مقاله

هزینه بلندمدت تأمین برق صنایع انرژی‌بر و تجهیزات کم‌بازده از نگاه ملی

امیر شریف‌یزدی
شرکت برق منطقه‌ای یزد

چکیده

از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ بهای فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی در دنیا حدود ٤ تا ٦ برابر شده و سودآوری صنایع انرژی‌بر نسبت به دیگر فعالیت‌های اقتصادی، بیش از پیش کاهش یافته است. یکی از چالش‌های آتی صنعت برق کشور، برنامه توسعه صنایع بسیار انرژی‌بر آلومینیم و سیمان و صنایع انرژی‌بر پتروشیمی و فولاد و نیز ادامه روند تأمین برق تجهیزات کم‌بازده مانند الکتروموتورهای کشاورزی است. پیش فرض نادرست این برنامه‌ها، وجود منابع ارزان انرژی در کشور است. ولی لحاظ نمودن ارزش واقعی گاز طبیعی برای ایران، محاسبات هزینه انرژی و توان الکتریکی را دگرگون می‌کند. در سال ۲۰۰٦ ارزش صادراتی هر مترمکعب گاز طبیعی و یا ارزش افزوده هر مترمکعب گاز تزریقی به چاه‌های نفت حدود ۲۰۰۰ ریال برآورد شده، از این رو ارزش ملی تأمین هر کیلووات ساعت حدود ۱۲۰۰ ریال است. از سوی دیگر بر مبنای هزینه‌های احداث و نگهداری تأسیسات تولید برق و پالایش گاز، در طول عمر سی ساله تجهیزات، ارزش حال هر کیلووات توان الکتریکی حدود ۵۰۰۰ دلار یعنی ده برابر هزینه اولیه احداث نیروگاه می‌باشد. اهمیت فزاینده آثار تورمی این سرمایه‌گذاری‌های کم‌اشتغال‌زا نیز به جای خود قابل تامل است.

در هر حال منافع ملی عدم توسعه صنایع انرژی‌بر یا بهینه‌سازی مصارف الکتریکی، بسیار پر رنگ‌تر از منافع صنعت برق می‌باشد، از این رو اگر رویکرد ملی برای بررسی و اصلاح روند وجود نداشته باشد، به طریق اولی نمی‌توان از صنعت برق، متقاضیان و مشترکین توقعی داشت. به عنوان نمونه‌ای از فاصله زیاد بازگشت سرمایه، از دیدگاه ملی بازگشت سرمایه روش‌های کم‌هزینه و پرهزینه بهینه‌سازی در حد چند ماه تا یک سال و هزینه آن به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۱۰ مرتبه کمتر از هزینه ظرفیت‌سازی سمت تولید است، اما از دیدگاه مشترکین کشاورزی، بازگشت سرمایه ۲۰ سال خواهد بود. پتانسیل بهینه‌سازی متناسب با ۲۵درصد مصرف برق کشور، حدود ده هزار مگاوات ظرفیت نیروگاه و ۷۵ میلیون مترمکعب گاز در روز، ظرفیت پالایشگاه می‌باشد.

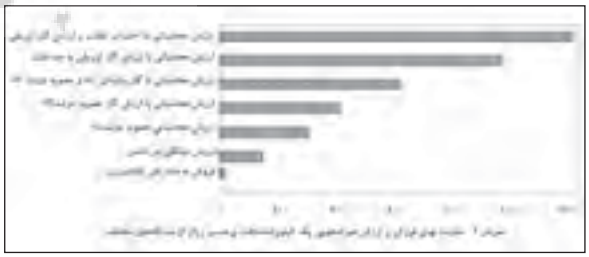
۱ – مقدمه

تغییر هزینه و ارزش حامل‌های انرژی، قابل ملاحظه است، از این رو تجدید محاسبات ادواری هزینه تمام شده و نیز ارزش صرفه‌جویی، ضرورت دارد.

سهم سوخت از هزینه تمام شده تولید و تحویل انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های حرارتی، حدود ۶۰درصد کل هزینه‌های مرتبط، در طول عمر نیروگاه می‌باشد اما با یارانه‌های متعددی که در ایران طی مراحل مختلف و بدون توجه به ارزش ذاتی گاز به سوخت نیروگاهی داده می‌شود، سهم سوخت گاز طبیعی از هزینه برق تا پایان سال ۱۳۸۵ حدود ۱۰ ریال از ۳۱۰ ریال و یا حدود ۳درصد بوده است. از این رو تعیین ارزش صرفه‌جویی مصرف گاز به عنوان سرمایه ملی، نیازمند محاسبات از دید ملی و نه صرفاً از منظر صنعت برق می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله ارزش حال تحویل یا صرفه‌جویی یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی و یک کیلووات توان الکتریکی در سمت مصرف محاسبه شده است.

۲ – ارزش گاز طبیعی

تا پایان سال ۱۳۸۵ گاز با بهای نزدیک به رایگان حدود ۳۰ ریال به شرکت‌های تولید برق، تحویل شده، از این رو در محاسبه هزینه‌های جاری نیروگاه و همچنین از نظر محاسبات امکان‌سنجی نیروگاه‌های آینده، بهای سوخت به عنوان کم‌اهمیت‌ترین پارامتر لحاظ شده است.



