بررسي نقش عوامل اقتصادي در مدلهاي بهينه سازي بهره‌برداري از مخازن برقابي

حامد مازندراني زاده[۱]، سيد جمشيد موسوي[۲] و فريبرز پرتوي‌راد[۳]

۱- كارشناسي ارشد منابع آب، h_mz2000@yahoo.com
۲- استاديار دانشكده عمران، دانشگاه علم و صنعت ايران، jmosavi@iust.ac.ir
۳- كارشناس ارشد، شركت توسعه منابع آب و نيروي ايران

چكيده

هدف از اين تحقيق بهينه سازي بهره‌برداري از مخازن سدها به منظور توليد انرژي برقابي با توجه به قيمت بازار انرژي برق مي‌باشد. به اين منظور كشش تابع تقاضاي انرژي برق[۱] تعيين گرديد. با افراز سال به ۴ ناحيه باري به تعيين مشخصات بازار در هر يك از اين نواحي پرداخته شد. سپس با بهره گيري از معادله تابع تقاضا يك مدل بهينه سازي بهره‌برداري از مخزن از نوع برنامه‌ريزي پويا توسعه يافت. با مقايسه نتايج مدلهاي بهينه سازي در دو سناريوي بهينه سازي بهره‌برداري همراه با احتساب و عدم احتساب قيمت انرژي برق، ملاحظه گرديد كه در مدلهاي توسعه يافته براساس بازار انرژي، شاهد توزيع مناسب توليد در بين ماههاي مختلف مي‌باشيم. همچنين همه مدلها با افزايش نسبت ارزش انرژي مطمئن به انرژي ثانويه، قادر به توليد مقادير يكسان انرژي مطمئن مي‌باشند.

واژه‌هاي كليدي: بازار رقابتي انرژي، كشش قيمتي تقاضاي برق، بهينه‌سازي، بهره‌برداري از مخزن.

۱- مقدمه

امروزه در اكثر كشورهاي پيشرفته جهان با شكل‌گيري و گسترش مفهوم "بازار انرژي"، نظام عرضه و تقاضا از حالت دو بعدي خارج شده و بازار انرژي كه وظيفه كنترل و مرتبط نمون دو عنصر عرضه و تقاضا را بر عهده دارد به مجموعه فوق اضافه گرديده است. محققان زيادي در مورد بازارهاي رقابتي برق به تحقيق پرداخته‌اند. بازارهاي روزانه انرژي (Culy 1994) و در مورد عدم قطعيت در بازارهاي انرژي(Klemperer 1989, Green 1992) و در مورد تخمين كشش قيمتي تقاضاي برق (Ventosa 2000, Ventosa 1999) به تحقيق پرداخته‌اند.

1_Price Elastisity of Demand

در اين تحقيق سعي شده با حركت از سيستمي كه متشكل از ۲ عنصر تقاضا و عرضه است، به سمت سيستم ۳ عاملي كه متشكل از سه عنصر عرضه، بازار و تقاضا مي‌باشد، مسئله بهره‌برداري از يك مخزن برقابي بررسي شود. مسيرهاي مختلف توليد انرژي بر اساس فرضيات فوق كه منجر به بيشترين مقدار سود حاصل از توليد انرژي مي‌شوند تعيين و سپس مقايسه مي‌گردند.

۲- كشش قيمتي تابع تقاضاي انرژي برق

كشش تقاضا عبارت است از ميزان حساسيت نسبي مقدار تقاضا شده به تغييرات در قيمت.

$$\varepsilon = -\frac{\frac{d(D_x)}{D_x}}{\frac{d(P_x)}{P_x}} \qquad (۱)$$

كه Dx ميزان تقاضا و Px قيمت انرژي مي‌باشند. از ٤ روش كشش قيمتي انرژي محاسبه شده است:

۲_۱_ محاسبه كشش قيمتي با استفاده از تعريف كشش:

در اين روش از مفهوم كشش قيمتي كه عبارت از نسبت تغييرات مصرف به تغييرات قيمت مي‌باشد استفاده مي شود.

$$\varepsilon = -(\frac{D_{n+1} - D_n}{P_{n+1} - P_n}) * \frac{P_n}{D_n} \qquad (۲)$$

كه D_n و P_n به ترتيب مصرف سرانه و قيمت برق در سال n مي‌باشند. با داشتن چند زوج مرتب پياپي از مصرف سالانه و متوسط قيمت متناظر با آن (D_n, P_n)، مي‌توان به محاسبه كشش قيمتي پرداخت.

