

ارائه مدل عرضه انرژی ایران با هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای

عالیه کاظمی^{1*}، محمدرضا مهرگان² و حامد شکوری گنجوی³

¹ استادیار گروه مدیریت صنعتی - دانشکده مدیریت - دانشگاه تهران

² دانشیار گروه مدیریت صنعتی - دانشکده مدیریت - دانشگاه تهران

³ دانشیار گروه مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت 90/4/11، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده 90/6/23، تاریخ تصویب 91/1/19)

چکیده

این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات، به ارائه یک مدل ریاضی برای تخصیص بهینه منابع نفت و گاز طبیعی کشور به بخش‌های مختلف شامل خانگی - تجاری، حمل و نقل، صنایع، کشاورزی، صادرات، تزریق به مخازن نفتی و نیروگاه‌ها به عنوان تولیدکننده انرژی ثانویه پرداخته است. تخصیص بهینه منابع انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی طی سال‌های 1390 تا 1400، با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی و با هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای انجام شده است. از داده‌های مربوط به سال‌های 1346 تا 1387 برای پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش‌های مختلف مصرف و بررسی اعتبار مدل استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق، برای برنامه‌ریزی مناسب درباره تخصیص بهینه منابع انرژی کشور، راهکارهای علمی مناسبی را در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تخصیص منابع انرژی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، برنامه‌ریزی خطی

مقدمه

است که بر اثر فعالیت‌های بشر ایجاد شده است. مجموعه مسایل و مشکلات یادشده باعث شده است تا مقابله با آثار مخرب فعالیت‌های انسان در محیط‌زیست، از دغدغه‌های مهم جهانی به شمار آید، به نحوی که یافتن راهکارهایی برای کاهش یا رفع این خسارت‌ها، بخش مهمی از گفت‌وگوها و مذاکرات بین دولت‌ها را تشکیل می‌دهد. نقطه عطف این گفت‌وگوها در کنوانسیون تغییرات آب و هوا با نام کنوانسیون ساختاری سازمان ملل درباره تغییرات آب و هوایی در سال 1992 متجلی شده و به عنوان منشور همکاری‌های جامعه بین‌الملل برای مقابله با تغییرات آب و هوایی به تصویب اکثر کشورهای جهان رسیده است. در این زمینه قراردادهایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد که از آن جمله می‌توان به پیمان کیوتو اشاره کرد. این قرارداد، کشورهای صنعتی را متعهد می‌کند که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را تا سال 2012 به میزان 5/2 درصد کمتر از میزان انتشار آن در سال 1990 برسانند. ایران نیز از سال 1996 به عضویت این کنوانسیون درآمده است [2]. در این راستا تحقیق حاضر با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به طراحی مدل ریاضی مناسب برای تخصیص بهینه نفت و گاز کشور پرداخته است.

انرژی از عواملی است که در اکثر فعالیت‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امنیت ملی اکثر کشورهای جهان نیز در گرو دسترسی مطمئن به انرژی است. از این رو آینده تولید و مصرف حامل‌های انرژی و کاربرد بهینه آن اهمیت خاص دارد. عمده انرژی مصرفی در ایران از سوخت‌های فسیلی و از نفت و گاز (99/3% در سال 1387) است. با توجه به محدودیت‌های مربوط به افزایش تولید نفت خام و گاز طبیعی، رشد فزاینده مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز، وابستگی اقتصاد و بودجه عمومی به درآمدهای حاصل از فروش نفت خام و مالکیت نسل - های آینده بر منابع طبیعی، لزوم بهینه‌سازی در بخش‌های عرضه و تقاضای نفت و گاز کشور، واقعیتی انکارناپذیر است [1].

افزایش دمای زمین در دهه‌های اخیر باعث بروز مشکلات پیش‌بینی نشده در زندگی انسان‌ها شده است که از آن جمله می‌توان به وقوع سیلاب‌ها، طوفان‌های شدید، ذوب‌شدن یخ‌های قطبی و بالا آمدن آب دریاها و اقیانوس‌ها و به دنبال آن به زیر آب رفتن قسمتی از خشکی‌ها، فرسایش مناطق ساحلی، کوچ اجباری انسان‌ها و حتی تشدید بیماری‌ها اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین عوامل گرمایش زمین، انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو

سال 2003، برگر و آنتونز مدل برنامه‌ریزی اقتصادی انرژی با استفاده از تصمیم‌گیری چندهدفه فازی را فرمول‌بندی کردند [6]. صادقی و حسینی، مدل برنامه‌ریزی عرضه انرژی در ایران را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی در سال 2006 توسعه دادند [7]. همچنین در سال 1388، شاه‌حسینی در پایان‌نامه دکترای خود، تخصیص گاز طبیعی در حوزه‌های مختلف مصرف شامل مصارف خانگی- تجاری و عمومی، مصارف صنعتی، مصارف نیروگاهی، صادرات و تزریق گاز به مخازن نفتی را مورد مطالعه قرار داد [8]. محقر و همکاران نیز در سال 1389 با شناسایی شاخص‌های مهم درباره اولویت‌بندی مصرف گاز و تعیین وزن نسبی آنها و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه¹ TOPSIS به اولویت‌بندی تخصیص گاز به بخش‌های مختلف مصرف پرداخته‌اند و سپس با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی سهم بهینه بخش‌های مختلف مصرف را مشخص کرده‌اند [9].

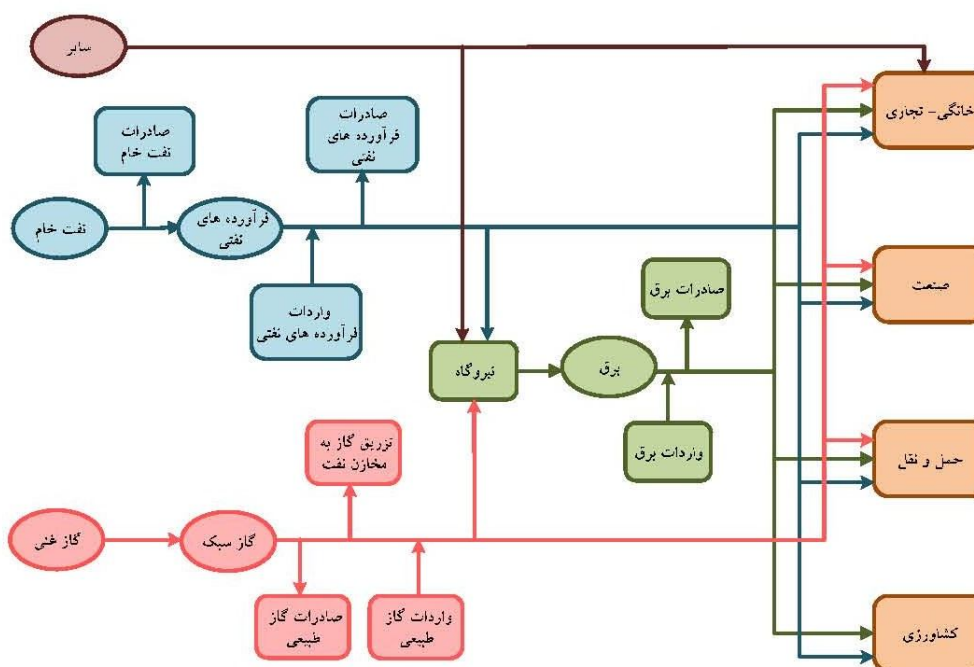
در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات و با در نظر گرفتن منافع زیست‌محیطی، به طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه نفت و گاز طبیعی به بخش‌های مختلف مصرف پرداخته شده است. در این تحقیق، بخش‌های عرضه و تقاضا، بخش‌های مختلف مصرف و حامل‌های مختلف انرژی به طور همزمان مورد توجه قرار گرفته‌اند. در ادامه در بخش 2، سیستم مرجع انرژی و در بخش 3، مدل ریاضی تخصیص منابع نفت و گاز طبیعی به بخش‌های مختلف مصرف ارائه شده است. در بخش 4، مدل ریاضی پیشنهادی، حل و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در بخش 5 نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

