شاخص‌های ارائه شده نیز تنها قابلیت اجرا از لحاظ تکنولوژیکی، غیرضروری ارزیابی شد. به این ترتیب ۱۱ سیاست و ۶ شاخص وارد مرحله تصمیم‌گیری چندشاخصه برای اولویت‌بندی سیاست‌ها شدند.

۳.۴ رتبه‌بندی و ارائه اولویت برای سیاست‌ها و تحلیل آن‌ها

در این قسمت، مطابق شکل ۳،۴، ابتدا به شاخص‌ها بر اساس روش AHP وزن داده و سپس با استفاده از نتایج آن، سیاست‌های منتخب روش دلفی، به روش TOPSIS، اولویت‌گذاری شده‌اند. شرح روش‌های AHP و TOPSIS در پیوست هفتم آمده است.



شکل ۳.۴ مدل ارزیابی سیاست‌ها.

۱.۱.۳.۴ نتایج حاصل از رتبه‌بندی سیاست‌ها

وزن شاخص‌ها چنان که در بخش‌های قبلی شرح داده شد، بر اساس روش AHP و به شرح جدول ۴،۴ حاصل شد:

جدول ۴.۴ وزن شاخص‌ها.

۰,۳۵۴۱۲	میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز	۱
۰,۲۵۴۹۶	سوددهی	۲
۰,۱۵۴۹۲	پایین بودن سرمایه اولیه مورد نیاز	۳
۰,۰۸۶۰۵	قابلیت پذیرش توسط ذینفعان	۴
۰,۰۸۲۴۵	کم بودن دوره بازگشت سرمایه	۵
۰,۰۶۷۴۸	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	۶

چنان که ملاحظه می‌شود میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف با اختلاف بالایی نسبت به بقیه شاخص‌ها، رتبه اول را کسب کرده است؛ سه مورد آخر تقریباً اثرگذاری بالایی ندارند؛ به ویژه قابلیت اجرا که به دلیل این که معمولاً طرحی که برنامه‌ریزی می‌شود، حتی اگر اجرایی شود، معمولاً بیش از آنچه برایش برنامه‌ریزی شده طول می‌کشد، اثربخشی برنامه نسبت به کارایی آن اهمیت بسیار بالاتری دارد و در نتیجه محدودیت زمانی خیلی حائز اهمیت نیست.

با استفاده از این اوزان، رتبه‌بندی سیاست‌ها به روش TOPSIS صورت گرفت که نتیجه آن به صورت جدول ۵،۴ محاسبه شد:

جدول ۵.۴ رتبه‌بندی سیاست‌ها.

رتبه	سیاست	امتیاز
۱	مدیریت یکپارچه و تهیه برنامه جامع	۰,۵۲۴۰۸
۲	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی	۰,۵۰۰۴۳
۳	اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان	۰,۴۵۶۶۳
۴	افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا	۰,۴۴۶۹۱
۵	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	۰,۴۲۵۶۲
۶	تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی	۰,۴۲۴۴۴
۷	توسعه نیروگاه‌های CHP و CCHP	۰,۴۱۴۰۶
۸	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	۰,۳۷۱۷۹
۹	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO	۰,۳۳۷۵۶
۱۰	ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت	۰,۳۰۱۸۴
۱۱	آموزش و آگاهی دادن به افراد	۰,۳۰۰۶۲

چنان که در این جدول ملاحظه می‌شود، اولین و مهم‌ترین سیاست اجرایی برای تحقق هدف کاهش ۴۸ درصدی مصرف گاز، مدیریت یکپارچه پروژه‌های بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی جامع است؛ مدیریت یکپارچه، مستلزم این است که سازمان واحدی وجود داشته باشد که کلیه سازمان‌های ذینفع را تحت کنترل داشته و منافع حاصل از طرح‌ها را بین آن‌ها تقسیم کرده و آن‌ها را به خوبی هماهنگ کند. به علاوه، این پروژه‌ها باید جامع‌نگر بوده و به بخش‌های مختلف درگیر در آن و ذینفعان مختلف مرتبط با آن توجه کرده باشند. این سازمان مدیریتی موظف خواهد بود برنامه‌ها و اهداف معین کوتاه‌مدت و بلندمدتی

تدوین و برنامه اجرایی رسیدن به آن‌ها را نیز همراه با بررسی تمام جوانب (منابع مورد نیاز، زمان‌بندی، ذینفعان و ...) مشخص کرده و اجرا کند.

احتمالا پیش از اجرای هرگونه سیاست در جهت صرفه‌جویی، لازم خواهد بود عمده‌ترین نقاط مصرف گاز شناسایی شوند؛ به این منظور، لازم است دقت جمع‌آوری داده‌های انرژی بالا رفته و از ابزارهای مناسب در این راستا استفاده شود.

با توجه به امتیاز سیاست‌ها، دو سیاست نام‌برده با اختلاف نسبتا زیادی با بقیه سیاست‌ها، اصلی‌ترین سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در جهت دستیابی به هدف مذکور هستند. بعد از اجرای این دو سیاست که به نوعی اجرای برنامه‌های اصولی برای صرفه‌جویی را تضمین می‌کنند، دو سیاست با امتیاز نسبتا برابری قرار گرفته‌اند که به بخش خانگی مرتبط می‌شوند: اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان و افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا؛ موقعیت این دو سیاست در جدول از طرفی نشان‌دهنده اهمیت توجه به صرفه‌جویی در بخش خانگی است و از طرف دیگر، این نکته که قبل از دو سیاست آموزش و قیمت‌گذاری قرار گرفته، نشان می‌دهد ابتدا باید بستر بهینه‌سازی را برای مردم ایجاد کرد؛ مدیریت و برنامه‌ریزی جامع صرفه‌جویی با حمایت از مردم (از طریق بهبود کارایی تجهیزات گرمایشی یا اجرای طرح‌های حمایتی برای ترویج عایق‌کاری)، و هدایت و تشویق آن‌ها برای دستیابی به بهینه‌سازی همراه خواهد بود. بعد از ایجاد این بستر، آموزش و آگاهی‌بخشی به مردم می‌تواند نتیجه‌بخش واقع شود. همچنین، افزایش قیمت انرژی بعد از فراهم کردن شرایط صرفه‌جویی برای مردم می‌تواند موثر واقع شود، چرا که مردم از قبل مصرف خود را کاهش داده‌اند؛ بنابراین، نسبت به افزایش قیمت حساسیت بالایی نشان نخواهند داد. این روند در صنعت نیز باید به همین ترتیب دنبال شود؛ یعنی ابتدا با انجام ممیزی و ارائه تشویق یا تنبیه‌های لازم، فرایندهای انرژی‌بر در بخش صنعت اصلاح شده، یا صنایع بسیار انرژی‌بر با صنایع دیگر جایگزین شوند و بعد از ابزار اصلاح قیمت استفاده شود؛ تا افزایش قیمت انرژی روی قیمت کالاها منتقل و منعکس نشود، بلکه به بهبود فرایندها و افزایش راندمان صنایع بینجامد. در اینجا، احتمالا با توجه به این که سهم بخش صنعت در مصرف گاز طبیعی نسبت به بخش خانگی کم‌تر است، از دید خبرگان اولویت پایینی به سیاست‌های مرتبط با آن اختصاص پیدا کرده است.

افزایش قیمت گاز موجب تمایل نیروگاه‌ها به افزایش راندمان خواهد شد؛ به طوری که احتمالا نیروگاه‌های گازی به سمت تبدیل به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی رفته و راه‌اندازی نیروگاه‌های CHP و CCHP نیز رواج خواهد یافت.

افزایش قیمت گاز برای نیروگاه‌ها می‌تواند خصوصی‌سازی را در کشور تحقق بخشد؛ در غیر این صورت و با وجود نرخ فعلی گاز برای نیروگاه‌ها، نمی‌توان افزایش راندمان نیروگاه‌ها را حتی با وجود خصوصی‌سازی انتظار داشت. امتیاز نسبتاً پایین خصوصی‌سازی ناشی از شرایط فعلی خصوصی‌سازی می‌تواند باشد، درحالی‌که اگر سیاست‌های قیمتی تغییر کنند، احتمالاً این سیاست هم ارزش بالاتری پیدا می‌کند. مطابق اولویت‌بندی انجام شده، مشاهده می‌شود که اگرچه، ترکیب سیاست‌های نام‌برده موثر است؛ اما سیاست‌های کلان باید بر سیاست‌های خرد، مقدم داشته شوند و اساساً تکیه بر سیاست‌های خرد یا انتظار از مردم برای کاهش مصرف، نه صرفه‌جویی، بدون بسترسازی کلان برای آن‌ها، اقدامی بی‌پهلو خواهد بود. در فصل بعد به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود که آیا برنامه آرمانی دستیابی به هدف کاهش ۴۸ درصدی مصرف گاز در شرایط فعلی قابل تحقق است و این‌که چه سناریوهایی برای آینده وضعیت بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران ممکن است رخ دهد.

۵

فصل پنجم

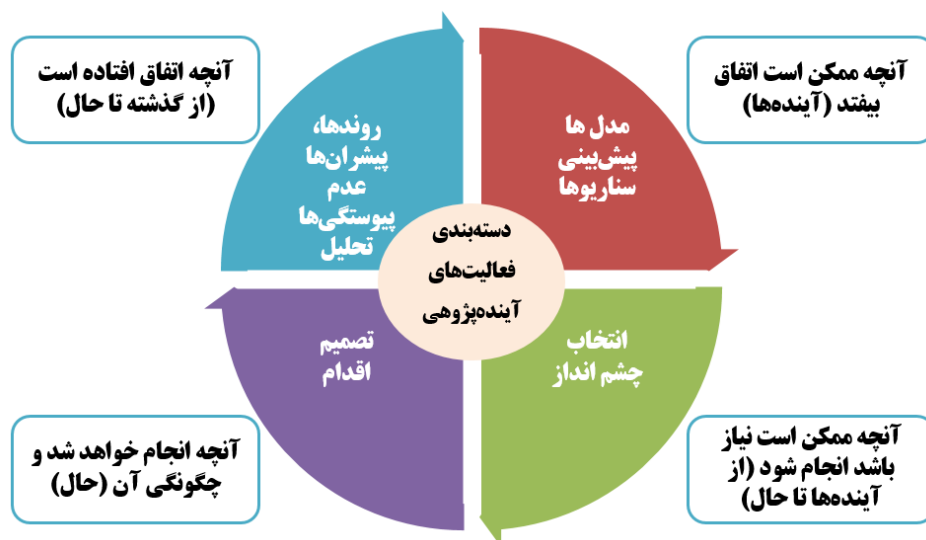
سناریوهای بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران

۱.۵ مقدمه

در این فصل، درباره رویکرد آینده‌پژوهی به مسائل، جایگاه سناریونویسی در مطالعات آینده و روش‌های مختلف سناریونویسی بحث شده است؛ سپس، سناریوهای بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران، بر مبنای روش GBN و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان، ایجاد شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین وظیفه مطالعات آینده‌ها^۱، کشف احتمالات بدیل آینده، کشف امکانات بالقوه، پیش‌بینی خطرات و محدودیت‌هایی است که در مسیرهای جایگزین آینده وجود دارد و همچنین پیش‌بینی عواقب احتمالی اقدامات و حوادث کنونی. رایج‌ترین دلیل استفاده از آینده‌پژوهی آن است که به شناخت آنچه که در مورد آن دانشی وجود ندارد اما برای اخذ تصمیمات بلندمدت هوشمندانه‌تر به آن نیاز است، کمک می‌کند [۷۱]، این شناخت می‌تواند حاصل درک صحیح از مسائل نوظهور، پایش روندها و ... باشد، سپس باید قواعدی برای تحولاتی که در آینده اتفاق می‌افتد و بر اساس آینده‌شناسی قابل پیش‌بینی هستند، تهیه و تنظیم شود؛ می‌توان تکنولوژی‌های آینده را نیز به سمت دستیابی به اهداف سازمانی یا ملی جهت‌دهی کرد [۷۲]. باید در نظر داشت که اگرچه آگاهی نسبت به آینده همواره جذاب و البته، امروزه حیاتی است، اما فرایندی دشوار است؛ سه چالش «عدم قطعیت»، «پیچیدگی» و «تغییر» سبب دشواری این فرایند می‌شود [۷۳]؛ همچنین باید پذیرفت که نمی‌توان آینده را پیش‌بینی کرد، بلکه فقط دامنه امکان وقوع آن می‌تواند برآورد شود [۷۴].

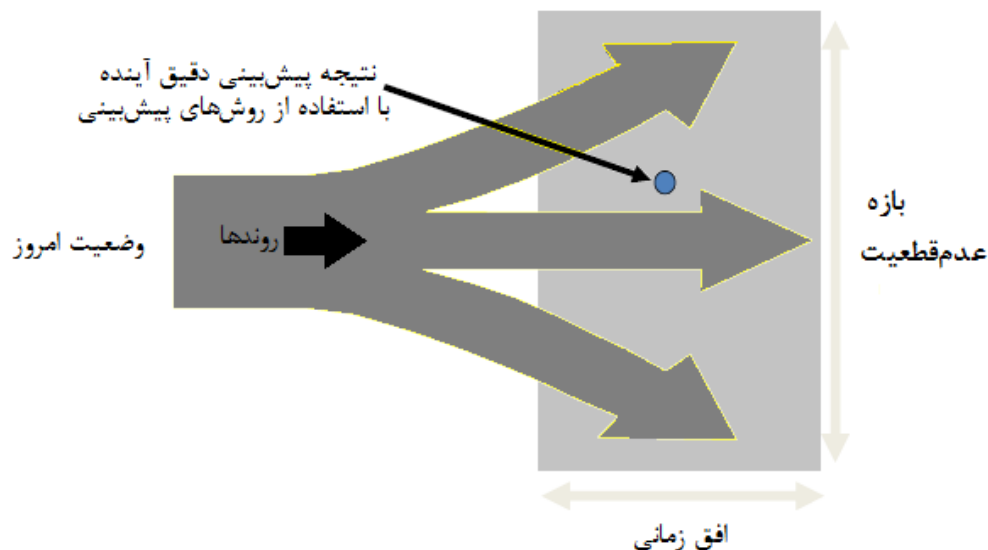
آینده‌پژوهی، مطابق شکل ۱،۵، اجازه حرکت و جستجو در گذشته، حال و آینده را می‌دهد و در مورد گزینه‌ها و انتخاب‌هایی که می‌توان اتخاذ کرد و اقداماتی که می‌توان انجام داد، اطلاعات می‌دهد [۷۵]. مطابق این شکل، در مطالعات آینده‌پژوهی، روندها، عدم قطعیت‌های کلیدی و عدم پیوستگی‌ها، حاصل تحلیل گذشته تا حال هستند؛ بر اساس سناریونویسی و مدل‌سازی به پیش‌بینی‌هایی درباره آینده دست یافته می‌شود که همان آینده‌های بدیل هستند؛ سپس بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده، چشم‌انداز مورد نظر سازمان یا کشور انتخاب می‌شود تا بر اساس آن، تصمیمات مقتضی اتخاذ و اقدامات لازم برای زمان حال، انجام گیرد.

^۱ futures studies



شکل ۱.۵ تقسیم‌بندی فعالیت‌های آینده‌پژوهی مبتنی بر زمان، [۷۵].

بسیاری از روش‌های آینده‌پژوهی مطابق شکل ۵،۲ بر ارائه پیش‌بینی^۱ اتکا دارند، اما روش سناریونویسی معمولاً با ترکیب روش‌های گوناگون دیگر استفاده می‌شود تا به مجموعه‌ای از آینده‌های مورد بحث در بندهای فوق، دست یافته شود و در نتیجه انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد.



شکل ۲.۵ تفاوت پیش‌بینی نقطه‌ای و پیش‌بینی با سناریوها، [۷۸].

^۱ Forecast

سناریوها برخلاف پیش‌بینی که فرض می‌کند آینده را می‌توان پیشگویی کرد، به درک نحوه اثرگذاری تغییرات محیطی بر نتایج آینده کمک می‌کنند. روش‌های پیش‌بینی موجود اغلب بر محتمل‌ترین رویداد تمرکز داشته و دربرگیرنده وقایع محتمل‌الوقوع نیستند و نهایتاً منجر به برآورد نقطه‌ای از آینده می‌شوند؛ اما سناریونویسی روشی ساختاریافته برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی عدم قطعیت‌ها و پیشامدهای محتمل‌الوقوع است. سناریوها نباید به محتمل‌ترین وقایع محدود شوند؛ بدین ترتیب مدیران می‌توانند تدابیر استراتژیک لازم را برای کاهش ریسک ناشی از عدم قطعیت‌های کلیدی بیندیشند و از فرصت‌های شناخته شده، بهره‌برداری کنند. تفاوت دیگر سناریو با پیش‌بینی در این است که هدف پیش‌بینی این است که تعیین کند در آینده چه روی خواهد داد؛ اما سناریوها بیش‌تر بر چگونگی اتفاق افتادن این حالات دلالت دارند؛ پیش‌بینی، پاسخ ارائه می‌دهد، درحالی‌که سناریوها برای وادار کردن افراد به پرسش کردن طراحی شده است و آگاهی از آینده و مهم‌تر از آن، عوامل به وجود آورنده آن را ممکن می‌کند و احتمال غافلگیری از شرایط ایجاد شده را حداقل می‌کند. سناریوها در ارتباط با شناخت حالات محتمل آینده هستند و با شناخت عوامل معین (قطعی) و عدم قطعیت‌ها آغاز می‌شود و با عدم قطعیت‌ها مانند فرصت‌های یادگیری برخورد می‌کنند.

در بخش بعد، به تفصیل، راجع به سناریونویسی بحث شده است.

۲.۵ سناریونویسی

سناریوها به این دلیل که تحلیل گسترده‌تری را نسبت به روش‌های پیش‌بینی مرسوم ارائه می‌دهند، در دهه اخیر بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند. به علاوه، استفاده از مجموعه‌ای از سناریوهای مختلف، روشی برای غلبه بر عدم قطعیت است. عدم قطعیت‌هایی که آینده را ایجاد می‌کنند، باعث شده‌اند که امروزه اکثر برنامه‌ریزان و آینده‌نگاران این ایده را که برنامه‌ریزی باید در برابر محتمل‌ترین تک تصویر از آینده انجام گیرد، رد کرده و در عوض، مجموعه‌هایی از سناریوها را در برنامه‌ریزی به کار گیرند؛ این مجموعه‌ها گستره وسیعی از آینده‌ها را در بر گرفته و در نتیجه برنامه‌ریزی برای مقابله با پیامدهای هریک انجام می‌شود، و سپس عناصر نیرومند در برنامه‌ها را می‌توان استخراج کرده و در مواجهه با آینده با درجه‌ای از اطمینان برخورد کرد.

۱.۲.۵ تعریف سناریو

اتفاق نظر کاملی درباره تعریف سناریو وجود ندارد و کارشناسان و متفکران با دیدگاه‌های متفاوتی به تعریف سناریو پرداخته‌اند؛ هرمن کان^۱، به عنوان یکی از بنیان‌گذاران مطالعات آینده و برنامه‌ریزی سناریویی، این اصطلاح را اینگونه تعریف می‌کند: «سناریو مجموعه‌ای از وقایع فرضی ساخته شده در آینده برای روشن‌سازی زنجیره‌ای از وقایع سببی و همچنین تصمیم‌گیری درباره آن‌هاست» [۸۰]. به بیانی دیگر، سناریو داستانی است دارای بخش‌های محتمل با روابط علت و معلولی که وضعیتی در آینده را با زمان حال مرتبط ساخته و در همان حال، تصمیمات مهم، رویدادها و پیامدها را در سراسر داستان تصویر می‌کند. وقوع سناریو نه تنها حتمی نیست، بلکه احتمال آن نیز اندک است؛ به همین دلیل، میزان دقت و درستی از ویژگی‌های یک سناریوی خوب به شمار نمی‌رود؛ سناریوها را باید با توجه به توانایی آن‌ها در کمک به تصمیم‌گیرندگان برای اتخاذ سیاست در زمان حال، و نه بعد از آن که درست یا نادرست بودن سناریوها مشخص شد، مورد ارزیابی قرار داد [۸۱].

