

# بر آورد تقاضای نهایی انرژی در صنعت سیمان با بکارگیری مدل ارزیابی تقاضای انرژی

کیومرث سهیلی<sup>۱</sup>

چکیده:

صنعت سیمان در ایران در سال‌های اخیر رشد چشم‌گیری را از نظر محصولات تولیدی تجربه نموده است. صنعت سیمان از بین صنایع انرژی بر پس از صنعت انرژی بر آهن و فولاد بیشترین مصرف انرژی را داراست و انتظار می‌رود در آینده نیز روند رو به رشد مصرف انرژی در این بخش به عنوان سوخت تداوم یابد. از این‌رو، تبیین یک چشم‌انداز روشن از مصرف بلندمدت انرژی در این صنعت و پتانسیل‌های موجود جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی ناشی از پیشرفت تکنولوژی تولید در این بخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین منظور در این مقاله، میزان مصرف انرژی و همچنین میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی ناشی از پیشرفت فن‌آوری تولید در این صنعت در افق زمانی ۱۳۸۴-۱۴۰۴، با بهره‌گیری از مدل ارزیابی تقاضای انرژی برآورد شده است. معرفی روش‌شناسی شبیه‌سازی تقاضای انرژی در صنعت سیمان در مدل ارزیابی تقاضای انرژی، اجرای مدل و برآورد تقاضای بلندمدت انرژی در صنعت سیمان و تحلیل نتایج حاصل از آن، آثار بهبود فن‌آوری تولید بر مصرف انرژی در صنعت سیمان و آثار سیاست کنترل نرخ بیکاری یا رشد شتابان اقتصاد بر مصرف انرژی در این صنعت، موضوعاتی است که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق گویای آن است که پتانسیل صرفه‌جویی مصرف انرژی ناشی از پیشرفت فن‌آوری می‌باشد. تولید در صنعت سیمان بسیار زیاد است و در برش‌های زمانی ۱۳۸۴، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ به ترتیب ۰/۶۴، ۳/۱ و ۸/۶ میلیون بشکه نفت خام معادل است. از این‌رو، صنعت سیمان به سبب پتانسیل زیاد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، جهت اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی از اولویت برخوردار است.

تاریخ دریافت مقاله:

۸۸/۶/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۸/۸/۱۰

کلمات کلیدی:

تقاضای انرژی، مدل فنی اقتصادی، مدل ارزیابی تقاضای انرژی، صنعت انرژی‌خوار، صنعت سیمان، متغیرهای دستوری، متغیرهای برونزا، متغیرهای سناریو.

## مقدمه

در صنعت سیمان، انرژی به عنوان سوخت به مصرف می‌رسد. آمار و اطلاعات مربوط به مصرف انرژی در بخش‌های انرژی بر حاکی از آن است که صنعت سیمان با اختصاص نزدیک به ۱۰٪ از کل مصرف انرژی در بخش صنایع، معادن و ساختمان، از نظر مصرف انرژی پس از صنعت انرژی بر آهن و فولاد در میان صنایع انرژی بر رتبه دوم را داراست. در این صنعت در مراحل مختلف تولید، مقادیر متنوعی از انواع حامل‌های انرژی به مصرف می‌رسد. در سال‌های اخیر تولید سیمان در ایران از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است. برخورداری کشور از مزیت نسبی در این بخش، روند روزافزون تقاضای داخلی برای سیمان، وجود بازارهای منطقه‌ای در حال گسترش برای محصولات این صنعت و در نتیجه فراهم بودن شرایط برای صادرات آن به کشورهای منطقه، وجود نیروی کار ارزان قیمت و بالاخره برخورداری کشور از منابع سرشار انرژی مورد نیاز این صنعت، مزیت‌هایی است که چشم‌انداز امیدبخشی را فراروی توسعه پرشتاب این صنعت ترسیم می‌نماید.