رتبه دوم کشور در دنیا از نظر میزان ذخایر گاز طبیعی، شبهه عدم محدودیت در مصرف گاز طبیعی را القا نموده است. حتی در محاسبات جایگزینی سوخت‌های دیگر با گاز طبیعی، کل بهای صادراتی سوخت‌های جایگزین شده را به عنوان سود تلقی می‌نمایند. در حالی که هم از نظر هزینه‌های پالایش گاز و هم از نظر ارزش ذاتی و کاربردهای سودآور گاز، محدودیت‌ها و ملاحظات مهم دیگری وجود دارند. یکی از مهمترین این کاربردها در بند ۲–۱ بررسی می‌شود.

۱–۱– ضرورت تزریق گاز به چاه‌های نفت

باتوجه به افت فشار چاه‌های نفت چند سال پس از بهره‌برداری، بر حسب وضعیت میدان، تزریق آب یا گاز طبیعی برای افزایش فشار میادین نفتی صورت می‌گیرد.

عمر بسیاری از میادین نفتی ایران بیش از بیست سال است. این عمر برای میادین نفتی عمر زیادی تلقی می‌شود. هر چه عمر مخزن بیشتر باشد، بازده تولید نفت در میادین کاهش می‌یابد. روند فعلی حاکی از کاهش تولید سالانه ۲۰۰ هزار بشکه نفت در میادین کشور است.

در حال حاضر میانگین بهره‌وری چاه‌های نفت، حدود یک پنجم ابتدای بهره‌برداری از چاه‌ها شده است: امکان برداشت ۱۲۵۰۰ بشکه در روز از هر چاه نفت، به حدود ۲۵۰۰ بشکه در روز کاهش یافته است. به منظور برداشت بهینه از چاه‌های نفت، نیاز به تزریق روزانه حدود ۳۴۰ میلیون مترمکعب گاز به بیش از ۳۰ میدان نفتی کشور می‌باشد. ولی در حال حاضر روزانه حدود ۸۰ میلیون مترمکعب گاز به ۱۲ میدان نفتی تزریق می‌شود. بعد از هر برداشت از یک مخزن نفتی، انرژی این مخزن کاهش پیدا می‌کند و باید بلافاصله به آن گاز کافی تزریق نشود میدان انرژی خود را از دست داده و پس از مدتی نمی‌توان از آن نفت استخراج کرد.

از نظر شاخص‌های عددی، متوسط سرعت کاهش تولید طبیعی نفت در مخازن خشکی کشور، معادل ۹ تا ۱۱ درصد در سال برآورد شده است. به عنوان نمونه توان تولیدی میدان نفت آغاجاری در ابتدای بهره‌برداری خود در حدود یک میلیون بشکه در روز بوده ولی در سال ۸۴ به حدود ۱۴۵ هزار بشکه کاهش یافته است. همچنین تولید صیانتی در مهندسی مخزن نفت، ایجاب می کند برداشت نفت از مخزن متناسب با جریان طبیعی نفت در شکاف‌های مخزن باشد. برداشت بیشتر، موجب هرزروی نفت می‌شود.

به دلایل فوق بسیاری از مهندسین مخزن با افزایش تولید فعلی نفت و به‌ویژه با تزریق گاز متناسب و کم که منجر به کاهش شدید توان تولید آینده می‌شود، مخالفند.

حتی در برخی تحلیل‌ها حیات اقتصادی ایران در گرو تزریق گاز به میادین نفتی تلقی می‌شود، از نظرکلان، باید یک میلیارد مترمکعب گاز، معادل کل تولید مفروض حوزه پارس جنوبی به میادین قدیمی نفت تزریق شود.

در صورت تحقق برنامه تزریق یک میلیارد مترمکعب گاز در روز معادل

۱۰۹۵۰ میلیارد مترمکعب در سی سال، ظرف ۳۰ سال آینده می‌توان از ۷۰ میدان نفتی کشور، ۵۰ میلیارد بکشه نفت بیشتر تولید کرد. با احتساب بهای هر بشکه نفت ۴۰ دلار ارزش این میزان نفت دو هزار میلیارد دلار و با احتساب بشکه‌ای ۵۰ دلار، معادل ۲۵۰۰ میلیارد دلار خواهد بود.

از این رو بر مبنای بهای هر بشکه ۵۰ دلار، ارزش ملی هر مترمکعب گاز حدود ۰/۲۲۸ دلار یا ۲۰۵۵ ریال و در صورت رسیدن بهای نفت به حدود ۱۰۰ دلار در هر بشکه حدود ٤۱۱۰ ریال خواهد بود.

میانگین قیمت‌های جهانی گاز در سرمایه پایان سال ۲۰۰۵ به‌ویژه در اروپا بیشتر از بهای نفت بوده است. در همان زمان هر مترمکعب گاز در بازار عمده فروشی امریکا حدود ۲۵۰۰ ریال داد و ستد شده است به طور خلاصه صرف‌نظر از ارزش تزریقی گاز به چاه‌های نفت، ارزش ذاتی آن نیز به سمت بهای نفت پیش می‌رود.

