

# تاثیر میزان اثرگذاری اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در مصرف انرژی

## یک ساختمان نمونه

علی خواجه مبارکه<sup>(۱)</sup>، امین ذوالفقاری<sup>(۲)</sup>

[zolfaghari@mabnaco.ir](mailto:zolfaghari@mabnaco.ir)

### چکیده

در این مقاله تاثیر اجرای راهکارهای صرفه‌جویی مرتبط با الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در ساختمان مرکزی شرکت ملی گاز ایران مورد بررسی قرار گرفته است. این ساختمان در ۲۱ طبقه ساخته شده است و در مجموع دارای زیربنایی برابر  $23,600 \text{ m}^2$  می‌باشد. بررسی قبض‌های مصرف انرژی، نتایج اندازه‌گیری و شبیه‌سازی حرارتی ساختمان نشان‌دهنده تلفات بالای حرارتی در این مجموعه می‌باشد. بر اثر ارتفاع زیاد ساختمان تلفات نفوذ هوا در حدود ۳۴٪ از بار حرارتی ساختمان را به خود اختصاص داده است. به علاوه پوسته خارجی نامناسب ساختمان نیز سبب گردیده که سقف ساختمان ۴٪، پنجره‌ها ۴٪، دیوارهای خارجی ۳۹٪، کف ساختمان ۶٪ و دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده ۱۰٪ از هدررفت انرژی را به خود اختصاص دهند. در این میان فاصله هوایی زیاد مابین نمای فایبرگلاس ساختمان و هسته دیوار سبب جریان شدید هوا و افزایش شدید ضریب انتقال حرارت گردیده است که تلفات حرارتی بالای دیوار خارجی را در پی داشته است. اجرای راهکارهای صرفه‌جویی انرژی نقش مهمی در کاهش تلفات حرارتی مجموعه ایفا می‌نماید. بخش عمده‌ای از این راهکارها شامل الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان است که به اصلاح پوسته خارجی ساختمان می‌پردازد. بررسی‌های مختلف و نتایج محاسبات نشان می‌دهد که تنها اجرای الزامات مبحث ۱۹ در بخش پوسته خارجی، منجر به بیش از ۷٪ کاهش در مصرف انرژی گرمایشی و بیش از ۸٪ کاهش در انرژی سرمایشی مجموعه می‌گردد. این راهکارها شامل عایق‌کاری و اصلاح دیوارهای خارجی ساختمان، عایق‌کاری سقف، عایق‌کاری کف و عایق‌کاری دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده می‌باشند که به ترتیب ۱۲٪، ۱۱٪، ۵٪ و ۱۱٪ کاهش در کل مصرف گاز ساختمان (گرمایشی و سرمایشی) را در پی دارند. این میزان کاهش مصرف، صرفه‌جویی مالی نزدیک به ۵۰ میلیون ریال در سال در هزینه‌های ساختمان و نزدیک به ۳۵۰ میلیون ریال در هزینه‌های ملی را در پی خواهد داشت.

واژگان کلیدی:

ممیزی انرژی، راهکار صرفه‌جویی، مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، پوسته خارجی، نفوذ هوا، عایق‌کاری

## ۱- معرفی ساختمان

ساختمان شرکت ملی گاز ایران در مرکز پایتخت، حوالی میدان هفت تیر واقع شده است. ساختمان در مجموع دارای ۲۱ طبقه است که از این تعداد ۱۶ طبقه واحدهای اداری بوده و ۵ طبقه دیگر جز فضای زیرزمین محسوب می‌شوند. گستردگی ساختمان بیشتر در جهت شرقی- غربی بوده و ورودی اصلی رو به غرب است. شکل ساختمان به صورت مستطیل و با ابعاد تقریبی ۳۵ m\*۴۰ متر و ارتفاع ۲/۸m برای هر طبقه می‌باشد. زیربنای کل هر طبقه تقریباً برابر ۱۴۰۰m<sup>2</sup> می‌باشد که از این فضا سرویس‌های بهداشتی، آسانسورها و خروجی‌های اضطراری فضای کنترل نشده محسوب شده و باقی قسمت‌ها دارای سیستم تهویه می‌باشند. زمان تحویل ساختمان سال ۱۳۸۲ بوده و از این نظر جز ساختمان‌های نوساز قلمداد می‌گردد.