در این مقاله میزان تقاضای بلندمدت هر یک از حامل‌های انرژی در صنعت سیمان در بیست سال آینده یعنی در افق زمانی ۱۳۸۴ لغایت ۱۴۰۴ با بهره‌گیری از مدل ارزیابی تقاضای انرژی برآورد می‌گردد. شایان ذکر است که در ایران با بهره‌گیری از روش تحلیل روند و مدل‌های ساختاری و غیرساختاری اقتصادسنجی، مطالعاتی بر روی تقاضای انرژی در صنعت سیمان انجام پذیرفته است. اما از مدل‌های فنی - اقتصادی که در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی به خصوص در پیش‌بینی تقاضای انرژی در بلندمدت و لحاظ تأثیر تحولات مربوط به فن‌آوری بر تقاضای انرژی چندان استفاده نشده است ضمن این که شبیه‌سازی و پیش‌بینی تقاضای انرژی صنعت سیمان در تعدادی از کشورهای جهان هم اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله جهت معرفی روش‌شناسی حاکم بر مدل‌های فنی - اقتصادی در پیش‌بینی تقاضای انرژی به محققان و اندیشمندان بخش انرژی کشور و بهره‌گیری از مزیت‌های این گونه مدل‌ها در شبیه‌سازی و برآورد تقاضای بلندمدت انرژی، با استفاده از مدل ارزیابی تقاضای انرژی که یکی از مشهورترین مدل‌های فنی اقتصادی به شمار می‌رود، تقاضای بلندمدت صنعت سیمان شبیه‌سازی گردید.

به دلیل مصرف بالای انرژی در این صنعت، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی نیز در آن زیاد است. به همین سبب در یک قسمت از این تحقیق آثار پیشرفت فن‌آوری بر کاهش مصرف انرژی این بخش از اقتصاد مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر آن آثار سیاست کنترل نرخ بیکاری یا رشد شتابان اقتصاد بر مصرف انرژی در صنعت سیمان تجزیه و تحلیل می‌شود.

لازم به ذکر است که آمار و اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای مدل با بهره‌گیری از دیدگاه‌های صاحب‌نظران و همچنین استفاده از نشریات و اسناد منتشر شده توسط دستگاه‌های تولید کننده آمار، گردآوری و پردازش شده است.

### روش‌شناسی (متدلوژی) شبیه‌سازی تقاضای انرژی در صنعت سیمان

در مدل ارزیابی تقاضای انرژی، شبیه‌سازی تقاضای انرژی در صنعت سیمان و چگونگی تحولات آن با بهره‌گیری از متغیرهای ثابت، سناریو، برون‌زا و دستوری انجام می‌پذیرد. متغیرهای دستوری برای پیکربندی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرهای ثابت، مقدار متغیرها را برای سال پایه تعریف می‌کنند و فزون بر آن، پارامترهای ثابت را نیز شامل می‌شود. متغیرهای برون‌زا، متغیرهایی است که دامنه تغییرات آنها محدود است و با توجه به روند جاری پیش‌بینی می‌شود. متغیرهای سناریو نیز به متغیرهایی اطلاق می‌شود که دامنه تغییراتشان در طول دوره پیش‌بینی زیاد است. متغیرهای سناریو تابع استراتژی‌های تصمیم‌گیرندگان اقتصادی و شرایط بین‌المللی است. با این تعاریف مشخص می‌شود که تفاوت متغیرهای برون‌زا و سناریو در این است که متغیرهای برون‌زا دارای رفتار ساده‌ای بوده و پیش‌بینی مقادیر آنها براساس روابط خطی ساده امکان‌پذیر است و براساس رفتار متغیر در گذشته تعیین می‌شود در حالی که متغیرهای سناریو دارای رفتار پیچیده‌تر بوده و پیش‌بینی مقادیر آنها مستلزم پیش‌بینی مقادیر متغیرهای مؤثر بر آنهاست. متغیرهای سناریو را می‌توان به طور مستقیم براساس سیاست‌های طراحی شده، تعیین نمود [۱].

در این مدل، جهت برآورد تقاضای بلندمدت انرژی در صنعت سیمان، میزان تولید محصولات سیمان برحسب واحد فیزیکی و فرآیند تولید به عنوان متغیر فعالیت در نظر گرفته می‌شود. به این منظور، میزان کل تولید محصولات سیمان به صورت متغیر برون‌زا وارد مدل می‌شود و تعداد فرآیندهای تولید نیز به عنوان یک فرض سناریویی تعریف می‌شود.

