فصلنامه بورس اوراق بهادار شمارهٔ ۴۶ تابستان ۹۸ سال دوازدهم ــ تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۰۴ ــ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۱ ــ ص ۲۶-۵۶

پاداش آتی و کاربرد آن در مدیریت ریسک نیروگاه ها در بورس انرژی و بازار برق ایران

علی طیب نیا[۱]
محسن مهرآرا[۲]
مهران کیانوند[۳]

چکیده

این مقاله به بررسی پاداش آتی و عوامل موثر بر آن در معاملات بورس انرژی و بازار برق ایران می پردازد. در این مطالعه نظریه مدل تعادلی بسمبیندر و لمون به عنوان مدل قیمت گذاری قرارداد آتی برق مورد آزمون قرار می گیرد. در ابتدا با استفاده از مدل پرش انتشار مرتون قیمت های برق پیش بینی گردیده و پس از محاسبه پاداش آتی پیش بینی شده، با استفاده از مدل تغییر رژیم مارکف، مبانی تئوریک آزمون می گردد. نتایج، بخشی از تئوری بسمبیندر و لمون را تایید می نماید. یافته های تحقیق اشاره به نقص در بازار دارد که دلایل آن عدم وجود نقدینگی کافی، وجود تعرفه های ثابت، عدم مشارکت فعال مصرف کنندگان در بازار برق و عدم تحقق کامل تجدید ساختار می باشد. لذا تغییر در قوانین از طریق ایجاد امکان ورود بازیگران جدید از جمله سفته بازان و صدور مجوز خرده فروشی برق از توصیه های سیاستی این مقاله است. موضوع دوم ارائه رهنمودهایی برای نیروگاهها در خصوص زمان مناسب ورود در معاملات آتی است که نتایج ورود در معاملات در فصول با تقاضای معمول مانند پاییز و بهار را پیشنهاد می نماید.

واژگان کلیدی: پاداش آتی، بازار برق، مدیریت ریسک، پرش انتشار، تغییر رژیم مارکف

طبقه‌بندی موضوعی: G1،Q41، G32، C53، C22

[۱] دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)، Email: taiebnia@ut.ac.ir

[۲] استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، Email: mmehrara@ut.ac.ir

[۳] دانشجوی دکترای دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، Email: mehrankianvand@ut.ac.ir

۱- مقدمه

مقررات زدائی در بازارهای برق در سرتاسر جهان منجر به تغییرات معنادار در ساختار صنعت برق و حرکت از ساختار انحصاری به سوی بازارهای رقابتی با ساختار آزاد سازی شده گردیده است. در ایران، مقدمات لازم به منظور پیاده سازی این ساختار جدید از اواخر دهه هفتاد آغاز و با راه اندازی بازار برق ایران در آبان سال ۱۳۸۲ وارد مرحله عملیاتی گردید. با شروع فعالیت بازارهای برق، رفتار قیمت های بازار برق بیشتر تحت تاثیر طبیعت ذاتی ناشی از تولید و مصرف برق قرار گرفته است. در یک بازار عمده فروشی آزاد شده، برق مشابه هر کالای دیگری معامله می شود. برق متفاوت از کالاهای دیگر است از آن جهت که نمی توان آن را در مقادیر بالا ذخیره کرد. بنابراین عرضه برق که به شبکه صورت می گیرد بایستی با میزان مصرف برابر باشد تا پایداری سیستم حفظ گردد. علاوه بر عدم قابلیت ذخیره به عنوان دلیل اصلی (Careta & Villaplana, 2008)، عوامل دیگری از جمله کشش تقاضای پایین (Johnsen,2001)، تغییر در فعالیت های تجاری و ساعات کاری (Ferreira & Sebastião, 2017) و تغییرات آب و هوایی (Weron, 2014) موجب رفتاری از قیمت برق به عنوان یک کالا می شود که در بازارهای مالی منحصر به فرد است: قیمت های برق رفتار بازگشت به میانگین، فصلی بودن، نوسان شدید و پرش های قیمتی را از خود نشان می دهند (Handika & Trueck,2013).

چنین رفتاری ریسک شرکت های فعال در بازار برق را افزایش داده و لزوم پوشش ریسک قیمت در این بازارها را بیش از سایر بازارها می نماید. فیوریو و منو (Furió & Meneu, 2010) معتقدند که بنگاهها می توانند از پوشش ریسک بازار منتفع شوند زیرا که نوسانات زیاد هزینه مورد انتظار آشوب های مالی را افزایش داده و منجر به سرمایه گذاری کمتر از حد می شود. همچنین سیاست پوشش ریسک بازار می تواند منجر به سرمایه گذاری کاراتر شود.

ابزارهای مالی متفاوتی برای پوشش ریسک قیمت در بازارهای مالی و بورس های انرژی در سرتاسر جهان وجود دارد. هاندیکا و تراک (Handika & Trueck,2013) و بان و چن (Bunn & Chen, 2013) معتقدند رایج ترین ابزاری که در این خصوص استفاده می گردد، پیمان آتی (Forward) و قرارداد آتی (آتی ها: Futures) است. در ایران به دلیل نوپا بودن بورس انرژی، تنها ابزاری که می توان از آن برای پوشش ریسک استفاده نمود، قراردادهای سلف موازی استاندارد می باشد که عملکردی

تقریباً مشابه با قرارداد آتی و پیمان آتی دارد[۴]. معاملات این قراردادها با آغاز فعالیت شرکت بورس انرژی از اواخر اسفند ماه سال ۱۳۹۱ به تدریج در نمادهای مختلف آغاز گردیده است.

یکی از مفاهیم رایجی که در حوزه پوشش ریسک قیمت در بازارهای برق مطرح است، بحث پاداش آتی[۵] است که ریشه در مباحث قیمت گذاری قرارداد آتی دارد. به بیان لانگستف و وانگ (Longstaff & Wang,2004) موضوع قیمت گذاری قیمت قراردادهای آتی و وجود پاداش آتی یکی از چالش برانگیزترین موضوعاتی است که شرکت های تولید کننده برق، خریداران برق، قانونگذاران و فعالان بازارهای مالی با آن روبه رو هستند.

این مقاله به حوزه ایی از تحقیقات در رابطه بین قیمت نقدی و آتی می پردازد که رسالت آن ملاحظات ریسک است. در واقع هدف این مطالعه بررسی علامت و رفتار پاداش آتی و عوامل موثر بر آن برای نخستین بار در بازار برق و بورس انرژی ایران می باشد. بیشتر مقالات از مفهوم پاداش آتی برای قیمت گذاری قرارداد های آتی استفاده می کنند در حالی که پاداش آتی کاربرد دیگری نیز می تواند داشته باشد که در ادبیات مغفول مانده است و آن استفاده از مفهوم پاداش آتی به منظور تصمیم گیری در خصوص حضور در بازار و تصمیم گیری در خصوص ورود یا عدم ورود به بازار است که در این مطالعه مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- تعریف پاداش آتی

بررسی رابطه بین قیمت های نقدی و قرارداد آتی، مرتبط با مفهوم پاداش آتی است که ریشه در قیمت گذاری قرارداد آتی دارد. اصولاً دو نوع روش قیمت گذاری برای قراردادهای آتی کالا وجود دارد.

در اولین روش، قیمت گذاری قراردادهای آتی با فرض عدم وجود فرصت های آربیتراژ صورت می پذیرد. در یک بازار کارا و بدون اصطکاک[۶]، و با فرض امکان وام گیری و وام دهی در نرخ بهره بدون ریسک(r)، قیمت آتی و نقدی سهام در شرایط عدم وجود آربیتراژ با فرمول (۱) با هم در ارتباط هستند:

$$F(t,T) = S(t)\exp[(r+u-y)(T-t)] \qquad (1)$$

---

[۴] قراردادهای سلف، پیمان آتی و قرارداد آتی را علی رغم برخی تفاوت ها می توان معادل در نظر گرفت. طبق بیان لوسیا و تورو(۲۰۱۰) این فرض زمانی که قراردادهای آتی کوتاه مدت مورد استفاده قرار می گیرد، کاملاً منطقی و قابل کاربرد است.

[5] Forward premium

[6] Non-frictionless

$F(t,T)$: قیمت آتی در زمان t برای تحویل دارایی در زمان سررسید T

$S(t)$: قیمت نقدی دارایی در زمان T

در این رابطه u هزینه انبارداری به صورت درصدی از قیمت نقدی دارایی و y ثمرات رفاهی[۷] است. در این رابطه هرچه به زمان سررسید نزدیک شویم یعنی $(T-t)$ به صفر میل کند، قیمت نقدی و آتی همگرا می شوند یعنی $\lim_{t\to T} F(t,T) = S(T)$. در واقع رابطه بالا، قیمت گذاری آتی کالا مبتنی بر تئوری هزینه حمل[۸] است که اولین روش قیمت گذاری قرارداد آتی می باشد. به بیان لانگستف و وانگ (Longstaff & Wang,2004)، ادبیات کلاسیک در مورد این تئوری به مطالعات کالدور (Kaldor, 1939)، ورکینگ (Working, 1948)، برنان (Brennan,1958)، تسلر (Tesler,1958) و بسیاری دیگر بر می گردد. تئوری عدم فرصت آربیتراژ مبتنی است بر توانایی یک آربیتراژگر در اتخاذ یک موضع در دارایی، انبار داری و حفظ آن تا سررسید که تنها در مورد کالاهای قابل ذخیره ممکن است. چنین رابطه ای در بازار کالا ضعیف و حتی در مورد بازار برق صادق نیست (Bessembinder & Jermakyan, ،Longstaff & Wang,2004 ؛ Lucia & Shwartz,2002 ؛& Lemmon,2002 Pirrong 2008 ، Furió & Meneu, 2010 ،Weron & Zator, 2014). به دلیل عدم قابلیت ذخیره سازی انرژی الکتریکی، رابطه پویای ما بین قیمت های نقدی وآتی که در قسمت های قبل بحث شد، برای برق قابل کاربرد نخواهد بود و همگرایی بین این دو قیمت از بین می رود (Vehviläinen,2002) و بنابراین بررسی پویایی های قیمت آتی از طریق قیمت نقدی و برعکس امکانپذیر نخواهد بود : $\lim_{t\to T} F(t,T) \neq S(T)$. از نقطه نظر ریاضی، این واقعیت با عدم پیوستگی در فرآیند قیمت نقدی برق مرتبط است که خود ریشه در عدم قابلیت ذخیره دارد. منظور از عدم پیوستگی، افزایش های ناگهانی قیمت برق و رفتار فصلی است که ناشی از عدم تعادل در عرضه و تقاضای برق است. از یک طرف، تقاضا هم در کوتاه مدت و هم در ماه های مختلف سال الگوی فصلی را نشان می دهد. از طرف دیگر، تغییرات غیر منتظره ای مانند تغییرات آب و هوائی می تواند قیمت برق را تحت تاثیر قرار دهد.