نماهای شمالی، جنوبی و غربی ساختمان یکسان بوده و نمای شرقی متفاوت با نماهای دیگر ساخته شده است. در تمام نماها فاصله بین نمای فایبرگلاس و هسته اصلی دیوار کاملاً باز است که سبب جریان یافتن هوا و افزایش انتقال حرارت می‌گردد. ساختمان در تمامی اضلاع به جز ضلع غربی با دیوار مجاور مشترک است، ولی به علت ارتفاع زیاد می‌توان ساختمان را از ۴ طرف باز در نظر گرفت.

تعداد افراد مستقر در ساختمان حدوداً ۱۰۴۰ نفر و ساعات کار کارکنان با در نظر گرفتن اضافه کاری از ۷/۵ صبح تا ۷/۵ بعدازظهر می‌باشد. نگهبانی ساختمان که در طبقه همکف و در ورودی ساختمان قرار دارد دارای چند شیفت کاری پیوسته بوده و به صورت شبانه‌روزی در ساختمان حضور دارند.

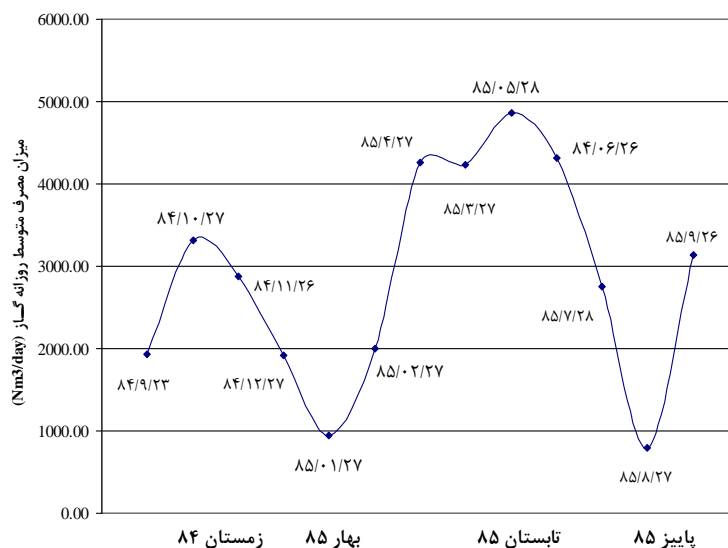
جدول ۱ به ذکر مشخصات جداره‌های ساختمان اختصاص یافته است.

جدول ۱- مشخصات پوسته ساختمان (اعداد بر حسب m<sup>2</sup>)

عنوان	شمالی	جنوبی	شرقی	غربی	مجموع
سطح کل جدار خارجی	۱۵۹۰/۴	۱۵۶۸	۱۸۹۹/۲	۱۸۹۹/۲	۶۹۵۷
سطح دیوار خارجی در هر جداره	۱۳۷۸	۱۱۸۳	۱۸۸۶/۱	۱۵۹۸/۱	۶۰۴۶
سطح پنجره در هر جداره	۲۱۲/۱	۳۷۳/۷	۱۳/۲	۲۷۸/۶	۸۷۷/۵
سطح دیوارهای در تماس با فضای کنترل نشده	۲۲۴	-	۴۷۴/۹	۳۰۴/۶	۱۰۰۳/۵
درهای خروجی	۱۴۶/۱ (چوبی)	۱۰/۹ فلزی	۳۵۶/۶ در داخلی (چوبی)	۷۹ در داخلی (چوبی)	۵۹۲/۶

گرمایش ساختمان توسط سه دستگاه دیگ بخار هریک به ظرفیت تولید بخار برابر ۶۱۷۰ lb/hr تامین می‌گردد. سوخت مصرفی مشعل‌ها در حال حاضر گاز طبیعی می‌باشد. دیگ‌ها به صورت موازی عمل نموده و با توجه به فشار هدر بخار (Steam header) به تعداد مورد نیاز به کار می‌افتند.