۲.۲.۵ هدف از سناریونویسی

هدف از سناریوها، کشف، ایجاد و آزمونی سیستماتیک از محیط‌های بدیل آینده است که وسیع‌ترین مجموعه شرایط عملیاتی در آینده را دربرمی‌گیرند و کاربر احتمال دارد با آن‌ها مواجه شود. سناریوها می‌توانند به ایجاد خط‌مشی‌های بلندمدت، راهبردها و برنامه‌هایی کمک کنند که شرایط مطلوب و احتمالی در آینده را به یکدیگر نزدیک می‌سازند. فرایند تدوین سناریوها در مواردی ممکن است ناآگاهی‌هایی را نیز آشکار ساخته و نشان دهد که شناخت نسبت به چگونگی رسیدن به آینده‌ای مشخص وجود ندارد یا نشان دهد که چنین آینده‌ای ناممکن است. به علاوه، سناریوها آشکارکننده فرض‌هایی از زمینه‌های تحت پوشش خود هستند و به عنوان ابزاری برای بحث، آزمون و شاید ارزیابی دوباره این فرض‌ها عمل می‌کنند؛ مثلاً در مورد این که چگونه روندها یا عوامل معینی با یکدیگر برهم‌کنش کرده و زمینه خاصی را شکل می‌دهند. سناریوها همچنین برای گسترش نوآوری هم به کار می‌روند؛ مثلاً سناریوهای توصیف‌کننده شرایط زندگی و زمینه‌های مصرف خاص در آینده به منظور تولید ایده برای محصولات جدید.

دلیل استفاده از سناریوها، عدم قطعیت ذاتی در پیش‌بینی‌هاست. هیچ‌وقت تمام اطلاعات در دسترس نیست، تئوری‌های رفتار انسانی هرگز به خوبی تئوری‌های پدیده فیزیکی نیستند و سرانجام این که باید به سیستم‌ها

^۱ Herman Kahn

در شرایط آشوب و حالت‌های نوظهوری پرداخته شود که ذاتاً غیرقابل‌پیش‌بینی هستند و در این بخش، سناریوها ابتدا با شناسایی منابع خاص عدم‌قطعیت و با استفاده از آن‌ها به صورت مبنایی برای آینده‌های بدیل ایجاد می‌شوند که به این امر بستگی دارند که عدم‌قطعیت چگونه ایجاد می‌شود.

۳.۲.۵ اعتبارسنجی سناریوها

یک سناریوی خوب و معتبر باید [۸۲]:

۱. دارای توجیه عقلی و شدنی باشد؛ یعنی مسیری منطقی را از حال تا آینده (آینده‌ای که سناریو پیش‌بینی می‌کند نباید با گذشته کاملاً بی‌ارتباط باشد) که فرایندها و تصمیم‌های عادی را آشکار می‌سازد، روایت کند.
 ۲. یکپارچه، دارای سازگاری درونی و بدون تناقض باشد؛ سناریوهای بدیل باید مسائلی مشابه را مورد خطاب قرار دهند که بتوان آن‌ها را مقایسه کرد.
 ۳. سودمند باشد؛ هر سناریو باید بینش و چشم‌انداز خاصی نسبت به آینده ایجاد کرده و به تصمیم‌گیری کمک کند.
 ۴. چالش‌برانگیز و جدید باشد؛ سناریوها باید دانش متعارف سازمان راجع به آینده را به چالش بکشد.
 ۵. سناریوهای مختلف باید نسبت به هم متمایز باشند؛ آن‌ها باید ساختارهای متفاوتی داشته باشند، نه این که تغییراتی ساده حول یک موضوع باشند.
- باید در نظر داشت که حداقل دو سناریو برای بازتاب دادن عدم‌قطعیت‌ها مورد نیاز است و در ضمن، همه سناریوها باید در یکی از فاکتورهای کلیدی با هم تفاوت اساسی داشته باشند [۸۱].

۴.۲.۵ تعداد مطلوب سناریوها

پاسخ دقیقی برای این مطلب که چه تعداد تصویر از آینده بهینه است وجود ندارد. محققان و آینده‌پژوهان بسیاری، تعداد مختلفی از سناریوهای بدیل را به عنوان تعداد مطلوب توصیه کرده‌اند که معمولاً بین سه تا شش تا هستند؛ بسته به موضوع مورد بحث و اندازه بنگاه، سناریوهای محتمل می‌توانند احتمالاً بیش‌تر از دو و کم‌تر از ده تا باشند، از ده به بالاتر هزینه‌های گزافی را به بنگاه تحمیل می‌کند و از دو کم‌تر هم

معنای سناریو را زیر سوال می‌برد. دورنس^۱ و گودت^۲، تعداد چهار یا شش فرض برای تدوین سناریو را توصیه می‌کنند و بیش از این تعداد را موجب افزایش تشکیل سناریوهای بیش از حد می‌دانند. موسسات GBN و SRI هم به محدود کردن سناریوها به تعداد چهار تا توصیه می‌کنند، به صورتی که از دو فرض اصلی استفاده شود [۸۲]. جدول ۱،۵ به ارزیابی تعداد مختلف سناریوها در یک پروژه پرداخته است:

جدول ۱،۵ ارزیابی تعداد سناریوهای یک پروژه، [۸۳].

تعداد سناریوها	ارزیابی
۱	محتمل‌ترین آینده است که هرچند برای تدوین استراتژی مناسب است، اما باید در نظر داشت که سناریو، معنایی غیر از یک آینده با احتمال وقوع بالا دارد.
۲	دو نوع نگرش از آینده (خوش‌بینانه و بدبینانه) روایت می‌شود که کار ارزیابی را سخت می‌کند.
۳	اگرچه توسط بسیاری از محققان توصیه شده است، اما خطر تمرکز بر سناریوی میانی وجود دارد.
۴	ممکن و مناسب است (از نظر هزینه‌ای).
۵	ممکن است.
بیش‌تر از ۵ تا	ممکن است، اما هزینه نوشتن و ارزیابی تعداد زیادی سناریو، بسیار بالاست و قابل توجیه نیست.

۵.۲.۵ سناریوهای انرژی

سناریوهای انرژی، ابزاری برای تجزیه و تحلیل آینده انرژی هستند و به بررسی استراتژی‌های استوار می‌پردازند؛ به علاوه، جهت پیش‌بینی وضعیت آینده انرژی یک کشور یا تقاضا و عرضه انرژی آن هم به کار می‌روند [۹۱]. برخی سناریوها، برای پاسخ به مسائل طولانی‌مدت (مثلاً پیش‌بینی تا سال ۲۱۰۰) و با ادغام شرایط آب‌وهوایی، انرژی و سیاست‌های اقتصادی ایجاد می‌شوند. سناریوهای انرژی معمولاً برای پیش‌بینی مقادیر انرژی (مثلاً تولید انرژی اولیه و مصرف آن به تفکیک نوع آن‌ها)، تولید برق به تفکیک انواع روش‌ها، تقاضای انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی، جریان‌های مبادله انرژی و گاز CO₂ منتشر شده از آن‌ها به

^۱ Durance

^۲ Godet

کار می‌روند. این سناریوها می‌توانند متمرکز بر یک نوع سوخت خاص، متمرکز بر کل سیستم انرژی یا متمرکز بر کل اقتصاد طراحی شوند؛ مدل‌های متمرکز بر سوخت یا انرژی، در جزئیات تکنولوژیکی دقیق شده اما به جزئیات اقتصادی و بازخورد بخش‌های دیگر توجهی ندارند و معمولاً از مدل‌های پایین به بالا^۱ استفاده می‌کنند، مدل‌های اقتصادی معمولاً نشان‌دهنده اصول اقتصاد خرد هستند اما وارد جزئیات تکنولوژیکی نمی‌شوند و معمولاً به صورت مدل‌های بالا به پایین^۲ هستند [۹۰].

سناریوها ممکن است از لحاظ پوشش جغرافیایی (کشوری خاص، منطقه‌ای یا جهانی)، پوشش بخشی (متمرکز بر صنعت، متمرکز بر سیستم انرژی یا متمرکز بر کل اقتصاد)، افق زمانی (کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت) و محوریت آن‌ها (بر پایه مدل، کارشناس محور، متخصص محور با استفاده از طیف وسیعی از ابزارهای تحلیلی) با هم متفاوت باشند. بعضی سناریوها برای مسیر «محتمل» توسعه می‌یابند، برخی دیگر مسیرهایی را توصیف می‌کنند که با طی آن‌ها به هدفی خاص دست یافته شود، مثلاً دستیابی به سطح معینی از CO₂ در اتمسفر؛ درحالی‌که سناریوهای دیگر به توسعه سیاست‌های فعلی می‌پردازند تا نشان دهند مسیر فعلی نتایج نامطلوبی خواهد داشت و باید در سیاست‌های آینده اصلاح شود. برخی سناریوهای انرژی به صورت منظم و معمولاً سالیانه انجام می‌شوند، درحالی‌که بعضی تنها یک بار ایجاد و منتشر می‌شوند [۹۰].

نتایج حاصل از مدل‌سازی انرژی و نتیجه‌گیری استنباط شده از آن، به داده‌های ورودی مدل که حاصل از فرضیات چارچوب درباره آینده‌های ممکن جامعه مورد بررسی، بستگی دارد؛ این فرضیات در بلندمدت کاملاً دارای عدم قطعیت هستند. برای تولید مسیرهای ممکن آینده انرژی، تعداد زیادی از فرضیات باید ایجاد شوند که به طور ضمنی در مدل به حساب بیایند، مثلاً درباره جمعیت، رشد GDP، افزایش کارایی انرژی و همه این فرضیات، زمانی که در سناریوهای بلندمدت وارد می‌شوند، با عدم قطعیت‌های قابل ملاحظه‌ای همراه هستند و بر ارزیابی و دانش فعلی نویسنده سناریوها دلالت دارند؛ این دلالت که همواره بخشی از روند سناریو است و معمولاً به طور کامل شفاف نیست، منجر به انتخاب مجموعه‌ای از عوامل اجتماعی، سیاسی و فنی-اقتصادی می‌شود که در کنار هم، از یک سو داستانی درباره آینده جامعه به وجود می‌آورند و از سوی دیگر، فرضیات ممکن دیگر را نادیده می‌گیرند [۹۲].

^۱ Bottom-Up

^۲ Top-Down

با توجه به اهمیت بالای انرژی برای توسعه کشورها و لزوم تفکر درباره علایم هشدار آینده‌های مختلف و نیز واکنش سریعتر نسبت به شرایط متغیر محیطی، شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگی در جهان هستند که به بررسی سناریوهای آینده انرژی جهان می‌پردازند؛ در ادامه به معرفی چند نمونه از این سازمان‌ها پرداخته شده است:

شرکت نفتی رویال داچ شل^۱ یک نمونه معروف است که توانست واکنش سریع‌تر و دقیق‌تری نسبت به نوسانات قیمت نفت در اوایل دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ از خود نشان دهد. مدیران این شرکت پیش از فرا رسیدن بحران‌ها، مجموعه‌ای از سناریوها را که وقوع بحران نیز جز آن‌ها بود به دقت بررسی کرده بودند؛ آن‌ها برای مقابله با شرایط مختلف برنامه‌ریزی کرده و تصمیم گرفته بودند؛ به همین دلیل، در اکتبر سال ۱۹۷۳ بعد از جنگ یوم کیپور و شوک نفتی حاصل از آن، در بین همه شرکت‌های نفتی، فقط شرکت شل برای مقابله با بحران و تغییر سریع و متناسب شیوه مدیریتی خود آماده بود. مدیریت این شرکت در قبال بحران مذکور واکنش سریعی نشان داد و توانست شرکت شل را به رتبه دوم شرکت‌های نفتی، از لحاظ اندازه، و رتبه اول، از لحاظ سوددهی، تبدیل کند. شرکت شل هم‌اکنون نیز از بزرگ‌ترین سناریوپردازان در حوزه انرژی به شمار می‌آید و سناریوهای بلندمدت انرژی تدوین می‌کند؛ به علاوه، بسیاری از شرکت‌های بزرگ نفتی دیگر نیز، از جمله BP، Petrobras و ExxonMobil، به این امر روی آورده و هرساله سناریوهای انرژی را تدوین می‌کنند.

غیر از شرکت‌های نفتی، بسیاری از سازمان‌ها نیز هرساله سناریوهای انرژی را تدوین می‌کنند و در اختیار مدیران قرار می‌دهند که از بین آن‌ها می‌توان به آژانس بین‌المللی انرژی^۲ (IEA) وابسته به سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۳ (OECD)، اداره اطلاعات انرژی^۴ (EIA)، شورای جهانی انرژی^۵ (WEC) و سازمان ملل (بخشی از پروژه هزاره^۶ این سازمان به انرژی می‌پردازد) اشاره کرد.

^۱ Royal Dutch Petroleum Company

^۲ IEA: International Energy Agency

^۳ OECD: Organisation For Economic Cooperation And Development

^۴ EIA: Energy Information Administration

^۵ WEC: World Energy Council

^۶ The Millennium Project

دو مورد از مهم‌ترین مفروضات و عدم قطعیت‌هایی که چارچوب سناریونویسی شرکت‌ها و سازمان‌های مذکور را تشکیل می‌دهد، تکنولوژی و تغییرات آب‌وهوایی هستند؛ تکنولوژی، آینده را بهبود می‌بخشد و مشکلات را حل می‌کند و تغییرات آب‌وهوایی محرک ایجاد چنین تکنولوژی‌هایی یا اقدامات و سیاست‌های محافظت‌کننده از کره زمین که امکان تداوم توسعه را فراهم می‌آورد، هستند.

۶.۲.۵ روش سناریونویسی GBN

انواع روش‌های سناریونویسی در پیوست هشتم آمده است. در این بخش، به دلیل استفاده از روش GBN برای سناریونویسی در پایان‌نامه پیش رو، تنها به توضیح این روش پرداخته شده است.

دلیل استفاده از سناریوها، عدم قطعیت ذاتی در پیش‌بینی‌هاست. سناریوها ابتدا با شناسایی منابع خاص عدم قطعیت و با استفاده از آن‌ها به صورت مبنایی برای آینده‌های بدیل ایجاد می‌شوند [۸۴]. ماتریس GBN بر مبنای دو بعد عدم قطعیت یا تضاد^۱ قرار دارد. این چهار سلول به طور متناوب، چهار ترکیب قطب‌های دو عدم قطعیت را نشان می‌دهند، که هر یک از آن‌ها شامل هسته یا منطق آینده محتمل می‌شود؛ سپس هر هسته در داستان کامل یا نمودهای دیگری شرح داده می‌شود و این مفاهیم برای موضوع اصلی یا تصمیم‌گیری مورد بحث قرار می‌گیرند؛ شوارتز گام‌های فرایند ساخت سناریو را به ترتیب زیر برشمرده است [۸۱]:

گام اول: مشخص کردن موضوع اصلی مورد بررسی

هنگام سناریوسازی بهتر آن است که حرکت از درون به بیرون انجام گیرد نه از بیرون به درون؛ یعنی با یک موضوع یا تصمیم مشخص شروع و سپس به سوی محیط بیرون آن موضوع حرکت کنیم.

گام دوم: مشخص کردن فاکتورهای کلیدی و فرایندهای مهم محیطی

مشخص کردن موضوع یا تصمیم، نکته اساسی گام اول است و تهیه فهرستی از فاکتورهای کلیدی که بر موفقیت یا شکست آن تصمیم تاثیر می‌گذارد، نکته‌ای است که در گام دوم باید به آن توجه داشت.

گام سوم: نیروهای پیشران

^۱ polarities

وقتی فاکتورهای کلیدی فهرست شد، با فهرست کردن نیروهای پیشران کلان محیطی موثر بر فاکتورهای کلیدی‌ای که قبلاً شناسایی شده‌اند، گام سوم برداشته می‌شود. علاوه بر تهیه فهرستی از نیروهای اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، محیطی، قانونی و تکنولوژیکی^۱، راه دیگر برای رسیدن به عوامل کلان محیطی پاسخ به این پرسش است: «نیروهایی که در پس نیروهای خرد محیطی‌ای که در گام دوم قرار گرفته‌اند، وجود دارند، کدام‌اند؟». در این مرحله، پژوهش و تحقیق نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ گستره این تحقیق و پژوهش مورد نظر ممکن است بازارها، فناوری‌های نوین، فاکتورهای سیاسی، نیروهای اقتصادی و غیره را در برگیرد.

گام چهارم: رتبه‌بندی بر اساس اهمیت و عدم قطعیت

در این گام، رتبه‌بندی فاکتورهای کلیدی و نیروهای پیشران بر اساس دو نکته مهم صورت می‌گیرد:

۱. میزان اهمیت دستیابی به هدفی که در گام اول مشخص شده است.

۲. تشخیص میزان عدم قطعیت آن فاکتورها و فرایندها

و به تعیین دو یا سه فاکتور یا فرایند مهم‌تر و نامعین‌تر می‌انجامد.

در واقع، مقصود از این گام، تعیین فاکتورهایی است که معیار تفاوت سناریوهاست. مشخص کردن این فاکتورها مهم‌ترین بخش سناریوسازی است. هدف اصلی این است که به تعداد محدودی سناریو برسیم که تفاوت‌های چشمگیری با هم داشته باشند. برای آن که یک سناریو، ابزاری کارا و مفید به‌شمار آید، باید بر پایه مسائل بنیادین و تعیین‌کننده تدوین شود؛ تفاوت‌های اساسی یا پیشران‌های یک سناریو نیز، باید محدود باشد تا از زیادی سناریوهای مختلف بر محور هر عدم قطعیتی جلوگیری شود. اتفاق‌های زیادی محتمل و ممکن است، ولی سناریوهای اندکی می‌توان ساخت؛ تعدد و زیادی سناریوها، کارایی کل فرایند را مختل می‌سازد.

گام پنجم: انتخاب منطق سناریو یا نقشه‌ی حرکت.

پس از مشخص شدن نیروهای پیشران و اتفاقات ممکن گوناگون، باید منطق و طرحی که سناریو باید براساس آن نوشته شود، را انتخاب کرد. برای انتخاب منطق سناریو و یا نقشه حرکت داستان باید از چگونگی تاثیر نیروها بر یکدیگر آگاه شد، یعنی به دنبال این بود که کدام نیرو، نیروی دیگر را تقویت

^۱ که در اصطلاحات مدیریت استراتژیک، به آن تحلیل PESTLE (P: Politics, E: Economic, S: Social, T: Technological, L: Legal, E: Environmental) گفته می‌شود.

می‌کند و به چه دلیل؟ چرا یک نیرو در برابر یک حرکت مقاومت می‌کند؟ و تلاش‌ها و تصمیم‌گیری‌ها بر اساس چه هدفی استوار است؟

وقتی محورهای بنیادین عدم قطعیت‌های مهم مشخص شد، بهتر است که آن‌ها را به صورت یک طیف (بر یک محور) یا یک ماتریس (بر دو محور) یا یک حجم (بر سه محور) نمایش داد و سناریوهای متفاوت را در آن مشخص کرد، به‌طوری‌که جزئیات آن‌ها هم در آن جای بگیرد. به کمک این ماتریس، می‌توان منطق سناریو را معلوم کرد.

هسته منطقی سناریوهای به‌دست آمده بیشتر در موضوع و چارچوب یک داستان قرار خواهد گرفت. نکته مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد، تشخیص چهارچوبی است که اولاً، ظرفیت و گنجایش این پیوندگی و حرکت را داشته باشد و ثانیاً، بتواند آن را به نحو موثری ظاهر سازد.

گام ششم: کامل کردن سناریو

نیروهای پیشران، منطق‌هایی را که موجب تمایز سناریوهاست، مشخص می‌سازند. پس از آن، پروراندن طرح ابتدایی سناریوها با استفاده از فهرست فاکتورها و فرایندهای کلیدی در گام‌های دوم و سوم میسر خواهد بود. همه فاکتورها و فرایندهای کلیدی یک سناریو باید موردتوجه قرار بگیرد. گاهی اوقات به‌خوبی واضح است که کدام سوی یک عدم قطعیت باید در کدام سناریو قرار بگیرد [۸۱].