تقاضای نهایی الکتریسیته برای مصارف ویژه در در صنعت سیمان از فرمول (۱) محاسبه می‌گردد [۲]:

$$ELGC = CSEL \times PPROC \times 10^{-3} \quad (1)$$

کل تقاضا برای سوخت‌های فسیلی در صنعت سیمان، از انرژی مفید مورد نیاز در آن زیربخش و با توجه به میانگین کارایی نسبی سوخت‌ها به دست می‌آید.

انرژی مفید مورد نیاز در صنعت سیمان، با استفاده از میزان تولید در فرآیندهای مختلف در این صنعت، مصرف سوخت‌های فسیلی در ازای هر واحد محصول تولیدی این زیربخش و میانگین کارایی نسبی سوخت‌های فسیلی، به صورت زیر

محاسبه می‌گردد [۳].

$$FFUTIL = \frac{CSFFBY \times REND}{U} \times \frac{CSFFCY \times PPROC}{1} \times 10^{-3} \quad (2)$$

تقاضای نهایی برای هر یک از سوخت‌های فسیلی در صنعت سیمان با توجه به نسبت انرژی مفید مورد نیاز و میانگین کارایی نسبی سوخت‌های فسیلی نسبت به الکتریسیته با استفاده از فرمول (۳) بدست می‌آید [۴].

$$FFGCPD = \frac{FFUTIL \times PARTCB_{(icomb)}}{EFCBBY_{(icomb)} \times EFCBCY} \quad (3)$$

تقاضا برای تمامی سوخت‌های فسیلی در صنعت سیمان نیز از رابطه (۴) بدست می‌آید [۵].

$$FFGC = \sum_{icomb=1}^{ncomb} FFGCPD_{(icomb)} \quad (4)$$

کل تقاضای انرژی نیز در صنعت سیمان از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$FINGC = FFGC + \frac{ELGC}{U} \times 0.86 \quad (5)$$

در این فرمول، ضریب ۰/۸۶ ارزش یک تراوات ساعت برق را برحسب پتاکالری بیان می‌دارد. تعاریف متغیرهای فوق عبارت است از:

PPROC: میزان تولید محصولات در هر یک از فرآیندهای تولیدی در صنعت سیمان بر حسب میلیون تن. اگر تعداد فرآیندهای تعریف شده برای مدل در صنعت سیمان برابر یک باشد، در این صورت  $PPROC=PRODGC$  لحاظ می‌گردد.

ELGC: تقاضای نهایی الکتریسیته برای مصارف ویژه در صنعت سیمان برحسب مگاوات ساعت. (۱۰<sup>۶</sup> Wh)

CSEL: مصرف الکتریسیته در ازای هر واحد تولید در صنعت سیمان به تفکیک فرآیند تولید برحسب کیلووات ساعت بر تن.

FFUTIL: کل انرژی مفید مورد نیاز در صنعت سیمان برحسب میلیون کیلوکالری.

CSFFBY: مصرف سوخت‌های فسیلی در ازای هر واحد تولید در صنعت سیمان به تفکیک فرآیند برحسب هزار

کیلوکالری بر تن.

REND : میانگین کارایی نسبی سوخت‌های فسیلی برحسب سطوح مختلف دما نسبت به سطح دمای مرجع که در آن  $EFFPRO=1$  است.

U: ضریبی که تقاضا را برحسب واحد انتخابی کاربر بیان می‌کند.

CSFFCY: شاخصی است که تغییرات در مصرف واحد سوخت‌های فسیلی را در صنعت سیمان نشان می‌دهد.

FFGCPD: تقاضای نهایی انواع سوخت‌های فسیلی در صنعت سیمان.

PARTCB: توزیع (سهام) انرژی مفید مورد نیاز برحسب انواع سوخت‌های فسیلی در سالهای مورد پیش‌بینی.

EFCBBY: کارایی مصرف نهایی سوخت‌های فسیلی نسبت به برق برای یک دمای خاص. این سوخت‌ها شامل زغال‌سنگ، نفت کوره، نفت گاز، گاز مایع، نفت سفید و گاز طبیعی است.

EFCBCY: شاخص (بیان‌کننده) تغییرات در میانگین کارایی سوخت‌های فسیلی برای مصارف گرمایی. (سال پایه برابر یک است و سال ۱۳۷۹ به عنوان سال پایه لحاظ شده است).