در خصوص ارتباط بین قیمت قرارداد آتی و قیمت نقدی در بازار برق، روش دیگری وجود دارد که به "روش تعادلی"[۹] یا روش "فشار پوشش ریسک"[۱۰] معروف است. طبق تئوری فشار پوشش

---

[۷] مصرف کنندگان کالاهای مصرفی معمولاً بر این باورند که مالکیت کالا منافعی دارد که مالکیت پیمانهای آتی، فاقد آن است. برای مثال، موجود بودن مواد اولیه بیشتر از خرید یک قرارداد آتی برای یک تولید کننده ارزش دارد. منافع حاصل از مالکیت دارایی فیزیکی را اصطلاحاً "ثمرات رفاهـی " حاصل از نگهداری کالا نیز می گویند.

[8] Cost of carry

[9] Equilibrium approach

[10] Hedge pressure

ریسک، قیمت یک قرارداد آتی را می توان به مجموع دو عبارت تقسیم کرد: قیمت مورد انتظار دارایی و پاداش آتی (ریسک). به بیان ریاضی داریم:

$$F(t,T) = E_t(S_T) + FP \quad (3)$$

در این رابطه $E_t(S_T)$ نشان دهنده قیمت مورد انتظار در زمان t برای زمان T می باشد. FP در این رابطه نشان دهنده پاداش آتی است. به بیان فریرا و سباستیاو(Ferreira & Sebastião, 2017)، ادبیات کلاسیک در این حوزه به کینز (۱۹۳۰) باز می گردد.

۲-۲- مفهوم شهودی پاداش آتی

قراردادهای آتی نقش مهمی در انتقال ریسک بین بازیگران بازار دارند. بازارهای آتی این امکان را به پوشش دهندگان ریسک می دهند تا به سطح مورد نظر خود در مواجه با ریسک برسند. آنهایی که می خواهند ریسک نوسانات قیمت را کاهش دهند، آن را به کسانی منتقل می کنند که می خواهند آن را بپذیرند. همچنین بازیگرانی وجود دارند که تحمل ریسک بالاتری نسبت به دیگران دارند و تمایل دارند ریسک را از افرادی که تحمل کمتری دارند، خریداری نمایند. در این مثال، کسی که تحمل ریسک کمتری دارد (ریسک گریزتر) تمایل به پرداخت پاداشی به طرف مقابل دارد تا وی را تشویق به ورود در قرارداد آتی نماید و فرد مقابل نیز بدلیل تحمل ریسک، مبلغی را به عنوان پاداش طلب خواهد کرد که به آن پاداش آتی اطلاق می شود. (Benth et al., 2014)

در بازار برق، دو دسته عمده بازیگران یعنی خریداران و فروشندگان وجود دارند. در دوره هایی که میزان تقاضا بالاست، قیمت های نقدی به سطح بالای خود می رسند و بسیار پر نوسان هستند[۱۱]. مصرف کنندگان در این دوره ها، تمایل دارند که کمتر در معرض نوسانات قیمت قرار بگیرند و بنابراین حاضرند مبلغ بالایی را به عنوان پاداش آتی بپردازند تا قیمت های خود را تثبیت نمایند به عبارت دیگر حاضرند پاداش آتی مثبتی را بپردازند و قیمت های آتی بالاتر از قیمت نقدی مورد انتظار را بپذیرند. در مقابل تولیدکنندگان ترجیح می دهند به جای آنکه قراردادهای آتی بفروشند، خود را در معرض نوسانات قیمت نقدی قرار دهند و از افزایش شدید در قیمت ها سود ببرند. پاداش آتی در چنین دوره هایی معمولاً بالاست. در مقابل زمانی که تقاضا پایین بوده و نوسان قیمت های برق کمتر است، تولیدکنندگان به دلیل آنکه بتوانند فروش ثابتی داشته و از فروش خود اطمینان حاصل نمایند و همچنین بدلیل هزینه های روشن

[۱۱] برای مثال قیمت برق در آمریکا از ۳۰ دلار به ازای هر مگاوات ساعت به بیش از ۷۰۰۰ دلار به ازای هر مگاوات ساعت در ژوئن ۱۹۹۸ افزایش یافت.(بسمبیندر و لمون، ۲۰۰۲)

و خاموش کردن واحدها مبالغ پایین تری را در قراردادهای آتی خواهد پذیرفت که موجب کاهش در سطح پاداش آتی و عمدتاً منفی شدن آن می گردد. (Weron & Zator, 2014)

در واقع این دیدگاه بیشتر از نقطه نظر تمایل به پوشش ریسک به بررسی موضوع می پردازد. در این دیدگاه، اگر قیمت قرارداد آتی بالاتر از ارزش مورد انتظار دارایی باشد، یعنی پاداش آتی مثبت است و مصرف کنندگان (خریداران قرارداد آتی) تمایل به پرداخت ارزشی بالاتر ارزش مورد انتظار کالا هستند تا از خطر نوسانات قیمت کالا جلوگیری کنند. ولی اگر قیمت قرارداد آتی پایین تر از ارزش مورد انتظار کالا باشد، تولیدکنندگان حاضر خواهند بود تا تخفیفی را در قیمت های فروش خود ارائه دهند و وارد قرارداد آتی شوند تا در معرض ریسک کاهش قیمت کالا قرار نداشته باشند.

دو روش برای تعریف پاداش آتی(ریسک) در قرارداد آتی وجود دارد: پاداش ریسک پیش بینی شده[۱۲] و تحقق یافته[۱۳]. پاداش ریسک پیش بینی شده به صورت تفاوت بین قیمت آتی و قیمت مورد انتظار دارایی پایه تعریف می شود. پاداش ریسک پیش بینی شده به صورت مستقیم از داده های بازار قابل مشاهده نیست و لازم است پویایی های دارایی پایه برای محاسبه ارزش مورد انتظار کالا در آینده مدل سازی گردد (Lucia & Torró, 2011). این روشی است که توسط بسمبیندر و لمون (Bessembinder & Lemmon,2002)، کاراکاتسانی و بان (Karakatsani & Bunn, 2005) و لوسیا و تورو(Lucia & Torró, 2011) مورد استفاده قرار گرفته است. پاداش ریسک تحقق یافته، به صورت تفاوت بین قیمت نقدی تحقق یافته و قیمت آتی در تاریخ سررسید آتی محاسبه می گردد. فرمول محاسبه پاداش ریسک پیش بینی شده و تحقق یافته بدین صورت است که:

$$FP_{ex-ante}(t,T) = F(t,T) - E_t[S(T)] \qquad (2)$$

$$FP_{ex-post}(t,T) = F(t,T) - S(T) \qquad (3)$$

نماد E_t نشاندهنده انتظارات در زمان t

پاداش آتی محقق شده برابر است با پاداش آتی پیش بینی شده بعلاوه جزء خطا در انتظارات قیمت نقدی عقلائی که نتیجه تغییرات و شوک به قیمت در فاصله معامله قرارداد آتی و زمان سررسید می باشد. جزء خطا دارای توزیع با میانگین صفر می باشد و بنابراین پاداش آتی تحقق یافته، تخمین زن بدون تورشی از پاداش آتی پیش بینی شده است (Handika & Trueck,2013). به عبارت دیگر بایستی میانگین ε در رابطه (۴) برابر با صفر و به صورت نوفه سفید باشد که به بیان لوسیا و تورو(Handika & Trueck,2013) نشان دهنده انتظارات عقلائی بازیگران است.