در پایان، بخش‌های مختلف سناریو را به صورت یک داستان منسجم به یکدیگر می‌چسبانند. ارتباطات مورد نظر با سه روش زیر آشکار می‌شود:

۱. روش شهودی: کاربران این روش، هر یک از عوامل کلیدی را موردتوجه قرار می‌دهند و دو یا سه پیامد احتمالی آن را به‌عنوان فرضیه در نظر می‌گیرند. سپس، هر یک از پیامدها را به یک داستان پیچیده ضمیمه می‌کنند.

۲. تحلیل تاثیر فرایند: این روش، طراحی ماتریسی را در بر می‌گیرد که نشانگر تاثیر عوامل کلیدی و یا فرایند بر یکدیگر است. در این روش، همه فرایندهای ممکن برای یافتن موثرترین راه‌حل بررسی می‌شود. از آن‌جا که یک مساله همیشه یک راه‌حل ندارد، راه‌حل‌ها و سناریوهای مختلفی ارائه می‌شود.

۳. تحلیل تاثیر متقابل: در این روش برای هر عامل، پیامدهای متعددی ارائه می‌شود و تاثیر این پیامدها یعنی احتمالات شرطی با تاثیری متقابل بررسی می‌شود.

گام هفتم: بررسی پیامدها و نتایج هر سناریو

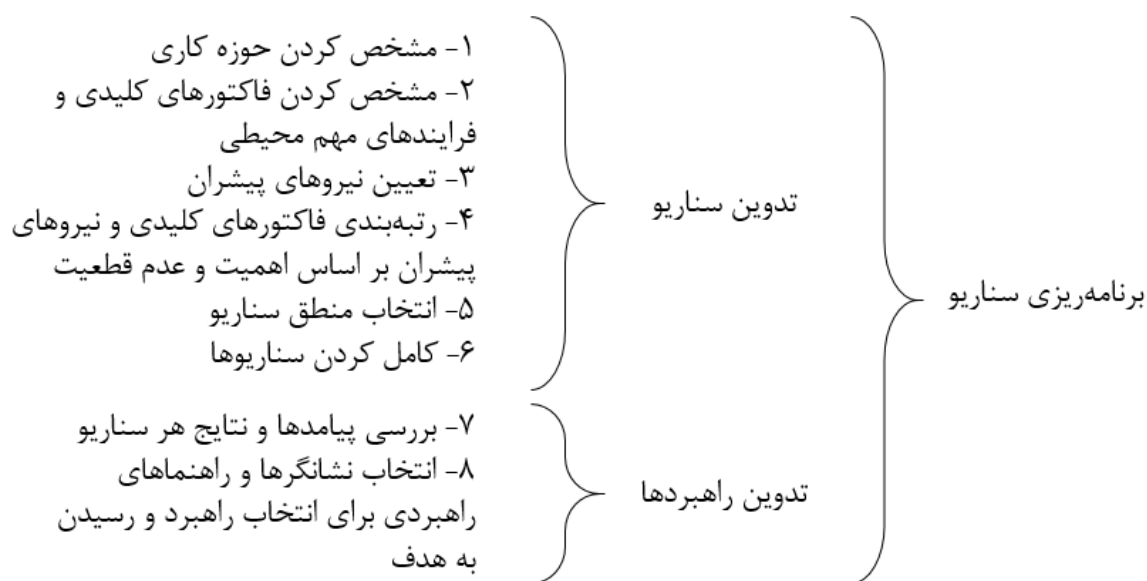
پس از تدوین سناریوهای مقدماتی، باید به موضوع اصلی و هدف سناریوها بازگشت و نیز به این پرسش‌ها پرداخت که این هدف در هر سناریویی چگونه جای می‌گیرد و چه نقاط ضعفی دارد؟ آیا تصمیم راهبردی مورد نظر در صورت وقوع تمام سناریوهای به‌دست آمده مفید و موثر است یا فقط در یک یا دو سناریو جای می‌گیرد؟ هدفی که تنها با ویژگی‌های یک سناریو سازگار باشد، هدفی با خطرپذیری بسیار بالا خواهد بود؛ به‌ویژه، اگر شرکتی که سناریو را به‌کار می‌گیرد، کنترل اندکی روی احتمال وقوع سناریوی مطلوب داشته باشد. در این‌جا این پرسش مطرح است که اگر سناریوی دلخواه نشانه‌هایی از امکان عدم وقوع داشته باشد، چگونه می‌توان آن را برای کارایی استفاده بهینه با شرایط موجود هماهنگ ساخت؟

گام هشتم: انتخاب نشانگرها و راهنماهای راهبردی برای انتخاب راهبرد و رسیدن به هدف

این نکته بسیار اهمیت دارد که تشخیص داده شود کدام سناریو به هدف نزدیک‌تر است؛ گاهی این موضوع روشن است، ولی گاه نشانگرهای راهبردی برای یک سناریوی خاص مبهم و گیج‌کننده است.

وقتی که سناریوهای مختلف تدوین و نتایج حاصل از اجرای آن مشخص شد، مفید است که چند شاخص مهم انتخاب شود؛ اگر این شاخص‌ها به دقت انتخاب شود، سازمانی که از سناریو استفاده می‌کند، از دیگر سازمان‌ها موفق‌تر خواهد بود. سناریوهایی که بر اساس گام‌های یاد شده تدوین شود، به‌خوبی نشانگر روند تغییرات و تکامل تعداد محدودی شاخص کلیدی به دسته منظمی از نتایج صنعتی خواهد بود. منطق موجود در ساخت سناریوها به استخراج نتایج منطقی از شاخص‌های راهبردی کمک می‌کند [۸۱].

سناریوهای این پایان‌نامه بر مبنای روش GBN تدوین شده‌اند؛ شش مرحله اول این روش، مطابق شکل ۳،۴، مربوط به تدوین سناریوها و دو مرحله بعد مربوط به تدوین راهبردها هستند. در این پایان‌نامه به ارائه سناریوها اکتفا شده است؛ با توجه به این‌که موضوع پژوهش مشخص است؛ مراحل ۲ تا ۶ از شکل ۳،۵ در ادامه انجام و شرح داده شده‌اند.



شکل ۳.۵ روش GBN.

۳.۵ تدوین سناریوهای آینده بهینه‌سازی مصرف گاز در ایران

۱.۳.۵ تعیین چارچوب اصلی سناریوها

در این بخش، فرایند دستیابی به دو عدم قطعیت اصلی برای تدوین سناریوهای نهایی شرح داده شده است؛ این فرایند شامل مراحل ۲ تا شکل ۳،۵ است که به ترتیب زیر انجام گرفته‌اند:

۱.۱.۳.۵ مشخص کردن عوامل کلیدی

ابتدا باید فهرستی از عوامل کلیدی که بر موفقیت یا شکست موضوع مورد بررسی، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی گاز، تاثیر می‌گذارند، تهیه شود. این لیست با انجام مصاحبه با خبرگان و به شرح زیر آماده شد:

۱- همکاری و مشارکت نهادهای اقتصادی خصوصی:

با توجه به بلندمدت بودن و ریسک بالای سرمایه‌گذاری در طرح‌های بهینه‌سازی، لازم است این طرح‌ها جذابیت لازم برای رغبت بخش خصوصی به همکاری را داشته باشند.

۲- هماهنگی و همکاری نهادهای دولتی در انجام بهینه‌سازی:

منافع ذینفعان در مسئله بهینه‌سازی مصرف انرژی، با هم تعارض دارد؛ اگرچه این تعارض در سیاست‌گذاری طبیعی است، انجام برنامه‌ریزی یکپارچه و جامع می‌تواند موجب رفع نسبی این مسئله شده و تمام نهادها را آماده همکاری در انجام فعالیت‌های بهینه‌سازی سازد. مثلاً مادامی که شرکت ملی گاز ایران که درآمد آن از محل فروش گاز طبیعی است، خود مسئول صرفه‌جویی در گاز باشد، صرفه‌جویی اتفاق نخواهد افتاد؛ زیرا نقاط کلیدی اجرای صرفه‌جویی، شفافیت اطلاعات و عدم وابستگی درآمد شرکت‌های دولتی به افزایش مصرف خواهد بود که در ایران چنین ساختاری وجود ندارد.

۳- آمادگی و تقاضای عمومی جامعه برای تغییر وضع موجود:

اگرچه اغلب طرح‌های بهینه‌سازی در سطح کلان انجام می‌شوند، اما لازمه اجرای موثر آن‌ها، همکاری مردم نیز هست.

۴- نیروی انسانی باتجربه:

برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و صرفه‌جویی به سه دسته نیروی انسانی مجرب نیاز است: دسته اول برای مذاکره و مدیریت، دسته دوم برای انجام امور اجرایی و دسته سوم برای ثبت و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات.

۵- مدیریت یکپارچه و برنامه جامع بلندمدت:

هرگونه اقدام در زمینه مصرف انرژی باید در چارچوب یک برنامه جامع، شامل زمان‌بندی، گروه‌های هدف، شاخص‌های ارزیابی، اهداف مشخص شده، برنامه‌ریزی روی منابع و ... انجام شود؛ بدون داشتن چنین برنامه‌ای اجرای هر اقدام یا سیاستی به تنهایی منجر به نتایج مطلوب نخواهد شد. مدیریت چنین برنامه‌هایی باعث می‌شود تعهد به پیگیری اهداف و رسیدن به آن‌ها تضمین شود.

۶- جذابیت طرح‌هایی که با گاز صرفه‌جویی شده، قابل اجرا هستند:

امکان صادرات گاز با قیمت مناسب، گسترش کاربرد در حمل‌ونقل یا صنایع، تزریق گاز به چاه‌های نفت برای افزایش برداشت و ذخیره‌سازی برای مصرف در زمان‌های اوج مصرف، طرح‌هایی هستند که در صورت وجود گاز، در نتیجه صرفه‌جویی، قابل اجرا هستند.

۲.۱.۳.۵ تعیین نیروهای پیشران

وقتی فاکتورهای کلیدی فهرست شد، با فهرست کردن نیروهای پیشران کلان محیطی موثر بر فاکتورهای کلیدی‌ای که قبلاً شناسایی شده‌اند، گام سوم برداشته می‌شود. غیر از تهیه فهرستی از نیروهای اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، محیطی، قانونی و تکنولوژیکی^۱، راه دیگر برای رسیدن به عوامل کلان محیطی پاسخ به این پرسش است: «نیروهایی که در پس نیروهای خرد محیطی‌ای که در گام دوم قرار گرفته‌اند، وجود دارند، کدام‌اند؟». در این مرحله، پژوهش و تحقیق نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ به منظور تحقق این گستره از پژوهش و تحقیق، ابتدا مروری بر سناریوهای انرژی و محیط زیست و پیشران‌های آن‌ها صورت گرفت، مواردی که مرتبط با بحث بهینه‌سازی و صرفه‌جویی بودند، گزینش شد، حاصل این کار، تعدادی پیشران بود که در مصاحبه با خبرگان درباره اثرگذاری آن‌ها بر موضوع مورد بررسی در افق زمانی مورد نظر (پایان برنامه ششم توسعه) و در محدوده مکانی مشخص شده (ایران)، مورد بحث قرار گرفت و در نهایت به صورت جدول ۵،۲ درآمد؛ هر یک از موارد نام برده شده در جدول، در انتها توضیح داده شده‌اند:

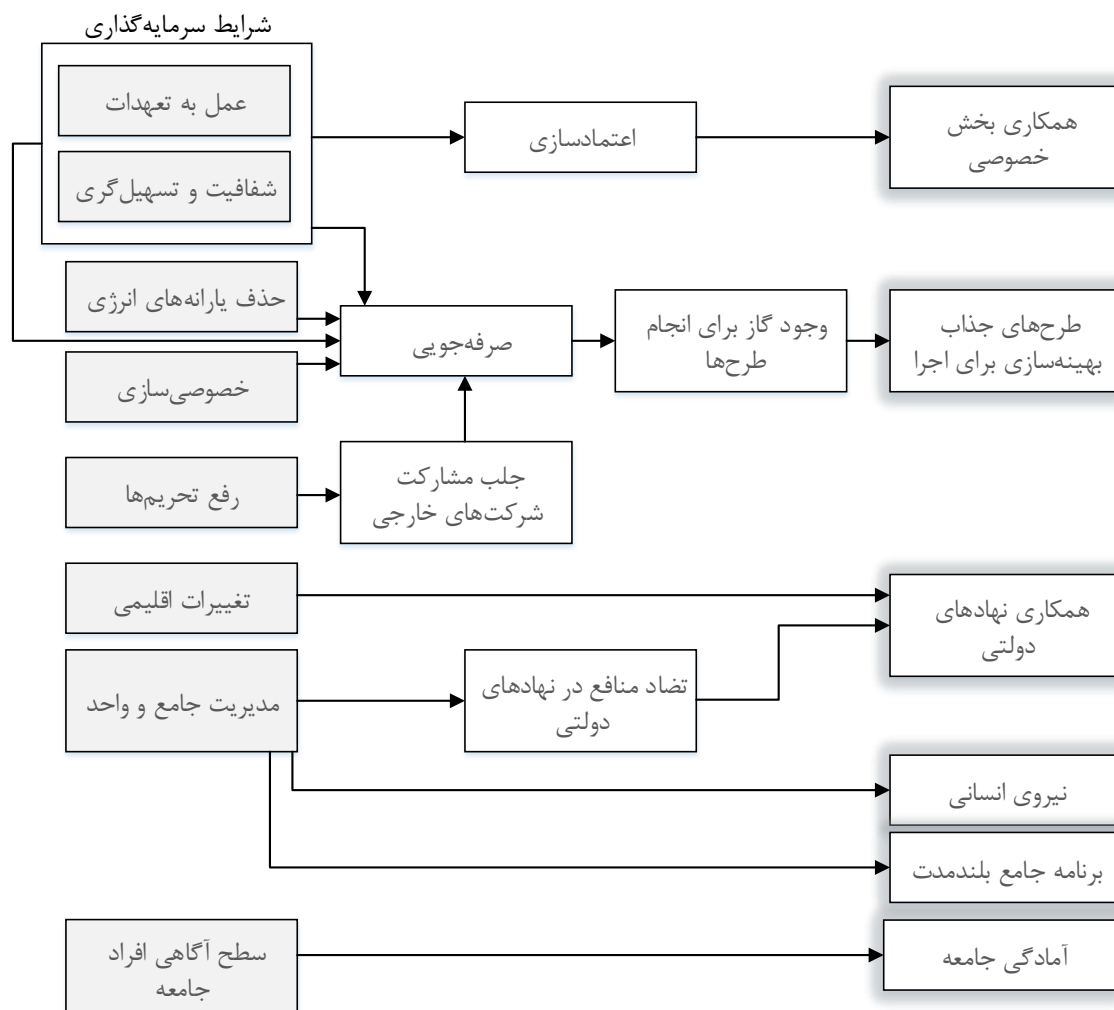
جدول ۲.۵ نیروهای پیشران.

ردیف	پیشران	مرجع
۱	تغییرات اقلیمی و مسائل مربوط به آن (شدت کربن، تغییرات آب‌وهوایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، محدودیت‌ها و مالیات‌های انتشار کربن)	[۹۳]، [۹۴]، [۴۹]، [۹۵]، [۹۲]، [۹۶]، [۹۷]، [۱۰۰]
۲	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	[۹۹]، [۹۶]، [۴۹]
۳	سطح آگاهی مردم	[۹۹]، [۳۳]، [۵۳]، [۵۴]، [۵۵]
۴	حذف یارانه‌های انرژی	[۹۰]، [۹۴]، [۴۹]، [۹۵]، [۹۲]، [۹۷]
۵	وضعیت مدیریت	نظر خبرگان
۶	توجه دولت به بحث صرفه‌جویی با تسهیل‌گری و حمایت از بخش خصوصی و نیز اعتمادسازی برای آن‌ها در جهت جلب مشارکت (در مجموع تغییر در شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی)	نظر خبرگان
۷	تحریم‌ها	نظر خبرگان

^۱ که در اصطلاح مدیریت استراتژیک، به آن تحلیل PESTLE (P: Politics, E: Economic, S: Social, T: Technological, L: Legal, E: Environmental) گفته می‌شود.

۸	بدنه قانونی	نظر خبرگان
---	-------------	------------

عوامل کلیدی نام‌برده در بخش ۱.۱.۳.۵ مطابق شکل ۴.۵ عوامل پیشران موجود در جدول ۲.۵ را به وجود می‌آورند.



شکل ۴.۵ شناسایی عوامل پیشران با توجه به عوامل کلیدی.

همکاری و مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های بهینه‌سازی، در صورتی امکان‌پذیر است که دولت با عمل به تعهدات و تضمین منافع این بخش، اعتماد لازم برای همکاری را ایجاد کند؛ در غیر این صورت، سرمایه‌گذاری در طرح‌های غیردولتی با ریسک کم‌تر و طبیعتاً سوددهی کم‌تر برای این بخش جذابیت بیشتری

خواهد داشت؛ به علاوه، دولت باید به تسهیل شرایط مشارکت و ایجاد شفافیت بیش‌تر (سطح شفافیت پایین عملکرد باعث می‌شود نتیجه یا فرایند انجام طرح‌ها ضمنی بوده و برخی تجربیات مکرراً اتفاق بیفتند)، در فرایندهای مربوطه اهتمام داشته باشد. به طور کلی، با تضمین دو شرط گفته شده، شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی مساعد و امکان همکاری این بخش فراهم می‌شود. همچنین، حذف تحریم‌ها می‌تواند باعث جذب سرمایه‌گذاری خارجی در پروژه‌های بهینه‌سازی، البته مشروط به تامین دو شرط نام‌برده، بشود. حتی اگر عزم واقعی از سوی دولتمردان و هماهنگی لازم از سوی نهادهای دولتی برای صرفه‌جویی و بهینه‌سازی وجود نداشته باشد؛ بر اساس توافق پاریس، ایران از سال ۲۰۲۰ به بعد، مجبور به اجرای تعهد خود مبنی بر ۴٪ کاهش در تولید گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه کاهش مصرف انرژی خواهد بود [۱۰۰]. به علاوه، لازمه همکاری نهادهای دولتی، عدم تعارض برنامه‌ها با منافع آن‌هاست؛ به این دلیل، لازم است سازمان مستقل و واحدی برای مدیریت و اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و صرفه‌جویی متولی باشد، طوری که قدرت لازم برای هماهنگ کردن و کنترل منافع سازمان‌های مختلف درگیر را داشته باشد. اگرچه، فراتر از وزارت خانه‌های نفت و نیرو و اقدامات آن‌ها برای صرفه‌جویی، شورای عالی انرژی قرار گرفته است، اما این شورا فعالیت منظم و برنامه دقیقی ندارد. از طرف دیگر، وجود آیین‌نامه‌های اجرایی برای قوانین وضع شده در حوزه صرفه‌جویی، به خصوص قانون اصلاح الگوی مصرف، می‌تواند موجب همکاری نهادهای دولتی شود؛ با وجود قوانین بسیار در زمینه مدیریت مصرف انرژی و بهینه‌سازی، اجرایی نشدن آن‌ها، نداشتن آیین‌نامه‌های اجرایی و نیز عدم نظارت بر اجرای قانون موجب سرپیچی از قوانین و مقررات شده و بهینه‌سازی اتفاق نمی‌افتد. نبود متولی واحد و قدرتمند برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی، جامع نگر نبودن طرح‌ها (که در نتیجه آن منافع برخی سازمان‌ها زیر سوال رفته، پس با استفاده از اختیارات خود مانع از اجرای طرح‌های نام‌برده می‌شوند)، بدنه قانونی ضعیف و عدم نظارت صحیح مهم‌ترین موارد درباره پیشران وضعیت مدیریت هستند.

با فرض برقراری شرایط لازم برای صرفه‌جویی، نه کاهش یا قطع مصرف، می‌توان با ارتقا سطح آگاهی مردم، آن‌ها را نسبت به سبک زندگی پایدارتر با انجام صرفه‌جویی در مصرف انرژی آشنا کرده و از آنان درخواست کرد که پیرو این سبک باشند. آگاهی‌بخشی به عموم مردم، چنان که در بخش‌های ۱.۲.۳.۳ و ۲.۲.۳.۳ بررسی شد، می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف گاز شود.