۱-۲- مقایسه ارزش و بهای گاز طبیعی

با لحاظ نمودن بهای هر بشکه نفت معادل ۵۰ دلار، تزریق گاز به چاه‌های نفت تا دو برابر بهای قدیمی صادرات گاز در سال‌های ۸۳ و ۸٤ (۲۲/۸در مقابل ۱۱ سنت بهای صادراتی به ترکیه) و برابر بهای صادراتی سال ۸۵؛ ۵ برابر ارزش محاسباتی مصوبه دولت برای سال ۸٤ (٤۲۰ ریال معادل نرخ گاز وارداتی)، چند ده برابر میانگین بهای فروش داخلی (۸۰ریال) و حدود ۷۰ برابر بهای تحویل به نیروگاه‌ها تا سال ۱۳۸۵ (۳۰ریال) ارزش افزوده دارد. (پس از تدوین مقاله در سال ۸۵ و از سال ۸٦ هنگام آخرین ویرایش قبل از چاپ، هزینه گاز نیروگاهی در محاسبات دفتری حدود ۷۰۰۰ ریال اعلام شده و آثار مثبت آن در آینده آشکار می‌شود، اما ذکر قیمت قبلی در محاسبات، برای تشریح علل کم‌توجهی هنوز مفید است.)

در نمودار ۱ مقایسه‌ای اجمالی بین نرخ‌های شبه رایگان گاز طبیعی و ارزش افزوده آن از فعالیت نسبتاً ساده تزریق گاز به چاه‌های نفت، و نه تبدیل به کالاهای با چند ده برابر ارزش افزوده، انجام شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، فاصله نرخ فروش و ارزش گاز طبیعی به قدری است که مصرف‌کننده، اهمیت فوق‌العاده بهینه‌سازی مصارف را احساس نمی‌کند.

۳ - مقایسه ارزش ملی و بهای برق تحویلی

حدود ۲/۷ کیلووات ساعت برق، از هر مترمکعب گاز طبیعی تولید می‌شود. با لحاظ نمودن تلفات برق، صرفه‌جویی در مصرف هر کیلووات ساعت، کاهش مصرف حدود یک سوم مترمکعب گاز طبیعی را موجب می‌شود.

همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، ارزش صرفه‌جویی یک کیلووات ساعت برق در ایران، از دیدگاه ملی تا حد ۱۲۰۰ ریال می‌باشد. این عدد ۸ مرتبه بزرگتر از میانگین بهای فروش کشور و حدود ۸۰ برابر بیش از بهای برق مشترکین کشاورزی است. لازم به ذکر است در این محاسبه خسارات زیست‌محیطی و هزینه‌های بهداشتی درمانی حدود ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات ساعت لحاظ نشده است.

از نظر مقایسه یک کشاورز با دیماند ۵۰ کیلووات با فرض استفاده از برق کشاورزی معادل ٦ ماه مستمر در سال، حدود ۳,۲٤۰,۰۰۰ ریال پرداخت می‌کند. در حالی که حدود ۲۵٦ میلیون ریال در سال و بیش از ۲۰ میلیون ریال در ماه یارانه غیرمستقیم دریافت کرده. با هزینه دو ماه این یارانه برای بسیاری از مشترکین کشاورزی، با بهینه‌سازی تجهیزات بهره‌برداری

جدول ۱ مقایسه ارزش صرفه‌جویی سالانه یک کیلووات از دیدگاه‌های مختلف (هزار ریال)

مدت استفاده در طول سال (ماه)	یک	دو	سه	پنج	هفت	دوازده
مدت استفاده در طول سا ل(ساعت)	۷۲۰	۱٤٤۰	۲۱٦۰	۳٦۰۰	۵۰٤۰	۸۷٦۰
فروش به مشترکین کشاورزی	۱۱	۲۲	۳۲	۵٤	۷٦	۱۳۱
فروش میانگین در کشور	۱۰۹	۲۱۷	۳۲٦	۵٤٤	۷٦۱	۱۳۲۳
ارزش محاسباتی با احتساب ارزش گاز مصوبه دولت سال ۸٦	٤۵٤	۹۰۷	۱۳٦۱	۲۲٦۹	۳۱۷۵	۵۵۱۹
ارزش محاسباتی با احتساب ارزش گاز تزریقی به چاه نفت	۷۰۸	۱٤۱٦	۲۱۲٤	۳۵٤۰	٤۹۵٦	۸٦۱٤
ارزش محاسباتی با احتساب تلفات و ارزش گاز تزریقی	۸۸۵	۱۷۷۰	۲٦۵۵	٤٤۲۵	٦۱۹۵	۱۰۷٦۸

مهندسی و جایگزینی الکتروموتور پربازده عمودی؛ می‌توان حدود ٤۰ تا ۵۰ درصد مصارف برق آنها را به طور دائمی کاهش داد.

در جدول ۱ ارزش صرفه‌جویی سالانه یک کیلووات از دیدگاه‌های مختلف مقایسه شده است. صرفه‌جویی و یا کاهش سالانه یک کیلووات از نیازهای مصرف دائمی، مانند تلفات و برخی از مصارف صنعتی، از دید ملی حدود ۹/٤ میلیون ریال؛ مابه‌التفاوت ارزش محاسباتی و فروش میانگین؛ از دید صنعت برق حدود ۱/٤ میلیون ریال (مابه‌التفاوت هزینه تمام شده و فروش میانگین) و از دید مشترکین کشاورزی تنها ۱۳۱ هزار ریال ارزش دارد.