---

12 ex-ante

13 ex-post

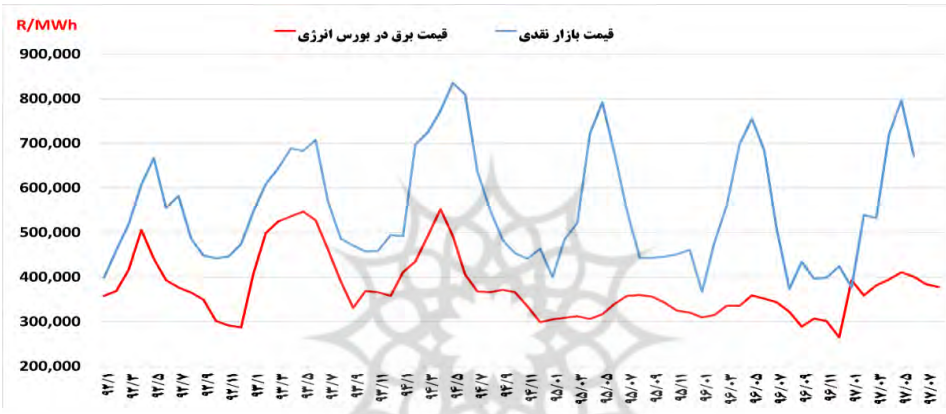
$$E_t[S(T)] - S(T) = \varepsilon \qquad (4)$$

پاداش آتی امکان تشخیص قدرت فشار پوشش ریسک اعمال شده توسط عرضه کنندگان و تقاضا کنندگان را فراهم می کند مثلاً پاداش آتی مثبت نشانه ی بالا بودن قیمت آتی ها نسبت به قیمت های نقدی به دلیل فشار پوشش ریسک مصرف کننده است.

۲-۳- پاداش آتی در ایران

برای بررسی روند پاداش آتی ابتدا با استفاده از داده های ماهانه، روند حرکتی قیمت در بازار برق عمده فروشی و بورس انرژی از ابتدای آغاز فعالیت بورس انرژی در نمودار (۱) مشاهده می شود:

نمودار (۱): روند حرکتی قیمت در بازار برق عمده فروشی و بورس انرژی



ماخذ: شرکت مدیریت شبکه برق ایران

همانطور که مشخص است، قیمت برق در بازار برق عمده فروشی همواره بالاتر است از قیمت در بورس انرژی که در نگاه اول به نظر می رسد که پاداش آتی طبق آنچه در تعاریف بالا گفته شد، همواره منفی بوده و طبیعتاً فروش در بازار برق عمده فروشی نسبت به فروش در بورس انرژی دارای ارجحیت خواهد بود.

مهمترین مشارکت ما در ادبیات، مربوط به تفاوت انگیزش ها در ایران با سایر کشورهاست که موجب تعریف تعدیل شده ای از پاداش آتی می گردد. طبق آنچه که در بخش ادبیات پاداش ریسک گفته شد، علت پاداش ریسک مثبت در بازارهای برق جهانی، تقاضای خرده فروشان و مصرف کنندگان برای جلوگیری از تکانه های قیمتی برق و افزایش ناگهانی برق است که در نتیجه آن قیمت های آتی بالاتر از قیمت های نقدی قرار می گیرند و در واقع پاداشی هستند برای تحریک تولیدکنندگان برای

فروش برق با قیمت های مشخص و صرف نظر کردن از سودهایی که به علت جهش برق ممکن است عاید آنها گردد.

شرایطی که در مورد آن بحث شد مربوط به کشورهایی است که در آن بخش خصوصی رشد و توسعه قابل توجهی را داشته و تقریباً تمامی ارکان صنعت به جز بخش انتقال عملاً خصوصی گردیده است ولی در ایران با وجود قانون استقلال شرکت های توزیع، این شرکت ها عملاً به صورت دولتی اداره می گردند و از آنجا که مسئولیت مالی ناشی از تعهدات آنها به عهده شرکت مادر تخصصی توانیر است انگیزه چندانی برای توجه به تکانه های قیمتی ندارند و از طرف دیگر هرچند که وقوع جهش در بازار برق ایران امکانپذیر است ولی به دلیل وجود سقف قیمت در بازار، این جهش ها معمولاً شدت خیلی بالایی ندارند و به همین دلیل توجه کمتری توسط شرکت های خریدار به این جهش ها می شود [۱۴]. به خاطر همین دلیل بود که در این تحقیق به جای توجه به بخش تقاضا و توزیع، توجه ما بر روی بخش تولید و تولیدکنندگان رقابتی حاضر در بازار قرار گرفت. در بخش تولید در ایران خصوصی سازی در سطح مناسبی صورت گرفته و تاکنون (۹۷/۱۰/۱۴) حدود ۵۲ شرکت خصوصی در در این صنعت فعال هستند و نزدیک به ۵۰ درصد معاملات بازار توسط آنها صورت می پذیرد و عمدتاً همین ها هستند که اجازه معامله در بورس انرژی را دارند.

اما آنچه که در ایران باعث تحریک بازیگران برای شرکت در بورس و ورود به قراردادهای آتی می شود نه تمایل مصرف کنندگان، بلکه مشکل نقدینگی نیروگاهها و تلاش آنها برای سودآوری بیشتر و همچنین تثبیت درآمدها می باشد. بسیاری از نیروگاهها به دلیل عدم وجود نقدینگی کافی در وزارت نیرو برای انجام تعهدات خود در قبال خرید برق، با بدهی های بالایی مواجه می باشند. از یک طرف بسیاری از شرکت ها به دلیل واگذاری نیروگاهها به آنها از طریق سازمان خصوصی سازی، دارای بدهی های سنگینی به دولت می باشند که در قبال آن باید جریمه سنگینی را بپردازند و از طرف دیگر به دلیل عدم انجام تعهدات دولت، حتی نمی توانند اصل پول خود را دریافت نمایند. عدم پرداخت مطالبات نیروگاهها حتی مشکلات عمده ایی را در فعالیت های عملیاتی آنها از جمله پرداخت حقوق کارکنان و تعمیرات واحدهای نیروگاهی ایجاد نموده است. بنابراین یک نیروگاه در زمان تصمیم گیری برای فروش برق در بازار عمده فروشی، باید امکان تاخیر در پرداخت مطالبات خود توسط شرکت مدیریت شبکه برق ایران را لحاظ نماید. در حالیکه اگر در بورس انرژی معامله کند، مطالبات خود را به

---

[۱۴] مشابه بازار اسپانیا که قوانین مانع از افزایش قیمت ها در این بازار می شوند که موجب تمایل کمتر در بخش تقاضا برای پوشش ریسک نسبت به سایر کشورها گردیده است. فیوریو و منو (۲۰۱۰)

سرعت از حساب شرکت های توزیع دریافت می نماید. بنابراین دریافت با تاخیر وجه مبالغ تولیدی توسط تولیدکنندگان باعث می شود که بدلیل وجود هزینه فرصت مبالغ دریافتی، قیمت واقعی دریافتی بابت تولید برق متفاوت از آنی باشد که در واقع تولید کننده آن را دریافت نموده است.

بنابراین در یک بازار ناکامل که دلیل نقص در بازار به مشکلات نقدینگی آن باز می گردد، معادله پاداش آتی در قالب معادلات (۵) و (۶) تغییر می نماید:

$$FP_{ex-ante}(t,T) = F(t,T) - Adj.E_t[S(T)] \qquad (5)$$
$$FP_{ex-post}(t,T) = F(t,T) - Adj.S(T) \qquad (6)$$

که $E_t[S(T)] = \frac{E_t[S(T)]}{(1+r_{at})^{at}}$ و $Adj.S(T) = \frac{S(T)}{(1+r_{at})^{at}}$ به ترتیب قیمت نقد تعدیل یافته و مورد انتظار تعدیل یافته هستند.

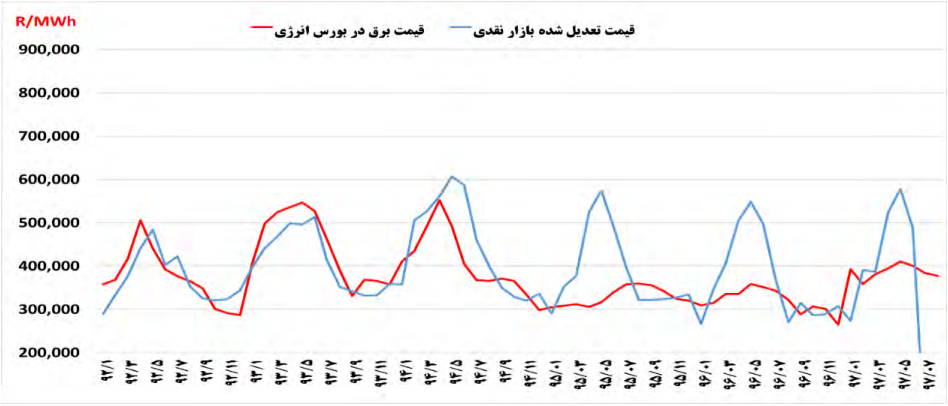
در این رابطه at ، مدت زمان متوسطی است که فرد باید در بازار برای دریافت وجه نقد خود منتظر بماند و r_{at} نرخ بهره متوسط بانکی(هزینه فرصت منابع دریافتی نیروگاهها) در طول مدت at می باشد.

با توجه به مدت زمان متوسط دریافت وجه نقد و نرخ بهره متوسط بانکی ۱۹٪ ، قیمت های نقد تعدیل یافته محاسبه گردید که در نمودار (۲) نشان داده شده است .همانطور که مشخص است در دوره هایی قیمت بازار عمده فروشی بالاتر از قیمت بورس و در دوره های دیگر این رابطه برعکس می باشد. بنابراین در دوره هایی پاداش آتی مثبت و در دوره های دیگر پاداش آتی منفی است.

۲-۲- عوامل موثر بر پاداش آتی

مبانی نظری مربوط به عوامل موثر بر پاداش آتی به مقاله مشهور بسمبیندر و لمون (Bessembinder & Lemmon,2002) (که از این پس در این مقاله با بی ال خطاب می شود) بر می گردد. تقریباً در تمامی مقالاتی که در این حوزه نگاشته شده، مدل تعادلی بی ال مورد ارزیابی تجربی توسط محققان مختلفی قرار گرفته است.