وجود نیروی انسانی باتجربه در حوزه مدیریت برای انجام مذاکرات و جلب مشارکت نهادها در طرح‌های بهینه‌سازی لازم است؛ در امور اجرایی، برای تسریع فرایندهای پیش از اجرای طرح و نیز برای پیشرفت

اصولی و برنامه‌ریزی شده طرح وجود نیروی انسانی باتجربه ضروری است؛ نیروی مجرب در حوزه جمع‌آوری داده‌ها نیز برای جهت‌دهی به کار دو دسته قبل و برنامه‌ریزی بهتر، باید وجود داشته باشد. وجود مدیریت یکپارچه و جامع، موجب توجه به نیروی انسانی، مطابق توضیحات داده شده خواهد بود.

وجود برنامه ثابت بلندمدت، اهداف مشخص شده و برنامه‌ریزی روی منابع، باعث می‌شود تعهد به پیگیری اهداف و رسیدن به آن‌ها تضمین شود. برنامه‌ریزی جامع تحت شرایطی که مدیریت یکپارچه باشد، می‌تواند اتفاق بیفتد و موثر واقع شود.

جذابیت طرح‌های بهینه‌سازی اگرچه از عوامل کلیدی موفقیت برنامه‌های بهینه‌سازی و صرفه‌جویی محسوب می‌شود، اما واقعیت این است که طرح‌هایی مانند امکان صادرات گاز با قیمت مناسب، تزریق گاز به چاه‌های نفت برای افزایش برداشت و ذخیره‌سازی برای مصرف نیروگاه‌ها در فصل‌های سرد سال، به صورت بالقوه جذابیت لازم را دارند، مشکل اینجاست که گاز کافی برای اجرای این طرح‌ها وجود ندارد؛ این گاز با صرفه‌جویی می‌تواند تامین شود، صرفه‌جویی با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی یا با ابزارهای دیگری که تا کنون ناکارایی نسبی آن‌ها اثبات شده است، از جمله حذف یارانه‌های انرژی، خصوصی‌سازی، و آموزش و آگاهی‌بخشی به افراد می‌تواند محقق شود. از طرفی، شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی نیز مساعد نیست؛ بنابراین، حاضر به همکاری نیستند و به این ترتیب، طرح بهینه‌سازی مورد نظر اجرایی نمی‌شود و سراغ طرح دیگری می‌روند؛ اما، مجدداً همین فرایند تکرار می‌شود. نتیجه تکرار فرایند نام‌برده این است که مطابق آمار ترازنامه انرژی، صرفه‌جویی سالیانه گاز طبیعی، کمتر از ۱٪ مصارف نهایی آن است.

خصوصی‌سازی انرژی، همراه با رعایت پیش‌نیازهای آن، با افزایش رقابت، به رشد و پویایی بخش انرژی کمک می‌کند و با حرکت به سمت راندمان بالاتر، از مصرف انرژی به شدت می‌کاهد.

حذف یارانه‌های انرژی نیز، به صورت اصولی و مشروط به شرایطی که در فصل قبل گفته شد، می‌تواند به کاهش مصرف گاز کمک کند؛ در غیر این صورت، با به همراه آوردن مشکلات جدید، اثربخشی اصلی خود را نیز از دست می‌دهد.

۳.۱.۳.۵ تعیین عدم قطعیت‌های اصلی

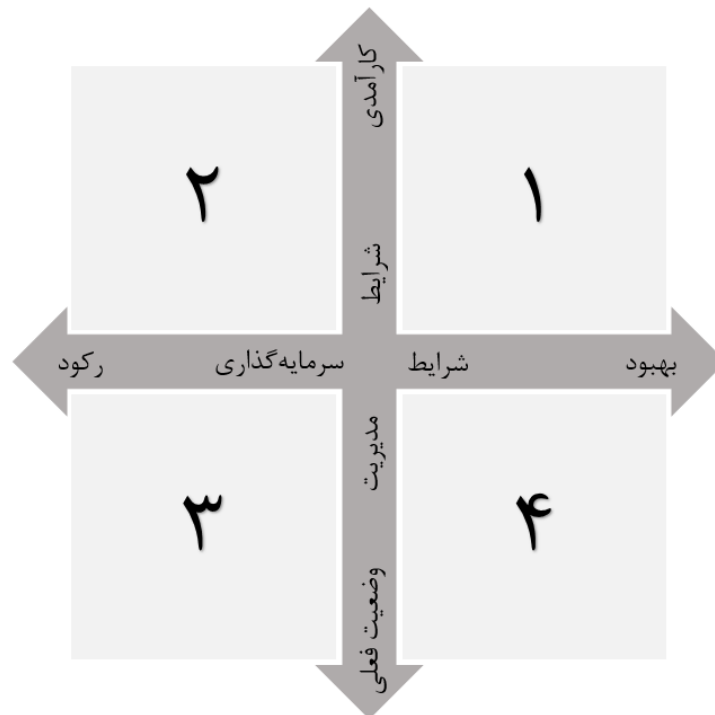
نیروهای پیشران، عدم قطعیت‌ها را ایجاد می‌کنند؛ مهم‌ترین عواملی که نقش اصلی را برای ساخت سناریوها ایفا می‌کنند، عدم قطعیت‌های کلیدی هستند که سناریوها بر اساس آن‌ها نگارش می‌شوند. برای شناخت عدم قطعیت‌های اصلی، پرسشنامه موجود در پیوست چهار طراحی و در اختیار خبرگان قرار گرفت؛ در نهایت دو عامل وضعیت مدیریت و شرایط سرمایه‌گذاری به عنوان عدم قطعیت‌های اصلی با حصول نتیجه موجود در جدول ۳،۵، تعیین شدند.

جدول ۳.۵ جدول تعیین عدم قطعیت‌ها.

ردیف	نیروی پیشران	میانگین نمره اهمیت	میانگین نمره عدم قطعیت	میانگین
۱	مسائل مربوط به تغییرات اقلیمی	۳،۱۷	۳	۳،۰۸
۲	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	۳،۸۳	۳،۵	۳،۶۷
۳	سطح آگاهی مردم	۳،۱۷	۲،۶۷	۲،۹۲
۴	حذف یارانه‌های انرژی	۳،۳۳	۲،۸۳	۳،۰۸
۵	وضعیت مدیریت	۵	۴،۱۷	۴،۵۸
۶	تغییر در شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی	۵	۴	۴،۵
۷	تحریم‌ها	۳،۵	۳،۱۷	۳،۳۳

۴.۱.۳.۵ انتخاب منطق سناریو یا نقشه‌ی حرکت

بعد از مشخص شدن محورهای بنیادین عدم قطعیت‌های مهم، آن‌ها را به صورت یک ماتریس (بر دو محور)، مطابق شکل ۵،۵، نمایش داده و سناریوهای متفاوت در آن مشخص شد. به کمک این ماتریس منطق سناریو معلوم می‌شود. برای انتخاب منطق سناریو یا نقشه حرکت داستان باید از چگونگی تاثیر نیروها بر یکدیگر آگاه شد، یعنی به دنبال این بود که کدام نیرو، نیروی دیگر را تقویت می‌کند و به چه دلیل.



شکل ۵.۵ ماتریس GBN سناریوهای صرفه‌جویی گاز.

۲.۳.۵ سناریوهای بهینه‌سازی مصرف گاز

با توجه به متغیرهای انتخاب شده، ماتریس GBN به شکل ۵،۵ رسم می‌شود:

۱.۲.۳.۵ سناریوی ۱: کارآمدی مدیریت - بهبود شرایط سرمایه‌گذاری

در این سناریو، با تغییر وضعیت مدیریت و ایجاد مدیریت واحد و قدرتمند، هماهنگی نهادهای دولتی امکان‌پذیر شده و تعارض منافع موجود در سیستم فعلی برطرف می‌شود، برنامه‌ها و اهداف مشخص بلندمدت و کوتاه‌مدت ایجاد می‌شود؛ این طرح‌ها، آینده‌گرا و جامع‌نگر بوده و با لحاظ کردن نظرات کلیه ذینفعان ایجاد می‌شوند تا در مسیر اجرا با مشکل مواجه نشوند. به علاوه، هم دولت توانایی سرمایه‌گذاری - های کلان صرفه‌جویی انرژی را خواهد داشت و هم شرایط مناسب برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی فراهم می‌شود تا امکان همکاری آن‌ها فراهم آید؛ به این ترتیب که تسهیلات و مشوق‌هایی برای همکاری آن‌ها در نظر گرفته شده و اسناد و قوانین مربوط به فرایندهای همکاری به صورت شفاف در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد، به علاوه، ضمانت اقتصادی برای بازگشت سرمایه با سود از پیش مشخص شده، توسط دولت

به آن‌ها داده می‌شود. در این شرایط، ابتدا طرح‌های کلانی که موجب کاهش مصرف گاز بدون ضربه زدن به رفاه افراد یا تولید صنایع می‌شوند، اجرا شده و بعد به تدریج امکان آموزش فراهم می‌آید تا با معرفی سبک مصرف پایدارتر، و گرایش به آن، امکان افزایش قیمت انرژی به سمت قیمت‌های آزاد، بدون آسیب به اقتصاد و افزایش تورم، فراهم شود؛ تحت این شرایط، رقابتی شدن در صنایع و نیروگاه‌ها معنی‌دار می‌شود و حرکت به سمت خصوصی‌سازی بیش‌تر نیروگاه‌ها می‌تواند با افزایش کارایی و بهینه‌سازی مصرف گاز همراه شود. بخش خانگی نیز که بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کننده گاز در کشور است، از تسهیلات موجود برای صرفه‌جویی استفاده کرده و مصرف خود را کم‌تر می‌کند؛ این تسهیلات هم در مورد عایق‌کاری ساختمان‌ها و هم در مورد بهبود کارایی تجهیزات گرمازا ایجاد می‌شود. در این سناریو، تغییرات اقلیمی و فشار کاهش مصرف ناشی از آن، نقش چندانی ندارد، چرا که پیش از این که چنین نیرویی مانع مصرف بیش از حد شود، بیش از ۴٪ صرفه‌جویی با مهیا شدن شرایطی که شرح داده شد، ایجاد می‌شود.

به این ترتیب، در این سناریو، با اجرای سیاست‌های کلان صرفه‌جویی شرایط برای اجرای سیاست‌های خرد، فراهم شده و بدون آسیب به اقتصاد یا آسایش مردم، می‌توان همکاری آن‌ها برای صرفه‌جویی بیش‌تر را به دست آورد.

۲.۲.۳.۵ سناریوی ۲: کارآمدی مدیریت - رکود شرایط سرمایه‌گذاری

در این سناریو شرایط سرمایه‌گذاری فراهم نشده است؛ دولت سرمایه‌گذاری نمی‌کند و بخش خصوصی کمتر حاضر به همکاری در طرح‌های بهینه‌سازی خواهد بود؛ با توجه به محدودیت اقتصادی بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در این طرح‌ها و همچنین با در نظر گرفتن تغییرات مدیریتی، طرح‌های مناسبی برای صرفه‌جویی ارائه خواهد شد که در مقیاس کوچکی اجرا خواهند شد. اگرچه محدودیت مالی باعث می‌شود این طرح‌ها با سرعت کمی اجرا شوند؛ اما، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آن‌ها، دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را ممکن می‌کند؛ به عبارتی، این شرایط با سرعت خیلی کمی دستیابی به هدف کاهش ۴۸ درصدی مصرف گاز را ممکن می‌کند، زیرا برخلاف اثربخشی اقدامات و طرح‌ها، کارایی لازم برای رسیدن به جایگاه مطلوب در زمان مناسب وجود ندارد. اجرای موفقیت‌آمیز طرح‌ها می‌تواند هم توان سرمایه‌گذاری را افزایش دهد و هم الگوهایی ایجاد کند که دولت و بخش خصوصی را به سرمایه‌گذاری بیشتر ترغیب کند؛ اما این کار بسیار زمان‌بر خواهد بود و در افق کوتاه ۶ سال آینده، ناممکن. در این شرایط دولت، به دلیل تغییر شیوه مدیریت، به ناکارآمدی شیوه‌هایی که با فشار بر مردم، سعی در ایجاد صرفه‌جویی دارند،

واقف است؛ اما، ممکن است فشار کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بر کشور طوری باشد که ناچار شود از این سیاست‌های نادرست نیز تا حدودی استفاده کند.

۳.۲.۳.۵ سناریوی ۳: شرایط فعلی مدیریت - رکود شرایط سرمایه‌گذاری

این سناریو، تداوم وضعیت موجود را نشان می‌دهد؛ هدف کاهش ۴۸ درصدی گاز محقق نشده و مطابق روند هرساله، در مصرف گاز افزایش هم ایجاد خواهد شد. به نظر می‌رسد نهادهای دولتی عزم راسخی برای صرفه‌جویی و بهینه‌سازی نخواهند داشت، این امر ناشی از این موضوع است که دولت به تنهایی قادر به تامین هزینه‌های بهینه‌سازی نیست؛ اما بخش خصوصی هم حاضر به سرمایه‌گذاری‌های کلان و طولانی - مدت در طرح‌های بهینه‌سازی نخواهد بود؛ چرا که عدم شفافیت و تسهیل‌گری توسط دولت و نبود اعتماد به دولت، مانع از چنین ریسکی می‌شود.

توافق پاریس و ضمانت کاهش ۴ درصدی گازهای گلخانه‌ای، احتمالاً موجب خواهد شد مردم به اجبار به صرفه‌جویی وادار شوند (البته این امر کاهش مصرف نام می‌گیرد نه صرفه‌جویی؛ چرا که این نوع سیاست‌ها رفاه مردم را از آن‌ها می‌گیرد). این سیاست‌ها هم، چنان که در بخش ۱.۱.۳.۴ بحث شد و نیز با توجه به پیوست ۵.۷، چندان اثربخش نخواهد بود و به هدف بهینه‌سازی به خوبی پاسخ نخواهد داد.

۴.۲.۳.۵ سناریوی ۴: شرایط فعلی مدیریت - بهبود شرایط سرمایه‌گذاری

در این سناریو، سرمایه‌گذاری بیشتری روی طرح‌های بهینه‌سازی مصرف گاز انجام می‌شود، اما در برخی مواقع ساختار غیرجامع‌نگر طرح‌ها، و نبود مدیریت واحد و یکپارچه، موجب می‌شود تعارض منافع، مانع از کلید خوردن طرح‌ها شود و در برخی مواقع نیز با وجود سرمایه‌گذاری بسیار، طرح‌ها اجرایی نمی‌شوند.

در این سناریو هم، برای صرفه‌جویی، کاهش شدت انرژی، یا کاهش انتشار، همچنان تاکید بر سیاست‌های خرد صرفه‌جویی خواهد بود و در میان سیاست‌های کلان، افزایش قیمت انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا با فشار بر مردم کاهش مصرف محقق شود. به علاوه، خصوصی‌سازی اگرچه مورد استقبال واقع می‌شود، اما نبود شرایط رقابتی موجب می‌شود نتواند اثرگذاری قابل توجهی داشته باشد.

برداشته شدن تحریم‌ها در هر یک از سناریوها می‌تواند باعث جلب مشارکت شرکت‌های ESCO خارجی با تجربه و مهارت بیشتر شود و با جذب تکنولوژی و نیروی متخصص بهتر به صرفه‌جویی بیش‌تر بینجامد. به علاوه، حذف تحریم‌ها که گفته می‌شود موجب عدم تمایل به واردات گاز از ایران است، باعث می‌شود

تقاضای گاز بیش‌تر شده و تمایل دولتمردان به صرفه‌جویی و اقدام موثر در این زمینه افزایش یابد و در نتیجه میزان صرفه‌جویی افزایش می‌یابد.

۶

فصل ششم

جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱.۶ مقدمه

در این فصل، جمع‌بندی پایان‌نامه و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی، ارائه شده است.

۲.۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی شدت انرژی تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۲۰۲۲) به روش شبیه‌سازی مونت کارلو نشان داد بین آنچه تداوم روندهای موجود برای آینده شدت انرژی رقم می‌زنند و آنچه مطابق پیش‌بینی سیاست‌های کلی کشور باید به آن دست یافت (کاهش شدت انرژی به نصف تا پایان برنامه ششم)، فاصله زیادی وجود دارد. مقدار هدف پیش‌بینی شده برای شدت انرژی تا پایان سال ۲۰۲۲ به احتمال ۵۰٪ برابر ۰,۲۴۰۲ و ۲,۴۱ برابر مقدار هدف این شاخص در این افق زمانی است؛ احتمالات بالاتر، که سطح اطمینان بیشتری فراهم می‌کنند، مقادیر بزرگتری برای شدت انرژی سال ۲۰۲۲ پیش‌بینی کرده‌اند.

بررسی علت عدم انتخاب متغیرهایی نظیر GDP و قیمت انرژی که به نظر مرتبط با شدت انرژی هستند در مدل ارائه شده در فصل ۲، و همچنین بررسی علت نوسان زیاد شاخص شدت انرژی در ایران مجال بیش‌تری می‌طلبد و به پژوهش‌های بیش‌تر نیاز دارد.

با تمرکز بر سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف گاز در جهت کاهش شدت انرژی، سیاست‌های صرفه‌جویی کشورهای مختلف، در دو دسته خرد و کلان، مورد بررسی قرار گرفته و سیاست‌هایی که اتخاذ آن‌ها برای کاهش شدت انرژی ایران به نصف تا پایان ۲۰۲۲ لازم است، مطابق نظر خبرگان و به روش دلفی، حاصل شد. اولویت اجرای این سیاست‌ها نیز از روش TOPSIS به دست آمد. تحلیل اولویت‌بندی ارائه شده نشان داد، پیش از اجرای هرگونه سیاستی در حوزه بهینه‌سازی مصرف گاز، مدیریت یکپارچه پروژه‌های بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی جامع حائز اهمیت است؛ مدیریت یکپارچه، مستلزم این است که سازمان واحدی وجود داشته باشد که کلیه سازمان‌های ذینفع را تحت کنترل داشته باشد و همچنین پروژه‌های اجرایی مربوط به این سازمان‌ها باید جامع‌نگر بوده و به بخش‌های مختلف درگیر در آن و ذینفعان مختلف مرتبط با آن توجه کرده باشند. بعد از آن لازم است، عمده‌ترین نقاط مصرف گاز شناسایی شوند؛ به این منظور، لازم است دقت جمع‌آوری داده‌های انرژی بالا رفته و از ابزارهای مناسب در این جهت استفاده شود.

بعد از اجرای این دو سیاست که به نوعی اجرای برنامه‌های اصولی برای صرفه‌جویی را تضمین می‌کنند، دو سیاست با امتیاز نسبتاً برابری قرار گرفته‌اند که به بخش خانگی مرتبط می‌شوند؛ موقعیت این دو سیاست در جدول از طرفی نشان‌دهنده اهمیت توجه به صرفه‌جویی در بخش خانگی است و از طرف دیگر، این نکته که این سیاست‌ها قبل از دو سیاست آموزش و قیمت‌گذاری قرار گرفته، نشان می‌دهد ابتدا باید بستر بهینه‌سازی را برای مردم ایجاد کرد؛ بعد از آن، آموزش و آگاهی‌بخشی به مردم می‌تواند نتیجه‌بخش واقع شود. همچنین، افزایش قیمت انرژی بعد از فراهم کردن شرایط صرفه‌جویی برای مردم می‌تواند موثر واقع شود، چرا که مردم از قبل مصرف خود را کاهش داده‌اند؛ بنابراین، نسبت به افزایش قیمت حساسیت بالایی نشان خواهند داد. این روند در صنعت نیز باید به همین ترتیب دنبال شود؛ یعنی ابتدا با انجام ممیزی و ارائه تشویق یا تنبیه‌های لازم، فرایندهای انرژی‌بر در بخش صنعت اصلاح شده، یا صنایع بسیار انرژی‌بر با صنایع دیگر جایگزین شوند و بعد از ابزار اصلاح قیمت استفاده شود؛ تا افزایش قیمت انرژی روی قیمت کالاها منتقل و منعکس نشود، بلکه به بهبود فرایندها و افزایش راندمان صنایع بینجامد.

افزایش قیمت گاز موجب تمایل نیروگاه‌ها به افزایش راندمان خواهد شد؛ به طوری که احتمالاً نیروگاه‌های گازی به سمت تبدیل به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی رفته و راه‌اندازی نیروگاه‌های CHP و CCHP نیز رواج خواهد یافت؛ به علاوه، این امر می‌تواند خصوصی‌سازی صنعت برق را در کشور تحقق بخشد؛ در غیر این صورت و با وجود نرخ فعلی گاز برای نیروگاه‌ها، نمی‌توان افزایش راندمان نیروگاه‌ها را حتی با وجود خصوصی‌سازی انتظار داشت.