٤ -بازگشت سرمایه راهکارهای پرهزینه و کم‌هزینه بهینه‌سازی

برای مقایسه ملموس‌تر انگیزه اقتصادی، توجیه اجرای دو راهکار پرهزینه و کم‌هزینه بهینه‌سازی مصارف الکتریکی بررسی شده است. در محاسبات، راهکار پرهزینه معادل ۳۰۰ دلار بر کیلووات شبیه بهینه‌سازی مصارف الکتروموتورهای کشاورزی و راهکار کم‌هزینه معادل ۳۰ دلار بر کیلووات شبیه جایگزینی لامپ‌های رشته‌ای با لامپ‌های کم‌مصرف لحاظ شده است.

مدت بازگشت سرمایه بهینه‌سازی و کاهش مصرف یک کیلووات، معادل مصرف ۱۲ ماه در سال، با راهکار پرهزینه در نمودار ۳ از دیدگاه‌های مختلف، مقایسه شده، همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، حتی اگر مشترک کشاورزی به طور دائم در طول سال از برق استفاده نماید، بازگشت سرمایه بیش از ۲۰ سال (۲٤۷ماه) برای راهکار پرهزینه طول خواهد کشید.

این مدت از دیدگاه بخشی صنعت برق حدود یک سال و از منظر ملی

احتسـاب ارزش گاز قابل تزریق به میادین نفتی حدود سه ماه می‌باشد. از این دیدگاه ملی برای مدت اسـتفاده متعارف حدود ۵ ماه در سـال، بازگشت سرمایه حدود ۷ ماه و برای مشترک کشاورزی با برق ۱۵ ریالی، ۵۰ سال خواهد بود.

در جـدول ۲ متناظـر با جدول ۱ مقایسـه مدت بازگشـت سـرمایه صرفه‌جویی و یا کاهش سالانه یک کیلووات از نیاز مصرفی که به طور متوسـط معادل سـه ماه از سال وجود دارد، از دید ملی حدود ۱۲ ماه، از دید صنعت برق حدو ٤٨ ماه، از دید مشترک نرخ میانگین حدود ۹۹ ماه و از دید مشترک کشاورزی حدود ۱۰۰۰ ماه می‌باشد.

بازگشت سرمایه سه ساله در عرف بازار فعلی ایران، نمایانگر فعالیتی سودآور است. مشاهده می‌شود برخی از راهکارهای پرهزینه بهینه‌سازی مصارف الکتریکی نه تنها از دیدگاه مشـترکین بلکه از نظر صنعت برق نیز بازگشـت سـرمایه مطلوبی ندارند. ولی از دیدگاه ملی کاملاً موجه هستند

همین مقایسه برای نمونه راهکار کم‌هزینه بهینه‌سازی انجام شده است.

جدول ۲- مقایسه مدت بازگشت سرمایه هزینه‌های بهینه‌سازی مصرف برق سالانه یک کیلووات از دیدگاه‌های مختلف (ماه)

مدت استفاده در طول سال (ماه)	یک	دو	سه	پنج	هفت	دوازده
برای مشترکین کشاورزی	۳۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰	٤۲۹	۲٤۷
برای مشترکین نرخ میانگین برق	۲۹۸	۱٤۹	۹۹	۶۰	٤۳	۲٤
برای صنعت برق (فروش شبه رایگان کشاورزی)	۱٤۵	۷۳	٤۸	۲۹	۲۱	۱۲
نگاه ملی با ارزش گاز مصوبه دولت ۸٤	۱۰۷	۵٤	۳۶	۲۱	۱۵	۹
نگاه ملی با ارزش گاز صادراتی ۸٤	۷۱	۳۶	۲٤	۱۴	۱۰	۶
نگاه ملی با ارزش گاز تزریقی به چاه نفت	٤۶	۲۳	۱۵	۹	۷	٤
نگاه ملی با احتساب تلفات و ارزش گاز تزریقی- صادرات ۸۵	۳۷	۱۸	۱۲	۷	۵	۳

جدول ۳- هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تأمین یک کیلووات توان الکتریکی تحویل شده