نمودار (۲): روند حرکتی قیمت تعدیل یافته برق در بازار برق عمده فروشی و قیمت برق در بورس انرژی



ماخذ: شرکت مدیریت شبکه برق ایران

طبق مدل مورد اشاره داریم (برای استخراج این رابطه به بی ال مراجعه نمایید[۱۵]):

$$P_F = E(P_W) + \alpha Var(P_W) + \gamma Skew(P_W) \qquad (7)$$

$$\alpha \equiv \frac{N_p(x+1)}{Nca^x}([E(P_W)]^x - P_R[E(P_W)]^{x-1} \qquad (8)$$

$$\gamma \equiv \frac{N_p(x+1)}{2Nca^x}([xE(P_W)]^{x-1} - (x-1)P_R[E(P_W)]^{x-2}) \qquad (9)$$

P_F: قیمت قرارداد آتی

P_R : قیمت خرده فروشی

$Var(P_W)$: واریانس قیمت های نقدی

$Skew(P_W)$: چولگی قیمت های نقدی

$E(P_W)$: قیمت نقد (قیمت در بازار عمده فروشی) مورد انتظار

طبق معادله (۷)، قیمت آتی تابعی از قیمت نقد مورد انتظار و واریانس و چولگی در قیمت های نقدی می باشد. معادله (۷) را می توان در قالب معادله (۱۰) نوشت:

$$P_F - E(P_W) = \alpha Var(P_W) + \gamma Skew(P_W) \qquad (10)$$

[۱۵] از آنجا که اثبات روابط در مقاله بی ال در برخی از بخش ها به طور خلاصه آمده است، اثبات کامل روابط توسط نویسندگان مقاله حاضر صورت گرفته که در صورت درخواست خوانندگان، قابل ارسال می باشد.

سمت چپ رابطه فوق، نشاندهنده پاداش آتی است. بنابراین پاداش آتی تابعی از واریانس و چولگی قیمت های نقدی خواهد بود. طبق منطق مقاله بی ال ، در رابطه (۸) قیمت نقد مورد انتظار به طور متوسط پایین تر از قیمت خرده فروشی و لذا آلفا منفی است.

در مدل بی- ال پاداش آتی برای حفظ تعادل بین عرضه و تقاضای قراردادهای آتی، افزایش یا کاهش می یابد و امکان جهش قیمتی موجب ایجاد چولگی مثبت در توزیع قیمت نقدی برق می گردد. شرکت های خریدار به منظور جلوگیری از افزایش های شدید قیمت برق و زیان های مالی تقاضای خود برای قراردادهای آتی را افزایش داده و این امر موجب افزایش قیمت های قرارداد آتی نسبت به قیمت نقد مورد انتظار و بنابرین پاداش آتی می شود. (Douglas & Popova, 2008) بنابراین گاما در تحلیل بی ال، مثبت است. بنابراین طبق تحلیل بی ال، اثر واریانس قیمت بر پاداش آتی منفی و اثر چولگی قیمت بر پاداش آتی مثبت است.

یکی از فروض اصلی مدل بی ال آنست که قیمت ها در بازار قراردادآتی توسط بازیگران صنعت و نه سفته بازان بیرونی تعیین می شود به عبارت دیگر قراردادهای آتی به تحویل فیزیکی منجر می شود و بازیگران میانگین و واریانس سود را در تصمیم گیری لحاظ می نمایند که با ساختار مبادلات برق در ایران سازگاری بالایی دارد زیرا که برخلاف بسیاری از بازارهای برق دنیا که در آن قرارداد آتی قبل از زمان سررسید با اتخاذ موضع عکس بسته می شود، در ایران قراردادهای آتی منجر به تحویل فیزیکی می گردد.

۲-۵- پاداش آتی و حضور در بازار

با توجه به مفاهیمی که گفته شد، زمانی که پاداش آتی مثبت و یا زمانی که قیمت های آتی و نقدی به هم نزدیک است، نیروگاه ها تمایل خواهند داشت که در معاملات آتی ها وارد شوند و زمانی که پاداش آتی منفی و به عبارت دیگر قیمت قرارداد آتی در سطح بسیار پایین تری نسبت به قیمت های نقدی قرار دارد، ترجیح خواهند داد که به جای فروش برق در بورس انرژی، برق خود را در بازار عمده فروشی بفروشند و منتظر بمانند تا وجه برق تولیدی خود را دریافت نمایند. حال سوال اینست که یک نیروگاه از آنجا که در زمان معامله قرارداد آتی اطلاعی در مورد پاداش آتی در آینده ندارد، پس چگونه باید در مورد ورود یا عدم ورود در بازار آتی تصمیم گیری نماید. برای این منظور از پاداش آتی مورد انتظار یا پیش بینی شده استفاده می نماییم یعنی یک نیروگاه با پیش بینی قیمت بازار عمده فروشی در سررسید قرارداد آتی و محاسبه پاداش آتی در مورد ورود یا عدم ورود در معاملات بورس انرژی تصمیم گیری

می کند. بنابراین لازم است که پاداش آتی پیش بینی شده به طور رضایت بخشی بتواند پاداش آتی تحقق یافته را برآورد نماید.

۳- ادبیات موضوع

یکی از بهترین مقالات در این زمینه، مقاله مشهور بسمبیندر و لمون (2002) می باشد که در تمامی مطالعات مربوط در این زمینه همواره مورد ارجاع بوده است. همانطور که در بخش مبانی نظری گفته شد، این دو پاداش آتی را با چولگی و واریانس قیمت های نقدی مرتبط می دانند و به تبع آن تقاضا و نوسانات آن را عامل اصلی تغییرات در واریانس و چولگی قیمت و بنابراین پاداش آتی معرفی می نمایند. طبق منطق این مقاله، زمانی که تقاضای برق مورد انتظار پایین است و تغییرات تقاضا معمولی است (مثلاً در فصول بهار و پاییز) تمایل کمی در خرده فروشان برای پوشش ریسک درآمدهایشان وجود داشته و چولگی قیمت کم است. در مقابل زمانی که تقاضا بالا است، توزیع قیمت های نقدی برق دارای چولگی مثبت است. در این حالت اوج های قیمت بسیار زیاد بوده و اتخاذ موضع فروش در قراردادهای آتی با ضرر همراه خواهد بود و قیمت های تعادلی آتی برای جبران چولگی قیمت های نقدی به شدت بالا می رود. نتایج این مطالعه که برای بازار برق پی جی ام[۱۶] و کالیفرنیا[۱۷] صورت گرفته، نشان می دهد که در تابستان قیمت های آتی بالاتر از قیمت های نقدی و در پاییز و بهار قیمت نقدی بالاتر از قیمت آتی خواهد بود. بوترود و همکاران (Botterud, et al.,2002)، پاداش آتی را در بازار نوردیک[۱۸] تحلیل می نمایند. طبق نتایج این مقاله، مازاد تقاضا برای آتی هاست که پاداش ریسک مشاهده شده را توضیح می دهد. لانگستف و وانگ(2004) مطالعه تجربی را برای تحلیل پاداش ریسک آتی با استفاده از داده های ساعتی قیمت های آتی یک روز بعد و نقدی ساعتی در بازار برق پی جی ام انجام دادند. یافته های آنها پاداش ریسک معناداری را نشان می دهد که می تواند مثبت یا منفی بوده و به طور مستقیم با عوامل ریسک اقتصادی مانند نوسانات ناخواسته در تقاضا، قیمت های نقدی و درآمدهای کلی ارتباط دارد. نتایج این مقاله با تئوری بی-ال سازگار است. کارکاتسانی و بان ((Karakatsani& Bunn,2005) به بررسی پاداش آتی روز بعد در بازار برق انگلستان می پردازند. در این مطالعه، دوره معاملاتی به دوره های پیک و غیر پیک روزانه تقسیم می گردد. این موضوع موجب می شود که این دو دوره از نظر ویژگی های تقاضا، تکنولوژی نیروگاههای تحت بهره برداری و انگیزه های پوشش ریسک همگن

16 PJM
17 California
88 Nordic

باشند. در دوره های پیک پاداش آتی مثبت و در دوره های غیر پیک پاداش آتی منفی است. دیکو و همکاران(Diko et al. 2006) وجود پاداش آتی در سه بازار انرژی عمده در اروپا(آلمان، هلند و فرانسه) را مورد بررسی قرار می دهند. این مقاله نشان می دهد که پاداش آتی در ساعات پیک و غیر پیک با یکدیگر متفاوت است. نتایج این مقاله اهمیت چولگی و نوسانات قیمت بر پاداش آتی را نشان می دهد و از این جهت تاییدی بر مدل بی-ال است. نقطه ضعف مقالات لانگستف و وانگ (2004)، کارکاتسانی و بان (2005) و دیکو و همکاران(2006)، در آنست که قیمت های بازار روز بعد را به عنوان قیمت قرارداد آتی در نظر می گیرند که با تعریف و ساختار امروزی این نوع از قراردادهای مالی تفاوت معنادار دارد.