اتخاذ سیاست‌های صرفه‌جویی زمانی نتیجه‌بخش خواهد بود که ابتدا سیاست‌های کلان اجرا شده و بستری برای اجرای سیاست‌های خرد و نیز سیاست‌های قیمتی فراهم آورند تا بدون این که رفاه مردم یا تولید صنعت تحت تاثیر قرار گیرد، حاضر به همکاری در اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی باشند.

در فصل چهارم، سناریوهای مختلف صرفه‌جویی در مصرف گاز در ایران تا پایان ۶ سال آینده (۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفت تا شرایطی که تحت آن بتوان برنامه سیاستی اولویت‌بندی شده فوق را اجرا کرد، حاصل شود. این سناریوها در چهار دسته و مطابق روش GBN تدوین شدند. در سناریوهایی که وضعیت مدیریت ثابت بماند، طرح‌های غیرجامع‌نگر ارائه شده و تعارض منافع مانع از اجرای طرح‌ها خواهد شد، فشار نهادهای بین‌المللی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در این سناریوها ممکن است موجب شود بدون فراهم آوردن پیش نیازها، به سیاست‌های قیمتی و سیاست‌های خرد روی آورده شود که استفاده از آن‌ها نیز چندان نتیجه‌بخش نخواهد بود. در سناریویی که وضعیت مدیریت بهبود پیدا می‌کند اما شرایط

سرمایه‌گذاری فراهم نمی‌شود، سیاست‌های صرفه‌جویی به کندی به پیش برده خواهد شد؛ اگرچه بخش خصوصی و دولت توان سرمایه‌گذاری بالا در طرح‌های مذکور را ندارند، بهبود مدیریت احتمالا مانع از اجرای سیاست‌های قیمتی یا سیاست‌های خرد پیش از اجرای سیاست‌های کلان خواهد شد.

دستیابی به هدف کاهش ۴۸ درصدی مصرف گاز وابسته به تغییر در شرایط مدیریت و نیز شرایط سرمایه‌گذاری است؛ به طوری که فرایند سرمایه‌گذاری شفاف و تسهیل شده باشد و اعتماد لازم برای بازگشت سود سرمایه در زمان مناسب، برای بخش خصوصی ایجاد شده باشد. به علاوه، مدیریت باید کارآمد شده و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، دقیق و جامع‌نگر صورت گیرد. تنها در این شرایط است که می‌توان اطمینان داشت برنامه سیاستی ارائه شده در فصل سه، با همان اولویت‌ها، بتواند اجرا شده و از طریق اجرای سیاست‌های کلان، اجرای سیاست‌های خرد را تسهیل کرده و کمک کند که روند صرفه‌جویی به درستی انجام گیرد و موثر واقع شود.

۳.۶ پیشنهادات برای انجام تحقیقات آتی

مهمترین پیشنهادات برای انجام تحقیقات آتی عبارت‌اند از:

- ۱- بررسی اقتصادی برنامه سیاستی ارائه شده در فصل سوم برای برنامه‌ریزی درباره میزان سرمایه‌گذاری مورد نیاز و تعیین سهم مشارکت دولت و بخش خصوصی.
- ۲- بررسی مسئله بهینه‌سازی مصرف گاز به روش پویایی سیستم‌ها.
- ۳- بررسی جامع روش‌های ممکن برای استفاده از گاز صرفه‌جویی شده و اولویت‌بندی راهکارها متناسب با شرایط و سیاست‌های کشور.
- ۴- ارزیابی دقیق میزان صرفه‌جویی سالیانه به ازای هر یک از سناریوها.

منابع و مراجع

- [۱] دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، کمیسیون دفتر نظارت و ارزیابی علمی و تکنولوژی، حسام قدکساز، ارزیابی اسناد انرژی و محیط زیست کشور جهت بازنگری و اصلاح، ۱۳۹۴.
- [۲] شورای عالی انرژی؛ سند ملی راهبرد انرژی کشور؛
<http://ifco.ir/index.php/archivetech/item/1032-mosavabat-enerji>
- [۳] International Energy Agency (IEA); Energy Efficiency Market Report 2016;
[https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016 WEB.PDF](https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016_WEB.PDF).
- [۴] وزارت نیرو؛ چهار دهه ترازنامه انرژی؛ <https://goo.gl/yMedu6>
- [۵] دبیرخانه مجمع تشخیص مصلحت نظام، کمیسیون امور زیربنایی و تولیدی، کمیته انرژی؛ نصرت اله سیفی؛ سازوکار اجرایی سیاستهای کاهش شدت مصرف انرژی در راستای تحقق سند چشم‌انداز؛
http://www.energyseec.com/othersgyBooks.asp?M=ARTICLES&MC=SHOWARTICLES&m_id=1274&cntid=1637
- [۶] Keith, T. Z.; *Multiple regression and beyond: An introduction to multiple regression and structural equation modeling*, Routledge, 2014.
- [۷] World Energy Council; Energy Efficiency: A Recipe For Success;
<https://goo.gl/azxX6I>.
- [۸] وبسایت enerdata؛ داده‌های سالنامه انرژی؛ <https://yearbook.enerdata.net>
- [۹] Metcalf, G. E.; "An empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level", *The Energy Journal*, p. p. 1-26, 2008.
- [۱۰] Jimenez, R.; Jorge M.; "Energy intensity: A decomposition and counterfactual exercise for Latin American countries", *Energy Economics* 42, p. p. 161-171, 2014.
- [۱۱] Kwon, S.; et al.; "Short-run and the long-run effects of electricity price on electricity intensity across regions", *Applied Energy* 172, p. p. 372-382, 2016.
- [۱۲] Hang, L.; Meizeng T.; "The impacts of energy prices on energy intensity: Evidence from China", *Energy policy* 35.5, p. p. 2978-2988, 2007.

- Wu, Y.; "Energy intensity and its determinants in China's regional economies", [۱۳]
Energy Policy 41, p. p. 703-711, 2012.
- IBM software business analysis; Better decision making under uncertain [۱۴]
conditions using Monte Carlo Simulation;
<http://www.ibmbigdatahub.com/whitepaper/better-decision-making-under-uncertain-conditions-using-monte-carlo-simulation>.
- BC Hydro; Energy Planning and Economic Development, Electric Load [۱۵]
Forecast Fiscal 2013 to Fiscal 2033; <https://goo.gl/vbofxu>.
- Lin, B.; Chunping X.; "Estimation on oil demand and oil saving potential of [۱۶]
China's road transport sector", *Energy Policy* 61, p. p. 472-482, 2013.
- Liping, W.; Mathew, P.; Pang, X.; "Uncertainties in energy consumption [۱۷]
introduced by building operations and weather for a medium-size office building", *Energy and Buildings* 53, p. p. 152-158, 2012.
- RAND Corporation; Bernstein, M. A.; et al.; State-Level Changes in Energy [۱۸]
Intensity and Their National Implications;
http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1616.html.
- Lin, B.; Xiaolei W.; "Promoting energy conservation in China's iron & steel [۱۹]
sector", *Energy* 73, p. p. 465-474, 2014.
- World Bank(WB); Islamic Republic of Iran; [۲۰]
<http://data.worldbank.org/country/iran-islamic-republic>.
- Lin, B. Jing L.; "Evaluating energy conservation in China's heating industry", [۲۱]
Journal of Cleaner Production, 2016.
- سلامی، امیربهداد؛ "مروری بر روش شبیه‌سازی مونت کارلو"، پژوهشنامه اقتصادی، دوره ۳، شماره [۲۲]
۱، از صفحه ۱۱۷ تا صفحه ۱۳۸، ۱۳۸۲.
- Statista.com; Iran: Real gross domestic product (GDP) growth from 2010 to [۲۳]
2020 (compared to previous year);
<https://www.statista.com/statistics/294301/iran-gross-domestic-product-gdp-growth/>.
- BP Petroleum industry company; 2015 BP Statistical Review of World Energy; [۲۴]
[2015 BP Statistical Review of World Energy - BP Global](http://www.bp.com/global).

- [۲۵] سیدجوادین، سیدرضا؛ شاه حسینی، محمدعلی؛ حسینی پور، سیدوحید؛ "پیش بینی مصارف گاز طبیعی کشور در افق برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور و نقد سیاست های مرتبط"، دوره ۳، شماره ۷، ۱۳۹۰.
- [۲۶] Energy Information Administration (EIA); International Energy Outlook 2016; https://www.eia.gov/outlooks/ieo/nat_gas.cfm.
- [۲۷] Morovic, T.; et al.; *Energy conservation indicators II*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [۲۸] Fong, W.; Matsumoto, H.; Lun, Y. F. "Application of System Dynamics model as decision making tool in urban planning process toward stabilizing carbon dioxide emissions from cities", *Building and Environment* 44.7, p. p. 1528-1537, 2009.
- [۲۹] Su, T.; et al.; "The status of energy conservation in Taiwan's cement industry", *Energy policy* 60, p. p. 481-486, 2013.
- [۳۰] Kostka, G.; Kyoung Sh.; "Energy conservation through energy service companies: Empirical analysis from China", *Energy Policy* 52, p. p. 748-759, 2013.
- [۳۱] سابا، مجموعه‌ای از مواخذ قانونی و راهبردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور، <http://www.saba.org.ir/fa/energyinfo/energylow>
- [۳۲] Luong, N. D.; "A critical review on Energy Efficiency and Conservation policies and programs in Vietnam", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52, p. p. 623-634, 2015.
- [۳۳] Darby, S.; "The effectiveness of feedback on energy consumption", *A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and direct Displays* 486, 2006.
- [۳۴] Darby, S.; "Energy feedback in buildings: improving the infrastructure for demand reduction", *Building Research & Information* 36.5, p. p. 499-508, 2008.
- [۳۵] International Energy Agency (IEA); 25 Energy Efficiency Policy Recommendations; https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/25recom_2011.pdf.
- [۳۶] BP; BP Statistical Review of World Energy; <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>.
- [۳۷] Gillingham, K.; David R.; Gernot W.; "The rebound effect and energy efficiency policy", *Review of Environmental Economics and Policy* 10.1, 68-88, 2016.

- Wood, M.; Osamah A.; "Impact of oil prices, economic diversification policies and energy conservation programs on the electricity and water demands in Kuwait", *Energy Policy* 66, p. p. 144-156, 2014. [۳۸]
- Mehrara, M.; "Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries", *Energy policy* 35.5, p. p. 2939-2945, 2007. [۳۹]
- حسن تاش، سیدغلامحسین؛ "افزایش قیمت انرژی و بهینه سازی مصرف"، *ماهنامه اقتصاد انرژی*، شماره ۳۳، ۱۳۸۰. [۴۰]
- Jiang, Zh.; Jijun T.; "How the removal of energy subsidy affects general price in China: a study based on input-output model", *Energy Policy* 63, p. p. 599-606, 2013. [۴۱]
- Li, K.; Lin, B.; "Impact of energy conservation policies on the green productivity in China's manufacturing sector: Evidence from a three-stage DEA model." *Applied Energy* 168, p. p. 351-363, 2016. [۴۲]
- Junming, Z.; Ruth, M.; "Relocation or reallocation: Impacts of differentiated energy saving regulation on manufacturing industries in China" *Ecological Economics* 110, p. p. 119-133, 2015. [۴۳]
- قاسمی، عبدالرسول؛ محمدخان پور اردبیل، رقیه؛ "بررسی تاثیر تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل و نقل"، *پژوهشنامه اقتصاد/انرژی/ایران*، دوره ۴، شماره ۱۳، ۱۳۹۳. [۴۴]
- Nakanishi, H.; "Energy Saving Effects of Telework" *Proceedings of the International Conference on e-Learning, e-Business, Enterprise Information Systems, and e-Government (EEE)*. The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2015. [۴۵]
- Banister, D.; "Cities, mobility and climate change", *Journal of Transport Geography* 19.6, p. p. 1538-1546, 2011. [۴۶]
- IEA; Transport sector: Trends, indicators energy efficiency measures ETP 2012; <https://goo.gl/9MXUXG>. [۴۷]
- Litman, T.; "Comprehensive evaluation of energy conservation and emission reduction policies", *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 47, p. p. 153-166, 2013. [۴۸]
- Alizadeh, R.; et al.; "An integrated scenario-based robust planning approach for foresight and strategic management with application to energy industry", *Technological Forecasting and Social Change* 104; p. p. 162-171, 2016. [۴۹]

- [۵۰] حسن تاش، سیدغلامحسین؛ "خصوصی‌سازی صنعت برق؛ چالش‌ها و راهکارها"، *ماهنامه اقتصاد انرژی*، شماره ۸۹، ۱۳۸۵.
- [۵۱] Pepermans, G.; et al.; "Distributed generation: definition, benefits and issues" *Energy policy* 33.6, p. p. 787-798, 2005.
- [۵۲] Darby, S.; "Smart metering: what potential for householder engagement?", *Building Research & Information* 38.5, p. p. 442-457, 2010.
- [۵۳] Hargreaves, T.; Michael N.; Jacquelin B.; "Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors", *Energy policy* 38.10, p. p. 6111-6119, 2010.
- [۵۴] Hargreaves, T.; Michael N.; Jacquelin B.; "Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors", *Energy policy* 38.10, p. p. 6111-6119, 2010.
- [۵۵] Asensio, O. I.; Magali A. D.; "The dynamics of behavior change: Evidence from energy conservation", *Journal of Economic Behavior & Organization* 126, p. p. 196-212, 2016.
- [۵۶] Hori, S.; et al.; "The determinants of household energy-saving behavior: Survey and comparison in five major Asian cities", *Energy Policy* 52, p. p. 354-362, 2013.
- [۵۷] Fischer, C.; "Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?", *Energy efficiency* 1.1, p. p. 79-104, 2008.
- [۵۸] سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)؛ کنترهای هوشمند چه مفهومی برای مشترکین خانگی انگلیس دارند؟؛ <http://goo.gl/YJHvFg>
- [۵۹] Petkov, P.; et al.; "Motivating domestic energy conservation through comparative, community-based feedback in mobile and social media", *Proceedings of the 5th International Conference on Communities and Technologies*, ACM, 2011.
- [۶۰] Carrico, A. R.; Manuel R.; "Motivating energy conservation in the workplace: An evaluation of the use of group-level feedback and peer education", *Journal of environmental psychology* 31.1, p. p. 1-13, 2011.
- [۶۱] Tulsyan, A.; et al.; "Potential of energy savings through implementation of Energy Conservation Building Code in Jaipur city, India", *Energy and Buildings* 58, p. p. 123-130, 2013.

- Castleton, H. F.; et al.; "Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit", *Energy and buildings* 42.10, p. p. 1582-1591, 2010. [۶۲]
- Landeta, J.; "Current validity of the Delphi method in social sciences" *Technological forecasting and social change* 73.5, p. p. 467-482, 2006. [۶۳]
- Habibi, A.; Sarafrazi, A.; Izadyar, S.; "Delphi technique theoretical framework in qualitative research" *The International Journal of Engineering and Science* 3.4, p. p. 8-13, 2014. [۶۴]
- Heiko, A.; "Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance" *Technological forecasting and social change* 79.8, p. p. 1525-1536, 2012. [۶۵]
- Dajani, J. S.; Michael, Z. S.; Wayne K. T.; "Stability and agreement criteria for the termination of Delphi studies." *Technological forecasting and social change* 13.1, p. p. 83-90, 1979. [۶۶]
- Kalaian, S. A.; Kasim, R. M.; "Terminating sequential Delphi survey data collection" *Practical Assessment, Research & Evaluation* 17.5, p. p. 1-10, 2012. [۶۷]
- Cottam, H.; Roe, M.; Challacombe, J.; "Outsourcing of trucking activities by relief organisations" *Journal of Humanitarian Assistance* 1.1, 2004. [۶۸]
- Cagno, E.; et al.; "A novel approach for barriers to industrial energy efficiency" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19, p. p. 290-308, 2013. [۶۹]
- Kostka, G. M.; Andreas, J.; "Barriers to increasing energy efficiency: evidence from small-and medium-sized enterprises in China" *Journal of Cleaner Production* 57, p. p. 59-68, 2013. [۷۰]
- Saleh, M.; et al.; "A survey on futures studies methods", *Cairo: Faculty of Computers & Information-Cairo University-INFOS*, p. p. 38-46, 2008. [۷۱]
- مرادی پور، حجت‌الله؛ نوروزیان، مهدی؛ "آینده‌پژوهی، مفاهیم و روش‌ها"، فصلنامه رهیافت، شماره ۳۶، از صفحه ۴۵ تا صفحه ۵۰، ۱۳۸۴. [۷۲]
- Fink, A.; Siebe, A.; Kuhle, J. P.; "How scenarios support strategic early warning processes", *foresight* 6.3, p. p. 173-185, 2004. [۷۳]
- Fink, A.; Owen. M.; "Scenarios for the Future of Europe's Regions", *Futures Research Quarterly* 20, p. p. 5-28, 2004. [۷۴]
- Food and Agriculture Organization; A glossary of terms commonly used in futures studies(full version); <https://goo.gl/SAUmQu>. [۷۵]
- دیتور، جیمز؛ ملکی‌فر، عقیل؛ ابراهیمی، سیداحمد؛ "آینده‌پژوهی به‌عنوان دانش کاربردی"، فصلنامه رهیافت، شماره ۲۰، ۱۳۷۸. [۷۶]

- Voros, J.; A primer on futures studies, foresight and the use of scenarios; [۷۷]
<https://goo.gl/SQj3jr>.
- Ringland, G.; Schwartz, P.; *Scenario planning: managing for the future*, John Wiley & Sons, 1998. [۷۸]
- Kahn, H.; Wiener, A. J.; *year 2000; a framework for speculation on the next thirty-three years*, 1967. [۸۰]
- بنیاد توسعه فردا؛ روش‌های آینده‌نگاری تکنولوژی؛ <https://goo.gl/DAGlvI> [۸۱]
- Amer, M.; Daim, T. U.; Jetter, J.; “A review of scenario planning”, *Futures* 46, p. p. 23-40, 2013. [۸۲]
- Pillkahn, U.; *Using trends and scenarios as tools for strategy development: shaping the future of your enterprise*, John Wiley & Sons, 2008. [۸۳]
- Bishop, P.; Hines, A.; Collins, T.; “The current state of scenario development: an overview of techniques”, *foresight* 9.1, p. p. 5-25, 2007. [۸۴]
- Mietzner, D.; Reger, G.; “Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight”, *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 1.2, p. p. 220-239, 2004. [۸۵]
- Robinson, J.; “Future subjunctive: backcasting as social learning”, *Futures* 35.8, p. p. 839-856, 2003. [۸۶]
- Fink, A.; Owen, M.; “Scenarios for the Future of Europe's Regions”, *Futures Research Quarterly* 20, p. p. 5-28, 2004. [۸۷]
- Brunnhuber, S.; Fink, A.; Kuhle, J. P.; “The financial system matters: future perspectives and scenarios for a sustainable future”, *Futures* 37.4, 317-332, 2005. [۸۸]
- Schwab, P.; Cerutti, F.; Reibnitz, U. V. “Foresight-using scenarios to shape the future of agricultural research”, *foresight* 5.1, p. p. 55-61, 2003. [۸۹]
- Paltsev, S.; “Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis”, *MIT Center for Energy and Environmental Policy Research*, 2016. [۹۰]
- Abbaszadeh, P.; et al.; “Iran's oil development scenarios by 2025”, *Energy policy* 56, p. p. 612-622, 2013. [۹۱]
- Weimer-Jehle, W.; et al.; “Context scenarios and their usage for the construction of socio-technical energy scenarios”, *Energy* 111, p. p. 956-970, 2016. [۹۲]

- [۹۳] Schmid, E.; Knopf, B.; Pechan, A.; possible futures for germany's electricity infrastructure from a socio-technical perspective; www.strommarkttreffen.org/2014-7-Schmid-Electricity-Infrastructure.pdf.
- [۹۴] Nakicenovic, N.; et al.; "Energy scenarios", *World Energy Assessment of the United Nations*, 2000.
- [۹۵] World Energy council; World Energy scenarios; <https://goo.gl/OfC5Q1>
- [۹۶] Chaharsooghi, S. K.; Rezaei, M.; Alipour, M.; "Iran's energy scenarios on a 20-year vision", *International Journal of Environmental Science and Technology* 12.11, p. p. 3701-3718, 2015.
- [۹۷] Schandl, H.; et al.; "Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions", *Journal of Cleaner Production*, 2015.
- [۹۸] Geng, Y.; et al.; "Exploring driving factors of energy-related CO 2 emissions in Chinese provinces: a case of Liaoning", *Energy Policy* 60, p. p. 820-826, 2013.
- [۹۹] Moshiri, S.; et al.; "Long run energy demand in Iran: a scenario analysis", *International Journal of Energy Sector Management* 6.1, p. p. 120-144, 2012.
- [۱۰۰] دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا؛ مهتاب صادقی حریری؛ اخبار مرتبط با بیست و یکمین کنفرانس سالانه متعاهدین کنوانسیون تغییر آب و هوا (COP21)؛ goo.gl/97plqY
- [۱۰۱] مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از مصرف حامل‌های انرژی در بخش خانوار در نقاط شهری، ۱۳۹۰.
- [۱۰۲] مبانی انتقال حرارت در ساختمان؛ <https://goo.gl/xUgkYr>
- [۱۰۳] جداول و نمودارهای مربوط به محاسبه بار گرمایش در ساختمان؛ <https://goo.gl/HocBXx>

۷ پیوست‌ها

۱.۷ پیوست اول: پرسشنامه نوبت اول دلفی

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مدیریت، علم و تکنولوژی

گروه آینده پژوهی

پرسشنامه بررسی سیاست‌های مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز (افق زمانی: پایان برنامه ششم توسعه)

صاحب‌نظر و خبره گرامی،

با سلام و احترام.