	پارامترهای بانک جهانی		سه پنج		حالت پایه بهینه (خوش‌بینانه)
	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	
تأسیسات تولید ($/kw)	۱۲۱۱		۲۳۱۰	۲۷۷۰	۱۵۳۶
ضریب ظرفیت (ضریب بار)	۵۰درصد		۵۰درصد	۵۰درصد	۶۰درصد
تلفات انتقال و توزیع	۱۵درصد	۱	۱۵درصد	۱۵درصد	۱۰درصد
ظرفیت مورد نیاز (Kw)	۲ /۳۶	۲ /۳۶	۲ /۳۶	۲ /۳۶	۱ /۸۵
هزینه تولید برای تحویل هر کیلووات ($)	۲۸۵۸	۳۷۰۰	۵٤۵۱	۶۵۳۷	۲۸٤٤
تأسیسات انتقال و توزیع ($/kw)	۶۲۵	۸۱۲	۱۸۹۷	۲۷۷۰	۶۲۵
تلفات انتقال و توزیع	۱۵درصد	۱۵درصد	۱۵درصد	۱۵درصد	۱۰درصد
ضریب ظرفیت	۷۵درصد	۷۵درصد	۷۵درصد	۷۵درصد	۷۵درصد
ظرفیت مورد نیاز (kw)	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/٤۸
هزینه ظرفیت انتقال و توزیع ($)	۹۸۱	۱۲۷۵	۲۹۷۸	٤۳٤۹	۹۲۶
هزینه‌های دیگر ($)	۳۶۳	٤۷۱	NA	NA	۳۳۷
هزینه کل (تحویل شده ($/kw)	٤۲۵۷	۵۵۷۲	۸٤۸٤	۱۱۰۱۲	٤۱۶۲

همانطور که در نمودار ٤ مشاهده می‌شود، برای مشترک معمولی صنعت برق، بازگشت سرمایه راهکار کم‌هزینه کمتر از ۱۵ ماه است. از این رو طبقات میانی و مرفه جامعه از سـال‌های گذشـته چنین فعالیت‌هایی را انجام داده‌اند. ولی طبقات کم‌درآمد به دلایل مختلف اسـتقبال مطلوبی نشان نداده‌اند. این مدت از دیدگاه بخشی صنعت برق کمتر از ۸ ماه و از منظر ملی احتساب ارزش گاز قابل تزریق به میادین نفتی کمتر از دو ماه می‌باشد. از این رو مصلحت ملی ایجاب می‌نماید منتظر استقبال و توجیه و یا توانمند شدن برخی از طبقات جامعه باقی نمانده و چنین اقداماتی در کوتاه مدت در سطح کلان و با روش‌های شبه رایگان مدنظر قرار گیرد.

۵ – هزینه‌های سرمایه‌گذاری در برق و گاز

۵-۱ – بررسی یک نمونه مرجع

محاسبه ارزش حال هزینه‌های ثابت و متغیر در صورت تفکیک مناسب و شفاف عوامل موثر، پیچیدگی زیادی ندارد. در این مقاله از الگوی مرجع به دلیل سادگی و شباهت با برخی مدل‌های داخلی استفاده شده است.

جدول ۳ خلاصه نتایج محاسبات مرجع را از سه دیدگاه مختلف بانک جهانی، کنفرانس جهانی انرژی و نیز یک مثال بهینه و کم‌تلفات، ارزش حال تحویل یک کیلووات توان الکتریکی مطمئن به مصرف‌کننده نهایی را نشان می‌دهد.

محاسبات برای تأسیسات تولید و تأسیسات انتقال و توزیع به طور مجزا انجام شده است. سرمایه‌گذاری تولید، میانگین وزنی انواع مختلف نیروگاه بوده است. ابتدا ارزش حال هر کیلووات ظرفیت نامی تجهیزات تولید، انتقال و توزیع، به تفکیک، با بهره واقعی ۷درصد با فرض تورم صفر، در طول عمر سی ساله تأسیسات محاسبه شده، سپس با در نظر گرفتن ضریب ظرفیت و درصد تلفات، ظرفیت مورد نیاز هر یک از دو بخش و همچنین هزینه آن محاسبه گردیده و در نهایت پس از جمع با هزینه‌های دیگر مانند پشتیبانی، ساختمان‌سازی و بخش‌های جنبی، هزینه کل بدست می‌آید.

در حالـت پایه بهینه ضریب ظرفیت (ضریب بار) ۶۰درصد و تلفات ۱۰درصد در نظر گرفته شـده، در این حالت هزینه کل ٤۱۶۲ دلار برای هر کیلووات توان تحویلی بدست آمده است. نیم‌نگاهی به دیگر مقادیر از ۵۵۰۰ تا ۱۱۰۰۰ دلار خالی از فایده نمی‌باشد.

در مرجع اشـاره شـده پس از نمایش هزینه‌های سنگین سمت تولید این موضوع مورد تأکید قرار گرفته اسـت: هزینه‌های توسـعه و ترویج تجهیـزات پر بازده از دیـدگاه مصرف‌کننده زیاد و از منظر بخش تولید اندک می‌باشد.

۵-۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری صنایع برق و گاز در ایران

اگـر چه در ظاهـر مقادیر مرجع فوق، حتی مقـدار حالت پایه بهینه، اغراق‌آمیز و عجیب به نظر می‌آیند، ولی محاسبه‌ای اجمالی برای ایران نیز به مقادیر مشابهی می‌انجامد:

ابتدا بهره واقعی یعنی نرخ بهره پس از حذف اثر نرخ تورم را برای شرایط فعلی کشور محاسبه می‌نماییم. روابط ساده زیر از کتاب‌های پایه اقتصاد از جمله مراجع قابل استناد هستند. در روابط زیر، r نرخ بهره اسمی، P نـرخ تورم، i نرخ بهره واقعی و n طول عمر تجهیزات سـرمایه‌ای بر

حسب سال است.