۲_۲_ محاسبه كشش قيمتي به وسيله رگرسيون لگاريتمي:

با ايجاد رابطه لگاريتمي بين متغيرهاي D، P، X، Y و غيره نظير رابطه (۳) و تغيير آن به شكل رابطه (۴):

$$\boldsymbol{Ln(D) = a + bLn(P) + cLn(X) + dLn(Y) + \ldots} \qquad (۳)$$

$$\boldsymbol{D = kP^b X^c Y^d \ldots} \qquad (۴)$$

كه D و P به ترتيب مصرف كل سالانه برق و متوسط قيمت سالانه برق، X,Y متغيرهاي دلخواهي نظير متوسط سرانه درآمد سالانه خانوار، ميزان آب ورودي به پشت سد، و ... مي‌باشند و a,b,c نيز ضرايب ثابت جهت برقراري رابطه فوق مي باشند. با مشتق‌گيري از رابطه بالا نسبت به P خواهيم داشت :

$$\frac{dD}{dP} = kbP^{b-1}X^{c}Y^{d}\ldots$$

$$\frac{dD}{dP} = bP^{-1}(kP^{b}X^{c}Y^{d}\ldots)$$

$$\frac{dD}{dP} = bP^{-1}D \qquad (۵)$$

$$\frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dP}{P}} = b \quad \delta \quad -\frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dP}{P}} = \varepsilon \;\Rightarrow\; \varepsilon = -b$$

ε به دست آمده، ضريب $Ln(P)$ در رابطه رگرسيون مي‌باشد. در اين تحقيق رابطه لگاريتمي فوق، فقط بين متغيرهاي مقدار مصرف (D) و متوسط قيمت (P) برقرار شده است.

۲_۳_ محاسبه كشش قيمتي با استفاده از مفهوم درآمد نهايي:

درآمد نهايي عبارت است از تغييرات در درآمد كل به ازاي يك واحد تغيير توليد. رابطه زير ميان درآمد نهايي، قيمت و كشش قيمتي تقاضا برقرار است :

$$MR = P(1+\frac{1}{\varepsilon}) \qquad (۶)$$

كه در اين رابطه MR درآمد نهايي، P قيمت و ε كشش قيمتي تقاضا مي باشد.

۲_۴_ محاسبه كشش قيمتي كالاي برق در تحقيقات قبلي:

آزادپور (۱۳۷٤)، طي انجام تحقيقي با استفاده از اطلاعات هزينه و درآمد خانوارهاي شهري استان تهران كشش قيمتي تقاضاي برق را محاسبه كرده است.

۲_۵_ جمع بندي نتايج روشهاي مختلف در تعيين كشش قيمتي تقاضاي برق:

جدول (۱) نتايج كششهاي قيمتي به دست آمده از روشهاي فوق را به طور خلاصه نشان مي‌دهد.

جدول (١): مقايسه كشش قيمتي به دست آمده از روشهاي مختلف

روش	خانگي	صنعتي	مصارف كليه
استفاده از مفهوم	٠/١١	٠/٢	٠/٣٥
روش لگاريتمي	٠/٥٨	٠/٧۴	٠/٧٩
استفاده از درآمد نهايي	٠/٣	٠/٥٥	٠/۴۴
استفاده از تحقيق انجام شده	٠/۴۴	_	_

٣_ مدل بهينه سازي بهره‌برداري از مخزن

در اين بخش سعي شده است سياست بهره برداري از مخزن به گونه‌اي تنظيم شود كه در طي دوره بهره برداري منجر به دستيابي حداكثر ارزش آب[1] شود. در ادامه يك مدل بهينه‌سازي بهره‌برداري از نوع DP توسعه يافته است. مدل ارائه شده براي بهينه سازي بهره‌برداري از مخزن را مي توان در قالب معادله بازگشتي DP زير و محدوديت‌هاي معمول مخازن نوشت :

$$f(S_t) = \max_{R_t}\{\mathrm{Re}_t(R_t, S_t) + f^*(S_{t-1})\} \quad \forall t = 1...T \qquad (٧)$$