پرسشنامه حاضر به منظور انجام بخشی از کار پژوهشی پایان‌نامه کارشناسی ارشد در حوزه آینده‌پژوهی با عنوان «ارتباط بین سیاست‌های خرد و کلان در بهینه‌سازی مصرف گاز» طراحی شده است.

در این بخش از پژوهش، در نظر است که به کمک روش دلفی به شناسایی اثرگذارترین سیاست‌های کاهش مصرف گاز تا پایان برنامه ششم توسعه پرداخته شود؛ به این منظور، لطفاً دیدگاه خود را درباره اثربخشی سیاست‌های اعلام شده برای دستیابی به هدف ۴۸٪ کاهش مصرف گاز تا پایان برنامه ششم توسعه^{۸۱} اعلام و در صورت لزوم، درباره نظر خود توضیحات لازم را ارائه بفرمایید.

از نتیجه این پرسشنامه برای طراحی پرسشنامه تصمیم‌گیری چندشاخصه جهت اولویت‌بندی سیاست‌ها در دستیابی به آینده مطلوب (کاهش شدت انرژی به نصف مقدار پایه) استفاده خواهد شد؛ بنابراین، جدولی از شاخص‌های ارزیابی سیاست‌ها نیز آماده شده است که خواهشمند است آن را نیز مطابق توضیحات فوق پر کنید (به این ترتیب که اگر شاخص ارائه شده را در ارزیابی سیاست‌ها مهم می‌دانید، مقابل آن عبارت «موافق» و در غیر

^{۸۱} که در راستای پاسخ به سیاست هفتم از مجموعه سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف («کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی» تا پایان برنامه ششم توسعه (۱۴۰۱)) تعیین شده است.

این صورت عبارت «مخالف» را یادداشت نمایید). در مورد هر یک از جداول، اگر لازم دیدید می‌توانید عبارت «نظری ندارم» را بنویسید.

قبلا از همکاری شما و صرف وقت ارزشمندتان، جهت انجام هرچه اثربخش‌تر این تحقیق، سپاسگزارم.

جدول ۱- سیاست‌ها.

ردیف	سیاست صرفه‌جویی	شرح سیاست	دیدگاه (موافق یا مخالف)	توضیحات (در صورت لزوم)
۱	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	اصلاح قیمت گاز در کشور بر اساس قیمت‌های جهانی		
۲	گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر	نیازی به مصرف گاز در نیروگاه‌ها برای تبدیل به برق نبوده و صرفه‌جویی در گاز به این ترتیب اتفاق می‌افتد.		
۳	ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت	تشویق به توسعه صنایع سبک با تکنولوژی بالا و صنایع خدماتی با ارائه مشوق‌های مالی توسط دولت‌ها یا در نظر گرفتن جریمه برای صنایع سنگین انرژی‌بر تا فرایندهای خود را اصلاح نمایند.		
۴	بهبود زیرساخت‌های ICT	امکان ارسال نامه‌های الکترونیکی، خرید از راه دور، دورکاری، بانکداری الکترونیکی، آموزش مجازی، ملاقات‌های مجازی و ... امروزه به واسطه گسترش تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات (ICT ^{۸۲}) تسهیل شده و موجب کاهش تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل شده‌اند. افزایش زیرساخت‌های ICT و امنیت آن‌ها موجب گسترش دامنه کاربرد این حوزه و افزایش صرفه‌جویی با استفاده از این سیاست می‌شود.		

^{۸۲} ICT: Information & Communication Technology

۵	بهبود برنامه‌ریزی شهری و توسعه هدفمند شهرها	شهرها منبع اصلی انتشار CO ₂ هستند. تحت کنترل قرار دادن جمعیت شهری و روند شهرنشینی (اجرای سیاست‌های تمرکززدایی)، در دسترس بودن مقاصد، مدیریت و قیمت‌گذاری پارکینگ‌ها و ... از عوامل اثرگذار بر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل با تاکید بر بهبود برنامه‌ریزی شهری هستند.
۶	گسترش شبکه حمل‌ونقل عمومی درون شهری	افزایش حجم شبکه حمل‌ونقل عمومی درون شهری، در دسترس بودن، سرعت، هزینه و فراوانی سیستم حمل‌ونقل عمومی درون شهری از عوامل موثر بر گرایش افراد به استفاده بیش‌تر از این سیستم‌ها و در نتیجه کاهش مصرف انرژی است.
۷	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	مشارکت بیش‌تر بخش خصوصی در تولید برق که با افزایش رقابت موجب افزایش راندمان و کاهش مصرف گاز می‌تواند بشود.
۸	تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی	استفاده از این روش موجب افزایش راندمان تولید برق شده و به این ترتیب موجب صرفه‌جویی در مصرف گاز می‌شود.
۹	توسعه نیروگاه‌های CHP و CCHP	این نیروگاه‌ها با راندمان بالایی برق تولید می‌کنند؛ به علاوه، استفاده از این روش موجب حذف انرژی مورد نیاز برای گرمایش و نیز تلفات توزیع می‌شود.
۱۰	استفاده گسترده‌تر از روش‌های بازخوردی	روش‌های بازخوردی با این فرض که ارائه اطلاعات دقیق‌تر و در فواصل زمانی کوتاه‌تر می‌تواند موجب کاهش مصرف شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند و شامل چهار دسته روش ^{۸۳} هستند. ارائه بازخورد منظم موجب کاهش مصرف و پایش همیشگی مصرف توسط مصرف‌کنندگان می‌شود.

۱. کنتورهای گاز یا برق استاندارد^{۸۳}

۲. استفاده از کنتورهای هوشمند

۳. ارائه قبوض با اطلاعات بیش‌تر

۴. ارائه مشوق‌های مالی به مصرف‌کنندگان کم‌مصرف

۱۱	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی از گاز طبیعی هم در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده و هم در خطوط اصلی شبکه‌های گاز، به دلیل نبود سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق از دست می‌رود یا سرقت می‌شود. به علاوه، فقدان داده‌های دقیق موجب می‌شود برآورد صحیحی از صرفه‌جویی سیاست‌های مختلف نیز نتوان ارائه داد.
۱۲	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO	این روش که توسط شرکت‌های خدمات انرژی انجام می‌شود، مهم‌ترین پتانسیل‌های کاهش مصرف را شناسایی و ارائه می‌کند.
۱۳	اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان	اجرائی شدن این مقررات همراه با الزام عایق‌کاری دیوارهای خارجی، سقف، لوله‌های آب گرم، استفاده از پنجره‌های دوجداره و ... می‌شود که تاثیر زیادی بر کاهش مصرف گاز در بخش خانگی دارد.
۱۴	آموزش و آگاهی دادن به افراد	هم طی تحصیل و آموزش (چه در مدرسه و چه در دانشگاه) و هم با تبلیغات گسترده بین تمام قشرهای جامعه به اشکال مختلف (مثلا به کمک NGOهای فعال در زمینه صرفه‌جویی انرژی)
۱۵	مدیریت یکپارچه و تهیه برنامه جامع	تهیه برنامه جامع با شناخت اهداف، منابع، ذینفعان، شرایط محیطی همراه است و نظارت مستمر بر اجرای برنامه، از مراحل مدیریت استراتژیک است که در کنار هم، موجب انسجام و پیشرفت واقعی برنامه می‌شوند.
۱۶	افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا	افزایش راندمان رادیاتورها، بخاری‌ها، پکیج‌ها و ... موجب کاهش مصرف گاز می‌شود.

جدول ۲- شاخص‌ها.

ردیف	شاخص	شرح شاخص	دیدگاه (موافق یا مخالف)	توضیحات (در صورت لزوم)
۱	میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز	روش مورد نظر چقدر اهداف کاهش مصرف گاز را برآورده می‌کند.		
۲	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	روش مورد نظر قابلیت اجرا شدن تا پایان برنامه ششم توسعه را دارد یا خیر.		
۳	سرمایه اولیه مورد نیاز	آیا سرمایه‌گذار یا دولت حاضر به سرمایه‌گذاری در چنین سیاستی هستند.		
۴	سوددهی	روش مورد نظر از نظر هزینه-فایده به صرفه و سودده است یا خیر.		
۵	دوره بازگشت سرمایه	سرمایه‌ای که هزینه می‌شود در کوتاه مدت برمی‌گردد یا بلندمدت.		
۶	قابلیت پذیرش توسط ذینفعان	روش مورد نظر توسط مردم (اگر روش مربوط به بخش خانگی باشد)، صنایع (اگر مربوط به بخش صنعت باشد) یا صاحبان نیروگاه‌ها پذیرفته و به راحتی اجرا خواهد شد یا مقاومت در پی خواهد داشت.		

- لطفا میزان تحصیلات و حوزه تخصصی خود را بنویسید.

✓

- در صورت تمایل، پست سازمانی و سوابق خود را بنویسید.

✓

۲.۷ پیوست دوم: پرسشنامه نوبت دوم دلفی

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مدیریت، علم و تکنولوژی

گروه آینده پژوهی

**پرسشنامه سری دوم بررسی سیاست‌های مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز (افق زمانی: پایان برنامه
ششم توسعه)**

صاحب‌نظر و خبره گرامی،

با سلام و احترام.

پرسشنامه پیش رو، مربوط به نوبت دوم روش دلفی است؛ این پرسشنامه، در نوبت اول در اختیار صاحب‌نظرانی از وزارت نفت، شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، و خبرگانی از بخش خصوصی که در حوزه انرژی شاغل هستند و همچنین خبرگان دانشگاهی با حوزه پژوهشی انرژی قرار گرفت. در نوبت اول، خبرگان در مورد برخی از سیاست‌ها توافق نظر نسبی^{۸۴} داشتند؛ این سیاست‌ها در این نوبت مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. در مورد سیاست‌هایی که اتفاق نظر نسبی در مورد آن‌ها حاصل نشد؛ توضیحات بیش‌تری داده شده است و نظر خبرگان نیز به این توضیحات اضافه شده است. خواهشمند است نظر خود را در مورد آن دسته از سیاست‌ها در جدول زیر اعلام بفرمایید.

از لطف و توجه شما پیشاپیش سپاسگزارم.

^{۸۴} APMO: Average Percent of Majority Opinions مطابق معیار^{۸۴}

جدول ۱- سیاست‌ها.

ردیف	سیاست صرفه‌جویی	شرح سیاست‌ها به علاوه دیدگاه‌های اظهار شده توسط خبرگان	دیدگاه (موافق یا مخالف)	توضیحات (در صورت لزوم)
۱	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	اصلاح قیمت گاز در کشور بر اساس قیمت‌های جهانی در شرایطی که پیش از افزایش قیمت انرژی، موقعیت برای مصرف‌کننده بدون تغییر میزان رفاه، فراهم شده باشد، آیا ممکن است برای صرفه‌جویی در مصرف گاز تا پایان برنامه ششم اتفاق بیفتد و مفید عمل کند.		
۲	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	مشارکت بیشتر بخش خصوصی در تولید برق که با افزایش رقابت موجب افزایش راندمان و کاهش مصرف گاز می‌تواند بشود. در شرایطی که قیمت گاز برای نیروگاه‌ها، بالا رفته و شرایط رقابتی ایجاد شود، ممکن است برای صرفه‌جویی در مصرف گاز تا پایان برنامه ششم اتفاق بیفتد و مفید عمل کند.		
۳	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO	این روش که توسط شرکت‌های خدمات انرژی انجام می‌شود، مهم‌ترین پتانسیل‌های کاهش مصرف را شناسایی و ارائه می‌کند. در شرایطی که قیمت گاز صنایع، بالا رفته و با فرض در نظر گرفتن مشوق یا جریمه برای واحد صنعتی، ممکن است برای صرفه‌جویی در مصرف گاز تا پایان برنامه ششم موثر عمل کند.		

۳.۷ پیوست سوم: پرسشنامه تصمیم‌گیری چندشاخصه به روش تاپسیس

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مدیریت، علم و تکنولوژی

گروه آینده پژوهی

پرسشنامه بررسی سیاست‌های مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز (افق زمانی: پایان برنامه ششم توسعه)

صاحب‌نظر و خبره گرامی،

با سلام و احترام.

پرسشنامه حاضر به منظور تعیین اولویت سیاست‌های اثرگذار بر صرفه‌جویی در مصرف گاز طراحی شده است. در این پرسشنامه، از ماتریس مقایسه‌های زوجی روش AHP برای وزن‌دهی به شاخص‌ها استفاده شده است؛ همچنین، ماتریس تصمیم بر اساس روش تاپسیس (TOPSIS)، برای مقایسه و رتبه‌بندی عوامل یا سیاست‌های مؤثر طراحی شده است.

در ماتریس شاخص‌ها، تنها نیمه بالایی ماتریس را پر کنید به این ترتیب که اگر سطر به ستون ارجحیت دارد اعداد ۱ تا ۵ را وارد کنید و در صورتی که ستون به سطر ارجحیت دارد، اعداد $\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{1}$ را وارد کنید. در ماتریس سیاست‌ها، امتیاز هر سیاست در ارتباط با هر یک از شاخص‌های ارائه شده در ستون‌ها باید نوشته شود. این امتیاز مبتنی بر ارزیابی کیفی و بر اساس طیف لیکرت پنج درجه (۵: سیاست مورد بررسی بیش‌ترین نمره را در شاخص مربوطه و در جهت دستیابی به هدف^{۸۵} کسب می‌کند - ۱: سیاست مورد بررسی کم‌ترین نمره را در شاخص مربوطه و در جهت دستیابی به هدف کسب می‌کند) صورت می‌گیرد.

^{۸۵} هدف ۴۸٪ کاهش مصرف گاز تا پایان برنامه ششم توسعه

پیشاپیش از اینکه با حوصله و دقت پرسشنامه را تکمیل می‌نمایید، کمال تشکر را دارم.

جدول ۱- سیاست‌ها.

ردیف	سیاست صرفه‌جویی	شرح سیاست
۱	تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی	اصلاح قیمت گاز در کشور بر اساس قیمت‌های جهانی
۲	ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت	تشویق به توسعه صنایع سبک با تکنولوژی بالا و صنایع خدماتی با ارائه مشوق‌های مالی توسط دولت‌ها یا در نظر گرفتن جریمه برای صنایع سنگین انرژی‌بر تا فرایندهای خود را اصلاح نمایند.
۳	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها	مشارکت بیش‌تر بخش خصوصی در تولید برق که با افزایش رقابت موجب افزایش راندمان و کاهش مصرف گاز می‌تواند بشود.
۴	تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی	استفاده از این روش موجب افزایش راندمان تولید برق شده و به این ترتیب موجب صرفه‌جویی در مصرف گاز می‌شود.
۵	توسعه نیروگاه‌های CHP و CCHP	این نیروگاه‌ها با راندمان بالایی برق تولید می‌کنند؛ به علاوه، استفاده از این روش موجب حذف انرژی مورد نیاز برای گرمایش و نیز تلفات توزیع می‌شود.
۶	استفاده گسترده‌تر از روش‌های بازخوردی	روش‌های بازخوردی با این فرض که ارائه اطلاعات دقیق‌تر و در فواصل زمانی کوتاه‌تر می‌تواند موجب کاهش مصرف شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند و شامل چهار دسته روش ^{۸۶} هستند. ارائه بازخورد منظم موجب کاهش مصرف و پایش همیشگی مصرف توسط مصرف‌کنندگان می‌شود.

۱. کنترل‌های گاز یا برق استاندارد^{۸۶}

۲. استفاده از کنترل‌های هوشمند

۳. ارائه قبوض با اطلاعات بیش‌تر

۴. ارائه مشوق‌های مالی به مصرف‌کنندگان کم‌مصرف

۷	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی و استفاده از ابزارهای دقیق اندازه‌گیری بسیار بااهمیت است؛ در کشور ما بخش زیادی از گاز طبیعی هم در بخش‌های مختلف مصرف-کننده و هم در خطوط اصلی شبکه‌های گاز، به دلیل نبود سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق از دست می‌رود یا سرقت می‌شود. به علاوه، فقدان داده‌های دقیق موجب می‌شود برآورد صحیحی از صرفه‌جویی سیاست‌های مختلف نیز نتوان ارائه داد.	جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی
۸	این روش که توسط شرکت‌های خدمات انرژی انجام می‌شود، مهم‌ترین پتانسیل‌های کاهش مصرف را شناسایی و ارائه می‌کند.	ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO
۹	اجرایی شدن این مقررات همراه با الزام عایق‌کاری دیوارهای خارجی، سقف، لوله‌های آب گرم، استفاده از پنجره‌های دوجداره و ... می‌شود که تاثیر زیادی بر کاهش مصرف گاز در بخش خانگی دارد.	اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان
۱۰	هم طی تحصیل و آموزش (چه در مدرسه و چه در دانشگاه) و هم با تبلیغات گسترده بین تمام قشرهای جامعه به اشکال مختلف (مثلا به کمک NGOهای فعال در زمینه صرفه‌جویی انرژی)	آموزش و آگاهی دادن به افراد
۱۱	افزایش راندمان رادیاتورها، بخاری‌ها، پکیج‌ها و ... موجب کاهش مصرف گاز می‌شود.	افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرمازا

جدول ۲- شاخص‌ها.

ردیف	شاخص	شرح شاخص
۱	میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز	روش مورد نظر چقدر اهداف کاهش مصرف گاز را برآورده می‌کند.
۲	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	روش مورد نظر قابلیت اجرا شدن تا پایان برنامه ششم توسعه را دارد یا خیر.
۳	سرمایه اولیه مورد نیاز	آیا سرمایه‌گذار یا دولت حاضر به سرمایه‌گذاری در چنین سیاستی هستند.

۴	سوددهی	روش مورد نظر از نظر هزینه- فایده به صرفه و سودده است یا خیر.
۵	دوره بازگشت سرمایه	سرمایه‌ای که هزینه می‌شود در کوتاه مدت برمی‌گردد یا بلندمدت.
۶	قابلیت پذیرش توسط ذینفعان	روش مورد نظر توسط مردم (اگر روش مربوط به بخش خانگی باشد)، صنایع (اگر مربوط به بخش صنعت باشد) یا صاحبان نیروگاه‌ها پذیرفته و به راحتی اجرا خواهد شد یا مقاومت در پی خواهد داشت.

جدول ۳- نحوه‌ی تخصیص امتیاز شاخص‌ها.

میزان ارجحیت	بسیار بااهمیت	اهمیت خیلی قوی	اهمیت قوی	اهمیت ضعیف	اهمیت یکسان
امتیاز (سطر به ستون)	۵	۴	۳	۲	۱
امتیاز (ستون به سطر)	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها.