FFGC: کل تقاضای نهایی برای سوخت‌های فسیلی جهت مصارف گرمایی صنعت سیمان.

FINGC: کل تقاضا برای انرژی به عنوان سوخت در صنعت سیمان.

**اجرای مدل و برآورد تقاضای بلندمدت انرژی در صنعت سیمان**

به منظور تخمین تقاضای بلندمدت انرژی در صنعت سیمان، مقادیر مربوط به متغیرهای ثابت، برون‌زا و سناریو در سال پایه و سال‌های پیش‌بینی محاسبه و در جداول زیر منعکس شده است. متغیرهای سناریو در برخی قسمت‌ها به صورت شاخص بیان می‌شوند و برای سال پایه معادل واحد لحاظ می‌گردد.

**جدول ۱: مقادیر متغیرهای ثابت در صنعت سیمان در سال پایه [۶ الی ۱۴]**

مقدار	شرح	متغیر
۱۱۰۷/۴	شدت مصرف سوخت‌های فسیلی (میلیون کالری بر تن)	CSFFBY

جدول ۲: ساختار مصرف نهایی سوخت‌های فسیلی برای مصارف گرمایی در صنعت سیمان در سال پایه [۱۲ و ۱۳]

نفت گاز	نفت کوره	نفت سفید	گاز مایع	گاز طبیعی
۰/۰۲۳	۰/۷۳۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۲۳۹

جدول ۳: قیمت انرژی در سال پایه در صنعت سیمان [۱۲، ۱۵، ۱۶ و ۱۷]

مقدار	حامل	متغیر
۳۳۰۲/۲۸۱	نفت گاز	PRIND (بر حسب ریال بر گیگا کالری)
۱۶۲۱/۵۹۷	نفت کوره	
۳۴۶۷/۲۲۰	نفت سفید	
۲۵۸۳/۷۱۱	گاز مایع	
۴۸۷۰/۴۴۶	گاز طبیعی	
۵۸/۶	برق	PRINEL (ریال بر کیلووات ساعت)

جدول ۴: متغیرهای برون‌زا در صنعت سیمان [۱۶، ۱۵، ۱۰ و ۱۷]

مقدار	شرح	متغیر
۱۲۰	مصرف واحد الکتریسته (kWh/ton)	CSEL

جدول ۵: متغیرهای سناریوی صنعت سیمان [۶ الی ۲۰]

سال			شرح	متغیر
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴		
۱/۶	۱/۴	۱/۲	تغییرات در شاخص کارایی سوخت های فسیلی	EFCBCY
۲۴۴/۹	۳۹/۶	۶/۴	شاخص تحولات قیمت نفت گاز	PRINCY2
۲۶۲/۱	۴۲/۳	۶/۴	شاخص تحولات قیمت نفت کوره	PRINCY3
۲۴۴/۹	۳۹/۶	۶/۴	شاخص تحولات قیمت نفت سفید	PRINCY4
۸۷/۸	۱۴/۲	۲/۳	شاخص تحولات قیمت گاز مایع	PRINCY5
۲۳۴/۷	۳۷/۹۱	۶/۱	شاخص تحولات قیمت گاز طبیعی	PRINCY6
۱۳۹/۶	۲۲/۵	۳/۶	شاخص تحولات قیمت برق	PELICY
۱۱۲/۶	۶۰/۶	۳۲/۶	تولید سالانه سیمان (mton)	PDIGCE

در محاسبه مقادیر مربوط به متغیرهای سناریوی صنعت سیمان، مواردی لحاظ شده است که در زیر مطرح می شود.

ارقام مربوط به قیمت نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز مایع، گاز طبیعی و برق تا سال ۱۳۸۸، قیمت های تحقق یافته می باشند. فرض شده است قیمت این سه حامل انرژی پس از سال ۱۳۸۸ به طور متوسط با نرخ بیست درصد افزایش یابد.

آمار مربوط به تولید سیمان تا سال ۱۳۸۷، آمار تحقق یافته است. مقدار تولید این محصولات در سال های ۱۴۰۴ - ۱۳۸۸ با اخذ نظرات کارشناسان وزارت صنایع، تعیین شده است.