2- سیستم مرجع انرژی

شکل (1) سیستم مرجع انرژی کشور را نشان می‌دهد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، انرژی اولیه شامل نفت خام، گاز طبیعی غنی و سایر (برق آبی و بادی، سوخت- های سنتی و ...) است. انرژی که در داخل کشور وارد سیستم عرضه می‌شود، پس از تصفیه و فرآورش به حامل- های انرژی تبدیل می‌شود تا برای تبدیل به انرژی ثانویه یا نهایی مصرف شود. بخش‌های مصرف‌کننده نهایی شامل خانگی- تجاری (شامل بخش خانگی، بخش تجاری و بخش عمومی)، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی

تا کنون مدل‌های ریاضی زیادی برای تخصیص بهینه منابع انرژی ارائه شده است. برخی از مدل‌های موجود انرژی مانند مسیج (مدل جایگزین‌های سیستم‌های عرضه انرژی و اثرات کلی زیست‌محیطی آنها) و تایمز به بهینه سازی سیستم انرژی می‌پردازند. اکثر این مدل‌ها فرضیه‌هایی دارند که استفاده از آنها را برای ایران با مشکل مواجه می‌کند. به عنوان مثال در مدل تایمز در رابطه با همه کالاها، فرض بازار رقابتی کامل در نظر گرفته شده است و قیمت، از ایجاد تعادل در بازارهای جزئی به دست می‌آید. البته در مدل تایمز اشاره شده است که برای شرایطی که این فرض صدق نمی‌کند، می‌توان با استفاده از محدودیت‌های اضافی این مشکل را رفع کرد. با توجه به اینکه تقریباً همه حامل‌های انرژی در ایران توسط دولت عرضه می‌شود و فرض بازار تعادلی در رابطه با آنها صدق نمی‌کند، باید محدودیت‌های بسیاری به مدل اضافه کرد. بدین ترتیب محدودیت‌های ذکر شده به قدری زیاد خواهد شد که شاید ساختار مدل را تحت تأثیر قرار دهد. از جمله موارد دیگری که استفاده از این مدل‌ها را در ایران با مشکل مواجه خواهد کرد، نیاز به ورودی‌های متنوع و فراوان است که متأسفانه در ایران داده‌هایی با این جزئیات وجود ندارد. از این رو، ناچار باید در اغلب موارد از داده‌های تخمینی استفاده کرد؛ با توجه به این نکته که تعداد اینگونه داده‌ها به قدری زیاد است که در نهایت اعتبار داده‌های ورودی دچار مشکل شده است و نمی‌توان به نتایج مدل اطمینان کافی داشت. به نظر می‌رسد برای استفاده از مدل‌های انرژی نیاز است ابتدا نیازمندی‌های داده‌های مدل تهیه شود و طی چند سال اقدام به جمع- آوری داده‌های ذکر شده کرد و پس از تهیه داده‌های مورد نیاز، مدل را مورد استفاده قرار داد. بنابراین استفاده از مدل‌های انرژی، مستلزم داشتن زیرساخت‌هایی نظیر داده‌های آماری است [3].

محققان با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات نیز به تخصیص بهینه منابع مختلف انرژی در بخش‌های مختلف مصرف پرداخته‌اند. در سال 1998، مژر و همکاران مدل تخصیص منابع انرژی به مصرف‌کنندگان نهایی بخش خانگی در لبنان را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی چند- هدفه توسعه دادند [4]. اگرآوال و سینف، در سال 2001، مدل انرژی پخت و پز در خانوارهای هند را با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه فازی فرمول‌بندی کردند [5]. در



شکل 1: سیستم مرجع انرژی

خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی تخصیص داد. همچنین می توان میزان مشخصی از برق را صادر کرد.

3- مدل ریاضی تخصیص منابع نفت و گاز طبیعی به بخش های مختلف مصرف

با توجه به سیستم مرجع انرژی، در این بخش مدل ریاضی تخصیص منابع نفت و گاز طبیعی به بخش های مختلف مصرف طراحی می شود. متغیرها، پارامترها، تابع هدف و محدودیت های مدل ذکر شده به این شرح است:

3-1- متغیرهای مدل

$x_{co}(T)$: میزان نفت خام که در سال T به فرآورده های نفتی تبدیل می شود. (میلیون بشکه)

$E_c(T)$ ، $E_o(T)$ و $E_b(T)$: میزان صادرات نفت خام، (میلیون بشکه)، فرآورده های نفتی و بنزین (میلیون بشکه معادل نفت خام) در سال T

$I_o(T)$: میزان واردات فرآورده های نفتی به غیر از بنزین در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$I_b(T)$: میزان واردات بنزین در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$x_{oi}(T)$ ، $x_{oi}(T)$ ، $x_{or}(T)$ و $x_{op}(T)$: میزان فرآورده های نفتی تخصیص داده شده به بخش های

هستند و نیروگاه ها نیز از حامل های مختلف انرژی برای تولید برق استفاده می کنند.

نفت خام استخراج شده از مخازن نفتی را می توان به شکل خام صادر کرد و یا پس از ارسال به پالایشگاه های نفت و تبدیل آن به فرآورده های نفتی به بخش های مختلف مصرف شامل خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی تخصیص داد. همچنین می توان فرآورده های نفتی را صادر کرد و یا به نیروگاه های حرارتی برای تولید برق ارسال کرد. در صورت نیاز، واردات فرآورده های نفتی نیز انجام می شود.

گاز غنی پس از ارسال به پالایشگاه های گاز، به گاز سبک تبدیل می شود. گاز سبک موجود را می توان به بخش های مختلف مصرف شامل خانگی - تجاری، صنایع و حمل و نقل تخصیص داد. همچنین می توان بخشی از گاز سبک را به صادرات تخصیص داد و یا برای ازدیاد برداشت نفت خام به مخازن نفت، تزریق کرد.

سایر انرژی ها شامل سوخت های سنتی مورد استفاده در روستاها در بخش خانگی - تجاری و انرژی های تجدیدپذیر برای تولید برق در نیروگاه ها هستند.