اولریچ(Ullrich,2007) مدل قیمت گذاری تعادلی بی-ال را گسترش می دهد. در مقاله وی، مدل بی-ال از جهت لحاظ ظرفیت محدود شبکه، توسعه می یابد و بنابراین به طور مناسب تری اوج های مشاهده شده در قیمت های برق را توضیح می دهد. در مدل وی پاداش آتی به سطح قیمت نقدی مورد انتظار و قیمت خرده فروشی بستگی دارد. در صورتی که قیمت نقدی مورد انتظار از قیمت ثابت خرده فروشی پایین تر باشد، با افزایش واریانس قیمت نقدی، پاداش آتی کاهش می یابد که این همان نتیجه مقاله بی ال است و در صورتی که قیمت نقدی مورد انتظار از قیمت ثابت خرده فروشی بالا تر باشد، با افزایش واریانس قیمت نقدی، پاداش آتی افزایش می یابد. در حالی که مدل بی-ال پیش بینی می کند که پاداش آتی بهینه همواره با افزایش چولگی قیمت نقدی، افزایش می یابد، این مقاله پیش بینی می کند که پاداش آتی با افزایش چولگی قیمت نقدی، برای بسیاری از سطوح قیمت نقدی مورد انتظار بیشتر شده ولی زمانی که قیمت های نقدی مورد انتظار بالاست، کاهشی است. نکته ای که محدودیت اصلی برای بررسی تجربی این مدل ایجاد می کند، عدم در دسترس بودن داده های مربوط به ظرفیت تولید در بازارهای برق دنیا می باشد که معمولاً در دسترس عموم قرار ندارد و لذا نباید در انتظارات و رفتار بازیگران تاثیر معنادار داشته باشد و یا حداقل قابل استفاده برای آنها باشد.

کارتا و ویلاپلانا (2008) در مقاله ای روابطی را برای قیمت گذاری قراردادهای آتی و محاسبه پاداش آتی استخراج می نماید. بررسی تجربی مدل در بازارهای انگلستان و ولز ، نوردپول و پی جی ام صورت می پذیرد. در همه بازارها، پاداش آتی یک الگوی فصلی را نشان می دهد. نشان داده می شود که روند فصلی موجود در نوسان تقاضا باعث ایجاد الگوی فصلی در پاداش آتی می شود. نتایج تاییدی بر مدل بی-ال می باشد. داگلاس و پوپوآ(2008) اثر موجودی ذخائر گاز طبیعی بر پاداش آتی برق را مورد بررسی قرار می دهند. در واقع منطق این مقاله آنست که عامل موثر بر واریانس و چولگی در مدل

بی–ال ذخایر گاز است. این مقاله نتیجه می گیرد که لحاظ اطلاعات مربوط به ذخایر گاز موجب بهبود پیش بینی در خصوص پاداش آتی می گردد. نتایج اثر منفی افزایش در ذخایر گاز بر پاداش آتی در زمان افزایش تقاضای برق در بازار پی جی ام را نشان می دهد. نتایج این نوع از مقالات برای ایران مفهوم زیادی ندارد زیرا ساختار تولید برق در ایران متفاوت است در حالی که در کشورهای دیگر به دلیل گران بودن گاز، از نیروگاههای گازی در بار پیک استفاده می شود ولی در ایران به دلیل ارزان بودن گاز اکثر نیروگاهها از گاز استفاده می کنند و بحث ذخیره سازی گاز از اهمیت چندانی برخوردار نیست.

فیوریو و منو (2010) به بررسی پاداش آتی پیش بینی شده و تحقق یافته در بازار برق اسپانیا پرداختند. نتایج مدل تعادلی بی–ال در این مقاله مورد آزمون قرار می گیرد که در مورد هر دو نوع پاداش، رابطه منفی با واریانس قیمت نقدی و رابطه مثبت با چولگی قیمت های نقدی وجود دارد که البته ضریب مربوط به چولگی از نظر آماری معنادار نیست. لوسیا و تورو (2011) رابطه بین قیمت های نقدی و آتی را برای قراردادهای با سر رسید کوتاه مدت در بازار برق نوردپول بررسی می نمایند. یافته ها نشانگر وجود پاداش آتی مثبت و معنادار در قراردادهای آتی برق کوتاه مدت است. همچنین مدل بی–ال در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد که یافته ها تاییدی بر برقراری این مدل است بدین ترتیب که پاداش آتی در دوره هایی بالاست که تقاضا بالاست. هاندیکا و تراک (2013) مطالعه تجربی از رابطه بین قیمت های نقدی و آتی در بازارهای برق ناحیه ای به هم پیوسته استرالیا انجام می دهند. نوآوری این مقاله بررسی رابطه مابین پاداش ریسک در بازارهای برق ناحیه ای می باشد. این تحقیق برای چهار بازار ناحیه ای در استرالیا صورت گرفته که بالاترین تقاضا را داشته و دارای قرارداد آتی هستند. در چندین ناحیه در نظر گرفته شده، پاداش ریسک تحقق یافته مثبت و معنادار وجود دارد. بنابراین قیمت قراردادهای آتی تخمین زن بدون تورش قیمت نقدی نیست. یافته ها نشان می دهد سطح قیمت های نقدی در بسیاری از بازارها و چولگی و کشیدگی تنها در یک بازار بر پاداش ریسک تحقق یافته تاثیر دارد و بنابراین اثر چولگی و کشیدگی محدود و ضعیف است. بنابراین این مقاله نتایج بی–ال را تا یک بخشی تایید می نماید. فلتن و همکاران (Fleten, et al., 2015) پاداش پیمان های آتی برقی که در بازارهای برق نوردیک، آلمان – اتریش معامله می شوند را مورد بررسی قرار می دهند. این مقاله نتایج بسمیندر و لمون را تایید می کند و طبق یافته ها پاداش آتی در بازار نوردپول بیشتر است. این دو نیز از قیمت سوخت به عنوان متغیر موثر بر پاداش آتی بهره می گیرند ولی مشابه با آنچه در خصوص مقاله داگلاس و پوپوآ (2008) گفته شد، قیمت سوخت بر پاداش آتی در ایران بی تاثیر خواهد بود. در آخرین مطالعه در خصوص پاداش آتی در بازار برق، فریرا و سباستیاو(2017) رابطه بین قیمت های

نقدی و آتی را در بازار برق اسپانیا مطالعه می نمایند. تمرکز آنها بر پاداش آتی تحقق یافته در قرارداد های آتی ماهانه است. طبق نتایج این مقاله، پاداش ریسک به طور متوسط مقدار منفی در بازار برق اسپانیا دارد. همچنین مشخص می گردد که قیمت قراردادهای آتی تخمین زن بدون تورشی از قیمت نقدی است. بنابراین نتایج این مقاله، نتایج مدل بی-ال را تایید نمی کند.

دو نکته کلی در خصوص ادبیات موجود قابل نتیجه گیری است: اولاً مدل بی ال به عنوان مدل پایه و دارای نظریه بنیادین در اکثر مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است و تفاوت مطالعات عمدتاً در بررسی بازارهای مختلف و لحاظ متغیرهای متفاوت با توجه به ویژگی این بازارها برای توضیح دهندگی میزان پاداش آتی در این بازارهاست ثانیاً نتایج متفاوتی در بازارهای مختلف در خصوص برقراری یافته های نظری مقاله بی ال وجود دارد و نتایج یکسانی بدست نیامده است. بنابراین این مقاله تلاش دارد مدل نظری بی ال را در بازار برق ایران با استفاده از داده های تجربی و با توجه به آنکه مدل نظری پایه در بررسی وجود پاداش آتی در بازارهای برق است مورد بررسی قرار دهد و همچنین رهنمودهایی را برای نیروگاهها از جهت زمان مناسب معاملات قراردادهای آتی ارائه نماید.

٤-روش شناسی

همانطور که در تعریف پاداش آتی ذکر شد، اصولاً دو نوع تعریف از آن (پیش بینی شده و تحقق یافته) در ادبیات موجود می باشد. آشکار است که به منظور مدیریت ریسک نا اطمینانی ها، بازیگران بایستی برآوردی از قیمت ها و پاداش آتی بدست آورند.[۱۹]

بنگاه اقتصادی در زمان تصمیم گیری، مقدار تحقق یافته متغیر ها را نمی داند و آنچه می تواند در اختیار داشته باشد تنها مقادیر پیش بینی شده متغیرهاست. بنابراین اگر هدف راهنمایی یک بنگاه اقتصادی برای تصمیم گیری در خصوص ورود در بازار باشد این رهنمود بایستی بر ابزارهایی متکی باشد که

[۱۹] به طور معمول در مطالعات بین المللی از پاداش آتی تحقق یافته استفاده می گردد. یکی از دلایلی که در مطالعات بین المللی از پاداش آتی تحقق یافته استفاده می شود آنست که به دلیل طولانی بودن فاصله بین زمان سررسید و زمان معامله قرارداد آتی، اشتباه در پیش بینی قیمت نقدی در زمان سررسید زیاد است ولی این ایراد در پاداش آتی تحقق یافته وارد است که در زمان ورود به قرارداد آتی، قیمت نقدی مشخص نیست و بنابراین بایستی معیاری برای پیش بینی قیمت نقدی وجود داشته باشد تا نیروگاه ها بتوانند از آن برای تصمیم گیری در خصوص زمان ورود به قرارداد و مدیریت ریسک استفاده نمایند، پس بهتر است از پاداش آتی پیش بینی شده استفاده گردد. همچنین به دلیل فاصله کوتاه زمانی بین معامله قرارداد آتی برق و سررسید در کشور ما انتظار بر آنست که پاداش آتی تحقق یافته و پیش بینی شده تفاوت معناداری با یکدیگر نداشته باشند که در این مطالعه مورد آزمون قرار می گیرد.

بتواند مورد کاربرد بازیگر در عمل قرار گیرد. بنابراین در این مقاله ابتدا قیمت های نقدی پیش بینی گردیده و سپس پاداش آتی پیش بینی شده محاسبه و مورد تحلیل قرار می گیرد.