مقدار تقاضای حامل های انرژی در صنعت سیمان در سال های پیش بینی بر اساس نتایج حاصل از اجرای مدل ارزیابی تقاضای انرژی، به دین شرح است:

جدول ۶: مصرف حامل‌های انرژی در صنعت سیمان (واحد MBOE)

سال			شرح
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۶/۹	۳/۷	۲	برق
۶۲/۶	۳۸/۶	۲۴/۲	سوخت‌های فسیلی
۶۹/۵	۴۲/۳	۲۶/۲	جمع مصرف انرژی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ملاحظه می‌شود که مصرف انرژی در صنعت سیمان بسیار زیاد است و در عین حال از یک رشد شتابان برخوردار است. در مجموع تقاضای انرژی در صنعت سیمان در دوره مورد مطالعه به طور متوسط از رشدی نزدیک به ۸/۳ درصد برخوردار است. در صنعت سیمان در دوره ۲۰ ساله مورد بررسی، میانگین نرخ رشد مصرف الکتریسیته نزدیک به ۱۲/۳ درصد و میانگین نرخ رشد مصرف سوخت‌های فسیلی بالغ بر ۷/۹ درصد است.

اشاره شد که در این دوره متوسط رشد مصرف انرژی در صنعت سیمان بالغ بر ۸ درصد است. از طرفی کشور ایران سرشار از ذخایر انرژی است. بازار رو به رشد مصرف داخلی در کنار ذخایر عظیم شناخته شده انرژی و از همه مهم‌تر نیروی کار ارزان و ویژگی‌هایی است که صنعت سیمان کشور از آن برخوردار است و به عنوان مزیت‌های نسبی کشور ایران در این صنعت قلمداد می‌شود. ویژگی‌های مزبور برای توسعه صنعت سیمان ایران بسیار حائز اهمیت است. مزایای نسبی فوق فرصت‌هایی را برای صنعت سیمان ایران ایجاد می‌کند که بتواند نقش خود را در اقتصاد ملی و بازارهای منطقه‌ای ایفا نماید. بنابراین، انتظار می‌رود در آینده تولید محصولات سیمان در کشور سریعاً افزایش یابد و در نتیجه مصرف انرژی این بخش با نرخ بالایی رشد کند. در نظر گرفتن این موضوع در برنامه‌ریزی‌های جامع بخش انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

#### آثار نوسازی صنایع و بهبود فن‌آوری تولید بر مصرف انرژی در صنعت سیمان

فن‌آوری مورد استفاده در تولید کالاها و خدمات در صنعت سیمان، یکی از عوامل فنی مؤثر بر مصرف انرژی در این صنعت است. پیشرفت فن‌آوری تولیدی در صنعت سیمان، مصرف واحد را کاهش می‌دهد و به کاهش مصرف انرژی در این صنعت



می‌انجامد. بهبود فن‌آوری در صنعت سیمان بعضی از متغیرهای برون‌زا و سناریو را در این صنعت تحت تأثیر قرار می‌دهد و از آن طریق، مصرف انرژی آن را متأثر می‌سازد. با فرض اینکه در دوره مورد مطالعه، فن‌آوری تولید در صنعت سیمان به میزان پنج درصد در طی هر ده سال بهبود یابد، مقادیر کمی متغیر برون‌زای مصرف واحد الکتریسیته (CSEL) و همین‌طور متغیر سناریوی شاخص تغییرات در مصرف واحد سوخت‌های فسیلی (CSFFCY) در صنعت سیمان به شرح جدول زیر تغییر خواهند کرد.

جدول ۷: بهبود فن‌آوری و تحولات متغیرهای برون‌زا و سناریو در صنعت سیمان (kWh/ton)

مقدار در سناریوی جدید			متغیر
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۸۵/۸	۹۰/۷	۹۵/۶	CSEL
۰/۸۷۵	۰/۹۲۵	۰/۹۷۵	CSFFCY

تغییر در متغیرهای برون‌زا و سناریوی فوق، باعث می‌شود مصرف در صنعت سیمان به شرح جدول زیر تغییر یابد.