سرمایش ساختمان نیز توسط سیستم‌های مرکزی تامین شده و در این کنار از تجهیزات مستقل سرمایشی نیز در مواردی استفاده می‌گردد. سیستم مرکزی سرمایش در ساختمان شرکت ملی گاز دارای دو دستگاه چیلر به عنوان قلب سیستم سرمایش می‌باشد. این چیلرها از نوع جذبی با سیال عامل آب و جاذب لیتیم برماید بوده و ساخت کارخانه YORK می‌باشند. چیلرها از نوع یک مرحله‌ای (Single Effect) بوده و از بخار تولیدی بویلرها به عنوان منبع حرارتی استفاده می‌کنند (Steam Absorption Chillers). چیلر شماره یک دارای ظرفیت سرمایشی معادل ۴۱۰ ton (تن تبرید) است و تناژ سرمایی چیلر شماره دو، برابر ۴۴۰ ton می‌باشد. نیاز بخار چیلرها به حدی است که در فصول گرم سال هر سه دستگاه بویلر روشن بوده و در حال کارند، در حالیکه در فصول سرد تنها از دو دستگاه استفاده شده و یک بویلر از مدار خارج است. این امر سبب گردیده که مصرف گاز طبیعی ساختمان در فصول گرم نسبت به فصول سرد بیشتر شود که در نمودار ۱ به خوبی نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار تغییرات مصرف گاز ساختمان طی ایام مختلف سال

## ۲- وضعیت مصرف انرژی ساختمان

با توجه به این مطلب که سیستم سرمایشی ساختمان دارای چیلرهای جذبی با منبع حرارتی بخار می‌باشد، حامل انرژی اصلی در این ساختمان گاز طبیعی بوده و برق در جایگاه بعدی قرار دارد. مطابق قبض‌های مصرفی برق و گاز، مصرف انرژی ساختمان در مدت یکسال قرار زیر بوده است.

➤ مصرف متوسط گاز در مدت یکسال: ۱,۰۴۲,۲۱۴ مترمکعب

➤ مصرف متوسط برق در مدت یکسال: ۴,۱۵۳,۷۵۴ کیلووات-ساعت

مقدار متوسط مصرف سالیانه گاز ساختمان با توجه به جمع‌بندی آمار سه ساله مصرف برابر  $1,042,214 \text{ m}^3$  می‌باشد که با توجه به سطح زیربنای ساختمان مقدار نسبت انرژی سوخت مصرفی را تقریباً برابر  $424/7 \text{ kWh/m}^2$  به دست می‌دهد. مقدار برق مصرفی ساختمان نیز تقریباً  $4,153,754 \text{ kWh}$  در سال می‌باشد که به روش مشابه مقدار نسبت انرژی را برای برق مصرفی در حدود  $174/5 \text{ kWh/m}^2$  برآورد کرده و در مجموع نشان‌دهنده مقدار  $599/3 \text{ kWh/m}^2$  برای کل نسبت انرژی مصرفی سالیانه ساختمان می‌باشد. به این ترتیب آمار و استانداردهای منتشر شده از سوی وزارت نیرو، عملکرد سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی در ساختمان شرکت گاز را تقریباً به کلی غیر کارا برآورد نموده و اجرای فعالیتهای ممیزی انرژی در مجموعه را الزامی می‌داند [1].