برق تولید شده توسط نیروگاه های حرارتی و تجدیدپذیر را می توان به بخش های مختلف مصرف شامل

U : حد بالا

m : انتشار گازهای گلخانه‌ای

f : راندمان

z : هدف

w : تلفات

3-3- پارامترهای مدل

$c(T)$: میزان تولید نفت خام در سال T (میلیون بشکه)

$o(T)$: میزان تولید فرآورده‌های نفتی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$R(T)$: میزان تولید گاز طبیعی غنی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$g(T)$: میزان تولید گاز طبیعی سبک در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$e_1(T)$: میزان تولید برق در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$e(T)$: میزان برق پس از حذف تلفات انتقال و توزیع در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$D_p(T)$, $D_a(T)$, $D_r(T)$, $D_i(T)$, $D_r(T)$: میزان تقاضای انرژی بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و نیروگاه‌ها در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$D_{oa}(T)$, $D_{ot}(T)$, $D_{oi}(T)$, $D_{or}(T)$: میزان تقاضای فرآورده‌های نفتی بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$D_{gp}(T)$, $D_{gt}(T)$, $D_{gi}(T)$, $D_{gr}(T)$: میزان تقاضای گاز طبیعی بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و نیروگاه‌ها در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$D_{ea}(T)$, $D_{et}(T)$, $D_{ei}(T)$, $D_{er}(T)$: میزان تقاضای برق بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$f_o(T)$: راندمان پالایشگاه‌های نفت در سال T (درصد)

$f_g(T)$: راندمان پالایشگاه‌های گاز در سال T (درصد)

$f_p(T)$: راندمان نیروگاه‌ها در سال T (درصد)

$w(T)$: تلفات انتقال و توزیع برق در سال T (درصد)

m_{op} , m_{oa} , m_{ot} , m_{oi} , m_{or} : متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش‌های

خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و نیروگاه - ها در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$x_{gn}(T)$: میزان گاز سبک تزریقی به مخازن نفتی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$E_g(T)$: میزان صادرات گاز طبیعی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$I_g(T)$: میزان واردات گاز طبیعی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$x_{gp}(T)$, $x_{gt}(T)$, $x_{gi}(T)$, $x_{gr}(T)$: میزان گاز طبیعی تخصیص داده شده به بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و نیروگاه‌ها در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$E_e(T)$: میزان صادرات برق در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$I_e(T)$: میزان واردات برق در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$x_{ea}(T)$, $x_{et}(T)$, $x_{ei}(T)$, $x_{er}(T)$: میزان برق تخصیص داده شده به بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

3-2- تعریف اندیس‌ها و حروف

r : بخش خانگی - تجاری

i : بخش صنعت

t : بخش حمل و نقل

a : بخش کشاورزی

p : نیروگاه‌ها

c : نفت خام

o : فرآورده‌های نفتی

b : بنزین

E : صادرات

I : واردات

e : برق

R : گاز غنی

g : گاز سبک

n : تزریق به مخازن نفتی

T : زمان (سال)

s : سایر انرژی‌ها (برق آبی و بادی، سوخت‌های سنتی)

D : تقاضا

کشاورزی و صنعتی آزاد می‌شود را نام برد [1]. با مصرف هر یک از حامل‌های انرژی شامل فرآورده‌های نفتی (ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش‌های مختلف مصرف با توجه به ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به هر فرآورده نفتی و میانگین درصد مصرف آن طی 5 سال اخیر محاسبه شده است)، گاز و سوخت‌های سنتی در بخش‌های مختلف مصرف، مقدار مشخصی گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2 ، CH_4 و N_2O انتشار می‌یابد. ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای در تابع زیر معادل دی‌اکسیدکربن است که با در نظر گرفتن مقدار انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) و معادل دی‌اکسیدکربن برای CH_4 و N_2O محاسبه شده است. بنابراین تابع هدف، مینیمم کردن مجموع میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف حامل‌های مختلف انرژی در بخش‌های مختلف را مورد توجه قرار داده است:

$$\begin{aligned} \text{Min}z(T) = & m_{or}x_{or}(T) + m_{gr}x_{gr}(T) + \\ & m_{sr}x_{sr}(T) + m_{oi}x_{oi}(T) + m_{gi}x_{gi}(T) + \\ & m_{or}x_{ot}(T) + m_{gr}x_{gt}(T) + m_{oa}x_{oa}(T) + \\ & m_{op}x_{op}(T) + m_{gp}x_{gp}(T) \end{aligned} \quad (1)$$

3-5-5- محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مدل شامل محدودیت‌های تعادل، تقاضا و حدود بالا و پایین متغیرها به شرح زیر است:

3-5-5-1- محدودیت‌های تعادل

محدودیت‌های تعادل شامل محدودیت‌های تعادل نفت، گاز طبیعی و برق است.

3-5-5-1-1- محدودیت‌های تعادل نفت

میزان نفت خام تولیدشده از مخازن نفتی را می‌توان صادر و یا به فرآورده‌های نفتی تبدیل کرد:

$$c(T) = E_c(T) + x_{co}(T) \quad (2)$$

همچنین مقدار نفت خام ارسالی به پالایشگاه‌های نفت کشور با توجه به راندمان پالایشگاه‌های نفت به مقدار مشخصی فرآورده‌های نفتی تبدیل می‌شود:

$$o(T) = x_{co}(T) \times f_o(T) \quad (3)$$

مجموع فرآورده‌های نفتی تولیدشده در داخل کشور و واردات، برابر با فرآورده‌های نفتی تخصیص داده شده به

خانگی- تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و نیروگاه‌ها (میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن به میلیون بشکه معادل نفت خام)

$m_{gp}, m_{gt}, m_{gi}, m_{gr}$: متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف گاز طبیعی در بخش‌های خانگی- تجاری، صنعت، حمل و نقل و نیروگاه‌ها (میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن به میلیون بشکه معادل نفت خام)
 m_{sr} : متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف سوخت‌های سنتی در بخش خانگی- تجاری (میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن به میلیون بشکه معادل نفت خام)
 $U_{sr}(T)$: حد بالای مصرف سوخت‌های سنتی در بخش خانگی- تجاری در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)

$U_{gt}(T)$: حد بالای مصرف گاز طبیعی در بخش حمل و نقل در سال T (میلیون بشکه معادل نفت خام)
 $z_b(T)$: ضریب تولید بنزین از پالایشگاه‌های نفت کشور در سال T (درصد)

$p_{bt}(T)$: درصد استفاده از بنزین در بخش حمل و نقل (از کل انرژی مورد استفاده در این بخش) در سال T
 $p_{sp}(T)$: درصد تأمین برق با انرژی‌های تجدیدپذیر در سال T