جدول ۸: آثار پیشرفت فن‌آوری بر مصرف انرژی در زیربخش سیمان (MBOE)

سناریوی پایه			شرح
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۶/۹	۳/۷	۲	الکتریسیته
۶۲/۶	۳۸/۶	۲۴/۲	سوخت‌های فسیلی
۶۹/۵	۴۲/۳	۲۶/۲	جمع
سناریوی جدید			شرح
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۶/۱	۳/۵	۱/۹۶	الکتریسیته
۵۴/۸	۳۵/۷	۲۳/۶	سوخت‌های فسیلی
۶۰/۹	۳۹/۲	۲۵/۵۶	جمع

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برآوردهای فوق نشان می‌دهد، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نهایی به عنوان سوخت در صنعت سیمان در نتیجه پیشرفت

فن‌آوری تولید در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ به ترتیب ۰/۶۴، ۳/۱ و ۸/۶ میلیون بشکه نفت خام معادل است. به عبارت دیگر برآورد می‌شود که میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی نهایی به عنوان سوخت در این صنعت در سال‌های فوق‌الذکر به ترتیب ۲/۴، ۷/۳ و ۱۲/۴ درصد باشد.

### آثار سیاست مهار نرخ بیکاری یا رشد شتابان اقتصاد بر مصرف انرژی در صنعت سیمان

در حال حاضر نرخ بیکاری در کشور دو رقمی است که این موضوع مطلوب نیست. از سوی دیگر با توجه به این که هر سال تعداد قابل توجهی افراد جویای کار وارد بازار کار می‌شوند، اگر نرخ رشد اقتصاد بالا نرود، بیم آن می‌رود که بر نرخ بیکاری در کشور افزوده شود. به همین سبب و جهت ارتقاء جایگاه کشور و مطرح ساختن آن به عنوان قدرت اول اقتصادی منطقه در سند چشم‌انداز بیست ساله، نرخ رشد هفت درصدی برای اقتصاد کشور ترسیم شده است. با فرض این که صنعت سیمان نیز در طول این دوره همین نرخ رشد را تجربه نماید، تقاضا برای انرژی در این صنعت بالا خواهد رفت که در این قسمت مقاله به آن پرداخته می‌شود. با فرض این که در دوره مورد مطالعه، نرخ رشد تولید در صنعت سیمان به میزان هفت درصد باشد، مقدار کمی متغیر سناریوی تولید سالانه سیمان (PDIGCE) در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ به ترتیب به ۳۳/۵، ۶۵/۹ و ۱۲۹/۶ میلیون تن خواهد رسید. این تغییر در تولید سیمان بر مصرف انرژی این بخش تأثیرگذار است. میزان این تأثیرگذاری در جدول زیر منعکس شده است.

جدول ۹: آثار سیاست مهار نرخ بیکاری بر مصرف انرژی در صنعت سیمان (MBOE)

سناریوی پایه			شرح
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۶/۹	۳/۷	۲	برق
۶۲/۶	۳۸/۶	۲۴/۲	سوخته‌های فسیلی
۶۹/۵	۴۲/۳	۲۶/۲	کل مصرف انرژی
سناریوی جدید			شرح
۱۴۰۴	۱۳۹۴	۱۳۸۴	
۸	۴/۱	۲/۱	برق
۷۲/۱	۴۱/۹	۲۴/۹	سوخته‌های فسیلی
۸۰/۱	۴۶	۲۷	کل مصرف انرژی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## نتیجه گیری

ملاحظه نتایج حاصل از اجرای مدل ارزیابی تقاضای انرژی گویای آن است که مجموع مصرف حامل های انرژی در صنعت سیمان در سال های ۱۳۸۴، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ به ترتیب معادل ۲۶/۲، ۴۲/۳ و ۶۹/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد بود. به عبارت دیگر تقاضای انرژی در این بخش در مجموع در دوره بیست ساله مورد مطالعه به طور متوسط از رشدی نزدیک به ۸/۳ درصد برخوردار گردد.