كه S_t حجم مخزن در شروع ماه t، R_t مجموع جريان خروجي از مخزن در طول ماه t و $\mathrm{Re}_t(R_t, S_t)$ ارزش ناشي از رها سازي آب در ماه t مي‌باشد. گزينه‌هاي مختلف زير به عنوان تابع هدف مورد بررسي قرار گرفته‌اند.

٣_١_ حداكثر سود حاصل از فروش برق با توجه به ارزش زماني توليد انرژي:

با ايجاد بردار قيمت انرژي متشكل از ١٢ آرايه و ضرب اين بردار در ماتريس انرژي توليد شده در هر ماه، درآمد كل ناشي از فروش انرژي در طي دوره بدست مي‌آيد.

$$\mathrm{Re}(R_t, S_t) = \mathrm{Pr}(m) * E_t(R_t, S_t) \qquad m=1,2,.....12 \qquad (٨)$$

كه Pr قيمت انرژي و E_t مقدار انرژي توليدي مي‌باشد.

٣_٢_ حداكثر سود حاصل از فروش انرژي با توجه به تفاوت ارزش انرژي اوليه و ثانويه:

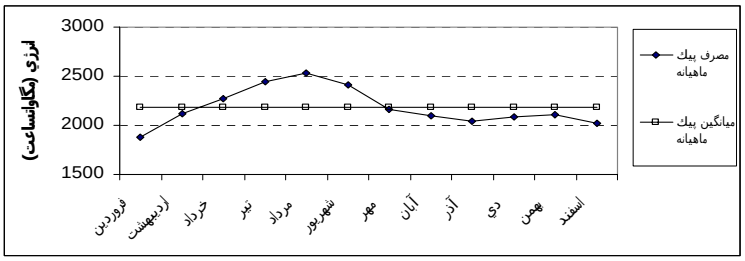
در اين حالت با تفكيك انرژي توليدي به دو گونه انرژي: انرژي مطمئن (E_{firm}) و انرژي ثانويه (E_{sec})، ارزش آب (سود) در تابع هدف مدل بهينه سازي را مي‌توان به صورت زير نشان داد:

$$\mathrm{Re} = A * \Pr(m) * E_{firm} + B * \Pr(m) * E_{\sec} \qquad (۹)$$

که A نسبت ارزش انرژي مطمئن به انرژي ثانويه و B ارزش انرژي ثانويه مي‌باشد.

۴_۳ حداكثر سود با توجه به تغييرات مصرف پيك در ماههاي مختلف:

تعيين نسبت ارزش انرژي ماههاي مختلف به يكديگر از مباحث تاثيرگذار بـر سياسـتهاي بهـره‌بـرداري مي‌باشد. براي دستيابي به اين منظور از آمار ساعتي مصرف برق در سـال ۱۳۸۰ اسـتفاده شـده اسـت. شكل (۱) مجموع مصرف ساعات پيك هر ماه (۱۲۰ ساعت پر مـصرف) و ميـانگين مـصرف پيـك كـل ماهها را نمايش مي‌دهد.



شكل (۱): مصرف پيك ماهانه و ميانگين مصرف پيك

روابط زير روند يافتن قيمت انرژي ماهانه را بيان مي‌نمايند. مصرف نهايي همـه ماههـا را برابـر مـصرف ميانگين پيك ماهانه و قيمت نهايي به عنوان مجهول فرض شده است. همچنين وضعيت قيمت گذاري فعلي و ميزان مصرف پيك ماهيانه به عنوان مقادير ابتدايي قيمت و مصرف جايگذاري شده‌اند.