3-4-3- تابع هدف

با افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای، متوسط درجه حرارت رو به افزایش بوده که بر محیط زیست تأثیر خواهد گذاشت؛ چرا که گازهای گلخانه‌ای در جو، حرارت متصاعد شده از زمین را جذب کرده و به اصطلاح به تله می‌اندازند. برخی از گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسیدکربن از راه احتراق سوخت‌های هیدروکربوری و فعالیت جامعه بشری در فضا پراکنده می‌شود و برخی دیگر مانند گازهای ترکیبات فلوری به طور انحصاری از فعالیت‌های بشری تولید می‌شود. متان از دیگر گازهایی است که روی درجه حرارت محیط اثر گذاشته و جزو گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌آید. متان در طی فرایند تولید زغال‌سنگ، نفت و گاز آزاد می‌شود. گاز متان همچنین از منابعی نظیر فضولات زنده حیوانی و دورریز کشاورزی نیز منتشر می‌شود و با فساد و پوسیدن زباله‌های ارگانیک نیز در فضا پراکنده می‌شود. از دیگر گازهای گلخانه‌ای می‌توان اکسید نیتروژن که از فعالیت‌های بخش‌های حمل و نقل،

$$sp(T) + (x_{op}(T) + x_{gp}(T)) \times f_e(T) = e_1(T) \quad (8)$$

با توجه به اینکه طبق برنامه‌های مربوط به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در نیروگاه‌ها، بخش مشخصی از برق از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود، محدودیت زیر نیز اعمال شده است:

$$sp(T) = e_1(T) \times P_{sp}(T) \quad (9)$$

برق تولیدشده در نیروگاه‌ها به بخش‌های مختلف مصرف تخصیص داده می‌شود. با توجه به تلفات انتقال و توزیع، محدودیت زیر نیز در نظر گرفته شده است:

$$e(T) = e_1(T) \times w(T) \quad (10)$$

همچنین مجموع برق تولیدشده در داخل کشور (پس از کسر تلفات انتقال و توزیع) و واردات، برابر میزان برق تخصیص داده شده به صادرات و بخش‌های مختلف مصرف شامل بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی است:

$$e(T) + I_e(T) = E_e(T) + x_{er}(T) + x_{ei}(T) + x_{et}(T) + x_{ea}(T) \quad (11)$$

3-5-2- محدودیت‌های تقاضا

محدودیت‌های تقاضا مربوط به محدودیت مصرف کل انرژی بخش‌های مختلف و همچنین محدودیت تقاضای حامل‌های مختلف انرژی شامل فرآورده‌های نفتی، گاز، برق و سایر انرژی‌ها در بخش‌های مختلف مصرف است. قابل ذکر است دلیل تفکیک محدودیت‌های مربوط به تقاضای حامل‌های مختلف انرژی در بخش‌های مصرف، محدودیت مربوط به میزان حامل‌های انرژی موجود برای تخصیص به همه بخش‌ها است.

3-5-2-1- محدودیت‌های تقاضای بخش خانگی - تجاری

مجموع فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، برق و سوخت - های سنتی تخصیص داده شده به بخش خانگی - تجاری بزرگ‌تر، مساوی با تقاضای کل انرژی این بخش است. همچنین تقاضای مربوط به فرآورده‌های نفتی، گاز و برق برای این بخش به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته است:

$$\begin{aligned} s_r(T) + x_{or}(T) + x_{gr}(T) + x_{er}(T) &\geq D_r(T) \\ x_{or}(T) &\geq D_{or}(T) \\ x_{gr}(T) &\geq D_{gr}(T) \\ x_{er}(T) &\geq D_{er}(T) \end{aligned} \quad (12)$$

واردات و بخش‌های مختلف مصرف شامل بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و نیروگاه - ها است.

$$o(T) + I_o(T) + I_b(T) = E_o(T) + x_{or}(T) + x_{oi}(T) + x_{ot}(T) + x_{oa}(T) + x_{op}(T) \quad (4)$$

همچنین در بخش حمل و نقل محدودیت زیر برای استفاده از بنزین مورد توجه قرار گرفته است: با توجه به ضریب تولید بنزین در پالایشگاه‌های نفت کشور و میزان استفاده از بنزین در بخش حمل و نقل در هر سال در صورت نیاز، واردات بنزین انجام می‌شود. بنابراین میزان بنزین مصرفی در بخش حمل و نقل که درصدی مشخص از کل انرژی مصرفی در این بخش است، برابر با مقدار بنزین تولیدشده در پالایشگاه‌های نفت کشور که درصد مشخصی از کل فرآورده‌های نفتی تولیدشده در پالایشگاه - های نفت کشور است به اضافه واردات بنزین است و در صورت تولید مازاد بر تقاضا، صادرات بنزین انجام می‌شود:

$$x_{oi}(T) \times p_{bt}(T) = o(T) \times z_b(T) + I_b(T) - E_b(T) \quad (5)$$

3-5-2-1-2- محدودیت‌های تعادل گاز طبیعی

گاز غنی تولیدشده از مخازن گازی پس از ارسال به پالایشگاه‌های گاز با توجه به راندمان پالایشگاه‌های گاز به مقدار مشخصی گاز سبک تبدیل می‌شود:

$$g(T) = R(T) \times f_g(T) \quad (6)$$

مجموع گاز طبیعی سبک تولیدشده در داخل کشور و واردات، برابر با گاز طبیعی تخصیص داده شده به صادرات و بخش‌های مختلف مصرف شامل بخش‌های خانگی - تجاری، صنعت، حمل و نقل و نیروگاه‌ها است:

$$g(T) + I_g(T) = E_g(T) + x_{gn}(T) + x_{gr}(T) + x_{gi}(T) + x_{gt}(T) + x_{gp}(T) \quad (7)$$

3-5-2-1-3- محدودیت‌های تعادل برق

میزان حامل‌های انرژی (گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی) ارسالی به نیروگاه‌های حرارتی کشور با توجه به راندمان نیروگاه‌ها و تلفات انتقال و توزیع به مقدار مشخصی برق تبدیل می‌شود. برق تولیدی از نیروگاه‌های حرارتی، بادی و آبی به بخش‌های مختلف تخصیص می‌یابد. بنابراین مجموع برق تولیدشده در نیروگاه‌های تجدیدپذیر و نیروگاه‌های حرارتی برابر با کل برق موجود برای تخصیص به بخش‌های مختلف است:

$$\begin{aligned} x_{op}(T) + x_{gp}(T) &\geq D_p(T) \\ x_{gp}(T) &\geq D_{gp}(T) \end{aligned} \quad (16)$$

3-2-5-6- محدودیت‌های تقاضای گاز برای تزریق به مخازن نفتی

با گذشت بیش از صد سال از آغاز فعالیت صنعت نفت در ایران، اغلب میادین نفتی بخصوص میادین بزرگ در مناطق خشکی کشور در نیمه عمر خود قرار دارند. از این رو برای حفظ توان تولید از روش‌های ازدیاد برداشت استفاده می‌شود. بر اساس مطالعات و تحقیقات انجام‌شده در این زمینه، تزریق گاز به عنوان مناسب‌ترین روش ازدیاد برداشت از مخازن کربناته مناطق نفتی خشکی ایران تشخیص داده شده است. بنابراین میزان گاز تخصیص داده شده برای تزریق به مخازن نفتی بزرگ‌تر مساوی با مقدار تقاضای مشخص شده توسط متخصصان است:

$$x_{gn}(T) \geq D_{gn}(T) \quad (17)$$

3-5-3- محدودیت‌های مربوط به حدود بالا و پایین متغیرها

3-1-3-5-3- محدودیت مربوط به حدود پایین و بالای استفاده از CNG و برق در بخش حمل و نقل