با جایگزینی بهره اسمی ۱۹درصد و تورم ۱۵درصد و طول عمر سی ساله تجهیزات در رابطه محاسبه نرخ بهره واقعی خواهیم داشت:

$$r = \frac{1+i}{1+p} - 1 = \%3/48$$

از بهره واقعی که در محاسبه فوق کمتر از ۳/۵درصد شد؛ فاکتور ارزش فعلی سری یکنواخت (ضریب درصد هزینه‌های عملیاتی سالانه در محاسبه نسبت هزینه‌های عملیاتی طول عمر تجهیزات به هزینه اولیه) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{فاکتور ارزش فعالی سری یکنواخت} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = 14/44$$

هزینه‌های عملیاتی سالانه نیروگاه حدود ۵درصد و برای پالایشگاه گاز حدود ٤درصد سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد. با فرض عمر مفید سی ساله تأسیسات یاد شده، ارزش فعلی هزینه‌های عملیاتی نیروگاه و پالایشگاه به ترتیب به صورت زیر به دست می‌آید:

نسبت هزینه‌های عملیاتی طول عمر نیروگاه

۰/۰۵*۱۸ /٤٤=۰/۹۲۲

نسبت هزینه‌های عملیاتی طول عمر پالایشگاه

۰/۰٤ *۱۸/٤٤=۰/۷۳۸

به بیان خلاصه هزینه‌های عملیاتی طول عمر نیروگاه حدود ۹۲درصد و هزینه‌های عملیاتی طول عمر پالایشگاه‌حدود ۷٤درصد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه آنها می‌باشند.

با فرض نسبت ظرفیت عملی به نامی ۰/۸۲ (میانگین کشور) برای نیروگاه گازی و هزینه تمام شده احداث هر کیلووات ظرفیت نامی نیروگاه گازی، حدود ٤۹۵ دلار (۳۰۰ یورو هزینه مولد، ۳۰درصد هزینه‌های جنبی و نسبت تبدیل ۱/۲۷ یورو به دلار) هزینه احداث هر کیلووات ظرفیت عملی نیروگاه حدود ٦۰٤ دلار می‌شود.

همانطور که گفته شد، در ایران از هر مترمکعب گاز، حدود ۲/۷ کیلووات ساعت برق باتوجه به ظرفیت عملی نیروگاه تولید می‌شود. به بیان دیگر از ۰/۳۷ مترمکعب گاز یک کیلووات ساعت برق تولید می‌شود. هزینه احداث یک پالایشگاه گاز با ظرفیت روزانه ۲۵ میلیون مترمکعب، حدود یک میلیارد دلار است. با نسبت تولید بیان شده، می‌توان در یک ساعت ۲۸۱۵ مگاوات برق تولید کرد. به بیان دیگر ۳۵۵ دلار برای تولید هر کیلووات، هزینه احداث پالایشگاه گاز می‌شود.

باتوجه به درصد هزینه‌های عملیاتی طول عمر نیروگاه و پالایشگاه گاز، هزینه کل هر یک از دو بخش متناسب با تولید یک کیلووات توان الکتریکی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

۱۱٦۰$=(۰/۹۲۲+۱)*٦۰٤ نیروگاه

٦۱۷$=(۰/۷۳۸+۱)*۳۵۵ پالایشگاه

در هر دو بخش ضریب بهره‌برداری در سال حدود ۰/۷ می‌باشد. در پالایشگاه گاز عمدتاً به دلیل برنامه‌های تعمیر و نگهداری طی سال و برای نیروگاه، ترکیبی از عامل یاد شده و نیاز شبکه می‌باشد.

بنابراین با لحاظ نمودن ضریب ۰/۷ (مقادیر مشابه در مدل اشاره شده، ۰/۵ و ۰/٦) خواهیم داشت:

۱۱٦۰/ ۰/۷ =۱٦۵۷ $/kw نیروگاه

٦۱۷/ ۰/۷=۸۸۱$/kw پالایشگاه

به همین ترتیب افزایش ارزش کیلووات تحویلی پس از لحاظ نمودن تلفات، و همچنین به طریق مشابه در بخش انتقال و توزیع، قابل محاسبه است. جدول ٤ نتایج محاسبات تفکیکی و جمع‌بندی نهایی را نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود حتی بدون لحاظ نمودن ارزش ذاتی گاز و صرفاً بر مبنای محاسبه ارزش حال تأمین دائمی یک کیلووات

جدول ٤- برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تأمین دائمی یک کیلووات توان الکتریکی تحویل شده در ایران