$$\frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dP}{P}} = \varepsilon \rightarrow \frac{\frac{D_{in} - D_{final}}{D_{in}}}{\frac{P_{in} - P_{final}}{P_{final}}} = \varepsilon \rightarrow \frac{P_{in} - P_{final}}{P_{final}} = \frac{D_{in} - D_{final}}{D_{in}} \times \varepsilon$$

$$P_{in} = 1 \qquad (۱۰)$$

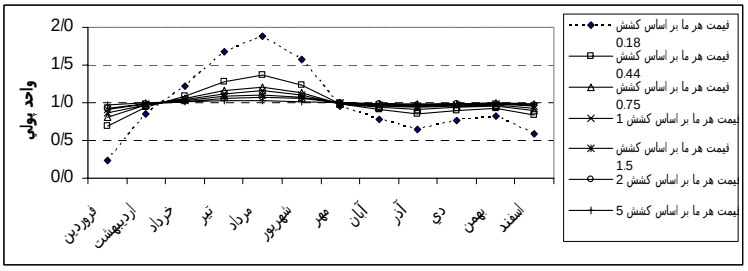
$$\therefore P_{final} = 1 + \varepsilon \frac{D_{in} - D_{final}}{D_{in}}$$

که D_{in} مصرف پيك ماهانه انرژي، D_{final} مقدار ميانگين مصرف پيك انرژي كه به عنوان مقدار نهايي مصرف پيك لحاظ شده است. P_{in} قيمت اوليه (فعلي) و P_{final} قيمت ماهيانه پيشنهادي انرژي. جدول (٢) نتايج قيمتهاي ماهانه انرژي منتج از روابط بالا و با فرض كشش قيمتي ٠/١٨ را بيان مي‌نمايد.

جدول (٢): *قيمتهاي ماهانه منتج از كشش قيمتي ٠/١٨*

ماه	فروردين	ارديبهشت	خرداد	تير	مرداد	شهريور	مهر	آبان	آذر	دي	بهمن	اسفند
قيمت (واحد پولي)	٠/٢٣	٠/٨٥	١/٢٢	١/٦٨	١/٨٨	١/٥٨	٠/٩٦	٠/٧٨	٠/٦٥	٠/٧٦	٠/٨٢	٠/٦٠

قيمتهاي ماهانه به دست آمده به اين روش، وابستگي كامل به مقدار كشش قيمتي تعيين شـده دارنـد. شكل (٢) تغييرات قيمت پيشنهادي ماهانه را به ازاي كشش‌هاي قيمتي گوناگون نشان مي‌دهد.



شكل (٢): تغييرات قيمتهاي ماهانه در برابر تغييرات كشش قيمتي

سود به دست آمده برابر با حاصلضرب مقدار انـرژي توليـد شـده در قيمـت انـرژي متنـاظر بـا آن مـاه مي‌باشد. معادله سود در تابع هدف مدل بهينه‌سازي عبارت است از:

$$\mathrm{Re} = A * \Pr(m) * E_{firm} + B * \Pr(m) * E_{\sec} \qquad (١١)$$

٣_٥ حداكثر سود كلي با استفاده مستقيم از منحني‌هاي تقاضا:

استفاده جامع‌تر از خواص منحني تقاضا علاوه بر مشخصه كشش قيمتي آن جهـت باعـث بهبـود مـدل قبل خواهد شد. به اين منظور سال به ۴ ناحيه بـاري: مطمـئن تابـستان، مطمـئن غيـر تابـستان، غيـر مطمئن تابستان و غير مطمئن غير تابستان تقسيم شده است. در اين شرايط در هر مرحله قيمت انرژي با توجه به مقدار و شرايط توليد، از منحني تقاضاي مربوطه استخراج مي‌شود.

$$\mathrm{Re} = A * \Pr(m) * E_{firm} + B * \Pr(m) * E_{\sec} \qquad (١٢)$$

۳_٦_ حداکثر سود با لحاظ نمودن میزان تمایل به پرداخت *(Willingness To Pay)*:

هر مصرف کننده ترجیح می‌دهد با مصرف هر چه بیشتر یك کالا در سطح قیمت پایین‌تر، به مطلوبیت بیشتري دست یابد. مي‌توان احساس رضایت مصرف کننده را با سطح زیر منحني تقاضاي آن کالا مرتبط دانست. در این مدل بر خلاف روشهاي قبلي فقط منافع مصرف کننده لحاظ مي‌شود.

$$\mathrm{Re} = A * \int_{0}^{E_{firm}} F(E_{firm}) + B * \int_{E_{firm}}^{E} F(E_{\sec}) \qquad (۱۳)$$

که $F(E_{firm})$ و $F(E_{\sec})$ نشان دهنده مطلوبیت ایجاد شده در مصرف‌کننده در اثر مصرف انرژي مطمئن و انرژي ثانویه مي‌باشد.