جدول ۲- میزان مصرف سالیانه سوخت در بخش‌های مختلف ساختمان

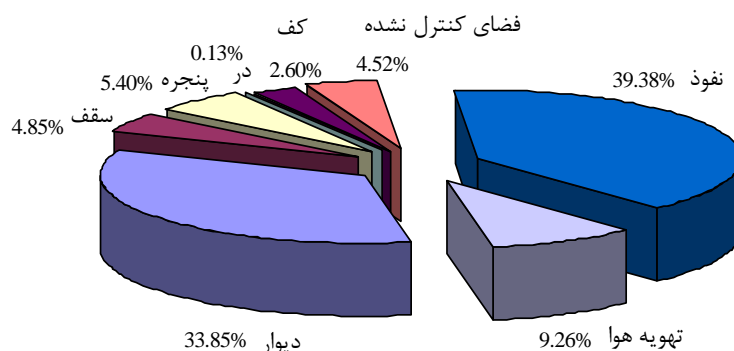
کل سوخت مصرفی	آشپزی	آب گرم مصرفی	سرمايش	گرمايش	
۱,۰۴۲,۲۱۴	۱۴۵,۹۱۰	۱۴۵,۹۱۰	۵۳۱,۵۲۹	۲۱۸,۸۶۵	میزان مصرف گاز (Nm <sup>3</sup> /year)
۱۰۰	۱۴	۱۴	۵۱	۲۱	درصد از کل

همچنین بررسی پوسته خارجی ساختمان مشخص می‌نماید که ساختمان شرکت ملی گاز به هیچ‌وجه الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان را برآورده نساخته که درصد زیادی از تلفات انرژی مجموعه از آن ناشی می‌گردد [2]. جدول ۳- حاوی نتایج بررسی پوسته خارجی ساختمان و مقایسه ضرایب بار جداره در حالت موجود و حالت استاندارد می‌باشد. به علاوه میزان نفوذ هوای ساختمان از طریق تست گاز ردیاب دی‌اکسید کربن) در چندین اتاق نمونه و سپس تعمیم آن به کل فضا اندازه‌گیری شده است [3]. در این مورد نیز میزان نفوذ هوا با میزان استاندارد از لحاظ مبحث ۱۹ مقایسه گردیده و نتایج آن در جدول ۳- آورده شده است [2] و [4].

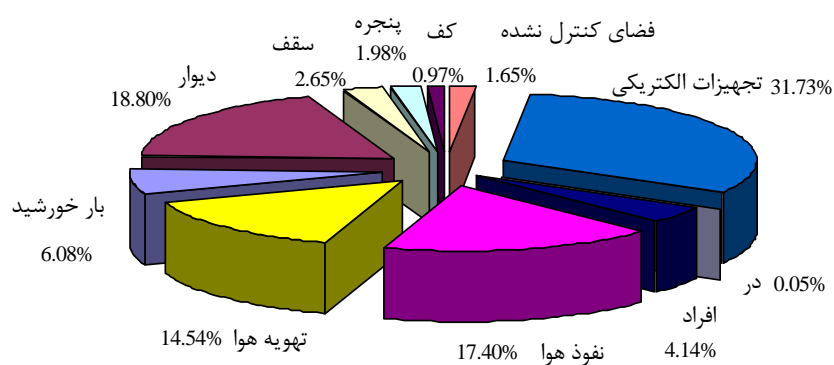
جدول ۳- مقایسه بین ضریب بار واقعی و ضریب بار مبحث نوزدهم (اعداد برحسب W/K)

ضریب بار جداره	ضریب بار هوای نفوذی	ضریب بار کل	
۳۷,۱۲۳	۱۹,۱۲۷	۵۶,۲۵۰	وضعیت موجود
۱۵,۳۹۲	۱۴,۴۵۸	۲۹,۸۵۰	وضعیت مطابق با مبحث نوزدهم

شبیه‌سازی حرارتی ساختمان نشان‌دهنده سهم هریک از اجزا در تلفات انرژی کل مجموعه می‌باشد. نتایج این محاسبات در نمودارهای ۳ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- سهم اجزای مختلف در تلفات حرارتی ساختمان



شکل ۳- سهم اجزای مختلف در تلفات سرمایشی ساختمان

### ۳- وضعیت مصرف انرژی ساختمان

رعایت الزامات مبحث ۱۹ در ساخت این ساختمان می‌توانست تا حد زیادی در کاهش مصرف انرژی مجموعه کمک نماید. با این وجود اجرای این الزامات پس از ساخت ساختمان مستلزم هزینه‌های بیشتری بوده و از اثربخشی کمتری برخوردار می‌گردد.