٤-١-پیش بینی قیمت برق

همانطور که ورون (2014) اشاره می نماید بهترین مدل ها برای پیش بینی قیمت برق در جهت مدیریت ریسک، مدل های های کاهش یافته[۲۰] می باشند. این مدل ها ویژگیهای آماری قیمت برق در طول زمان را با هدف نهائی ارزشگذاری مشتقات و مدیریت ریسک بررسی می کنند. هدف اصلی در این نوع از مدل ها، الگوسازی ویژگی های اصلی رفتار نه پیش بینی دقیق و ساعت به ساعت قیمت هاست. آنچه در این مدل ها مهم است، تنظیم مدلی با حداقل متغیر است که بتواند ویژگی های اصلی رفتار قیمت را توضیح دهد. چنین مدل هایی، تصویری ساده اما واقعی از پویایی های قیمت را به ما می دهند که برای قیمت گذاری مشتقات و تحلیل ریسک کاربرد دارد. زمانی که صحبت از نوسانات و پیش بینی اوج های قیمت است، این مدل ها عملکرد خوبی را از خود به نمایش می گذارند. روش هایی که در این دسته بندی قرار می گیرند عبارتند از پرش انتشار[۲۱] و تغییر رژیم مارکف[۲۲].

در این مقاله قیمت برق را با لحاظ ویژگی های بازگشت به میانگین، فصلی بودن و وجود جزء پرش در رفتار آن، الگوسازی کرده و رفتار آتی قیمت برق با استفاده از روش پرش انتشار برآورد می گردد. قیمت های برق پرش هایی در طول دوره هایی که تقاضای برق بالاست نشان می دهند زیرا که در طول این دوره ها به دلیل کمبود عرضه، معمولاً نیروگاههایی وارد مدار می گردند که از کارایی کمتری برخوردارند و هزینه نهائی تولید آنها بالاست و موجب افزایش قیمت می گردد. علاوه بر آن قیمت برق روند فصلی و خصوصیت بازگشت به میانگین دارند. بنابراین مدلی که به الگوسازی قیمت برق می پردازد بایستی این خصوصیات را لحاظ نماید.

فرم کلی مدلی که در این الگوسازی مورد استفاده قرار می گیرد دارای فرم کلی معادله (۱۱) خواهد بود:

$$\log(P_t) = f(t) + X_t \qquad (11)$$

P_t، قیمت نقدی برق، $f(t)$ جزء فصلی معین و X_t بخش تصادفی مدل است که توسط فرآیند تصادفی بازگشت به میانگین و در قالب فرآیند اورنشتن-اولنبک[۲۳] الگوسازی می گردد:

[20] Reduced form
[21] Jump-diffusion
[22] Markov regime-switching
[33] Ornstein–Uhlenbeck process

$$f(t) = s_1 \sin(2\pi t) + s_2 \cos(2\pi t) + s_3 \sin(4\pi t) + s_4 \sin(4\pi t) + s_5 \qquad (12)$$

$$dX_t = (\alpha - \kappa X_t)dt + \sigma dW_t + J(\mu_J, \sigma_J)d\Pi(\lambda) \qquad (13)$$

در این رابطه $s_i \ , i = 1,\dots,5$ پارامترهای ثابت، زمان t، α و κ پارامترهای بازگشت به میانگین، σ نوسان و W_t حرکت براونی استاندارد می باشد. اندازه پرش $J(\mu_J, \sigma_J)$، دارای توزیع نرمال با میانگین μ_J و انحراف معیار σ_J. λ شدت پرش در فرآیند پوآسن را نشان می دهد.

تخمین مدل بدین صورت است که ابتدا جزء فصلی معین از طریق روش حداقل مربعات بدست می آید و از نتایج بدست آمده برای حذف روند فصلی از قیمت استفاده می گردد. در مرحله بعد بخش تصادفی مدل اندازه گیری می گردد. بدین منظور لازم است که X_t را به صورت گسسته نوشت. برای وقوع پرش در قیمت فرآیند برنولی لحاظ می گردد. معادله گسسته عبارت خواهد بود از :

$$X_t = \alpha\Delta t + \phi X_{t-1} + \sigma\xi \qquad (14)$$

$$X_t = \alpha\Delta t + \phi X_{t-1} + \sigma\xi + \mu_J + \sigma_J\xi_J \qquad (15)$$

روابط (۱۴) و (۱۵) به ترتیب با احتمال $1 - \lambda\Delta t$ و λt و ξ و ξ_J متغیرهای تصادفی نرمال استاندارد مستقل هستند. $\phi = 1 - \kappa\Delta t$. تابع چگالی X_t با فرض مشخص بودن X_{t-1} عبارتست از:

$$f(X_t|X_{t-1}) = (\lambda\Delta t)N_1(X_t|X_{t-1}) + (1 - \lambda\Delta t)N_2(X_t|X_{t-1}) \qquad (16)$$

$$N_1(X_t|X_{t-1}) = (2\pi(\sigma^2 + \sigma_J^2))^{-0.5} \exp\left(\frac{-(X_t - \alpha\Delta t - \phi X_{t-1} - \mu_J)^2}{2(\sigma^2 + \sigma_J^2)}\right) \qquad (17)$$

$$N_2(X_t|X_{t-1}) = (2\pi\sigma^2)^{-0.5} exp\left(\frac{-(X_t - \alpha\Delta t - \phi X_{t-1})^2}{2\sigma^2}\right) \qquad (18)$$

پارامترهای مدل $\theta = \{\alpha, \phi, \mu_J, \sigma^2, \sigma_J^2, \lambda\}$ را می توان از حداقل سازی منفی لگاریتم تابع راستنمایی به دست آورد:

$$min_\theta - \sum_{t=1}^{T} log(f(X_t|X_{t-1}) \qquad (19)$$

$$subject\ to\ \ \phi < 1,\ \sigma^2 > 0\ , \sigma_J^2 > 0\ , 0 \le \lambda\Delta t \le 1$$

قید نابرابری $\phi < 1$ معادل $\kappa > 0$ است. σ و σ_J هر دو بایستی مثبت باشند. $\lambda\Delta t$ بین صفر و یک قرار دارد زیرا که نشان دهنده احتمال وقوع پرش در یک دوره زمانی است که این دوره زمانی در

این مطالعه یک روز می باشد. در نهایت از شبیه سازی مونت کارلو برای محاسبه و پیش بینی قیمت برای دوره های بعدی بهره گرفته می شود.

٤-۲- روش تغییر رژیم مارکف

در تمامی مطالعاتی که برای بررسی نظریه بی ال استفاده گردیده از روش حداقل مربعات معمولی بهره گرفته شده است. در این مقاله بدلیل آنکه موضوع زمان ورود مناسب در بازار نیز مورد بررسی قرار می گیرد (پاداش آتی مثبت، به مفهوم زمان مناسب ورود به قرارداد آتی برای نیروگاه و پاداش آتی منفی، زمان نامناسب ورود به بازار در نظر گرفته می شود) ، از مدل تغییر رژیم مارکف با امکان تغییر در جزء ثابت (که به معنای تغییر در میانگین پاداش آتی است) استفاده می گردد. معناداری ضرایب واریانس و چولگی قیمت نقدی بر پاداش آتی آزمونی خواهد بود برای بررسی صحت نظریه بی ال در بازار برق ایران و تغییر در جزء ثابت معادله پاداش آتی و تفکیک پذیری فصول مبتنی بر تغییر رژیم، مبنایی خواهد بود برای مشخص نمودن زمان مناسب ورود در قراردادهای آتی.

مدل تغییر رژیم مارکف که توسط همیلتون در سال ۱۹۸۹ مطرح گردید، مدلی غیرخطی می باشد که غیر خطی بودن آنها به تغییر در رژیم باز می گردد. در فرم کلی مدلی که در این مقاله مورد استفاده قرار می گیرد، متغیر تصادفی مورد نظر rp_t می باشد که فرآیند طی شده توسط این متغیر وابسته به متغیر حالت گسسته و غیر قابل مشاهده s_t است. فرض می کنیم که N رژیم ممکن وجود دارد و در زمان t در رژیم n قرار داریم: $s_t = n, n = 1, \dots, N$. در مدل تغییر رژیم فرض می گردد که رگرسیون های متفاوت برای رژیم های مختلف وجود دارد. میانگین شرطی rp_t در رژیم n تصریحی خطی معادله (۲۰) را دارد :

$$\mu_t(n) = X'_t\beta_n + Z'_t\alpha \qquad (20)$$

بردار متغیر X وابسته و بردار متغیر Z مستقل، از رژیم است. در این مقاله عرض از مبدا وابسته به رژیم و واریانس و چولگی قیمت، متغیرهای مستقل از رژیم می باشند. β_n و α بردارهای ضرایب می باشند. فرم کلی فرآیند شکل گیری متغیر rp_t عبارتست از:

$$rp_t = \mu_t(n) + \sigma\epsilon_t \quad , \quad \epsilon_t \sim i.i.d\ N(0,1) \qquad (21)$$

از آنجا که این مقاله به دنبال تغییر در میانگین پاداش آتی است، میانگین، متغیر و واریانس، ثابت در نظر گرفته می شود. برای تخمین این مدل ها از تابع حداکثر راستنمائی استفاده می گردد که لگاریتم آن عبارتست از:

$$l(\beta,\alpha,\sigma)=\sum_{t=1}^{T}\log\{\sum_{n=1}^{N}\frac{1}{\sigma}\varphi(\frac{rp_t-\mu_t(n)}{\sigma})\ .\ P(s_t=n|\omega_{t-1})\}\qquad(22)$$

این عبارت نسبت به (β,α,σ) حداکثر می گردد. $\varphi(.)$ تابع چگالی نرمال استاندارد و ω_{t-1} مجموعه اطلاعاتی در دوره $t-1$ می باشد. در این رابطه، تابع چگالی با استفاده از احتمال قرار گرفتن در هر رژیم وزن داده شده است. در فرآیندهای تغییر رژیم مارکف احتمال هر رژیم تنها بستگی به این دارد که در دوره قبلی در کدام رژیم قرار داشته ایم:

$$P(s_t=j|s_{t-1}=i)=p_{ij}$$

این احتمالات را می توان در فرم ماتریس انتقال نوشت:

$$p=\begin{bmatrix}p_{11} & \cdots & p_{1N}\\ . & \cdots & .\\ p_{N1} & \cdots & p_{NN}\end{bmatrix}$$

عنصر ij نشانگر احتمال انتقال از رژیم i در زمان $t-1$ به رژیم j در زمان t می باشد.