مقایسه زوجی شاخص‌ها	میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	پایین بودن سرمایه اولیه مورد نیاز	سوددهی	کم بودن دوره بازگشت سرمایه	قابلیت پذیرش توسط ذینفعان
میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز						
قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)						

						پایین بودن سرمایه اولیه مورد نیاز
						سوددهی
						کم بودن دوره بازگشت سرمایه
						قابلیت پذیرش توسط ذینفعان

جدول ۵- ماتریس امتیاز روش‌ها بر مبنای شاخص‌ها (ماتریس تصمیم‌گیری TOPSIS)

میزان تاثیرگذاری بر کاهش مصرف گاز	قابلیت اجرا تا پایان برنامه ششم توسعه (سال ۱۴۰۱)	سرمایه اولیه مورد نیاز	سوددهی	دوره بازگشت سرمایه	قابلیت پذیرش توسط ذینفعان
تجدید نظر در سیاست‌های قیمتی					
ایجاد تغییرات ساختاری در صنعت					
خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها					
تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی					
توسعه نیروگاه‌های CHP و CCHP					

						استفاده گسترده‌تر از روش‌های بازخوردی
						جمع‌آوری داده‌های دقیق مصرف انرژی
						ممیزی انرژی صنایع با همکاری شرکت‌های ESCO
						اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان
						آموزش و آگاهی دادن به افراد
						افزایش راندمان وسایل و تجهیزات گرم‌زا

۴.۷ پیوست چهارم: پرسشنامه تعیین عدم قطعیت‌های موثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مدیریت، علم و تکنولوژی

گروه آینده پژوهی

پرسشنامه تعیین عدم قطعیت‌های موثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز

صاحب‌نظر و خبره گرامی،

با سلام و احترام.

پرسشنامه حاضر به منظور تعیین عدم قطعیت‌های کلیدی موثر بر بهینه‌سازی مصرف گاز، در ایران و تا پایان برنامه ششم توسعه، طراحی شده است. خواهشمند است نمره اهمیت و عدم قطعیت به هر یک از نیروهای پیشران نام‌برده شده در جدول بر اساس طیف لیکرت ۵ درجه (۱: کم‌ترین میزان اهمیت یا عدم قطعیت - ۵: بیش‌ترین میزان اهمیت یا عدم قطعیت) نمره دهید.

پیشاپیش از اینکه با حوصله و دقت پرسشنامه را تکمیل می‌نمایید، کمال تشکر را دارم.

جدول ۱- نیروهای پیشران.

ردیف	نیروی پیشران	نمره اهمیت (۱ تا ۵)	نمره عدم قطعیت (۱ تا ۵)
۱	مسائل مربوط به تغییرات اقلیمی		

۲	توسعه هدفمند شهرها		
۳	خصوصی‌سازی نیروگاه‌ها		
۴	سطح آگاهی مردم		
۵	حذف یارانه‌های انرژی		
۶	وضعیت مدیریت		
۷	تغییر در شرایط سرمایه‌گذاری برای بخش خصوصی		
۸	تحریم‌ها		
۹	بدنه قانونی		

۵.۷ پیوست پنجم: پتانسیل صرفه‌جویی گاز در بخش خانگی با کاهش دمای ساختمان

با داشتن دمای واحدهای مسکونی شهری، مطابق جدول ۱، به بررسی این راهکار پرداخته شد که با توجه به این‌که مصرف گاز بخش خانگی بسیار بالاتر از متوسط جهانی است، آیا کاهش دمای منازل، در اینجا به میزان یک درجه، تفاوت عمده‌ای در مصرف گاز می‌تواند ایجاد کند یا خیر.

جدول ۱- توزیع دمای ساختمان‌های شهری، [۱۰۱].

کم‌تر از ۱۸ درجه	۱,۹۰٪	دمای واحد مسکونی در طول روز
۱۸ تا ۲۴ درجه	۵۶,۸۸٪	
۲۵ تا ۲۹ درجه	۳۴,۵۸٪	
بیش‌تر از ۲۹ درجه	۶,۶۴٪	
کم‌تر از ۱۸ درجه	۱,۷۴٪	دمای واحد مسکونی در طول شب
۱۸ تا ۲۴ درجه	۵۰,۸۶٪	
۲۵ تا ۲۹ درجه	۳۹,۱۹٪	
بیش‌تر از ۲۹ درجه	۸,۲۰٪	

با این فرض که دمای خارج ساختمان برای تمام نقاط کشور در فصل زمستان 0°C باشد و نیز تمام تقاضای گاز خانگی در فصل زمستان به مصرف وسایل گرمازا اختصاص پیدا کند، کاهش یک درجه‌ای دمای داخلی ساختمان، درنهایت، مطابق جدول ۲، موجب ۲,۱۷٪ صرفه‌جویی سالانه گاز در بخش خانگی خواهد شد؛ طبیعتاً کاهش دو درجه‌ای دمای داخل تمام ساختمان‌های شهری موجب ۴,۳۴٪ صرفه‌جویی سالانه گاز در بخش خانگی می‌شود و به همین ترتیب برای مقادیر بالاتر؛ اما باید در نظر داشت که این میزان صرفه‌جویی نسبت به تلاشی که باید برای تغییر عادات و شیوه زندگی مردم صورت گیرد تا توانایی پذیرش و به کار بستن سیاست‌های صرفه‌جویی از جمله کاهش یک درجه‌ای دما، را پیدا کنند، چندان

قابل توجه نیست؛ شاید بتوان گفت تمام مشکل پرمصرفی بخش خانوار از مصرف زیاد خانوار نشئت نمی‌گیرد؛ بلکه کیفیت ساختمان‌ها و هدر رفتن حرارت از آن‌ها هم بخش بزرگی از مسئله است؛ چنان که در ۳.۲.۳.۳ به این مسئله پرداخته شد.

جدول ۲- محاسبه صرفه‌جویی حاصل از یک درجه کاهش دمای تمام ساختمان‌ها.

	متوسط دمای داخل ساختمان (°C)	توزیع دمای ساختمان‌ها	درصد کاهش گاز مصرفی به ازای کاهش یک درجه در دمای داخل	
دمای واحد مسکونی در طول روز	۱۸	%۱,۹۰	%۵,۵۶	%۰,۰۵
	۲۱	%۵۶,۸۸	%۴,۷۶	%۱,۳۵
	۲۶	%۳۴,۵۸	%۳,۸۵	%۰,۶۷
	۳۰	%۶,۶۴	%۳,۳۳	%۰,۱۱
دمای واحد مسکونی در طول شب	۱۸	%۱,۷۴	%۵,۵۶	%۰,۰۵
	۲۱	%۵۰,۸۶	%۴,۷۶	%۱,۲۱
	۲۶	%۳۹,۱۹	%۳,۸۵	%۰,۷۵
	۳۰	%۸,۲۰	%۳,۳۳	%۰,۱۴
میانگین صرفه‌جویی ایجاد شده بر اثر کاهش یک درجه‌ای دما در طول شبانه‌روز				
				%۲,۱۷

۶.۷ پیوست ششم: پتانسیل صرفه‌جویی گاز در بخش خانگی با عایق‌کاری ساختمان

با در نظر گرفتن مفروضات زیر، به بررسی پتانسیل صرفه‌جویی گاز در بخش خانگی با عایق‌کاری ساختمان - ها پرداخته شده است:

۱. کلیه ساختمان‌ها، با ۲،۲ طبقه، و دارای مساحتی برابر ۱۰۰ مترمربع^{۸۷} و دارای دیوارهایی با ارتفاع ۳ متر^{۸۸} فرض شده‌اند.
 ۲. در این ساختمان‌ها اتلاف حرارتی ناشی از وجود در و پنجره‌ها نادیده گرفته شده است.
 ۳. فرض شده است به طور متوسط تمام ساختمان‌ها، یک دیوار مشترک با ساختمان کناری دارند و اتلاف گرمای این دیوار نادیده گرفته شده است.
 ۴. عایقی که برای ساختمان‌ها استفاده می‌شود، دارای ضخامت حداقلی (۵cm) فرض شده است.
- با داشتن ضریب هدایت حرارتی عایق‌های مختلف [۱۰۲] و [۱۰۳]، در صد گاز صرفه‌جویی شده بر اثر استفاده از عایق‌های نام برده شده در جدول ۱، محاسبه شده است. جدول ۲ نیز به بررسی این موضوع می‌پردازد که عایق‌بندی بام ساختمان، چند درصد در مصرف گاز بخش خانگی صرفه‌جویی ایجاد خواهد کرد:

^{۸۷} آخرین بازدید: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵ <http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=101>

^{۸۸} آخرین بازدید: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵ <http://rabatcity.ir/36>

جدول ۱- درصد گاز صرفه‌جویی شده بر اثر استفاده از عایق بر بام کلیه ساختمان‌های شهری

انواع عایق	گرمای هدر رفته بدون عایق بر تغییرات دما ^{۸۹}	گرمای هدر رفته با عایق بر تغییرات دما ^{۹۰}	انرژی صرفه‌جویی شده ^{۹۱} بر تغییرات دما	انرژی صرفه‌جویی شده (ژول در شبانه روز برای یک ساختمان با مساحت ۱۰۰) بر تغییرات دما	میزان گاز معادل انرژی صرفه‌جویی شده سالیانه (M ³) بر تغییرات دما	درصد صرفه‌جویی سالیانه با در نظر گرفتن ۲,۲ طبقه بودن ساختمان‌ها و ۱۰ درجه تفاوت دمای درون و بیرون ساختمان
پشم سنگ (وزن مخصوص ۱۸ تا ۲۵)	۱,۳	۰,۵۸۵۰۵۹	۰,۷۱۴۹۴۱۵	۲۲۲۳۷۵۴۰۲۳	۶۱,۸۰۱۸۴۶	٪۹,۸۱
پشم شیشه (وزن مخصوص ۱۸ تا ۲۵)	۱,۳	۰,۶۱۳۷۸۷	۰,۶۸۶۲۱۳۴	۲۱۳۴۳۹۸۱۸۷	۵۹,۳۱۸۴۹۷۸	٪۹,۴۲
پلی استایرن (وزن مخصوص کم‌تر از ۹)	۱,۳	۰,۵۱۸۳۴۱	۰,۷۸۱۶۵۸۷	۲۴۳۱۲۷۱۱۹۶	۶۷,۵۶۹۰۹۵۶	٪۱۰,۷۳
پلی یورتان	۱,۳	۰,۷۳۰۳۳۷	۰,۵۶۹۶۶۲۹	۱۷۷۱۸۷۹۵۵۱	۴۹,۲۴۳۴۹۸۲	٪۷,۸۲
چوب پنبه	۱,۳	۰,۵۳۴۹۷۹	۰,۷۶۵۰۲۰۶	۲۳۷۹۵۲۰۰۰	۶۶,۱۳۰۸۴۳۲	٪۱۰,۵۰
فیبر سلولزی	۱,۳	۰,۵۹۹۰۷۸	۰,۷۰۰۹۲۱۷	۲۱۸۰۱۴۶۷۲۸	۶۰,۵۸۹۹۲۶۳	٪۹,۶۲
فوم فنولیک	۱,۳	۰,۷۸۷۸۷۹	۰,۵۱۲۱۲۱۲	۱۵۹۲۹۰۱۸۱۸	۴۴,۲۶۹۴۰۷۴	٪۷,۰۳

^{۸۹} ژول بر ثانیه مترمربع

^{۹۰} ژول بر ثانیه مترمربع

^{۹۱} ژول بر ثانیه مترمربع

پلی اتیلن	۱,۳	۰,۱۱۴۰۳۵	۱,۱۸۵۹۶۴۹	۳۶۸۸۸۲۵۲۶۳	۱۰۲,۵۱۸۶۲۸	٪۱۶,۲۸
-----------	-----	----------	-----------	------------	------------	--------

جدول ۲- درصد گاز صرفه‌جویی شده بر اثر استفاده از عایق در دیوارهای خارجی کلیه ساختمان‌های شهری

انواع عایق	گرمای هدر رفته بدون عایق ^{۹۲} بر تغییرات دما	گرمای هدر رفته با عایق ^{۹۳} بر تغییرات دما	انرژی صرفه‌جویی شده ^{۹۴} بر تغییرات دما	انرژی صرفه‌جویی شده (ژول در شبانه روز برای یک واحد ساختمانی با سه دیوار خارجی هر یک به مساحت ۳۰) بر تغییرات دما	میزان گاز معادل انرژی صرفه‌جویی شده سالیانه (M ^۸ 3) در هر واحد مسکونی بر تغییرات دما	درصد صرفه‌جویی در هر واحد (به ازای ۱۰ درجه تفاوت دما در داخل و بیرون)
پشم سنگ (وزن مخصوص ۱۸ تا ۲۵)	۱,۶۱۵	۰,۶۴۱۴۴	۰,۹۷۳۵۶	۲۷۶۳۲۰۵۹۶۴	۷۶,۷۹۴۱	٪۲۶,۸۳
پشم شیشه (وزن مخصوص ۱۸ تا ۲۵)	۱,۶۱۵	۰,۶۷۶۱۳	۰,۹۳۸۸۷	۲۶۶۴۷۳۱۲۳۱	۷۴,۰۵۷۳	٪۲۵,۷۸
پلی استایرن (وزن مخصوص کم‌تر از ۹)	۱,۶۱۵	۰,۵۶۲۱۱	۱,۰۵۲۸۹	۲۹۸۸۳۴۴۴۴۷	۸۳,۰۵۱۱	٪۲۹,۰۱
پلی یورتان	۱,۶۱۵	۰,۸۲۰۳۴	۰,۷۹۴۶۶	۲۲۵۵۴۲۲۸۹۹	۶۲,۶۸۲	٪۲۱,۹
چوب پنبه	۱,۶۱۵	۰,۵۸۱۷۳	۱,۰۳۳۲۷	۲۹۳۲۶۵۸۱۲۴	۸۱,۵۰۳۵	٪۲۸,۴۷

^{۹۲} ژول بر ثانیه مترمربع^{۹۳} ژول بر ثانیه مترمربع^{۹۴} ژول بر ثانیه مترمربع

پیوست‌ها

فیبر سلولزی	۱,۶۱۵	۰,۶۵۸۳۳	۰,۹۵۶۶۷	۲۷۱۵۲۶۵۱۷۱	۷۵,۴۶۱۸	%۲۶,۳۶
فوم فنولیک	۱,۶۱۵	۰,۸۹۳۶۶	۰,۷۲۱۳۴	۲۰۴۷۳۵۰۰۹۳	۵۶,۸۹۹۳	%۱۹,۸۸
پلی اتیلن	۱,۶۱۵	۰,۱۱۶۰۲	۱,۴۹۸۹۸	۴۲۵۴۴۵۷۲۱۷	۱۱۸,۲۳۸	%۴۱,۳۱

۷.۷ پیوست هفتم: شرح روش‌های رتبه‌بندی استفاده شده

۱.۷.۷ روش AHP

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اولین بار توماس. ال. ساعتی^{۹۵} در دهه ۱۹۷۰ آن را مطرح کرد؛ اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسه‌های زوجی بنا شده است. تصمیم‌گیرنده با فراهم کردن درخت سلسله مراتبی تصمیم، تحلیل را شروع می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسه‌ها، وزن هر یک از فاکتورها را در مقابل گزینه‌های رقیب مشخص می‌کند. در نهایت، ماتریس‌های حاصل از مقایسه‌های زوجی با همدیگر تلفیق و تصمیم بهینه به دست می‌آید. در اینجا، از کل این فرایند استفاده نشده است، بلکه صرفاً برای وزن‌دهی به شاخص‌ها از منطق مقایسه‌های زوجی روش AHP استفاده شده است. به این منظور، مطابق مراحل زیر عمل شد:

۱- تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی شاخص‌ها به ترتیب زیر که در پیوست سوم آمده است:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix} \quad (۱.۷)$$

۲- تشکیل ماتریس A به طوری که هر درایه این ماتریس به ترتیب زیر تعریف شود:

$$a_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d_{ij}} \quad (۲.۷)$$

۳- به دست آوردن وزن شاخص‌ها با استفاده از رابطه زیر:

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n} \quad (۳.۷)$$

^{۹۵} Thomas L. Saaty

تا در پایان وزن شاخص‌ها تعیین شد.

۲.۷.۷ روش TOPSIS

الگوریتم TOPSIS^{۹۶} یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی بسیار قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌هاست. این مدل توسط هوانگ^{۹۷} و یون^{۹۸} در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که در آن، m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. به عبارتی، در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش TOPSIS، گزینه‌هایی که بیش‌ترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. در این الگوریتم فرض می‌شود هر شاخص در ماتریس تصمیم‌گیری دارای مطلوبیت افزایشی یا کاهش‌ی‌کننده است. محاسن این روش نسبت به سایر روش‌های اولویت‌بندی، عبارت‌اند از این‌که شاخص‌های کمی و کیفی را توأماً در مبحث مکان یابی دخالت می‌دهد، خروجی آن می‌تواند ترتیب اولویت گزینه‌ها را به صورت کمی مشخص کند، روش کار ساده، و سرعت آن مناسب است.

برای استفاده از این روش، مراحل زیر انجام می‌شود:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم؛ ماتریس داده‌ها بر اساس m گزینه و n شاخص تشکیل می‌شود. به هر گزینه براساس هر شاخص امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند بر اساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در این روش، ماتریسی متشکل از گزینه‌ها و شاخص‌ها تشکیل می‌شود که معمولاً گزینه‌ها در سطر و شاخص‌ها در ستون‌های آن قرار می‌گیرند. فرد تصمیم‌گیرنده در هر یک از خانه‌های ماتریس، مقدار کمی مورد نظر برای شاخص‌های کمی و میزان ترجیح خود را برای شاخص‌های کیفی وارد می‌کند.

^{۹۶} TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

^{۹۷} Hwang

^{۹۸} Yoon

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

۲- بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری؛ هر درایه از ماتریس بی‌مقیاس (N_D) به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$n_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m d_{ij}^2}} \quad (5.7)$$

۳- حال بر اساس وزن هر یک از شاخص‌ها که با استفاده از روش AHP محاسبه شده و به صورت بردار $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ در دسترس است، ماتریس بی‌مقیاس وزین به ترتیب زیر ایجاد می‌شود:

$$V = N_D * W_{m*n} = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (6.7)$$

که در آن، W_{m*n} ماتریسی قطری است که عناصر قطر اصلی آن برابر بردار W هستند.

۴- تعیین گزینه ایده‌آل (A^*) و گزینه ایده‌آل منفی (A^-) به ترتیب زیر:

$$A^* = \{(\max_i V_{ij} \mid j \in J, i = 1, 2, \dots, m) = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_n^*\} \quad (7.7)$$

$$A^- = \{(\min_i V_{ij} \mid j \in J, i = 1, 2, \dots, m) = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\} \quad (8.7)$$

۵- محاسبه فاصله گزینه‌ها از گزینه ایده‌آل و گزینه ایده‌آل منفی با استفاده از روش اقلیدسی:

$$d_i^* = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2\}^{1/2}; i = 1, 2, \dots, m \quad (9.7)$$

$$d_i^- = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2\}^{1/2}; i = 1, 2, \dots, m \quad (10.7)$$

۶- تعیین ضریب رتبه‌بندی:

$$C_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, 0 \leq C_i^* \leq 1; i = 1, 2, \dots, m \quad (11.7)$$

۷- گزینه‌ها بر اساس ترتیب نزولی C_i^* رتبه‌بندی مرتب شوند.