این راهکارها را می‌توان به دو بخش راهکارهای اصلاح پوسته خارجی و اصلاح سیستم تاسیساتی تقسیم نمود. از آنجا که در زمینه تاسیسات ساختمان، الزامات مبحث ۱۹ بیشتر حالت کلی‌گویی داشته و به صورت پیشنهادی در آمده است، این مقاله به ذکر میزان صرفه‌جویی حاصل از اجرای راهکارها در بخش پوسته خارجی اختصاص یافته است [2].

این موارد شامل راهکارهایی می‌گردد که اجرای آن‌ها در نهایت سبب می‌گردد که ساختمان مذکور الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان را رعایت نموده و استاندارد داخلی را پوشش دهد. در این رابطه می‌توان به این موارد اشاره نمود:

#### ➤ عایق‌کاری دیوار خارجی

به این منظور علاوه بر پوشاندن اطراف فاصله هوایی موجود میان نمای خارجی و هسته دیوار و جلوگیری از کوران هوا، از یک لایه عایق پشم‌شیشه به چگالی  $50 \text{ kg/m}^3$  و به ضخامت  $20 \text{ mm}$  جهت عایق‌کاری دیوارهای خارجی از سمت داخل ساختمان استفاده شده است [5].

#### ➤ عایق‌کاری دیوارهای مجاور فضای کنترل‌نشده

فضاهای کنترل‌نشده در ساختمان شرکت گاز شامل فضای سرویس‌های بهداشتی و آسانسورها می‌باشد. جهت عایق‌کاری این قسمت نیز همانند قبل از عایق پشم‌شیشه به چگالی  $50 \text{ kg/m}^3$  و به ضخامت  $20 \text{ mm}$  استفاده شده است.

#### ➤ عایق‌کاری سقف نهایی

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که با وجود عایق‌کاری دیوار خارجی و دیوارهای مجاور فضای کنترل‌نشده، ساختمان همچنان الزامات مبحث ۱۹ را رعایت نکرده و اقدامات بیشتری در این رابطه بایستی صورت گیرد. به این منظور لایه عایق حرارتی از جنس عایق یونولیت با چگالی  $40 \text{ kg/m}^2$  و به ضخامت  $40 \text{ mm}$  جهت عایق‌کاری سقف از سمت داخل در نظر گرفته شده است.

#### ➤ عایق‌کاری کف

کف طبقه همکف ساختمان بر روی فضای پارکینگ‌ها قرار گرفته و به عنوان کف روی فضای کنترل‌نشده به حساب می‌آید. در مورد کف ساختمان استفاده از عایق پلی‌استایرن با فشردگی  $40 \text{ kg/m}^3$  سبب کاهش ضریب انتقال حرارت کف از  $2/42 \text{ W/m}^2\text{K}$  به  $1/87 \text{ W/m}^2\text{K}$  می‌گردد.

#### ➤ درزبندی در و پنجره‌ها

از نمودارهای ۲ و ۳ برمی‌آید که تلفات انرژی ناشی از نفوذ هوای ساختمان به بیرون (Exfiltration) سهم مهمی از تلفات انرژی مجموعه را به خود اختصاص داده است. میزان نفوذ هوا در شرایط موجود با استفاده از تست گاز ردیاب اندازه‌گیری شده است. بر اساس نتایج اندازه‌گیری نرخ تعویض هوای ساختمان برابر  $\text{ACH}=0.9$  محاسبه شده است که نسبت به شرایط استاندارد مبحث ۱۹ بیش از  $140\%$  انحراف دارد. براین اساس و با توجه به نیاز افراد ساکن در ساختمان به هوای تازه، می‌توان نسبت به درزبندی در و پنجره‌ها تا حد ممکن اقدام نمود که سهم مهمی در کاهش تلفات حرارتی مجموعه ایفا می‌نماید [4].

در نهایت اجرای این راهکارها سبب می‌گردد که ساختمان الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان را رعایت نماید. به این ترتیب اجرای تمامی این راهکارها سبب می‌گردد که مصرف گاز طبیعی ساختمان تا بیش از ۱۸٪ کاهش یابد. نتایج محاسبات در جداول ۴ و ۵ آورده شده است.