نتایج مدل همچنین نشان دهنده آن است پتانسیل صرفه جویی در مصرف انرژی نهایی در صنعت سیمان در نتیجه پیشرفت فن آوری تولید در سال های ۱۳۸۴، ۱۳۹۴ و ۱۴۰۴ به ترتیب ۲/۴، ۷/۳ و ۱۲/۴ درصد است. به عبارت دیگر برآورد می شود که میزان صرفه جویی در مصرف انرژی نهایی در این صنعت در سال های فوق الذکر به ترتیب ۰/۶۴، ۳/۱ و ۸/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام باشد. از این رو، اجرای برنامه های بهینه سازی انرژی در این صنعت از اولویت برخوردار است و پتانسیل های صرفه جویی مصرف انرژی آن بسیار قابل ملاحظه است. بنابراین پیشنهاد می شود که سازمان های فعال در موضوع صرفه جویی و بهره وری انرژی مانند سازمان بهره وری انرژی، دفتر بهینه سازی مصرف انرژی و سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، این اولویت بندی را در طراحی برنامه های کاری خود مدنظر قرار دهند و روی این صنعت و سایر صنایعی که مصرف انرژی زیادی دارند، تمرکز بیشتری داشته باشند.

## منابع

- [۱] سهیلی، کیومرث، تقاضای انرژی « نظریه ها، مدل ها و الگوهای کاربردی برای ایران»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه رازی، کرمانشاه، ۱۳۸۷.
- [2] United Nation. (1995). "Sectoral Energy Demand Analysis and Long-term Forecast". Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE-E), New York.
- [3] United Nation. (1996). "Economic Sustainability and Environmental Betterment Through Energy Saving and Fuel Switching in Developing Countries". Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE-E), New York.
- [4] United Nation. (1995). "Training Material on Energy – Environment Studies in Asia", Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE – E), New York.
- [5] United Nation. (1996). "Methodological Manual DBA – VOID", Programme for Asian Cooperation on Energy and Environment (PACE-E), New York.

- [۶] اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه سال‌های مختلف، تهران.
- [۷] اداره حساب‌های اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. حساب‌های ملی ایران سال‌های مختلف، تهران.
- [۸] مرکز آمار ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سالنامه آماری کشور سال‌های مختلف، تهران.
- [۹] اداره کل آمار و اطلاع‌رسانی، معاونت توسعه صنعتی، وزارت صنایع و معادن (۱۳۸۴)، عملکرد تفصیلی سال ۱۳۸۲ وزارت صنایع و معادن، تهران.
- [۱۰] دفتر آمار و اطلاع‌رسانی، معاونت برنامه‌ریزی، توسعه و فناوری، وزارت صنایع و معادن، (۱۳۸۴)، خلاصه عملکرد سال ۱۳۸۳ وزارت صنایع و معادن، تهران.
- [۱۱] مرکز آمار ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی سال‌های مختلف، تهران.
- [۱۲] دفتر برنامه‌ریزی انرژی، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال‌های مختلف.
- [۱۳] مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، (۱۳۷۸)، وضعیت تأمین و مصرف فرآورده‌های نفتی ماه‌های مختلف ۱۳۷۷. تهران.
- [۱۴] مرکز آمار ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سالنامه آماری کشور سال‌های مختلف. تهران.
- [۱۵] گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع‌رسانی، معاونت برنامه‌ریزی، سازمان مدیریت توانیر، معاونت امور برق، وزارت نیرو، آمار تفصیلی صنعت برق ایران سال‌های مختلف، تهران.
- [۱۶] گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع‌رسانی، معاونت برنامه‌ریزی، سازمان مدیریت توانیر، معاونت امور برق، وزارت نیرو، (۱۳۸۴)، "سی و هشت سال صنعت برق ایران در آینه آمار (۱۳۸۳-۱۳۴۶)"، تهران.
- [۱۷] گروه تحلیل و انتشار آمار، مرکز اطلاع‌رسانی، معاونت برنامه‌ریزی، سازمان مدیریت توانیر، معاونت امور برق، وزارت نیرو، صنعت برق ایران سال‌های مختلف، تهران.
- [۱۸] سازمان برنامه و بودجه، (۱۳۷۸)، سند برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۳-۱۳۷۹): پیوست شماره ۲ لایحه برنامه (جلد اول و دوم)، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، چاپ اول، تهران.
- [۱۹] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (۱۳۷۹)، قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۷۹-۱۳۸۳)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، چاپ دوم.
- [۲۰] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، راهکارهای اجرایی برنامه سوم توسعه، تهران.