۸.۷ پیوست هشتم: روش‌های مختلف سناریونویسی

سناریوها در یک دسته‌بندی کلی به سه دسته پیش‌بینی‌کننده^{۹۹}، اکتشافی^{۱۰۰} و هنجاری^{۱۰۱} تقسیم می‌شوند. سناریوهای پیش‌بینی‌کننده به این پرسش پاسخ می‌دهند: «چه اتفاقی خواهد افتاد؟»؛ سناریوهای اکتشافی به این پرسش پاسخ می‌دهند: «چه چیزی می‌تواند رخ دهد؟» و رویدادها و روندهایی را توصیف می‌کنند که می‌توانند بر مبنای فرض‌های جایگزین تکوین یابند و این که چگونه این رویدادها و روندها ممکن است بر آینده تاثیر بگذارند؛ و سناریوهای هنجاری به این پرسش پاسخ می‌دهند: «چگونه می‌توان به یک هدف خاص رسید؟»؛ به عبارتی، رویدادها و تصمیمات از زمان حال تا رسیدن به آینده مطلوب را تصویر می‌کنند [۸۴]. دسته‌بندی‌های بسیار دیگری نیز وجود دارد؛ از جمله دسته‌بندی بر اساس درجه کمی بودن، داده‌محور یا متخصص‌محور بودن، دوره زمانی پوشش داده شده و ... [۸۵]. بسیاری از روش‌ها، شباهت‌های زیادی با هم دارند، هرچند از واژگان متفاوتی استفاده کنند؛ البته ویژگی‌های یکتایی با توجه به مورد استفاده آن‌ها ممکن است وجود داشته باشد. در اکثر روش‌ها، نیاز به شناخت سیستم مورد مطالعه، روندها، مسائل، نیروهای محرکه و رویدادهای بالقوه که برای سیستم بحرانی هستند، وجود دارد. در ادامه به بررسی چند نمونه از روش‌های سناریونویسی پرداخته شده است:

۱.۸.۷ روش‌های مختلف سناریونویسی مطابق دسته‌بندی بیشاپ^{۱۰۲}

بیشاپ و همکاران [۸۴] دسته‌بندی خود برای تکنیک‌های سناریو را به شرح زیر معرفی کرده‌اند:

۱. قضاوت

تکنیک‌های قضاوت اساساً مبتنی بر قضاوت فرد یا گروهی هستند که آینده را توصیف می‌کنند، درحالی‌که ممکن است آن‌ها در دفاع از ادعایشان، از اطلاعات، قیاس و استدلال استفاده کنند؛ اما این تکنیک‌ها، هیچ یک از اصول متدولوژیکی را ندارند که در دسته‌های دیگر به چشم می‌خورند. اغلب اوقات قضاوت به تنهایی به کار می‌رود، اما می‌توان از برخی تکنیک‌ها مانند بازی کردن (مثلاً بازی‌های جنگی)، طوفان فکری و ... هم در این دسته استفاده کرد.

^{۹۹} Predictive Scenarios

^{۱۰۰} Explorative Scenarios

^{۱۰۱} Normative Scenarios

^{۱۰۲} Peter Bishop

۲. آینده مورد انتظار

دسته دوم، یک و فقط یک سناریو تولید می‌کنند که آینده مبنا یا مورد انتظار است. این سناریو، مبنا نامیده می‌شود، زیرا اساس تمام سناریوهای بدیل است. افراد می‌توانند با قضاوت، یا اگر داده‌های تجربی در دست باشد، با تکنیک‌های ریاضی سناریو را بنویسند. پس از قضاوت خالص، برونمایی روندها، رایج‌ترین تکنیک سناریو است که می‌توان از آن برای نوشتن سناریوی آینده مورد انتظار کمک گرفت؛ اگرچه احتمالاً شگفتی‌ها اجتناب‌ناپذیر هستند، اما معمولاً روندها قسمت اعظم آینده بلندمدت و میان‌مدت را شرح خواهند داد.

۳. توضیح سناریوهای ثابت

در این روش‌ها، سناریوها از پیش تعیین شده‌اند و لازم نیست پژوهشگران درگیر تعیین عدم قطعیت‌ها شوند؛ هدف از این روش‌ها، تشریح منطق و هسته اصلی تشکیل دهنده سناریوهاست. دو روش مرسوم در این دسته عبارت‌اند از:

- Incasting که موضوع ساده‌ای است که شرکت‌کنندگان را به گروه‌های کوچک تقسیم می‌کند؛ آن‌ها پاراگرافی را می‌خوانند که نسخه نسبتاً نهایی آینده‌های بدیل را توصیف می‌کند. سپس از آن‌ها خواسته می‌شود اثرات روی یک سری حوزه‌ها، همچون قانون، سیاست، زندگی خانوادگی، سرگرمی، آموزش، کار و غیره را توصیف کنند. این تکنیک برای شرح این مساله که جهان چگونه می‌تواند مسیرهای متفاوتی را طی کند، مناسب است.
- ماتریس SRI که با تعداد ثابتی سناریو آغاز می‌شود، معمولاً چهار تا، اما به صورت پاراگراف بیان نمی‌شوند. این سناریوها به صورت عناوینی برای ستون‌های ماتریس شناخته می‌شوند، همچون آینده مورد انتظار، بدترین مورد، بهترین مورد و یک بدیل بسیار متفاوت؛ این عناوین بسته به شرکت‌کنندگان و تعامل آن‌ها تغییر می‌کند؛ سپس ابعاد جهان در ردیف‌ها فهرست می‌شوند، همچون جمعیت، محیط زیست، تکنولوژی و غیره؛ سپس شرکت‌کنندگان سلول‌ها را با حالت آن دامنه در آن سناریو پر می‌کنند. کل سناریو، در هر ستون شرح داده می‌شود و تفاوت‌های قلمرو خاص سناریوها در هر ردیف مشخص می‌شود.

۴. توالی رویدادها

اکثر مردم درباره گذشته به صورت سری رخدادها در سرگذشت یا زندگی یک فرد فکر می‌کنند. بنابراین می‌توان درباره آینده هم به همین نحو فکر کرد. زنجیره رخدادهای ممکن در راه تحقق آینده باید فهرست شده و احتمال وقوع هریک برآورد شود تا بتوان مسیرهای آینده را پیش‌بینی کرد. آینده‌های محتمل دارای شعبات و نقاطی هستند که یک رویداد در آن‌ها می‌تواند رخ دهد یا خیر و یک درخت احتمال را تشکیل می‌دهند.

۵. پس‌نگری^{۱۰۳}

اکثر مردم درباره آینده به صورت توسعه حال فکر می‌کنند؛ از معایبی که در این نوع تفکر وجود دارد، افتادن در دام ترسیم آینده‌ای ایمن و ابعادی روشن است. راه‌حل دیگری که برای سناریونویسی وجود دارد، جهش به آینده است؛ کار کردن معکوس درباره آن چیزی که می‌خواهیم به آن برسیم و چگونگی آن. در این صورت، گام اول، تجسم آینده‌ای در افق زمانی است؛ این آینده می‌تواند محتمل یا خارق‌العاده، مرجح یا فاجعه‌آمیز باشد. برای ایجاد چنین سناریویی بهتر است رویدادها را از آینده تا حال به هم مرتبط کرده، سپس می‌توان رخدادهایی را تصور کرد که به یک آینده نامعلوم منجر می‌شوند؛ این تکنیک، پس‌نگری نام دارد [۸۴].

هدف اصلی از بیش‌تر تحلیل‌های پس‌نگری، بیان سناریوهای آینده‌ای است که از دیدگاه‌های متعارف راجع به آنچه احتمال وقوعش می‌رود، متفاوت است [۸۶].

۶. ابعاد عدم قطعیت^{۱۰۴}

دلیل استفاده از سناریوها، عدم قطعیت ذاتی در پیش‌بینی‌هاست. سناریوها ابتدا با شناسایی منابع خاص عدم قطعیت و با استفاده از آن‌ها به صورت مبنایی برای آینده‌های بدیل ایجاد می‌شوند. GBN یا ابعاد عدم قطعیت، معروف‌ترین روش در این دسته به حساب می‌آید. GBN یکی از بهترین روش‌های سناریونویسی است که در دهه ۱۹۷۰ توسط پیر واک^{۱۰۵} ایجاد شد و توسط پیتز شوارتز^{۱۰۶} در کتاب «هنر

^{۱۰۳} BackCasting

^{۱۰۴} این روش بیش‌تر به روش GBN یا روش شوارتز معروف است.

^{۱۰۵} Pierre Wack

^{۱۰۶} Peter Schwartz

دیدگاه بلند مدت^{۱۰۷} و ون در هیجن^{۱۰۸} در کتاب «سناریوها، هنر مکالمات استراتژیک^{۱۰۹}» به شهرت رسید [۸۴]. ماتریس GBN بعد از انتشار این کتاب، به صورت تکنیک اصلی سناریو درآمد؛ این ماتریس بر مبنای دو بعد عدم قطعیت یا تضاد^{۱۱۰} قرار دارد. این چهار سلول به طور متناوب، چهار ترکیب قطب‌های دو عدم قطعیت را نشان می‌دهند، که هر یک از آن‌ها شامل هسته یا منطق آینده محتمل می‌شود؛ سپس هر هسته در داستان کامل یا نموده‌های دیگری شرح داده می‌شود و این مفاهیم برای موضوع اصلی یا تصمیم‌گیری مورد بحث قرار می‌گیرند.

۷. تحلیل اثر متقابل

هدف از شناسایی شرایط آینده، رویدادها و حتی کل سناریوها، فقط شناسایی ویژگی‌ها و مفاهیم آن‌ها نیست، بلکه در واقع محاسبه احتمالات نسبی رخداد آن‌هاست. می‌توان درباره احتمال شرایط یا رخداد، با استفاده از ابزارهای قضاوت، داوری کرد؛ اما هرچقدر افراد، بیش‌تر قضاوت کنند و خبره‌تر باشند، احتمالاً قضاوت دسته جمعی آن‌ها هم بهتر خواهد بود. با این وجود، اکثر تحلیل‌گران آگاه هستند که احتمال هر رخداد، تا حدی مشروط به وقوع سایر رخدادهاست. می‌توان با قراردادن این رخدادها در یک ماتریس مربعی، به طوری که هر شرایط یا رخداد، یک ردیف و یک ستون را پر کند، نه تنها احتمال اولیه مربوط به هر شرط یا رخداد را نشان داد، بلکه احتمالات مشروط شرط یا رخداد مربوط به وقوع هر شرط یا رخداد دیگر هم مشخص می‌شود.

۸. مدل‌سازی

مدل‌های سیستم‌ها اساساً برای پیش‌بینی مبنا به کار می‌روند، یعنی پیش‌بینی آینده مورد انتظار. این تکنیک‌ها عبارت‌اند از:

- تحلیل تاثیر روند (TIA^{۱۱۱}) توسط گوردون^{۱۱۲} توسعه داده شده است. این تحلیل شامل روند و رخداد بالقوه‌ای می‌شود که مسیر روند اصلی را بر هم می‌زند. سه نوع اثر متفاوت شناسایی شده‌اند: اولین اثر قابل توجه (هنگامی که روند برای اولین بار از مسیر اصلی خودش منحرف می‌شود)، بیش‌ترین اثر

^{۱۰۷} The Art of the Long View

^{۱۰۸} Van der Heijden

^{۱۰۹} Scenarios: the art of strategic conversation

^{۱۱۰} polarities

^{۱۱۱} Trend impact analysis

^{۱۱۲} Theodore Jay Gordon

(هنگامی که روند در دورترین نقطه از مسیر اصلی قرار دارد) و اثر ثابت (هنگامی که تاثیر رخداد کاملاً در مسیر روند ادغام شده است). لازم است اندازه اثرات تخمین زده شده؛ سپس خط سیر جدیدی محاسبه (یک سناریو دیگر) و با مسیر سناریوی اصلی مقایسه شود.

- آنالیز حساسیت، یکی از سه بخش قابل تغییر مدل سیستم‌ها را تغییر می‌دهد:

۱. ارزش متغیرهای خارجی که بر مدل تاثیر می‌گذارند؛ متغیرهای بیرونی که شرایط مرزی هم نامیده می‌شوند، بر سایر متغیرهای مدل تاثیر می‌گذارند، اما خودشان تحت تاثیر آن متغیرها قرار نمی‌گیرند؛ به عبارت دیگر، آن‌ها مدلی خارج از محیط مدل‌ها هستند.

۲. پارامترهایی که اثر متغیرها بر یکدیگر را نشان می‌دهند؛ مثلاً در معادله $Y = a + bX$ می‌توان پارامترها را تغییر داد تا سناریوهای متفاوتی ایجاد شود.

۳. متغیرهای موجود در خود مدل؛ مدل‌ها از متغیرهایی تشکیل می‌شوند که دنیای واقعی را نشان می‌دهند؛ اما انتخاب متغیرها برای قرار گرفتن در مدل هم، موضوع برخی از اختلافات است. می‌توان با اضافه کردن یا حذف متغیرها، ساختار واقعی مدل و معادلات آن را تغییر داد تا اثرات آن‌ها روی متغیرهای خروجی را مشاهده کرد؛ بنابراین هر یک از این تغییرات می‌تواند توصیفات مختلفی از آینده، یعنی سناریوها را ایجاد کند.

- سناریوهای پویا، که ترکیبی از روش‌های تولید سناریو و تحلیل سیستم‌ها هستند.

۲.۸.۷ سایر روش‌های سناریونویسی

۱.۲.۸.۷ سناریونویسی به روش الکساندر فینک^{۱۱۳}

این روش شامل چهار مرحله به شرح زیر است [۸۷]:

۱. شناسایی عدم قطعیت‌ها و عوامل موثر کلیدی:

برای تدوین سناریوها، در گام اول باید حوزه و موضوع اصلی سناریو به صورت شفاف مشخص شود و سپس همه عوامل موثر بر آن حوزه شناسایی شود. به منظور شناخت این عوامل می‌توان از پنل (نشست) خبرگان یا روش دلفی استفاده کرد؛ بهره برد. در طول این فرایند، عوامل، عدم قطعیت‌های کلیدی، و

^{۱۱۳} Alexander Fink

روندها شناسایی می‌شوند که می‌تواند به عنوان یک پایگاه داده در دسترس و مورد استفاده تمام افراد درگیر در پروژه باشد؛ در انتها، به کمک تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و همچنین با استفاده از دانش تجربی خبرگان می‌توان عوامل کلیدی نهایی موثر بر حوزه مورد مطالعه را استنتاج کرد.

۲. پیش‌بینی تصاویر چندگانه از آینده این عوامل:

در این مرحله، عدم قطعیت‌های کلیدی و تحولات متصور از آینده عوامل شناسایی شده، مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. برای هر یک از عوامل کلیدی شناسایی شده، مجموعه‌ای از تصاویر محتمل، ممکن و معقول، پیش‌بینی و استنتاج می‌شود که از تجزیه و تحلیل آن‌ها، یک شمای کلی از آینده به دست می‌آید. هرچه ترکیب تیم سناریونویسی متنوع‌تر و نگاه آن‌ها به آینده متفاوت‌تر باشد، این تصاویر کامل‌تر خواهد بود. از تجزیه و تحلیل این تصاویر به منظور تدوین و تشریح سناریوها استفاده خواهد شد.

۳. طراحی و تدوین سناریوها:

برای ایجاد مجموعه‌ای از تصاویر معقول برای توصیف و تشریح آینده، لازم است تصاویر مختلف سناریو کاملاً با هم سازگار باشند. در این مرحله، تجزیه و تحلیل همبستگی بین تصاویر شناسایی شده، به کمک ماتریس همبستگی، انجام می‌گیرد؛ در این ماتریس، همبستگی بین کلیه تصاویر شناخته شده عوامل مختلف بررسی می‌شوند؛ به این ترتیب که تمامی تصاویر یک عامل به طور جداگانه در مقیاسی عددی برای اطلاع از اثر وقوع همزمان آن‌ها با تصاویر پیش‌بینی شده عوامل دیگر، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بعد از تجزیه و تحلیل ماتریس همبستگی، از بین کلیه ترکیبات ممکن، ترکیبات با بالاترین مقادیر همبستگی انتخاب می‌شود.

۴. نگاشت و تجزیه و تحلیل روابط بین سناریوها:

به سناریوها نمی‌توان به عنوان یک پیشگویی از آینده نگاه کرد، بلکه فقط توصیفی است از آینده که احتمال وقوع آن بالاست. اگر آینده به صورت یک فضا (نه یک نقطه) در نظر گرفته شود (فضای آینده)، هر سناریو حدود یا بخشی از آن فضا را نشان خواهد داد که تجزیه و تحلیل سناریوهای مختلف توسط کارشناسان می‌تواند به درک بهتر آینده کمک کند [۸۸].

۲.۲.۸.۷ Business Futures موسسه روش

این موسسه رویکردی ارائه می‌دهد که با شناسایی مسائل کلیدی شروع می‌شود؛ این مرحله، خود به مراحل فرعی تعریف مأموریت، اهداف و شرح استراتژی‌ها و پارامترهای کلیدی در تصمیم‌گیری تقسیم می‌کند که با مراحل زیر دنبال می‌شوند:

۱. شناسایی نیروهای محیطی کلیدی با بررسی موشکافانه محیطی

۲. زیر نرافکن قرار دادن مسائل مهم

۳. رویدادهای از پیش تعیین شده و نیروهای ایجادکننده تغییر

۴. تعریف منطق سناریو

۵. شناسایی بازیگران

۶. بررسی رفتار احتمالی بازیگران

سپس سناریوهای چندگانه‌ای خلق شده، معانی ضمنی هر یک مورد آزمون قرار می‌گیرد. در مرحله نهایی نیز، این سناریوها به تبادل نظر گذاشته شده و مضامین آن‌ها ارزیابی می‌شوند تا در برنامه‌های عملی مورد استفاده قرار گیرند.

۳.۲.۸.۷ سناریونویسی به روش فون اوته رایبنیتز^{۱۱۴}

رایبنیتز فرایند سناریونویسی را به ترتیب زیر شرح می‌دهد [۸۹]:

۱. تحلیل فعالیت، که شامل تعیین نقاط قوت و ضعف، شناسایی مشکلات و تدوین استراتژی‌ها و اهداف می‌شود.

۲. تحلیل اثر، که با شناسایی زمینه‌های تاثیر (محیط زیست، تکنولوژی و ...) و فاکتورهای موثر در این زمینه‌ها انجام می‌شود.

۳. تصویرسازی^{۱۱۵}، با استفاده از نتایج گام دوم انجام می‌گیرد.

^{۱۱۴} Ute Von Reibnitz

^{۱۱۵} Projection

۴. گروه‌بندی گزینه‌ها، شامل دسته‌بندی تصاویر گام سوم با استدلال منطقی می‌شود.
۵. بیان سناریوهای مختلف با استفاده از دسته‌بندی گام چهارم ممکن می‌شود.
۶. تحلیل پیامد، به معنی یافتن فرصت‌ها و تهدیدهای ممکن و ارزش‌گذاری آن‌ها نسبت به هم است.
۷. تحلیل شگفتی‌سازها^{۱۱۶} یا رویدادهای انحراف‌دهنده روال عادی که شامل تمام وقایع احتمالی داخلی و خارجی سیستم و نیز اقدامات بازدارنده و برنامه‌ریزی بحران می‌شود.
۸. در این مرحله، با توجه به آنچه در مراحل قبل حاصل شد، سناریوهای نهایی تدوین می‌شوند.
- بسیاری دیگر از محققان نیز روش‌هایی توسعه داده‌اند که برای جلوگیری از اطناب از ذکر آن‌ها خودداری شده است. در بخش بعد، انواع سناریوهای انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد

^{۱۱۶} Wild Cards

Abstract

In this study, the monte carlo simulation is used to predict the Energy Intensity (EI) until 2022. It is planned for EI to reduce by half till the end of the sixth national development plan (in 2022). The result of the simulation shows that there is a large gap between predicted EI and the planned one.

with focus on gas conservation policies in order to reduce EI, such policies in different countries in both micro and macro level have been studied to find policies which are required to adopt for obtaining the goal of EI to reduce by half till 2022.

These policies, according to expert opinions and by Delphi method have obtained; TOPSIS method was used to prioritize these policies. Finally, the presented priority policy program was analysed; the analysis shows that the conservation policies would work properly if macro-level policies implement; after that public cooperation through micro policies is expected. In this way, without putting any risk on public welfare, the government will be able to encourage its people to conserve energy and follow micro-level policies.

At last, the most important gas conservation scenarios were obtained by GBN method. Only one of these, was qualified for implementing the priority policy program that was obtained in previous step. This scenario will occur when the unified management would monitor the conservation projects and the investment conditions for private sector are being improved. In other scenarios, the combination and the interaction of micro and macro-level policies to achieve the desired goal, were criticized and evaluated.

Key Words: energy saving, natural gas, energy conservation policies.



**Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)**

Management, Science & Technology Department

MSc Thesis

**The relationship between micro and macro policies to
conserve natural gas**

**By
Fatemeh Abbasi Mazar**

**Supervisor
Dr. Nader Montazerin**

Feb. 2017