۴_ مطالعه موردي

جهت اجراي مدلهاي فوق الذکر سد کارون ۵ از حوزه آبریز کارون به عنوان مطالعه موردي انتخاب شده است. مساحت حوزه آبریز سد ۱۰۱۸٦ کیلومتر مربع و آبدهي میانگین سالانه آن در شرایط اقلیمي (بدون هیچگونه برداشت) برابر ۱۱۳/٦ مترمکعب بر ثانیه یا ۳۵۸۵ میلیون متر مکعب در سال مي باشد. همچنین بارندگي میانگین حوزه ٦۱۳ میلیمتر در سال است. بیشترین حجم مخزن برابر ۲۰۱۳ میلیون متر مکعب و کمترین حجم مخزن برابر ۱۲۲۰ میلیون مترمکعب مي‌باشد.

۵_ تحلیل و مقایسه نتایج

در این بخش مدلهاي ذکر شده در بخش گذشته، متناسب با شرایطي که به دست آمده‌اند، اجرا شده و نتایج بر اساس نوع عملکرد در سه سناریو ارائه مي‌شود

۵_۱ قیمت به دست آمده از نتایج کشش قیمتي و ارزش متغیر انرژي مطمئن نسبت به ثانویه:

در حالت کشش قیمتي ۰/۱۸ از ماتریس قیمتي (۱۶) و در حالت کشش قیمتي ۰/۴۴ از ماتریس قیمتي (۱۵) استفاده مي‌شود.

Pr=[0.2 0.8 1. 2 1.7 1.9 1.6 1.0 0.8 0.6 0.8 0.8 0.6] (۱۴)

Pr=[0.7 0.9 1.1 1.3 1.4 1.2 1.0 0.9 0.9 0.9 0.9 0.8] (۱۵)

نتایج حاصل از این سناریو نشان مي‌دهند که:

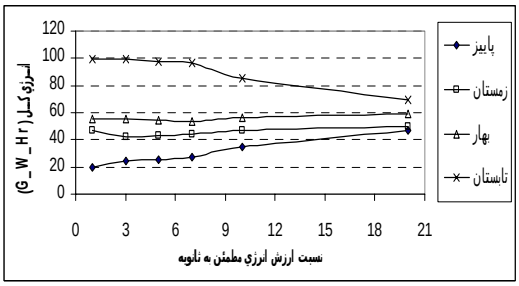
۱. با افزایش نسبت ارزش انرژي مطمئن به ثانویه، علي‌رغم تغییرات نسبتاً ناچیز در تولید انرژي کل، تغییرات چشمگیر در تولید انرژي مطمئن مشاهده مي‌شود.

۲. میزان تولید انرژي کل و انرژي مطمئن در حالت کشش قیمتي ۰/۴۴ بیش از حالـت کـشش قیمتي ۰/۱۸ مي‌باشد، علت این موضوع را مي توان به ضعف سیگنالهاي قیمتي و محـدودیت کمتر مدل در حالت کشش قیمتي ۰/۴۴ نسبت داد.

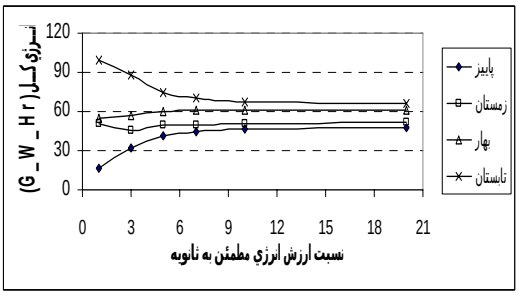
۳. با افزایش نسبت ارزش انرژي مطمئن به ثانویه، تغییرات کوچکي در تولید انرژي کل و انرژي مطمئن فصول بهار، پاییز و زمستان مشاهده مي شود، در حالي تغییرات ایجاد شده در رونـد تولید این شاخصها در فصل تابستان بسیار بزرگتر از سایر فصول مي‌باشد (اشکال ۳ و ۴).

۴. تغییرات شاخصهاي تولید در حالت کشش قیمتي ۰/۴۴ در دامنـه کـوچکتري از تغییـرات A نسبت به حالت کشش قیمتي ۰/۱۸ رخ مي‌دهند، زیـرا بـه علـت شـدت بیـشتر سـیگنالهاي قیمتي، تاثیر عامل ارزش انرژي مطمئن به انرژي ثانویه در مقابل عامـل سـیگنالهاي قیمتـي کاهش یافته و در مقادیر بزرگتري از A توان غلبه بر اثر سیگنالهاي را قیمتي مي‌یابد.

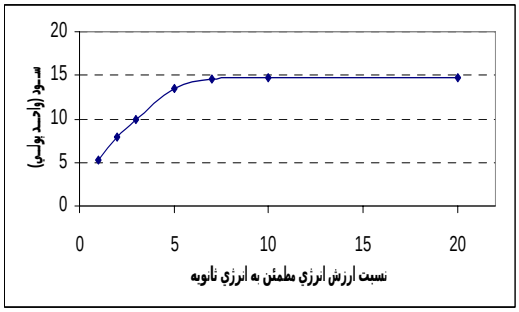
۵. بیشترین درصد کاهش سود ناشي از نادیده انگاشتن بازار انـرژي بـه ازاي کشـشهاي قیمتـي ۰/۱۸ و ۰/۴۴ به ترتیب برابر ۶۶ درصد و ۴۲ درصد مي‌باشند (اشکال ۵ و ۶).



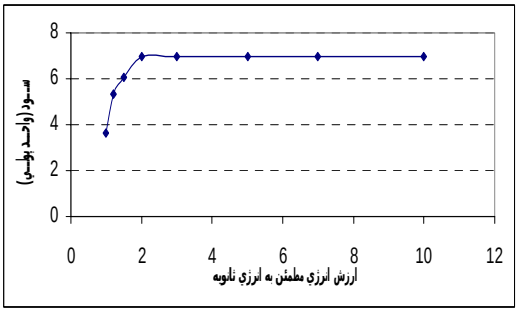
شکل (۳): روند تغییرات تولید انرژي کل فصلي در حالت کشش قیمتي ۰/۱۸



شکل (۴): روند تغییرات تولیدي انرژي کل فصلي در حالت کشش قیمتي ۰/٤٤



شکل (۵): روند تغییرات سود در حالت کشش قیمتي ۰/۱۸

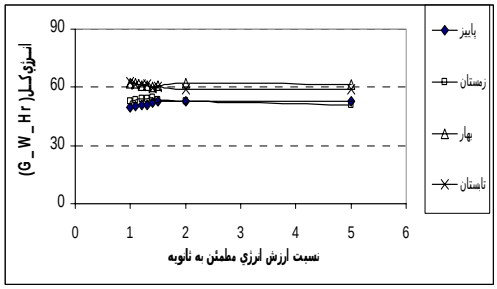


شکل (۶): روند تغییرات سود در حالت کشش قیمتي ۰/۴۴

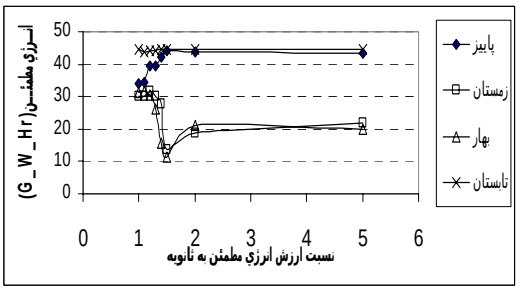
۵_۴_ استفاده از منحني تقاضا در تعيين قيمت انرژي:

در اين سناريو با تقسيم سال به ۴ ناحيه باري و با استفاده از منحني تقاضاي متناظر با هـر يـك از نواحي باري، روند بهره‌برداري از مخزن بررسي شده است. نتايج حاصل از اين سناريو نشان مي‌دهد:

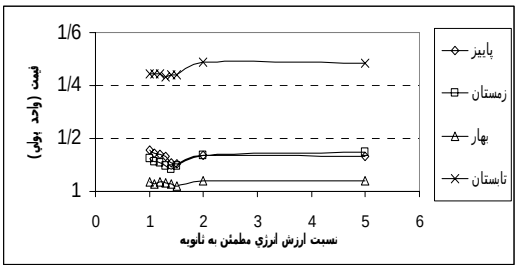
۱. با افزايش نسبت ارزش انرژي مطمئن به ثانويه، علي‌رغم تغييرات نسبتاً ناچيز در توليد انـرژي كـل، تغييرات چشمگير در توليد انرژي مطمئن مشاهده مي‌شود.
۲. به طور كلي تغييرات شاخصها در دامنه نسبتاً كوچكي از تغييرات *A* رخ مي‌دهند و افزايش بيشتر از ۱۰۰ درصد *A* تاثيري بر روند توليد ندارد.
۳. با توجه به مدل رياضي تابع هدف در اين سناريو، مدل در راستاي كسب بيشترين عايدي و احتراز از قيمتهاي پايين، خود به خود از توليد زياد و غير معقول ماهانه، احتراز مي‌نمايد و تا حد ممكن اقدام به توزيع متناسب توليد ماهانه مي‌نمايد.
۴. توليد زياد انرژي در فصل بهار منجر به كاهش قيمت ماهانه انرژي در اين فصل مي‌شود و از آنجا كه نسبت ارزش انرژي مطمئن به ثانويه *A* برابر است، لذا مدل ترجيح مـي‌دهـد انـرژي مطمـئن را در شرايطي توليد نمايد كه انرژي از قيمت بالاتري برخوردار باشد. مـدل بـا سـوق دادن توليـد انـرژي مطمئن به فصلي نظير پاييزكه از توليد انرژي كل كمتري برخوردار است به بيـشترين سـود دسـت يافته است (اشكال ۷ و ۸).
۵. فصل بهار داراي بيشترين مقدار توليد انرژي كل در بين فـصول مـي‌باشـد و داراي كمتـرين مقـدار ارزش انرژي نيز مي‌باشد. انرژي كل توليدي در فصول پاييز و زمستان تقريباً يكسان است. بنـابراين از ارزش يكساني نيز برخوردار هستند. با توجه به تفـاوت مبنـاي محاسـبه قيمـت انـرژي در فـصل تابستان با ساير فصول علي‌رغم توليد انرژي كل زياد در اين فصل، قيمت هاي به دست آمده بيـشتر از ساير فصول مي باشد.(شكل ۹)
۶. عدم احتساب قيمت واقعي انرژي در تدوين سياستهاي بهره‌برداري مي‌تواند حـداكثر باعـث كـاهش ۱۲ درصد سود حاصل از بهره‌برداري از مخزن گردد. (شكل۱۰)



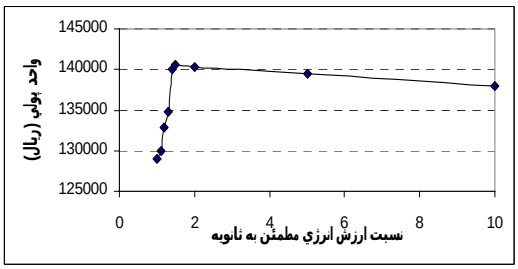
شكل (۷): روند تغييرات متوسط انرژي كل فصلي



شكل (۸): روند تغييرات متوسط انرژي مطمئن توليدي فصلي



شكل (۹): روند تغييرات متوسط قيمت فصلي



شكل (۱۰): روند تغييرات

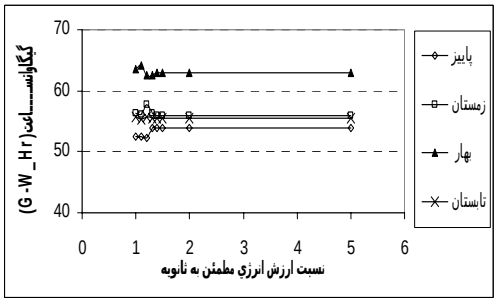
۵_۵_ ميزان عرضه مورد دلخواه مصرف كننده *(Willingness To Pay)*:

در اين سناريو سود مصرف كننده مد نظر قرار گرفته است. نتايج حاصل از اين سناريو نشان مي‌دهد كه:

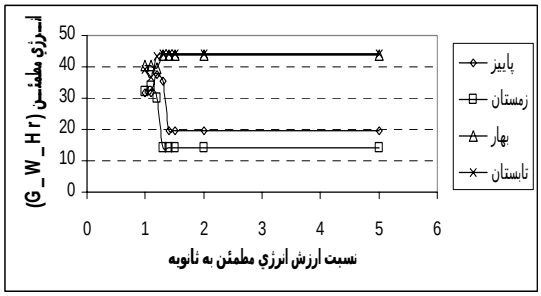
۱. با افزايش نسبت ارزش انرژي مطمئن به ثانويه، تغييراتي در توليد انرژي كل و انرژي مطمئن فصلي مشاهده مي شود، كه دامنه تغييرات توليد انرژي مطمئن فصلي بيشتر است (اشكال ۱۱ و ۱۲).

۲. افزايش بيشتر از ۲۰ درصد *A* تاثيري بر روند توليد ندارد.

۳. با توجه به نوع و مدل رياضي تابع هدف انتخاب شده، مدل در راستاي كسب بيشترين عايدي از توليد مقادير بسيار كم و مقادير بسيار زياد اجتناب مي‌نمايد و با توزيع متناسب توليد ماهانه باعث افزايش انرژي مطمئن كل دوره شده است.



شكل (۱۱): روند تغييرات متوسط انرژي كل فصلي



شكل (۱۲): روند تغييرات متوسط انرژي مطمئن توليدي فصلي

٦_ خلاصه و نتيجه‌گيري

حركت از سيستمي كه فقط شامل دو عنصر عرضه و تقاضا مي‌باشد به سمت سيستمي كه علاوه بر دو عنصر فوق، دربرگيرنده عنصري به نام بازار باشد مدنظر اين تحقيق قرار گرفته است. نتايج نشان مي دهد، مدلها علي‌رغم استفاده از مسيرهاي مختلف توليد، قادر به توليد انرژي مطمئن يكسان در سطح اعتماد پذيري ۱۰۰ درصد مي‌باشند. روند توليد انرژي كل فصول پاييز و زمستان، در روشهاي مختلف تقريباً يكسان است در حالي كه در نحوه توليد در فصول بهار وتابستان اختلاف زيادي به چشم مي‌خورد. همچنين نتايج نشان داد كه توجه و يا عدم توجه به سيگنالهاي قيمتي و قيمت بازار انرژي مي‌تواند سود و عايدي حاصل از بهره‌برداري از يك مخزن را دستخوش تغييرات اساسي نمايد به طوري

که در مطالعه موردي انجام شده، در بعضي موارد در صورت بهره‌برداري بدون توجه به بازار انرژي شاهد كاهش سود تا ميزان ۶۶% سود واقعي مي‌باشيم.

مراجع

Culy, J. G. & Read, E. G. (1994), Short run gaming in the Victorian wholesale electricity market, Final draft report to the ESIRU, New Zealand Institute of Economic Research (Inc.) and University of Canterbury.

Green, R. J. & Newbery, D. M. (1992), 'Competition in the British electricity spot market', *Journal of Political Economy* 100(5), 929–953.

Klemperer, P. D. & Meyer, M. A. (1989), 'Supply function equilibria in oligopoly under uncertainty', *Econometrica* 57(6), 1243–1277.

Mariano Ventosa , Andres Ramos , Michel Rivier , " Modeling Profit Maximisation Deregulated Power Markets By Equilibrium Constrain" , Proceedings 13th PSCC Conference. Norway. Vol. 1 PP231-237, (1999)

Mariano Ventosa, Antonio García-Alcalde, Antonio Mencía, Michel Rivier, Andres Ramos , " Modeling Inflow Uncertainty in Electricity Markets: A Stochastic MCP Approach", Proceedings 6th PMAPS Conference. Madeira. Vol. 2 PSP3-106, (2000)