برای محاسبه احتمال هر رژیم در هر نقطه از زمان از روش هموارسازی[۲۴] استفاده می گردد که قابلیت لحاظ اطلاعات تمامی دوره ها را در محاسبه احتمالات دارد.

۵- توصیف داده ها

از آنجا که محاسبه پاداش آتی پیش بینی شده مبتنی بر محاسبه قیمت نقدی پیش بینی شده است، لازمست که ابتدا قیمت نقدی برق پیش بینی گردیده و سپس از مقادیر پیش بینی شده برای محاسبه پاداش آتی پیش بینی شده استفاده می شود. بدین منظور از داده های قیمت متوسط روزانه بازار از ۹۲/۱/۱[۲۵] تا ۹۵/۷/۳۰ بهره گرفته و سپس از این داده ها برای پیش بینی قیمت برای دو سال یعنی از ۹۵/۸/۱ تا ۹۷/۷/۳۰ استفاده می گردد. با استفاده از قیمت قراردادهای سلف موازی استاندارد در این دوره، پاداش آتی پیش بینی شده محاسبه گردیده و تحلیل های این مطالعه برای طول زمان دو سال صورت می پذیرد. علاوه بر قیمت متوسط روزانه بازار که میانگین قیمت ۲۴ ساعت در هر روز می باشد و همچنین قیمت قراردادهای سلف موازی استاندارد بار پایه[۲۶] روزانه، واریانس و چولگی قیمت ها در طول ۲۴ ساعت

---

[24] Smoothing

۲۵. با توجه به تاثیری که معاملات برق در بورس انرژی می تواند بر قیمت نقدی بازار داشته باشد، بنابراین اوایل دوره آغاز معاملات برق در بورس انرژی به عنوان ابتدای دوره داده های نقدی در نظر گرفته می شود.

۲۶. در بورس انرژی ایران سه نماد میان باری، کم باری، بار پیک و بار پایه معامله می گردند که نماد بار پایه دارای بیشترین معاملات و فراوانی داده در طول زمان می باشد و سایر نمادها اغلب یا معامله نمی شوند یا فقط در برهه خاصی از سال مورد

شبانه روز به عنوان متغیر توضیحی وارد مدل می گردد. داده های مربوط به قیمت بازار از شرکت مدیریت شبکه برق ایران و داده های معاملات قراردادهای سلف موازی استاندارد برق از شرکت بورس انرژی ایران گردآوری شده است.

جدول (۱): آمار توصیفی داده ها

متغیرها	قرارداد آتی	نقدی	نقدی تعدیل شده	واریانس نقدی	چولگی نقدی	پاداش آتی
میانگین	۳۳۷	۵۱۰	۳۷۰	۶۱۵۱	-۰,۳۸	-۲۳
میانه	۳۳۲	۴۵۶	۳۳۱	۳۵۵۸	-۰,۴۴	-۲
حداکثر	۴۹۰	۸۲۰	۵۹۵	۲۷۰۵۴	۰,۴۱	۱۳۰
حداقل	۲۴۰	۳۱۵	۲۲۹	۳۸۶	-۱,۰۹	-۲۱۵
انحراف معیار	۴۵	۱۳۰	۹۴,۵	۵۶۹۸	۰,۳	۷۰
چولگی	۰,۷۳	۰,۸۲	۰,۸	۱,۲۴	۰,۳۶	-۰,۸
کشیدگی	۳,۷	۲,۴۷	۲,۴۶	۳,۹۱	۲,۱۵	۲,۷

ماخذ: یافته های تحقیق (قیمت ها بر حسب ریال بر کیلووات ساعت است)

جدول (۱) آمار توصیفی قیمت قرارداد آتی، نقدی، نقدی تعدیل شده، واریانس و چولگی قیمت نقدی را در طول دوره نمونه انتخاب شده نشان می دهد. مشاهده می گردد که حداکثر قیمت نقدی بیشتر از حداکثر قیمت قرارداد آتی است که نشان می دهد قیمت قرارداد آتی چولگی راست کمتری دارند. همانطور که از معیار انحراف معیار مشخص است، قیمت نقدی پراکندگی بیشتری نسبت به قیمت قرارداد آتی دارد. یک توضیح ممکن برای آنکه قیمت قراردادهای آتی نسبت به قیمت های نقدی از نوسان کمتری برخوردار است به دلیل عدم بروز رسانی قیمت های آتی در قیاس با قیمت های نقدی است که یکی از دلایل این بروزسانی پایین تر، نقدینگی پایین در بازار قراردادهای آتی است.

اقبال عمومی هستند. بنابراین در این مطالعه به دو دلیل بر قراردادهای روزانه تکیه می گردد. اول اینکه قراردادهایی با بیشترین نقدینگی و داده های در دسترس هستند دوم اینکه نزدیک ترین دوره تحویل را دارند و بنابراین خطای پیش بینی بازیگران بازار برای این قرارداد ها نسبت به قراردادهای دیگر پایین تر است. معاملات مربوط به قراردادهای با تحویل روزانه از یک ماه تا ۳ روز قبل از دوره تحویل صورت می پذیرد. لذا متوسط قیمت تمامی معاملات برای هر روز تحویل در طول این دوره محاسبه و به عنوان قیمت قرارداد آتی در آن روز لحاظ می گردد.

میانگین پاداش آتی تحقق یافته برای دوره تحلیل برابر با **۲۳**- می باشد که منفی بودن پاداش آتی را به طور متوسط در بازار برق ایران نشان می دهد. البته این عدد ملاک مناسبی برای تفسیر میزان پاداش آتی نیست زیرا که اعداد مثبت پاداش آتی تا حدی با اعداد منفی پوشش داده شده است. اگر حداقل و حداکثر پاداش آتی را مورد نظر قرار دهیم فاصله **۳۴۵** ریالی بین این دو وجود دارد.

شکل پاداش آتی در نمودار (۴)، نشان می دهد که پاداش آتی دارای نوسانات بسیار بالاست. پاداش آتی الگوی فصلی را نشان می دهد که در برخی فصول مثبت و در برخی دیگر منفی است.

از آنجا که ماهیت داده های مورد بررسی ساختار سری زمانی دارد بنابراین لازم است که وجود ریشه واحد در داده ها مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از آزمون KPSS استفاده می گردد که نسبت به سایر آزمون های متداول ریشه واحد مانند دیکی فولر در تشخیص ریشه واحد دارای توان بالاتری است. نتایج وجود ریشه واحد در داده ها را نشان نمی دهد، فرضیه صفر عدم وجود ریشه واحد را نمی توان رد نمود و بنابراین تمامی متغیرها مانا می باشند.

جدول (۲): نتایج آزمون ریشه واحد

آزمون KPSS	عرض از مبدا		عرض از مبدا و روند	
	آماره LM	مقدار بحرانی	آماره LM	مقدار بحرانی
پاداش آتی	۰,۳۸	۰,۴۶۳	۰,۱۲۳	۰,۱۴۶
واریانس قیمت نقدی	۰,۴۲	۰,۴۶۳	۰,۱۳۹	۰,۱۴۶
چولگی قیمت نقدی	۰,۲۵	۰,۴۶۳	۰,۱۱	۰,۱۴۶

ماخذ: یافته های تحقیق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

٦- نتایج

اولین مرحله قبل از ورود به تحلیل پاداش آتی، پیش بینی قیمت برق می باشد که نتایج تخمین پارامترها با توجه به مباحث مطرح شده در بخش روش شناسی در جدول (۳) خلاصه گردیده است:

جدول (۳): نتایج تخمین مدل پرش انتشار

پارامتر	α	κ	μ_J	σ	σ_J	λ
مقدار	-۰,۰۳۷۹	۳۵۳,۵	۹,۴۵۵۳ e*-۴	۰,۵۵۴۲	۰,۱۴	۴۹,۸

ماخذ: یافته های تحقیق

نمودار (۳)، نشان دهنده مقدار واقعی و پیش بینی شده قیمت در طول دوره تحلیل می باشد. همانطور که در بخش مبانی نظری آمده، برای آنکه پاداش آتی پیش بینی شده برآورد صحیحی از پاداش آتی تحقق یافته باشد، بایستی قیمت پیش بینی شده برآورد بدون تورشی از قیمت تحقق یافته باشد. جدول (۴) تفاوت بین میانگین قیمت پیش بینی شده و تحقق یافته را نشان می دهد.