همانگونه که اشاره شد، در بخش حمل و نقل، توسعه زیرساخت‌های لازم برای استفاده از CNG و برق، با محدودیت مواجه است، بنابراین محدودیت‌های زیر به مدل اعمال شده است:

مقدار گاز طبیعی تخصیص داده شده به بخش حمل و نقل در هر سال بزرگ‌تر مساوی با مقدار گاز طبیعی تخصیص داده شده به این بخش در سال قبل و کوچک‌تر مساوی با حداکثر ممکن است. حداکثر مقدار گاز طبیعی قابل استفاده در این بخش با توجه به برنامه‌های توسعه جایگاه‌های CNG مطابق با برنامه‌های سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت مشخص می‌شود.

همچنین مقدار برق تخصیص داده شده به بخش حمل و نقل در هر سال بزرگ‌تر مساوی با مقدار برق تخصیص داده شده به این بخش در سال قبل و کوچک‌تر مساوی با حداکثر ممکن است. حداکثر مقدار برق قابل استفاده با توجه به برنامه‌های توسعه مترو مطابق با برنامه‌های شرکت بهره‌برداری قطارهای شهری تهران و حومه مشخص می‌شود:

3-2-5-2- محدودیت‌های تقاضای بخش صنعت

مشابه با بخش خانگی - تجاری، محدودیت‌های مربوط به تقاضای بخش صنعت به این شرح است:

$$\begin{aligned} x_{oi}(T) + x_{gi}(T) + x_{er}(T) &\geq D_i(T) \\ x_{oi}(T) &\geq D_{oi}(T) \\ x_{gi}(T) &\geq D_{gi}(T) \\ x_{ei}(T) &\geq D_{ei}(T) \end{aligned} \quad (13)$$

3-2-5-3- محدودیت‌های تقاضای بخش حمل و نقل

مجموع فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق تخصیص داده شده به بخش حمل و نقل بزرگ‌تر مساوی است با تقاضای کل انرژی این بخش. همچنین تقاضای مربوط به فرآورده‌های نفتی در این بخش به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته است. درباره تقاضای گاز طبیعی و برق در بخش حمل و نقل، با توجه به اینکه توسعه زیرساخت‌های مربوط به استفاده از CNG و برق محدود است، در بخش محدودیت‌های مربوط به حدود بالا و پایین در نظر گرفته شده است:

$$\begin{aligned} x_{ot}(T) + x_{gt}(T) + x_{et}(T) &\geq D_t(T) \\ x_{ot}(T) &\geq D_{ot}(T) \end{aligned} \quad (14)$$

3-2-5-4- محدودیت‌های تقاضای بخش کشاورزی

مجموع فرآورده‌های نفتی و برق تخصیص داده شده به بخش کشاورزی بزرگ‌تر مساوی با تقاضای کل انرژی این بخش است. همچنین تقاضای مربوط به فرآورده‌های نفتی و برق برای این بخش به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته است:

$$\begin{aligned} x_{oa}(T) + x_{ea}(T) &\geq D_a(T) \\ x_{oa}(T) &\geq D_{oa}(T) \\ x_{ea}(T) &\geq D_{ea}(T) \end{aligned} \quad (15)$$

3-2-5-5- محدودیت‌های تقاضای نیروگاه‌ها

مجموع فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی تخصیص داده شده به نیروگاه‌های حرارتی بزرگ‌تر مساوی با تقاضای کل انرژی این بخش است. همچنین با توجه به اینکه در نیروگاه‌های حرارتی استفاده از گاز طبیعی برای تولید برق بر فرآورده‌های نفتی ارجحیت دارد و این دو، حامل انرژی قابل جایگزینی با یکدیگر هستند، تقاضای مربوط به گاز در این بخش به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته است:

با توجه به اطلاعات جمع آوری شده از سازمان‌های مربوطه، فرضیه‌های زیر برای حل مدل در نظر گرفته شده است:

- گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2 ، CH_4 و N_2O است. در محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CH_4 و N_2O ، معادل دی‌اکسیدکربن در نظر گرفته شده است، چرا که شاخص مؤثر گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی² است و پتانسیل گرمایش جهانی هر یک از گازهای CH_4 و N_2O طی افق زمانی 100 سال به ترتیب برابر با 21 و 310 برابر پتانسیل گرمایش جهانی CO_2 است [13]. همچنین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف فرآورده‌های نفتی با توجه به درصد مصرف هر یک از فرآورده‌های نفتی طی 3 سال اخیر محاسبه شده است.

- هر سال به میزان حداکثر 18 کیلومتر توسعه خطوط مترو در نظر گرفته شده است.
- ضریب تولید بنزین هر سال به میزان 1 درصد بهبود یابد.
- راندمان نیروگاه‌های کشور هر سال به میزان 1 درصد بهبود یابد و به حداکثر 45 درصد برسد.
- راندمان پالایشگاه‌های نفت کشور تا سال 1400 به میزان 2 درصد بهبود یابد.
- راندمان پالایشگاه‌های گاز کشور تا سال 1400 به میزان 2/5 درصد بهبود یابد.
- در هر سال حداقل 10 درصد از انرژی مورد نیاز نیروگاه‌های حرارتی از فرآورده‌های نفتی تأمین شود. همچنین تا سال 1400، 10 درصد از برق تولیدی در کشور با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین شود.
- میزان استفاده از سوخت‌های سنتی در بخش خانگی - تجاری هر سال به میزان 3 درصد کاهش یابد. این مقدار با توجه به اطلاعات مربوط به مصرف سوخت‌های سنتی در بخش خانگی - تجاری طی سال‌های اخیر که روندی کاهشی داشته است و با توجه به توسعه گازرسانی و تأمین فرآورده‌های نفتی در بخش‌های روستایی کشور، در نظر گرفته شده است.