	تأسیسات برق	تأسیسات گاز
تأسیسات تولید برق، ظرفیت نامی نیروگاه گازی ($/kw)	٤۹۵	
تأسیسات تولید برق، ظرفیت عملی/پالایش گاز متناسب با تولید یک کیلووات ($/kw)	٦۰٤	۳۵۵
ارزش حال تأسیسات طی سی سال ($/kw)	۱۱٦۰	٦۱۷
ضریب ظرفیت	۷۰درصد	۷۰درصد
هزینه‌ها با احتساب ضریب ظرفیت طی سی سال ($/kw)	۱٦۵۷	۸۸۱
تلفات انتقال و توزیع	۲۰درصد	۲۰درصد
هزینه‌ها با احتساب ضریب ظرفیت و تلفات طی سی سال ($/kw)	۲۰۷۱	۱۱۰۱
معادل ظرفیت نامی مورد نیاز (kw)	۲/ ۱۷	
هزینه تأسیسات تولید برای تحویل هر کیلووات ($)	۳۰۷۱	۱۱۰۱
تأسیسات انتقال و توزیع برق/انتقال گاز تا نیروگاه ($/kw)	۵۰۰	۲٦۸
ارزش حال تأسیسات انتقال و توزیع برق و گاز ($/kw)	٦۸۵	٤۱۵
تلفات انتقال و توزیع	۲۰درصد	۲۰درصد
ضریب ظرفیت	۷۵درصد	۷۵درصد
معادل ظرفیت مورد نیاز (kw)	۱ /٦۷	
هزینه ظرفیت انتقال و توزیع ($)	۱۱٤۲	٦۹۲
هزینه کل به تفکیک بخش‌های برق و گاز (تحویلی $/kw)	۳۲۱۳	۱۷۹۳
جمع هزینه در صنعت برق و گاز برای تحویل دائم یک کیلووات ($)	۵۰۰٦	

توان الکتریکی، مشابه نیاز یک صنعت با سه شیفت کاری و یا تلفات دائمی فشار ضعیف، حدود ۵۰۰۰ دلار سرمایه‌گذاری ملی انجام می‌شود. بدیهی است برای مشترکی که به طور متوسط نصف سال، از دیماند مشخصی استفاده می‌کند، این هزینه بسته به مدت استفاده در ساعات اوج مصرف روزانه و فصلی، به‌ویژه در بخش مربوط به محاسبات تأسیسات گاز، مقداری کاهش خواهد یافت، اما به هر حال به طور خطی کم نمی‌شود.

از نظر مقایسه با گزارش‌های رسمی در مرجع ارزش حال تأمین مطمئن هر کیلووات توان در سطح ولتاژ انتقال کشور (خروجی نیروگاه، ابتدای شبکه انتقال) صرفاً از نظر ارزش تأسیسات تولید برق و با لحاظ نمودن ارزش حال هزینه‌های ثابت و متغیر، ۱۷۱۱ دلار بیان شده است. این عدد با لحاظ نمودن ۲۰درصد تلفات انتقال و توزیع، به حدود ۲۰۵۳ دلار افزایش یافته و با لحاظ نمودن حدود ۱۱٤۰ دلار ارزش حال تأسیسات

انتقال و توزیع برق، نزدیک به ۳۲۰۰ دلار خواهد شد که با هزینه محاسبه شده در بخش برق تفاوت زیادی ندارد.

محاسبات تفضیلی به تفکیک هر نوع مصرف، در اندازه این مقاله نمی‌گنجد، ولی بزرگی اعداد محاسباتی انگیزه کافی برای اقدام متمرکز و سازمان یافته ملی برای بهینه‌سازی مصارف الکتریکی ایجاد می‌کند. با توجه به دو دسته راهکار کم‌هزینه و پرهزینه به ترتیب ۳۰ و ۳۰۰ دلار به ازای هر کیلووات، ارائه شده برای بهینه‌سازی و کاهش مصارف انرژی الکتریکی، حتی با فرض ارزش حال حدود ۳۰۰۰ دلار برای تأمین مطمئن یک کیلووات در سمت مصرف، (متناسب با مصارف غیرصنعتی با ضریب استفاده از برق در ٦۰درصد مدت سال) اقدام رایگان یا شبه رایگان بهینه‌سازی مصارف برق توسط دولت، از دید ملی، به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۱۰ مرتبه ارزان‌تر از توسعه تأسیسات برق و گاز برای تأمین همان مصارف در حالت کم‌بازده است.

٦ – هزینه بلندمدت نمونه صنایع انرژی‌بر

طرح کارخانه آلومینیوم نهاوند به ارزش تقریبی ۱/۵ میلیارد دلار نیاز به احداث یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی برای تأمین برق کارخانه دارد. در نگاه اول هزینه نیروگاه بر مبنای هر کیلووات ۳۰۰ دلار واحد گازی (و نه چرخه ترکیبی) معادل ۱۵۰ میلیون دلار برآورد می‌شود. اما اگر بر مبنای منافع ملی و ارزش واقعی بلندمدت، و با فرض تحویل توان الکتریکی در سطح ولتاژ انتقال، به کارخانه و کاهش حدود۲۰درصد در هزینه تأسیسات انرژی پایین‌دستی، هزینه بلندمدت تأمین هر کیلووات حدود ٤۰۰۰ دلار در نظر گرفته شود، هزینه کل تأمین برق حدود ۲ میلیارد دلار خواهد شد. اگر هزینه‌های تعمیر و نگهداری کارخانه سالانه حدود ۳درصد و در طول عمر ۳۰ ساله برابر هزینه احداث باشد، هزینه واقعی تأمین برق حدود ٤۰درصد از کل هزینه بلندمدت (برخلاف نمایه ده درصدی زمان احداث) خواهدبود.