جدول ۴- نتایج اجرای الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بر کاهش انرژی مصرفی گرمایشی و سرمایشی

کاهش در انرژی مصرفی (%)			راهکار صرفه‌جویی
مجموع	سرمایشی	گرمایشی	
۱۲	۱۲/۶	۲۵/۹	عایق کاری دیوار خارجی
۱/۸	۱/۹	۳/۹	عایق کاری دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده
۱/۱	۱/۱۲	۲/۳	عایق کاری سقف
۰/۵	۰/۶	۱/۲	عایق کاری کف
۳/۱	۳/۹	۵/۳	درزبندی در و پنجره‌ها

جدول ۵- نتایج اجرای الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بر کاهش انرژی مصرفی ساختمان

۱۹۲،۹۷۲	مجموع کاهش در گاز مصرفی ساختمان (Nm <sup>3</sup> / year)
۱۸/۵	درصد صرفه‌جویی در کل گاز مصرفی (%)
۲۳،۰۰۰،۰۰۰	میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های ساختمان (rial/year)
۱۷۳،۰۰۰،۰۰۰	میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های ملی (rial/year)
۱،۴۹۴،۰۰۰،۰۰۰	مجموع هزینه اجرای راهکارها (rial)
۹	زمان بازگشت سرمایه (year)

در محاسبه میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های ساختمان مبنای ارزش‌گذاری سوخت مصرفی، قیمت داخلی بوده و به همین ترتیب در مورد میزان صرفه‌جویی ملی از قیمت‌های بین‌المللی برای محاسبه میزان صرفه‌جویی استفاده شده است [6]. هزینه اجرای راهکارها نیز با توجه به ارقام مندرج در فهرست‌بهای سال ۸۵ محاسبه شده است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد که اجرای الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در نهایت کاهش معادل ۱۸/۵٪ در مصرف انرژی مجموعه را به همراه خواهد داشت. به علاوه این کاهش در مصرف انرژی، بهبود شرایط آسایش، افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های جاری ساختمان و کاهش کارکرد تجهیزات تاسیساتی و بالطبع افزایش عمر آن‌ها را نیز به همراه خواهد داشت. محاسبه هزینه‌های اجرای راهکارها نیز با در نظر گرفتن اجرا پس از ساخت ساختمان می‌باشد که شامل هزینه‌های جانبی مانند رنگ‌کاری، سفیدکاری و غیره نیز می‌گردد. در صورت اجرای راهکارهای مذکور پیش از ساخت ساختمان، هزینه‌های اجرا، در مواردی تا ۵۰٪ نیز کاهش یافته و بالطبع زمان بازگشت سرمایه برای ساکنان ساختمان کوتاه‌تر می‌گردد [6]. علاوه بر این کاهش تنها در هزینه‌های جاری ساختمان بوده و دیگر موارد صرفه‌جویی را شامل نمی‌شود. بهبود پوسته خارجی ساختمان با کاهش تلفات انرژی مجموعه سبب کاهش ظرفیت سیستم‌های تهویه مطبوع شده و کاهش هزینه‌های اولیه را نیز در پی دارد. در نهایت اجرای الزامات مبحث ۱۹ در صورتی که پیش از ساخت ساختمان مدنظر قرار گیرد، منجر به کاهش شدید در هزینه‌های جاری ساختمان شده و اجرای آن برای ساکنان ساختمان نیز از صرفه اقتصادی برخوردار خواهد بود.

#### ۵- منابع و مراجع

- [1]: مدیریت مصرف انرژی در بخش ساختمان‌های اداری/ تجاری. وزارت نیرو، سابا
- [2]: مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۸۲
- [3]: تدوین استاندارد ممیزی انرژی در ساختمان، مشاوران بهسازی نوسازی انرژی، ۱۳۸۴
- [4]: مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۸۲
- [5]: جزییات عایق‌کاری حرارتی در ساختمان؛ سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۱
- [6]: فهرست‌بهای ۸۵؛ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور