سیزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران
۲۲-۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۴

بررسي شاخص های تصمیم گیری جهت پیشنهاد قیمت یک شرکت تولیدکننده انرژي درمحیط رقابتي صنعت برق: مقایسه و تحلیل مناقصه هاي یکنواخت و تمایزي

محمد امین لطیفی
دانشجوی کارشناسی ارشد
am_la99@stu-mail.um.ac.ir

حبیب رجبی مشهدی
استادیار گروه برق
h_mashhadi@ferdowsi.um.ac.ir

جواد ساده
استاد یار گروه برق
sadeh@ferdowsi.um.ac.ir

دانشکده مهندسی – دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده: در دهه گذشته تجدید ساختار در صنعت برق اغلب کشورهاي جهان با گذار از ساختار انحصاري به ساختار رقابتي، آغاز شده است. در فضاي رقابتي جدید تولیدکنندگان انرژي جهت فروش انرژي به عنوان یک کالا با هم رقابت مي کنند. نوع مناقصه هایي که در این بازارها برگزار مي شود تاثیر عمده اي بر سود شرکت کنندگان دارد. از طرفي عدم قطعیت هاي موجود در محیط رقابتي مانند نوسانات قیمت و تغییر رفتار رقبا نیز سود شرکت کنندگان را متاثر مي سازد. در این مقاله شاخص هاي سود مورد انتظار، واریانس و ریسک متناظر با رفتار یک تولیدکننده انرژي در بازارهاي برق مبتني برمناقصه یکنواخت وتمایزي تعریف و توسعه داده شده و مورد بررسي قرار گرفته اند. سپس با بررسي یک مثال عددي، این شاخص ها به طور کمي محاسبه و نتایج مورد بحث و بررسي قرار مي‌گیرند. در انتها تاثیر تغییر پارامترهای بازار بر شاخص های تصمیم گیری مطالعه شده است.

واژه هاي کلیدي: بازار برق، مناقصه یکنواخت، مناقصه تمایزي، پیشنهاد قیمت، شاخص تصمیم گیري، متوسط سود، ریسک.

۱- مقدمه

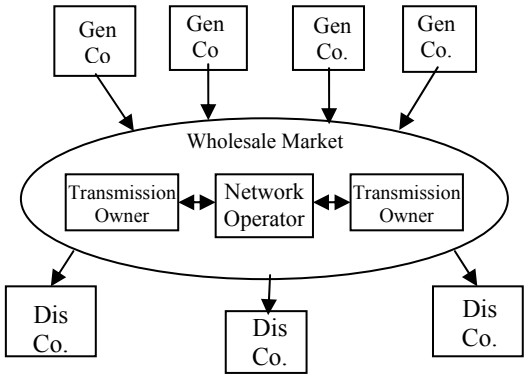
در دهه گذشته اغلب کشورهاي جهان با تغییر قوانین در حوزة اقتصاد انرژي، حرکت از ساختار انحصاري به ساختار رقابتي وتجدید ساختار صنعت برق را آغاز نموده اند. فرآیند تجدید ساختار و مقررات زدایي با اهدافي نظیر افزایش کارآیي اقتصادي، افزایش رفاه اجتماعي وجذب سرمایه هاي بخش خصوصي در حال پیگیري است[۱].

رقابتي کردن ساختار اقتصادي صنعت برق بر پایه ایده جداسازي الکتریسته به عنوان کالا از انتقال و توزیع آن به عنوان خدمات جانبي شکل گرفته است و معاملات اقتصادي خرید و فروش کالا و خدمات جانبي در بازارهاي برق انجام مي‌پذیرد.

بازار عمده فروشي انرژي که شکل (۱) ساختار کلي آن را نشان مي دهد یکي از مهمترین بازارهاي انرژي است. در این بازار، شرکت هاي تولیدي (*GenCos*) و شرکت هاي توزیع (*DisCos*) پیشنهادهاي خود جهت خرید و فروش انرژي (بید[1]: منحني قیمت پیشنهادي بر اساس انرژي) را به مدیریت بازار ارائه مي‌دهند. معمولاً این پیشنهادها به صورت ساعتي بوده و یك روز قبل از بهره‌برداري شبکه در اختیار بهره‌بردار بازار قرار مي‌گیرد. منحني‌هاي پیشنهاد شده (اغلب به صورت

[1] Bid

پله‌اي) براي هر ساعت بر حسب قيمت به صورت نزولي (خريداران) و صعودي (فروشندگان)مرتب مي شوند. منحني هاي ادغام شده خريداران (تقاضا) و فروشندگان (عرضه) در قيمتي كه موسوم به قيمت تسويه بازار[1] (*MCP*) است يكديگر را قطع كرده و شركت‌كنندگان برنده را مشخص مي‌كند.



شكل(۱): ساختار بازار عمده فروشي توان

در تئوري بازار روش‌هاي مختلفي جهت برگزاري مناقصه و تخصيص قيمت به شركت كنندگان پيشنهاد شده است. دو روش كه بيش از همه در بازارهاي برق مورد استفاده قرار مي‌گيرند، عبارتند از مناقصه‌هاي قيمت گذاري يكنواخت[2] (*UP*) و مناقصه‌هاي تمايزی[3] كه مرسوم ترين آنها پرداخت در ازاي بيد[4] (*PAB*) مي باشد. در مناقصه‌هاي *UP* قيمت تخصيص يافته به هر شركت كننده‌اي در صورت برنده شدن ، برابر با *MCP* مي‌باشد، در حالي كه در مناقصه‌هاي *PAB* قيمت تخصيص يافته به هر شركت كننده‌اي برابر با قيمت پيشنهادي شركت كننده مي‌باشد[۲]. ثابت مي شود كه بهترين قيمتي كه در حالت رقابت كامل شركت كنندگان در مناقصه *UP* مي‌توانند ارائه دهند هزينه نهايي توليد[5] (*MC*) مي‌باشد، اين در حالي است كه در مناقصه *PAB* قيمت بهينه غير از *MC* مي‌باشد.[۳و۴]

در زمينه قيمت‌دهي در بازارهاي برق مطالعات مختلفي انجام شده است كه به مرور برخي از آنها مي‌پردازيم. در مرجع [۵] مجموعه كارهاي انجام شده در زمينه پيشنهاد قيمت تا سال ۲۰۰۰ جمع آوري شده است. مرجع [۶] قيمت بهينه را با لحاظ كردن ريسک براي ۲٤ ساعت آينده استخراج كرده است. ريسک در اين مقاله برابر با واريانس *MCP* تعريف شده است. از فرآيند ماركوف چند حالته گسسته زمان[6] در مرجع [۷] براي مدلسازي عدم قطعيت ها استفاده شده است و بهترين قيمت جهت ارائه به بازار با در نظر گرفتن سناريو هاي مختلف روز بعد به دست آمده است. مرجع [۸] با استفاده از يادگيري بر اساس تغييرات رفتار بازيگران ديگر بازار به مدلسازي بازار و يافتن قيمت مناسب پرداخته است. با توجه به درجه ريسک پذيري توليد كنندگان، استرتژي مناسب پيشنهاد قيمت، بر اساس تابع مطلوبيت مورد نظر شركت كنندگان در مرجع [۹] پيشنهاد شده است. مرجع [۱۰] به مقايسه مناقصه *PAB* و *UP* از لحاظ بازدهي اقتصادي و فاكتورهاي ديگر پرداخته و مقايسه را در دو حالت حدي رقابت كامل و همدستي كامل[7] انجام داده است. تاثير توابع هدف موردنظر بهره بردار بازار در مناقصههاي *PAB* و*UP* بر زمان بندي توليد و نيز قيمت تمام شده برق موضوع مورد تحقيق مرجع [۱۱] مي باشد.

اگر چه تا كنون هيچ مقايسه جامعي كه مناقصه هاي فوق را از همه جهات مورد نقد و بررسي قرار دهد صورت نگرفته است ولي تا كنون چندين مقاله در زمينه بررسي خواص مناقصه *UP* و *PAB* منتشر شده است. مقاله حاضر از ديدگاه يک فروشنده (*GenCo*) به ارزيابي خواص مناقصه هاي فوق مي پردازد. در اين راستا، به بررسي مساله پيشنهاد قيمت در مناقصه هاي فوق پرداخته شده و فرض بر اين است كه رفتار بازار با استفاده از توزيع چگالي احتمالي[8] *MCP, (pdf)* مدل شده است. استخراج *pdf* براي *MCP* با استفاده از داده‌هاي قبلي بازار و تكنيك‌هاي آماري قابل حصول است[۱۲]. با استفاده از اين فرض، سود كمپاني كه از شركت در بازار با مناقصه‌هاي *PAB* و يا *UP* نصيب آن مي‌گردد به صورت يك متغير تصادفي تركيبي مدل شده و ويژگي هاي آماري آن مورد مطالعه قرار مي گيرد.

ديدگاه تصادفي به سود رهيافتي در جهت لحاظ كردن ريسك و محاسبه آن در اختيار قرار مي‌دهد. در اين مقاله بر اساس

[1] Marginal Clearing Price
[2] Uniform Price
[3] Discriminatory Auction
[4] Pay-as-Bid
[5] Marginal Cost
[6] Discrete state_Discrete time
[7] Perfect collusion
[8] Probability Density Function

تئوري مديريت مالي شاخصي مناسب جهت تصميم‌گيري اقتصادي كه همانا نسبت انحراف معيار به متوسط سود است معرفي مي‌شود. بر پايه شاخص فوق رفتار فروشنده بر اساس مدل هاي رياضي مدل شده و به صورت عددي طي يک مثال در هر دو مناقصه مورد بررسي قرار مي گيرد.

۲ـ مدلسازي و آناليز مساله

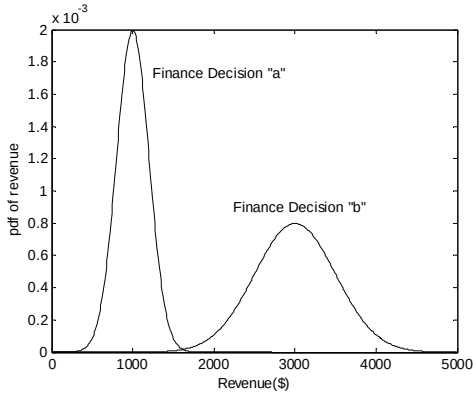
فرض مي‌كنيم كه *MCP* بازار به صورت *pdf* يك متغير تصادفي ($f(\rho_m)$) در دسترس باشد كه ρ_m همان *MCP* مي‌باشد. به اين ترتيب امكان مدلسازي سود *GenCo* به صورت يك متغير تصادفي و بررسي آماري آن با محاسبه متوسط، واريانس و انحراف معيار فراهم مي‌شود.

۲-۱- معرفي شاخص هاي تصميم گيري

هر تصميم سرمايه گذاري و تقريبا هر نوع تصميم تجاري به معناي عام كلمه، پيش بيني وقايع آتي را تلويحا ايجاب مي كند. با توجه به وجود عدم قطعيت هاي مختلف در محيط تصميم گيري مسائل واقعي،پيش بيني وقايع آتي به صورت دقيق امكان پذير نمي باشد و ناگزير بايستي به مدلسازي عدم قطعيت ها جهت تصميم گيري پرداخت. مدل احتمالي يكي از مرسوم ترين مدل ها در حل چنين مسائلي مي باشد. در اين مدلسازي مولفه هاي مورد نظر مانند درآمد و سود به صورت متغير تصادفي در نظر گرفته مي شوند.

در چنين شرايطي يک فروشنده نبايستي تنها بر اساس اميد رياضي سود حاصل از فروش به تصميم گيري بپردازد. زيرا پراكندگي و واريانس متناظر با سود فروشنده نيز اهميت دارد. به عبارت ديگر ممكن است دو تصميم گيري با متوسط سود برابر لزوما مطلوبيت[1] يكساني نداشته باشند. براي روشن شدن مساله سود حاصل از دو تصميم گيري *(a)* و *(b)* را در نظر بگيريد كه در شكل (۲) آمده است. درست است كه تصميم *(b)* داراي متوسط سود بيشتري مي باشد، ولي پراكندگي اين سود هم بيشتر است.اين به معني عدم اطمينان بيشتر در تصميم گيري *(b)* مي باشد.

انحراف از معيار (جذر واريانس) از لحاظ تئوري احتمال، نشان دهنده عدم قطعيت است ولي انحراف از معيار به تنهايي معياري مناسب جهت محاسبه درجه ريسك نمي‌باشد. زيرا مقدار انحراف از معيار در مقايسه با مقدار متوسط است كه اهميت يافته و درجه ريسك را مشخص مي‌سازد. به همين جهت روش هاي مختلفي جهت تصميم گيري در اين شرايط مورد استفاده قرار مي گيرند كه از مهم ترين آنها كه معمولا در مديريت مالي به كار مي رود استفاده از نسبت انحراف معيار به متوسط سود مي باشد[۱۳]. اكنون با استفاده از اين روش مي توان در شرايط تصميم گيري شكل (۲) يكي از دو گزينه را كه داراي نسبت انحراف معيار به متوسط سود كمتري است را انتخاب كنيم.



شكل(۲): *pdf* سوداشي از دو تصميم مالي

۲ـ۲ـ شاخص هاي تصميم گيري درمناقصه *UP*

از آنجا كه در مناقصه‌هاي *UP* مقدار سودي كه نصيب توليدكنندگان در بازار مي‌شود فقط به *MCP* و هزينه توليد *GenCo* بستگي دارد، سود *GenCo* در صورت پذيرش قيمت پيشنهادي در بازار برابر با $(\rho_m - c)g$ خواهد بود كه g مقدار پيشنهادي توليد وc هزينه متوسط توليد g مي‌باشد. جهت در نظر گرفتن تأثير پذيرش قيمت در مقدار سود *GenCo*، مي‌توان آن را به صورت يك متغير تركيبي مختلط به صورت زير تعريف كرد.

$$Profit_u = h_u(\rho_m, \rho, g) = (\rho_m - c) g I_m(\rho_m, \rho)$$
$$I_m(\rho_m, \rho) = \begin{cases} 1 & \rho_m \geq \rho \\ 0 & \rho_m < \rho \end{cases} \qquad (1)$$

ρ قيمت پيشنهادي توسط *GenCo* و I_m متغير تصادفي گسسته‌اي مي‌باشد كه مشخص كنندة پذيرش يا عدم پذيرش قيمت است. با فرض در دسترس بودن *pdf* مربوط به*MCP*

[1] Utility

متوسط (E_u) و واريانس (Var_u) متغير تصادفي سود به صورت روابط (۲) و (۳) خواهند بود.

$$E_u(\rho_m,\rho,g)=\int_{-\infty}^{\infty}h_u(\rho_m,\rho,g)f(\rho_m)d\rho_m = \int_{\rho}^{\infty}(\rho_m-c)gf(\rho_m)d\rho_m \quad (2)$$

$$Var_u(h_u(\rho_m,\rho,g))=E_u(h_u^2(\rho_m,\rho,g)) - E_u^2(h_u(\rho_m,\rho,g)) \quad (3)$$

با محاسبه مولفه هاي رابطه (۳) خواهيم داشت.

$$Var_u(h_u(\rho_m,\rho,g))=\int_{\rho}^{\infty}(\rho_m-c)^2gf(\rho_m)d\rho_m - (\int_{\rho}^{\infty}(\rho_m-c)gf(\rho_m)d\rho_m)^2 \quad (4)$$

با مشخص بودن پارامترهاي $f(\rho_m)$ مقادير متوسط و واريانس سود به ازاي هر قيمت ρ قابل محاسبه خواهد بود. ريسك سود حاصل از قيمت ρ را به صورت نسبت انحراف از معيار به متوسط سود تعريف مي كنيم.

$$R_u(\rho_m,\rho,g)=\frac{\sqrt{Var_u(h_u(\rho_m,\rho,g))}}{E_u(h_u(\rho_m,\rho,g))} \quad (5)$$

افزايش مقدار $R_u(\rho_m,\rho,g)$ به معني افزايش نسبي انحراف از معيار نسبت به متوسط سود است. بنابراين بين دو پيشنهاد قيمت، پيشنهادي كه داراي $R_u(\rho_m,\rho,g)$ بيشتري مي‌باشد داراي ريسك بيشتري در قيمت‌دهي خواهد بود.

۲ـ۳ـ شاخص هاي تصميم گيري درمناقصه ***PAB***

سود*GenCo* در محيط *PAB* به قيمت پيشنهادي *GenCo*، هزينه و *MCP* بستگي دارد. بر خلاف محيط *UP* پول تخصيص يافته به شركت كنندگان به ازاي هر مگاوات توليد برابر با قيمت پيشنهادي *GenCo* مي باشد. بنابراين سود *GenCo* به اندازه $(\rho-c)g$ مي‌باشد. همانند محيط *UP*، متغير تصادفي سود كمپاني به صورت زير قابل بيان است.

$$Profit_p=h_p(\rho_m,\rho,g)=(\rho-c)gI_m(\rho_m,\rho) \quad (6)$$

متوسط و واريانس متغير تصادفي سود نيز به صورت زير خواهد بود كه مقادير آنها برخلاف مقادير نظيردر مناقصه *UP* به فرم بسته قابل نمايش مي باشند.

$$E_p(\rho_m,\rho,g)=\int_{-\infty}^{\infty}h_p(\rho_m,\rho,g)f(\rho_m)d\rho_m = \int_{\rho}^{\infty}(\rho-c)gf(\rho_m)d\rho_m = (\rho-c)g(1-F(\rho)) \quad (7)$$

$$Var_p(h_p(\rho_m,\rho,g))=E_p(h_p^2(\rho_m,\rho,g)) - E_p^2(h_p(\rho_m,\rho,g)) \quad (8)$$

$$Var_p(h_p(\rho_m,\rho,g))=(\rho-c)^2g^2(1-F(\rho))(F(\rho)) \quad (9)$$

ريسك قيمت‌دهي با تعريف نسبت معيار به متوسط سود *GenCo* نيز به صورت رابطه (۱۰) خواهد بود.

$$R_p(\rho_m,\rho,g)=\frac{\sqrt{Var_p(h_p(\rho_m,\rho,g))}}{E_p(h_p(\rho_m,\rho,g))} = \sqrt{\frac{F(\rho)}{1-F(\rho)}} \quad (10)$$

رابطه (۱۰) نشان مي‌دهد كه R_p يك تابع افزايشي است. زيرا با افزايش ρ صورت كسر افزايش و مخرج كسر كاهش مي‌يابد. اين بدان معني است كه در محيط *PAB* هر چه قيمت پيشنهادي افزايش يابد، ريسك سود نيز افزايش خواهد يافت.

۳- مثال عددي

به عنوان مثال يک كمپاني توليد انرژي (*GenCo*) كه داراي يک ژنراتور با حداكثر ظرفيت توليد ۲۵۰ مگاوات و هزينه متوسط توليد $۱۵\$/MWh$ باشد را در نظر مي گيريم. از آنجا كه كمپاني به دنبال حداكثر كردن سود خود است، همه ظرفيت توليدي ژنراتور خود را به بازار ارائه خواهد داد. چون هزينه متوسط اين مقدار توليد نيز ثابت مي باشد، سود كمپاني فقط به قيمت ارائه شده از سوي كمپاني و *MCP* بستگي خواهد داشت. فرض ثابت بودن مقدار توليد و هزينه متوسط آن از كليت مساله نمي كاهد بلكه فقط منجر به سادگي تحليل نتايج خواهد شد.

فرض كنيد كه *pdf* براي *MCP* به صورت يک تابع گوسي است كه متوسط(μ_m) و واريانس آن (σ_m^2) با استفاده از داده هاي قبلي بازار و مشخصات و قوانين بازار به كمک پردازش هاي آماري و تكنيک هاي پيش بيني قابل محاسبه مى باشد.

در اين مثال *pdf* پيش بيني شده براي *MCP* داراي متوسط $۳۰\$/MWh$ و انحراف معيار $۴\$/MWh$ مي باشد($N\sim(30,16)$).

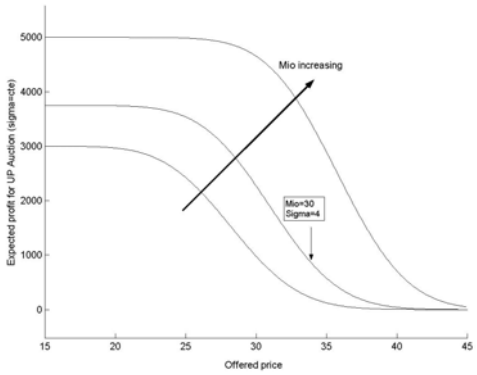
در اين بخش اثر تغيير پارامترهاي بازار(*pdf*)را نيز بر روي شاخص هاي سود مطالعه خواهيم كرد. مقادير اين پارامترها مطابق جدول (۱) مي باشد. به اين ترتيب اثر خطاي پيش بيني،

عدم قطعيت هاي بازار و ... كه باعث غير قطعي بودن *pdf* پيش بيني شده مي شوند را نيز لحاظ كرده ايم.

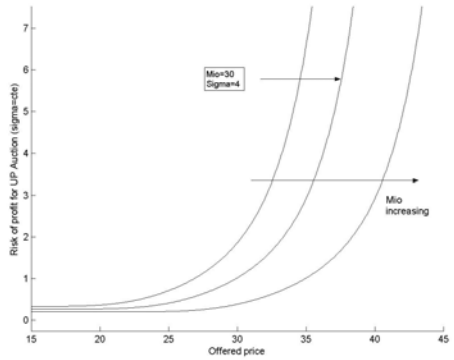
جدول(۱): مقاديرپارامترهاي *pdf*

$\mu_m = cte$	$(N\sim(30,9))$	$(N\sim(30,16))$	$(N\sim(30,36))$
$\sigma_m^2 = cte$	$(N\sim(27,16))$	$(N\sim(30,16))$	$(N\sim(35,16))$

شاخص هاي تصميم گيری بـا اسـتفاده از روابـط(۱) تـا (۱۰) براي *GenCo* مورد نظرقابل محاسبه مي باشند. شكل هـاي (۳) تا (۱۰) شاخص هاي تصميم گيری كه در اثر تغيير پارامتر هاي *pdf* مربوط به *MCP* حاصل مي شود را بـراي هـر دو مناقصـه نشان می دهند. اين نمودار ها براي قيمت هاي بيشتر از هزينـه متوسط توليد رسم شده است. زيرا براي *GenCo* كه بـه دنبـال سود مي باشد ارائه قيمت كمتر از مقدار هزينـه متوسـط توليـد معنا ندارد. البته در شرايطي كه حداقلي از در آمد براي *GenCo* مهم تر از مقدار سود مي باشد مطالعـه شـاخص هـا در قيمـت هاي پايين تر نيز اهميت دارد.



شكل(۳):متوسط سود در بازار*UP* با σ_m ثابت و μ_m متغير



شكل(۴):ريسک سود در بازار*UP* با σ_m ثابت و μ_m متغير

۴- بحث و بررسی نتايج

با استفاده از شاخص هاي تصميم گيری و نمودارهاي حاصـل از مفروضات در قسمت قبل انتخاب استراتژي مناسـب جهـت شركت در بازار با مناقصه هاي*UP* و *PAB* مشخص خواهـد شد. قطعـا اسـترتژي شـركت در بـازار هـای بـا مناقصـه *UP* و*PAB* با توجه به تفاوت ساختاری و ناهمگوني قوانين حاكم بر اين مناقصه ها ، يكسان نمی باشد.

در ابتدا فرض كنيد كه پارامترهاي *pdf* مربوط بـه *MCP* ثابـت باشـد($\mu_m = 30, \sigma_m = 4$). از نمودارهـای (۳) و(۴) مشـخص است كـه در بازارهـای بـا مناقصـه *UP*، حـداكثر سـود توليـد كنندگان و حداقل ريسک آنها در ارائه قيمـت برابـر بـا هزينـه متوسط توليد است. از لحاظ تئوري بازار نيز اين مسـاله كـاملا قابل توجيه است. براي مثـال حالـت رقابـت كامـل را در نظـر بگيريد. در اين حالت *GenCo* قادر به متاثر كردن قيمـت بـازار نخواهد بود كه اين ناشي از تعداد بسيار زيـاد رقبـا در رقابـت كامل است. از طرفي *GenCo* مايل به ضرر كـردن نمـي باشـد. بنابراين حداقل قيمتي كه مي تواند به بـازار ارائـه شـود مقـدار هزينه متوسط توليد است. اگر چنانچه قيمت را مقداري بيش از هزينه متوسط توليد ارائه كند ممكن است منجر به بازنده شـدن *GenCo* در مناقصه شود. البته دقت مي كنيم كـه سـود *GenCo* در مناقصه *UP* متاثر از قيمت تسويه بازار مي باشد و بـا ارائـه هزينه متوسط توليد در صورت برنده شدن همچنان داراي سود مثبت خواهد بود و اين به معناي ريسک حداقل مـي باشـد. در ساختارهاي رقابتي ناكامـل توضـيح ايـن مسـاله تـا انـدازه اي مشكل است. زيرا بـه دليـل وجـود قـدرت در بـازار، شـركت كنندگان قادر بـه متـاثر كـردن قيمـت بـازار خواهنـد بـود. در ساختارهاي رقابتي ناكامل توليد كنندگان مستقل تـوان[1] (*IPP*) داراي قدرت در بازار نيستند. بنابراين*IPP* هـا بـا ارائـه هزينـه متوسط توليد به عنوان قيمـت پيشـنهادي مـي تواننـد از برنـده شدن در بازار و داشتن سود مثبت در صورتي كه هزينه متوسط توليد آنها كمتـر از مقـدار *MCP* باشـد اطمينـان خـاطر داشـته باشند. با ارائه قيمت بيش از هزينه متوسط توليد هنـوز شـانس

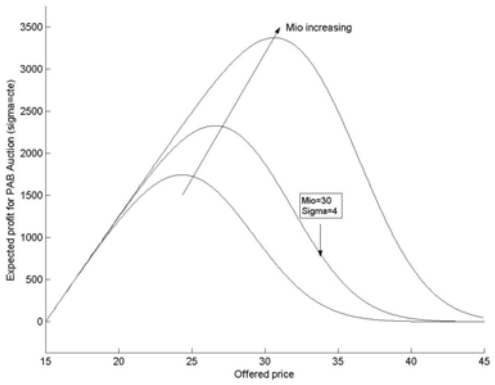
[1] Independent Power Producer

برنده شدن براي *GenCo* وجود دارد ولي ايـن شـانس كـاهش خواهد يافت و اين به معنـي افـزايش ريسـک قيمـت دهـي و كاهش متوسط سود است. (شكل هاي (۳) و (۴)).

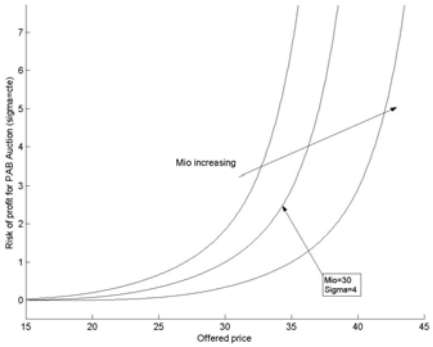
در مناقصه هاي *PAB* همانطور كه شكل هاي (۵) و (۶) نشـان مى دهد، شرايط همانند مناقصه *UP* به سود شـركت كننـدگان نيست. در اين مناقصه ها حتـي در شـرايط رقابـت كامـل نيـز حداكثر متوسط سـود شـركت كننـدگان و حـداقل ريسـک در هزينه متوسط توليد اتفاق نمي افتد كـه ايـن مسـاله بـه قيمـت گذاري تمايزي بر مي گردد. بنابراين در اين مناقصه ها شـركت كننده هر چه با قيمت بـالاتري برنـده شـود از سـود بيشـتري بهره‌مند خواهد شد. ولي از طرفي با افزايش قيمـت پيشـنهادي به بازار شانس برنده شدن را كـاهش خواهـد داد كـه از شـكل هاي (۵) و (۶) كاملا مشخص است. زيرا شاخص ريسک سود با افزايش قيمت پيشنهادي روند افزايشي دارد. بنابراين شـركت كننده بـراي شـركت در بـازار بايـد مصـالحه اي بـين ريسـک پذيرش وسود متوسط داشته باشد. ايـن مسـاله در واقـع دليـل اصلي اختلاف استراتژي هاي پيشنهاد قيمـت در مناقصـه هـاي *UP* و*PAB* مي باشد.

نكته حائز اهميت در هر دو مناقصه اين اسـت كـه بـا افـزايش مقدار قيمت پيشنهادي، ريسک سود در قيمت هاي پايين تـر از μ_m خيلي تغيير نمي كند. ولـي در قيمـت هـاي بـالاتر ازμ_m بـه شدت تحت تاثير قرار مي گيرد كه اين مسـاله بـه دليـل رفتـار خاص واريانس سود مي باشد. بنابراين پيش بينى دقيـق مقـدار متوسط *MCP* از اهميت ويژه اى برخـوردار اسـت. بـه همـين جهت از لحاظ ريسک پيشنهاد قيمت ، قيمت هاي كمتـر از μ_m تفاوت چنداني با هم ندارند و عملا اين مقـدار متوسـط سـود است كه استراتژي پيشنهاد قيمت را مشخص مي كند.

در اثر رفتار استراتژيک غير قابل پيش بينى بازيگران ويـا تغييـر در تقاضاى مورد پيش بينى و نيـز وجـود خطـا در پـيش بينـى پارامترها و عواملى از اين دست، پارامتر هاى واقعـى بـازار بـه طور پيش بينى نشده اى تغيير مى كنند. به همين دليل در ادامـه اثر تغيير پارامترهاي بازار(μ_m, σ_m)بـر شـاخص هـاي تصـميم گيرى و استراتژى پيشنهاد قيمت مورد بررسى قرار مـى گيـرد. ابتدا اثر تغيير μ_m را مورد نظر قرار مي دهيم.



شكل(۵):متوسط سود در بازار*PAB* با σ_m ثابت وμ_m متغير



شكل(۶):ريسک سود در بازار*PAB* با σ_m ثابت وμ_m متغير

افزايشμ_m در حالي كه σ_m ثابـت($\sigma_m = 4$) اسـت بـه معنـاي كاهش عدم قطعيت نسبي در بازار مـي باشـد. در مناقصـه *UP* افزايشμ_m باعث افزايش سود متوسط در هر قيمتي خواهد شد ولي قيمتي كه حداكثر سود در آن اتفاق مي افتد تغييـري نمـي كند(شكل(۳)). بنابراين استراتژى پيشنهاد قيمت در اين مناقصه تحت تاثير قرار نمى گيرد. در مناقصه*PAB* نيز با افزايش μ_m در يک قيمت خاص، متوسط سود افزايش خواهـد يافـت كـه بـه دليل افزايش شانس پذيرش ارائه شده مي باشد. به همين علت در مناقصه *PAB* قيمتـي كـه حـداكثر متوسـط سـود را نصـيب شركت كننده مي كند نيز افزايش مي يابد و اين به معنـى متـاثر شدن استراتژى پيشنهاد قيمت مى باشد(شكل (۵)).

همان طور كه از نمودارهاى (۴)و(۶) بر مى آيد بـا افـزايش μ_m به علت كاهش عدم قطعيت و افزايش شانس پذيرش ، ريسک سود در يک قيمت نمونه كاهش خواهد يافت.

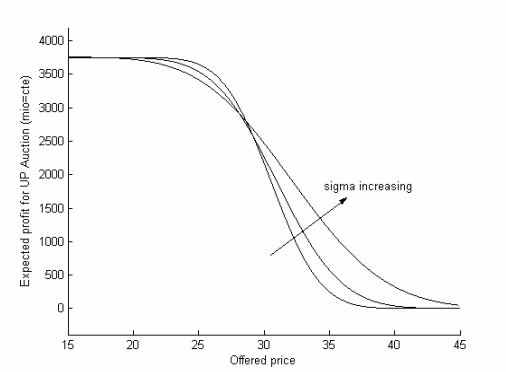
اثر تغيير σ_m بر شاخص هاي سود نيـز در شـكل هـاي (۷) تـا (۱۰) آمده است. همانطور كـه در شـكل (۷) مشـخص اسـت، افزايش σ_m تاثيري در حـداكثر سـود *GenCo* در مناقصـه *UP*

ندارد. دلیل این امر آن است که به علت هزینه متوسط تولید پایین *GenCo*، افزایش عدم قطعیت در بازار (در محدوده تغییرات در نظر گرفته شده برای σ_m) تاثیري در مقدار سود *GenCo* ندارد. بنابراین با افزایش σ_m با ارائه هزینه متوسط تولید نیز شانس پذیرش آن تغییر زیادي نخواهد کرد. بنابراین اگر چنانچه در پیش بیني σ_m خطایي هم وجود داشته باشد اثر زیادي در مقدار سود*GenCo* نخواهد داشت.از طرفي در مناقصه *PAB* (شکل(۸)) افزایش σ_m اثري مستقیم در حداکثر متوسط سود شرکت کننده دارد. زیرا با افزایش عدم قطعیت در بازار شانس پذیرش قیمت کاهش خواهد یافت و مقدار متوسط سود را متاثر خواهد کرد و باعث مي شود که اثر تغییرات σ_m بر روي سود شرکت کننده در بازار *PAB* نمود بیشتري داشته باشد تا مناقصه *UP*. در ضمن دراستراتژی پیشنهاد قیمت نیز در مناقصه *PAB* تاثیر دارد.

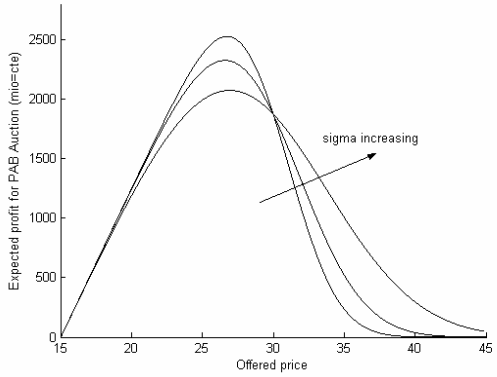
با افزایش σ_m عدم قطعیت در بازار افزایش بیشتري خواهد داشت. اثر تغییر σ_m بر منحني ریسک نیز در شکل هاي (۹)و(۱۰) نمایش داده شده است. این اثر در مقادیر کمتر از μ_m ناچیز ولي در مقادیر بیشتر از آن فاحش است. این امر ناشي از عدم قطعیت بیشتر در پذیرش قیمت در مقادیر بیشتر از μ_m می باشد. بنابراین ریسک پیشنهاد قیمت را در مقادیر بالا بیشتر تحت تاثیر قرار مي دهد.

نکته مهمي که لازم به ذکر به نظر مي رسد (شکل های (۷) تا (۱۰)) اثر دوگانه افزایش σ_m بر روي منحني هاي شاخص است که در مقادیر کمتر از μ_m و بیشتر از آن اتفاق مي افتد. افزایش σ_m باعث کاهش متوسط سود و افرایش ریسک در قیمت هاي کمتر از μ_m و از طرفي افزایش متوسط سود و کاهش ریسک در قیمت هاي بیشتر از μ_m مي شود.

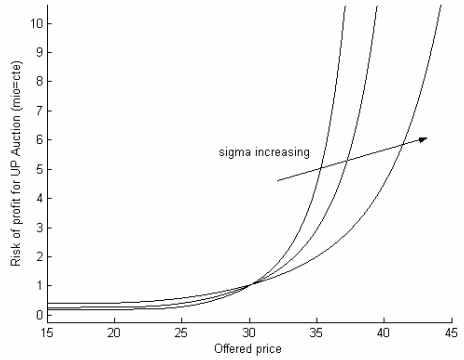
آنچه که به طور کلي از بحث فوق نتیجه گیري مي شود این است که شاخص هاي سود تولید کنندگان در مناقصه *PAB* بیشتر تحت تاثیر پارامترهاي بازار قرار مي گیرد و اصولا ریسک بیشتری متحمل می شوند. به همین دلیل برای دستیابی به سود بیشتر در بازار رقابت بیشتری بین تولید کنندگان در



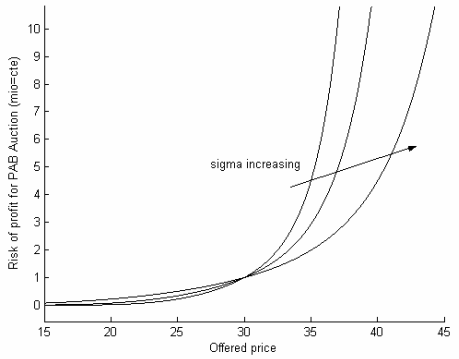
شکل(۷):متوسط سود در بازار*UP* با μ_m ثابت و σ_m متغیر



شکل(۸):متوسط سود در بازار*PAB* باμ_m ثابت و σ_m متغیر



شکل(۹):ریسک سود در بازار*UP* با μ_m ثابت و σ_m متغیر



شکل(۱۰):ریسک سود در بازار*PAB* باμ_m ثابت و σ_m متغیر

این نوع مناقصه وجود خواهد داشت. بنابراین در مناقصه هـاي *PAB* به پیش بیني دقیق رفتار بازار احتیاج بیشتري وجود دارد. این پیش بیني دقیق توسط همه بازیگران منجر بـه کـاهش σ_m در *pdf* مربوط به *MCP* خواهد شد و این یعني وجـود تعـادل در بازار و کاهش عدم قطعیت.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله شاخص هاي تصمیم گیري جهت پیشنهاد قیمـت *GenCo* دربازار برق تعریف و توسعه داده شد. این شاخص ها براي هردو مناقصه *UP* و *PAB* محاسـبه و مقایسـه گردیـد. در نظرگرفتن ریسک پیشنهاد قیمت با توجـه بـه مطالعـات انجـام شده، *GenCo* هـا را بـه سـمت ارائـه قیمـت هـاي پـایین تـر راهنمایی مي کند. این امـردر مناقصـه *UP* (درشـرایط رقابـت کامل) منجر به افزایش متوسط سود مي شود(حد اکثـر سـود و حداقل ریسک در ارائه قیمت برابر با متوسط هزینه تولید اتفاق می افتد.) و این درحـالي اسـت کـه درمناقصـه *PAB*، *GenCo* ناگزیر از مصالحه اي بین متوسط سود و ریسک متناظر آن مـي باشد.

تغییر پارامترهاي بازار که درتغییـر پارامترهـاي*pdf* مربـوط بـه *MCP* لحاظ مي شود بر شاخص هاي تصـمیم شـرکت کننـده تاثیر مستقیم دارد. با توجه به مطالعه انجام شده ایـن تغییـرات، مقادیر شـاخص هـا را در هـر دو بـازار متـاثر مـی کنـد ولـی استراتژی پیشنهاد قیمت در مناقصه *UP* را تحت تاثیر قرار نمی دهد. این در حالی است که استراتژی پیشنهاد قیمت در مناقصه *PAB* متاثر می گردد. بنابراین فروشندگان در مناقصه *PAB* باید از ابزار هاي پیش بیني و مدلسازي هاي دقیق تر استفاده نمایند. در ایـن مناقصـه شـرایط مناسـب از لحـاظ رقابـت و سـود فروشندگان زماني حاصل مي شود که فروشندگان قیمت بـازار را به خوبي تخمـین زده و بـه ایـن ترتیـب پراکنـدگي قیمـت پیشنهادي فروشندگان کم باشد.

۶- مراجع

[1] M.Heneault and etal,"*A Review of Restructuring in the Electricity Business*", Proceeding of 13th PSCC in Trondheim,Jun.1999,PP.19-31.

[2] M.J.Morey and etal, "*Power Market Auction Design : Rules and Lessons in Market-Based Control for the New Electricity Industry*", Published by Edison Electric Institute ,September 2001.

[3] G.gross and D.Finlay,"*Generation Supply Biddig in Perfectly Competitive Electricity Markets*",Journal of Computational & Mahematical Organization Theory 6,2000,PP.83-98.

[4] H.Rajabi and etal, "Optimal Supply Bidding with Risk Management in an Electricity Pay-as-Bid Auction", Submitted for PSCC 2005,Liege,Belgium.

[5] A.K.David and F.Wen,"*Strategic Bidding in Competitive Electricity Markets:A Literature Survey*" Proceeding of IEEE PES 2000 Summer Meeting, PP.2168-73.

[6] E.Ni and P.B.Luh,"*Optimal Integrated Generation Bidding and Scheduling with Risk Management under a Deregulated Power Market*", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.19 ,No.1, February 2004,PP.600

[7] H.Song and etal,"*Optimal Electricity Supply Bidding by Markov Decision Process*", IEEE Transactions on Power Systems,Vol.15,No.2,May 2000,PP.618-624.

[8] Y.Song and etal,"*Conjectural Variation Based Learning of Generator's Behavior in Electricity Market*", IEEE 2003.

[9] C.P.Rodriguez and G.J.Andres,"*Bidding Strategy Design for Different Types of Electric Power Market Participants*",IEEE Transactions on Power Systems,Vol.19,No.2,May 2004,PP.964-971.

[10] [10] G.Federico and D.Rahman,"*Bidding in an Electricity Pay-as-Bid Auction*", Paper provided by Economics Group, Nuffield College, University of Oxford in its series" Economics Papers" with number 2001-W5. April2001

[11] M.Marmiroli and etal,"*Influence of Auction Rules on Short-Term Generation Scheduling*",IEEE 1999.

[12] C. P. Rodriguez and G. J. Anders, "*Energy price forecasting in the Ontario competitive power system market*," IEEE Transactions on Power Systems, Vol.19, PP. 366–374, Feb. 2004.

[13] F.J.Waston and E.Brigham,"*Mangerical Finance*" Reinhart and Winston Publisher, Inc,1975