در ناحیه شمال غرب امریکا، حدود ٦ سال پیش، هنگامی که بهای گاز طبیعی کمتر از یک پنجم بهای کنونی بود، صنعت برق ۳۰۰۰ مگاوات دیمانند صنایع آلومینیوم را با توجیه اقتصادی عدم احداث نیروگاه جدید، باز پس خرید به بیان دیگر مبلغ توافق شده هم از منظر صنعت برق و هم از نگاه سرمایه‌گذاران صنعت آلومینیوم، سودآور بوده است. همچنین با توجه به سرمایه‌بر بودن و تعداد محدود شاغلین در این صنایع (سرانه سنگین سرمایه‌گذاری متناسب با ایجاد هر شغل حدود ده برابر مشاغل متعارف) تبعات جانبی بیکاری، کاملاً محدود و قابل کنترل بوده است. لازم به ذکر است در همین ناحیه رویکرد مدیریت مصارف کشاورزی، به دلیل اشتغال‌زایی کم‌هزینه، کاملاً متفاوت بوده است. به هر حال پس از گذشت ٦ سال تنها حدود ۳۰۰ مگاوات از نیاز مصرف اشاره شده، اقدام به خرید مجدد دیماند نموده‌اند و با توجه به سود کم و حتی زیان‌دهی برخی از صنایع انرژی‌بر در دنیا، حدود ۹۰درصد از تولید این صنعت در ناحیه اشاره شده، کماکان متوقف مانده است.

به همین ترتیب برای یک کارخانه ۱۰۰ میلیون دلاری سیمان با نیاز برق ۲۰ مگاوات، هزینه بلندمدت تأمین برق تقریباً با هزینه اولیه احداث کارخانه برابر است. مجدداً لازم به ذکر است محاسبه هزینه تأسیسات، بدون لحاظ نمودن ارزش ذاتی گاز طبیعی انجام شده است اما در همین حد نیز سنگینی هزینه پنهان صنایع انرژی‌بر را نشان می‌دهد.

متأسفانه در شرایطی که حداقل ظرفیت اقتصادی صنایع فولاد در کشورهای پیشرفته ٤ و در چین ۱۰ میلیون تن اعلام می‌شود، و در چین کارخانه‌های با ظرفیت کمتر از ۱۰۰ هزار تن از ۳ سال پیش به تدریج در حال تعطیل شدن هستند، در ایران کوره‌های کم‌ظرفیت و مستعمل و پرمصرف به نام اشتغال‌زایی راه‌اندازی می‌شوند و نمونه ظرفیت‌های بزرگ دولتی اعلام شده نیز در حد ۸۰۰ هزار تن هستند. در حالی که با هزینه واقعی بلندمدت این صنایع، می‌توان همانند دیگر کشورها، دهها برابر شغل ایجاد نمود. به‌ویژه در شرایطی که ظرفیت خالی صنایع فولاد کشور، حدود نصف ظرفیت مصوبه تخمین شده می‌شود و بدون ظرفیت‌سازی جدید و با افزایش بهره‌وری می‌توان فولاد بیشتری تولید کرد.

۷ –نتیجه‌گیری

یارانه‌های متعدد بخش‌های مختلف انرژی، مانع مشاهده ملموس سرمایه‌گذاری سنگین تأمین انرژی الکتریکی می‌شود. لحاظ نمودن هزینه‌های احداث و نگهداری پالایشگاه گاز و نیز ارزش افزوده گاز تزریقی به چاه‌های نفت، موجب واقعی شدن هزینه‌های ملی تأمین مطمئن انرژی الکتریکی می‌شود. با این رویکرد، هزینه‌های توسعه و ترویج تجهیزات پربازده که از دیدگاه مصرف‌کننده زیاد هستند، از منظر ظرفیت‌سازی سمت تولید بسیار کم و اقتصادی دیده می‌شوند. همچنین توسعه صنایع کم اشتغال‌زای انرژی‌بر، غیراقتصادی دیده خواهد شد.

باتوجه به ارزش صرفه‌جویی حدود ۱۲۰۰۰ ریال برای هر کیلووات ساعت از نگاه ملی، بازگشت سرمایه راهکارهای پرهزینه بهینه‌سازی مصارف الکتریکی که از نگاه مشترکین و صنعت برق توجیه اقتصادی ندارند، کمتر یا حدود یک سال می‌باشد. همچنین با لحاظ نمودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تأمین دائمی یک کیلووات توان الکتریکی تحویل شده به میزان حدود ۵۰۰۰ دلار، اقدام رایگان یا شبه رایگان دولتی برای راهکارهای کم‌هزینه و پرهزینه بهینه‌سازی به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۱۰ برابر ارزان‌تر از توسعه تأسیسات گران‌قیمت برق و گاز برای تأمین همان مصارف در حالت کم‌بازده می‌باشد.

در صورت لحاظ نمودن چنین هزینه سنگین نهایی، برای حفظ منافع ملی، در رویکردهای کلان توسعه صنایع سرمایه‌بر و انرژی‌بر و کم‌اشتغال‌زا، مانند بسیاری از کشورهای دنیا؛ تجدیدنظر خواهد شد و حتی خرید توافقی دیماند صنایع انرژی‌بر موجود نیز اقتصادی خواهدبود.