$$x_{gt}(T-1) \leq x_{gt}(T) \leq U_{gt}(T) \quad (18)$$

$$x_{et}(T-1) \leq x_{et}(T) \leq U_{et}(T) \quad (19)$$

3-3-5-3-2- محدودیت مربوط به حد بالای استفاده از

سوخت‌های سنتی در بخش خانگی - تجاری

روستائیان در حاشیه جنگل‌ها و مراتع، اغلب از هیزم و زغال‌چوب، بوته و خار و فضولات دامی برای مصارف سوختی استفاده می‌کنند. روند استفاده از سوخت‌های سنتی طی سال‌های اخیر با توجه به گسترش گازرسانی به روستاها و توزیع مناسب سوخت‌های مایع رو به کاهش است. بدین ترتیب میزان استفاده از سوخت‌های سنتی در بخش خانگی - تجاری در هر سال کوچک‌تر مساوی با حد بالای آن است که با توجه به میزان کاهش مصرف طی 5 سال اخیر در نظر گرفته شده است:

$$s_r(T) \leq U_{sr}(T) \quad (20)$$

3-3-5-3-3- محدودیت مربوط به حد پایین صادرات

در مدل پیشنهادی حد پایین صادرات نفت خام و گاز طبیعی در هر سال، میزان صادرات در سال قبل در نظر گرفته شده است. بنابراین محدودیت‌های زیر به مدل اضافه شده است. قابل ذکر است در سال‌هایی که طبق سند چشم‌انداز تدوین شده توسط وزارت نفت، میزان تولید نفت خام کاهش می‌یابد، اصلاحات لازم درباره محدودیت مربوطه اعمال شده است:

$$E_c(T-1) \leq E_c(T) \quad (21)$$

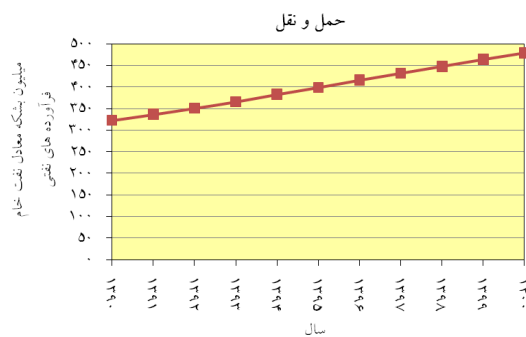
$$E_g(T-1) \leq E_g(T) \quad (22)$$

4- حل مدل ریاضی تخصیص منابع نفت و گاز

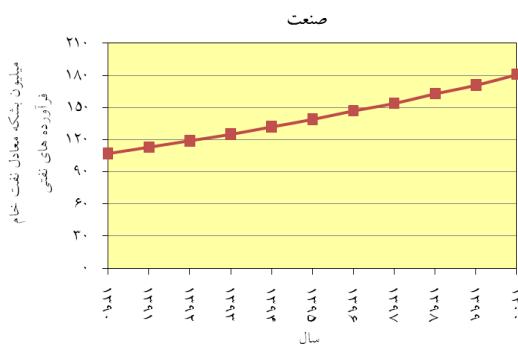
طبیعی به بخش‌های مختلف مصرف و تجزیه و

تحلیل نتایج

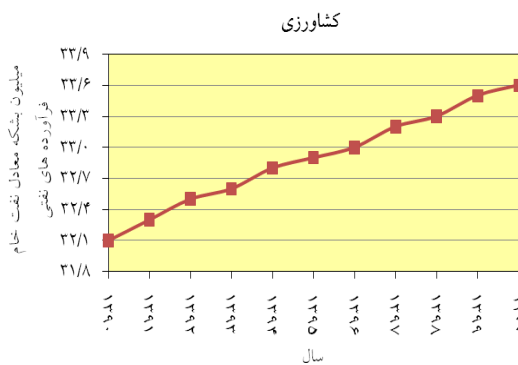
داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل از سازمان‌های مختلف همچون وزارت نفت، شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه، مرکز آمار ایران [10]، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران [11]، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی [12]، شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، جمع‌آوری و پردازش شده است.



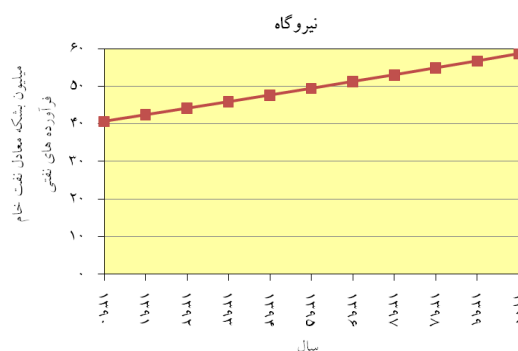
شکل 3: تخصیص فرآورده‌های نفتی به بخش حمل و نقل



شکل 4: تخصیص فرآورده‌های نفتی به بخش صنعت



شکل 5: تخصیص فرآورده‌های نفتی به بخش کشاورزی



شکل 6: تخصیص فرآورده‌های نفتی به نیروگاه‌ها

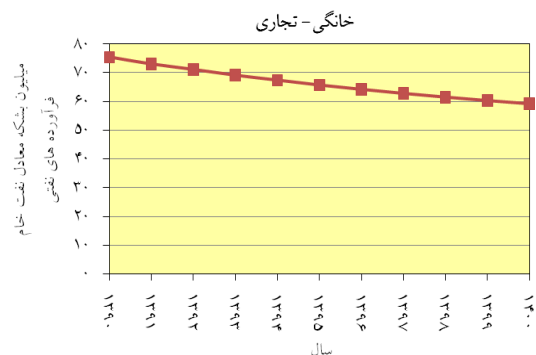
• مقدار صادرات نفت خام و گاز طبیعی در هر سال کمتر از مقدار صادرات آن در سال قبل نباشد و در سال‌هایی که طبق سند چشم‌انداز تدوین شده توسط وزارت نفت، میزان تولید نفت خام کاهش خواهد یافت، حداکثر کاهش صادرات نفت خام 5 درصد باشد.

همچنین تقاضای انرژی شامل تقاضای کل انرژی و تقاضای فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق در بخش‌های مختلف مصرف شامل بخش‌های خانگی - تجاری، حمل و نقل، صنعت، کشاورزی و نیروگاه‌ها با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی سلسله مراتبی [14] و رگرسیون خطی فازی سلسله مراتبی [15] و داده‌های مربوط به سال‌های 1346 تا 1387 پیش‌بینی و با در نظر گرفتن شاخص درصد میانگین قدرمطلق خطا، مدل مناسب انتخاب و تقاضای انرژی سال‌های آتی مطابق با جدول (1) پیش-بینی شده است.

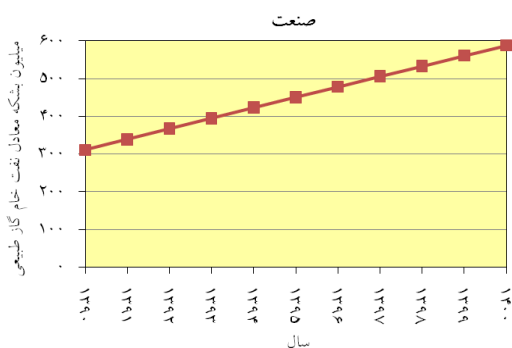
قابل ذکر است روش شبکه‌های عصبی به دلیل خطای کمتر مربوط به داده‌های تست، روش مناسب‌تری برای پیش‌بینی انرژی بخش‌های مختلف مصرف بوده است.

نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از داده‌ها، اطلاعات و فرضیه‌های مذکور طی سال‌های 1390 تا 1400 در شکل‌های (2) تا (14) نشان داده شده است. این مدل با استفاده از نرم‌افزار LINGO حل شده است.

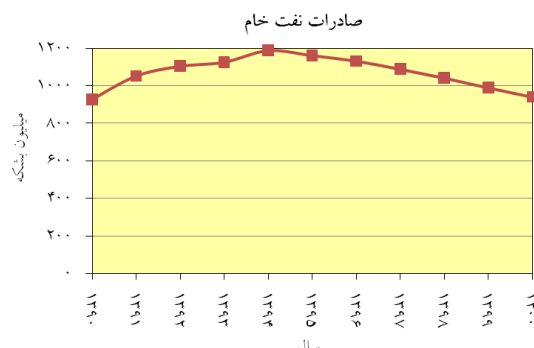
همان گونه که ملاحظه می‌شود، در بخش خانگی - تجاری تخصیص فرآورده‌های نفتی روندی کاهشی دارد و دلیل آن توسعه گازرسانی به عنوان انرژی پاک در سطح کشور است. تخصیص گاز طبیعی به این بخش با توجه به توسعه گازرسانی روندی افزایشی دارد. بخش حمل و نقل از مصرف‌کنندگان اصلی فرآورده‌های نفتی است.



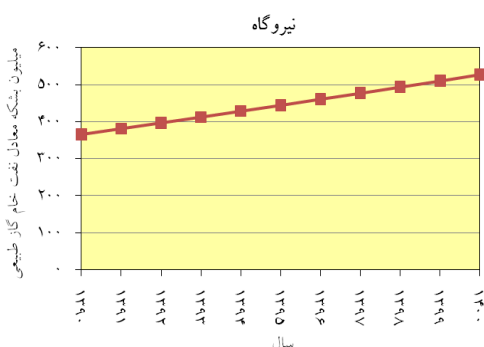
شکل 2: تخصیص فرآورده‌های نفتی به بخش خانگی - تجاری



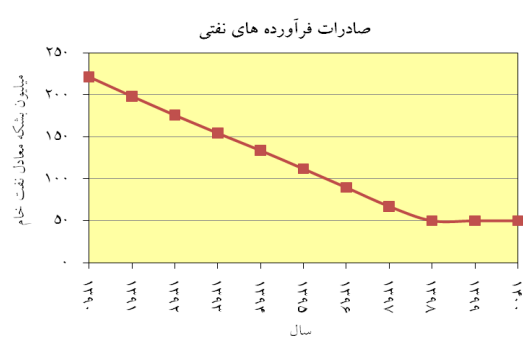
شکل 11: تخصیص گاز طبیعی به بخش صنعت



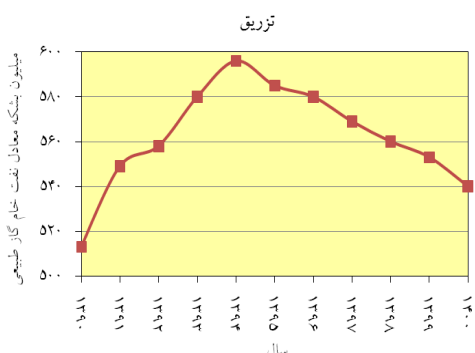
شکل 7: تخصیص نفت خام به صادرات



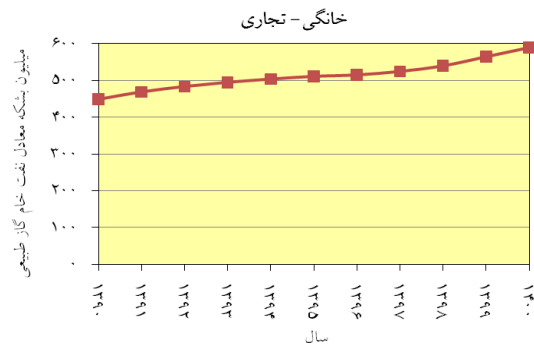
شکل 12: تخصیص گاز طبیعی به نیروگاهها



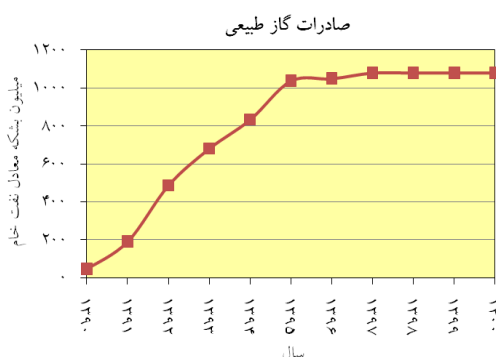
شکل 8: تخصیص فرآورده های نفتی به صادرات



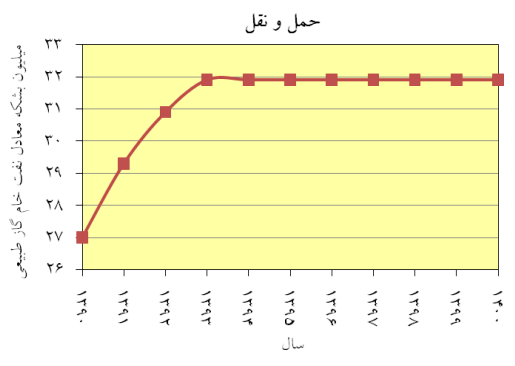
شکل 13: تخصیص گاز طبیعی جهت تزریق به مخازن نفتی



شکل 9: تخصیص گاز طبیعی به بخش خانگی - تجاری



شکل 14: تخصیص گاز طبیعی به صادرات



شکل 10: تخصیص گاز طبیعی به بخش حمل و نقل

جدول 1: پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش‌های مختلف مصرف (ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام)

بخش	پیش‌بینی	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400
خانگی - تجاری	انرژی	581	611	636	657	675	692	708	722	737	750	763	776
	گاز طبیعی	330	353	375	398	420	443	476	491	515	540	565	590
	فرآورده نفتی	78	75	73	71	69	67	66	64	63	62	60	59
	برق	60	63	67	71	75	78	82	86	90	94	98	102
حمل و نقل	انرژی	334	350	366	382	398	415	431	448	464	480	496	511
	فرآورده نفتی	310	320	330	339	349	358	367	376	385	393	402	410
صنعت	انرژی	390	412	434	456	478	501	523	546	569	592	616	640
	گاز طبیعی	282	311	339	367	395	423	451	478	506	533	561	588
	فرآورده نفتی	102	107	113	119	125	132	139	147	154	163	171	181
	برق	37	39	41	43	45	48	50	51	53	55	57	58
کشاورزی	انرژی	46	47/8	49/4	50/8	52	53/1	54/1	55/1	56/1	57	57/9	58/8
	فرآورده نفتی	31/8	32/1	32/3	32/5	32/6	32/8	32/9	33	33/2	33/3	33/5	33/6
	برق	14/6	15/6	16/4	17/2	17/8	18/4	18/9	19/3	19/7	20	20/3	20/6
نیروگاه	انرژی	395	413	432	451	470	490	510	531	551	572	593	615
	گاز طبیعی	285	273	287	303	318	334	350	367	383	400	417	434

1387 مورد مقایسه قرار داده شد. نتایج، نشان‌دهنده بهبود تابع هدف به میزان 5/1 درصد است. بنابراین مدل ذکرشده از اعتبار لازم بهره‌مند است.

5- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله تخصیص بهینه منابع انرژی به بخش‌های مختلف مصرف شامل خانگی - تجاری، حمل و نقل، صنایع، کشاورزی، صادرات، تزریق به مخازن نفتی و نیروگاه‌ها در ایران طی سال‌های 1390 تا 1400 با رویکرد زیست‌محیطی و با در نظر گرفتن برنامه‌های بعدی دولت و با در نظر گرفتن بخش‌های عرضه و تقاضا محاسبه شد. به این منظور از یک مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداقل کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف حامل‌های مختلف انرژی در بخش‌های مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد بخش زیادی از نفت خام و گاز طبیعی به صادرات اختصاص می‌یابد. بخش حمل و نقل، مصرف‌کننده اصلی فرآورده‌های نفتی است. در بخش نیروگاه‌ها، اولویت تخصیص، با گاز طبیعی در مقابل فرآورده‌های نفتی است. همچنین مقدار قابل توجهی از گاز طبیعی به تزریق در مخازن نفتی اختصاص می‌یابد. با این وجود ملاحظه می‌شود که روند صادرات و تزریق گاز کاهشی خواهد بود. این موضوع می‌تواند برای آینده کشور محل

مصرف گاز طبیعی در بخش حمل و نقل به دلیل محدودیت مربوط به توسعه زیرساخت‌های لازم رشد کمی داشته است. در بخش صنعت با توجه به رشد جمعیت و گسترش صنایع تولیدی در کشور، مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی روندی افزایشی دارد. همچنین در بخش کشاورزی، مصرف فرآورده‌های نفتی روندی افزایشی با شیب کند دارد. مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی در نیروگاه‌ها نیز روندی افزایشی دارد. بخش عمده‌ای از انرژی اولیه نیروگاه‌ها توسط گاز طبیعی رفع می‌شود که دلیل آن انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتر حاصل از مصرف گاز طبیعی در نیروگاه‌ها نسبت به مصرف فرآورده‌های نفتی است. بخش زیادی از نفت خام به صادرات تخصیص داده شده است. صادرات نفت خام در ابتدا روندی افزایشی و سپس روندی کاهشی دارد که دلیل آن پیرشدن مخازن نفتی و در نتیجه برداشت کمتر است. همچنین صادرات فرآورده‌های نفتی، روندی کاهشی دارد. صادرات گاز طبیعی روندی افزایشی دارد و از سال 1396 شیب آن کاهش می‌یابد. تزریق گاز به مخازن نفتی کشور بخش اعظمی را به خود اختصاص داده است. این مقدار در ابتدا روندی افزایشی و سپس روندی کاهشی دارد.

برای بررسی اعتبار مدل پیشنهادی، نتایج حاصل از حل مدل مذکور با نتایج مربوط به عملکرد واقعی در سال

پتروشیمی، فولاد و ... تفکیک شوند و یا در بخش حمل و نقل، خودروهای سبک و سنگین از یکدیگر تفکیک شوند) در نظر گرفته شود. در ضمن پیشنهاد می‌شود اهداف دیگری همچون اهداف اقتصادی مانند نیاز ارزی کشور و اهداف امنیتی مانند ضرورت تداوم ارتباط با کشورهای دیگر نیز مورد توجه قرار گیرند.

تأمل و نگرانی باشد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند درباره تخصیص بهینه نفت و گاز طبیعی به بخش‌های مختلف مصرف و تدبیر در برنامه‌ریزی‌های بعدی مورد استفاده باشد. پیشنهاد می‌شود مدل تخصیص بهینه انرژی کشور به صورت فصلی طراحی و اجرا شود. همچنین پیشنهاد می‌شود زیرمجموعه‌های بخش‌های مختلف مصرف به طور مجزا (به عنوان مثال صنایع به صنایع

مراجع

- 1- Asadi, F (2007), "The importance and necessities of optimization and decrease in the intensity of energy consumption." *Journal of Parliament and Research*, No.54, PP. 253-278, (In Persian).
- 2- Amitfakhri, SJ. (2010) "Importance of reducing CH₄ emission as one of the most important green house gases." *3rd National National Congress of HSE Managers & Congress of HSE Managers & Experts of Oil Ministry*, (In Persian).
- 3- Comparison of TIMES, MESAP and MESSAGE. Available at: <http://riemp.ut.ac.ir/modeling-tim,mesa,message.htm> [Accessed 28 May 2012].
- 4- Mezher, T., Chedid, R. and Zahabi, W. (1998). "Energy resource allocation using multi-objective goal programming: the case of Lebanon." *Applied Energy*, 61, PP. 175-192.
- 5- Agrawal, R.K and Singh, S.P. (2001). "Energy allocation for cooking in UP household (India) A fuzzy multi-objective analysis." *Energy Conversion and Management*, 42, PP. 2139-2154.
- 6- Borges, A.R. and Antunes, C.H. (2003). "A fuzzy multiple objective decision support model for energy-economy planning." *European Journal of Operational Research*, 145, PP. 304-316.
- 7- Sadeghi, M and Mirshojaeian Hosseini, H. (2006). "Energy supply planning in Iran by using fuzzy linear programming approach (regarding uncertainties of investment costs)." *Energy Policy*, 34, PP. 993-1003.
- 8- Shahhosseini, A. (2009), "Designing of energy policy making model in Iran's vision horizon regard to system dynamics approach, case: Iran's gas area." PhD dissertation, University of Tehran, Faculty of Management, (In Persian).
- 9- Mohaghar, A, Mehregan, MR, Abolhasani, GhR (2010), "Use of decision making techniques to prioritize consumption and optimize allocation of natural gas using the fuzzy approach." *Journal of Energy Economics Review*, No.24, PP. 91-119, (In Persian).
- 10- Iran Statistical Yearbook. Statistical Center of Iran. Available at: <http://amar.sci.org.ir> [Accessed 28 May 2012].
- 11- Transportation. Iranian Fuel Conservation Company. Available at: <http://www.ifco.ir> [Accessed 28 May 2012].
- 12- Statistical Data Bank. Institute for International Energy Studies. Available at: <http://www.iies.ac.ir> [Accessed 28 May 2012].
- 13- United Nations. Framework Convention on Climate Change. Available at: http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php [Accessed 28 May 2012].

- 14- Kazemi, A. Shakouri G., H., Menhaj, MB. Mehregan, MR. and Neshat, N. (2010). "A Multi-level Artificial Neural Network for Residential and Commercial Energy Demand Forecast: Iran Case Study." *International Conference on Management Technology and Applications (ICMTA)*, Singapore.
- 15- Kazemi, A. Shakouri G., H., Menhaj, MB. Mehregan, MR. and Neshat, N. (2010). "A Hierarchical Fuzzy Linear Regression Model for Forecasting Agriculture Energy Demand: A Case Study of Iran." *International Conference on Management Technology and Applications (ICMTA)*, Singapore.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution
 - 2-Global Warming Potentials
-