جدول (۴): آزمون برابری پاداش آتی پیش بینی شده و تحقق یافته

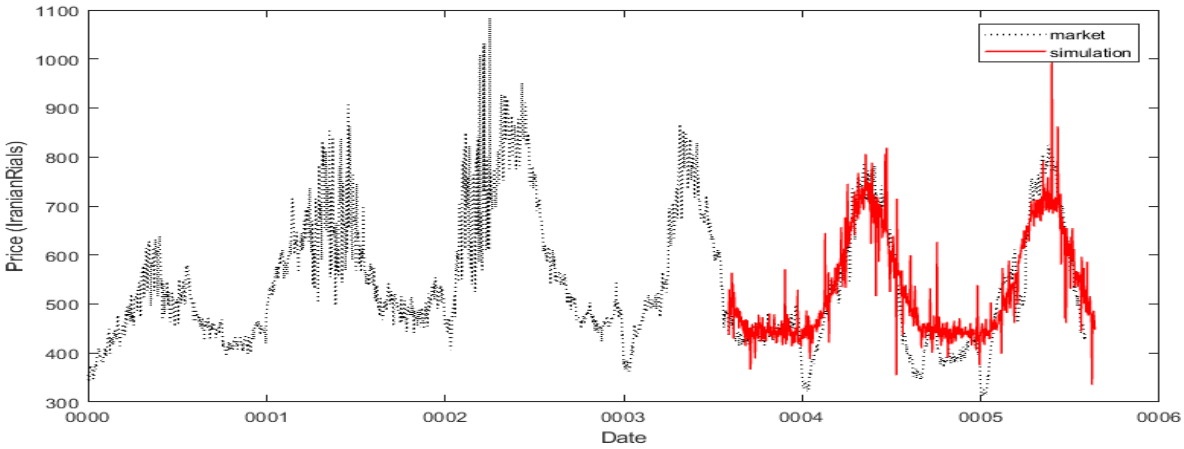
فرضیه صفر	فرضیه مقابل	مقدار آماره t	درجه آزادی	p-value	تفاوت بین دو میانگین	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
برابری میانگین ها	تفاوت میانگین ها	-۲,۶۶	۱۲۲۶	۰,۱۰۸	-۱۷,۱۲	(-۲۹,۷۳ ، ۱۰,۵۱)

ماخذ: یافته های تحقیق

همانطور که از نمودار (۳) و اطلاعات جدول (۴) مشخص است، قیمت پیش بینی شده به طور متوسط قیمت واقعی را به خوبی برازش می نماید. بنابراین پاداش آتی پیش بینی شده به طور متوسط برابر با پاداش آتی تحقق یافته خواهد بود.

پس از محاسبه قیمت، مرحله بعد تخمین مدل تغییر رژیم مارکف و تحلیل برقراری و یا عدم برقراری یافته های مدل بی ال و تعیین زمان مناسب ورود به بازار برای بازیگران بازار است. نتایج حاصل از تخمین مدل به صورت خلاصه در جدول (۵) گزارش گردیده است.

نمودار (۳): قیمت واقعی و پیش بینی شده (شبیه سازی شده) بازار نقدی



ماخذ: یافته های تحقیق

جدول(۵): ضرایب و معناداری تخمین مدل تغییر رژیم مارکف

متغیر	مقدار	انحراف معیار	p-value
متغیر وابسته به رژیم: عرض از مبدا			
رژیم ۱	-۶,۱۶	۲,۷	۰,۰۲
رژیم ۲	۵۵,۱۱	۲,۱۹	۰۰
متغیرهای مستقل از رژیم			
واریانس قیمت نقدی	-۰,۰۰۸۳	۰,۰۰۰۲	۰۰
چولگی قیمت نقدی	-۱۱	۳,۴۹	۰۰
لگاریتم راستنمایی	-۳۰۵۴	مقدار آماره آکائیک ۹,۳۶	مقدار آماره شوارتز ۹,۴۱

ماخذ: یافته های تحقیق

آزمون مربوط به فرضیه صفر خطی بودن در مقابل فرضیه مقابل عدم خطی بودن در جدول (۶) آمده است. فرضیه صفر رد شده و تاییدی بر صحت تخمین مدل غیر خطی تغییر رژیم مارکف است.

جدول (۶): نتایج آزمون خطی یا غیر خطی بودن مدل

نوع آزمون	آماره آزمون	مقدار آماره	p-value
LR-test	$\chi^2(3)$	۴۸۰,۱۸	۰۰

ماخذ: یافته های تحقیق

احتمالات تغییر در رژیم ها در ماتریس ذیل به صورت خلاصه آمده است. همانطور که از اعداد داخل ماتریس نیز مشخص است احتمال حرکت از یک رژیم به رژیم دیگر ۲ درصد می باشد و احتمال ماندن در هر رژیم برابر با ۹۸ درصد است که حاکی از چسبندگی بالای هر رژیم می باشد. طول دوره مورد انتظار برای رژیم اول ۵۶,۸۳ روز و طول دوره مورد انتظار برای رژیم دوم ۵۳,۶۸ روز برآورد می گردد.

$$\begin{bmatrix} 0.98 & 0.02 \\ 0.02 & 0.98 \end{bmatrix}$$

همانطور که از جدول (۵) مشخص می باشد، در رژیم ۱ ، پاداش آتی به طور متوسط منفی و در رژیم ۲ پاداش آتی به طور متوسط مثبت می باشد. بنابراین در دوره هایی که در رژیم ۱ قرار داریم ورود به قرارداد آتی برای نیروگاهها به صرفه نمی باشد و بهتر است که این نیروگاهها در بازار فیزیکی به فروش برق بپردازند ولی در رژیم ۲ پاداش آتی به طور متوسط مثبت بوده و بهتر است که در این دوره ها، نیروگاهها در قراردادهای آتی شرکت نمایند زیرا که به طور کلی از این تصمیم منتفع خواهند شد. نمودار (۴) و جدول (۷) طبقه بندی رژیم ها را نشان می دهند. همانطور که از تاریخ های مندرج در جدول مشخص می باشد، در دو فصل بهار و پاییز پاداش مثبت بوده و توصیه بر ورود در قراردادهای آتی است و در دو فصل زمستان و تابستان به دلیل افزایش تقاضای برق، قیمت های بازار برق افزایش قابل توجهی داشته و ورود در قراردادهای آتی توصیه نمی گردد. نکته حائز اهمیت بالا بودن و افزایش بیشتر قیمت ها و به تبع آن منفی شدن بیشتر پاداش آتی در تابستان نسبت به زمستان می باشد زیرا که در تابستان دلیل افزایش تقاضا افزایش دما است و در زمستان سردی هوا است. در تابستان منبع انرژی جایگزینی برای برق وجود ندارد ولی در زمستان سوخت های فسیلی منبع انرژی قابل توجهی برای جایگزینی برق در مواجهه با برودت هوا می باشند. بنابراین با توجه به پایین بودن مقدار مطلق پاداش آتی در زمستان، نرخ بهره می تواند اثر بارزی در تحلیل ها داشته باشد، زیرا اگر هزینه فرصت نیروگاهها بیشتر از نرخ بهره بانکی باشد، آنگاه پاداش آتی می تواند در زمستان نیز مثبت باشد و در آن صورت تنها فصل تابستان خواهد بود که برای نیروگاه برای ورود به قراردادهای آتی فاقد مزیت است.

جدول (۷): طبقه بندی زمانی رژیم ها

تاریخ	فصل	رژیم
۹۵/۸/۱- ۹۵/۱۰/۱۹	پاییز	۲
۹۵/۱۰/۲۰ — ۹۵/۱۲/۳۰	زمستان	۱
۹۶/۱/۱ — ۹۶/۲/۱۱	بهار	۲
۹۶/۲/۱۲ — ۹۶/۶/۲۹	تابستان	۱
۹۶/۶/۳۰ — ۹۶/۱۰/۲۲	پاییز	۲
۹۶/۱۰/۲۳ — ۹۶/۱۲/۲۹	زمستان	۱
۹۷/۱/۱ — ۹۷/۳/۱۵	بهار	۲
۹۷/۳/۱۶ — ۹۷/۶/۷ و ۹۷/۶/۱۴ — ۹۷/۶/۱۵ و ۹۷/۶/۲۸ — ۹۷/۷/۴	تابستان	۱
۹۷/۶/۸ — ۹۷/۶/۱۱ و ۹۷/۶/۱۶ — ۹۷/۶/۲۷ و ۹۷/۷/۷ — ۹۷/۷/۲۹	اواخر تابستان و اوایل پاییز	۲

ماخذ: یافته های تحقیق

وقتی از نظر پوشش ریسک موضوع مد نظر قرار گیرد، در زمانی که تقاضا بالاست، قیمت ها آنقدر بالاست که حتی نیروگاههایی که هزینه بالا دارند مانند نیروگاههای تلمبه ذخیره ای، هزینه متغیر تولید خود را پوشش می دهند و بنابراین وارد مدار می گردند و بنابراین پوشش ریسک برای نیروگاههایی که هزینه متغیرتولید پایین دارند مانند نیروگاههایی با سوخت فسیلی مانند گاز[۲۷] ، الزامی نخواهد داشت. از آنجا که عمده نیروگاهها با سوخت فسیلی بخش اعظم نیروگاههای حاضر در بورس را تشکیل می دهند، بنابراین در زمان هایی که تقاضا بالاست نیازی به ورود در قراردادهای آتی نخواهند داشت. برعکس در زمان هایی که تقاضا پایین است، بدلیل آنکه قیمت ممکن است نتواند هزینه های متغیر تولید را برای این نوع از نیروگاهها پوشش دهد، تمایل به ورود در قرارداد های آتی خواهند داشت.

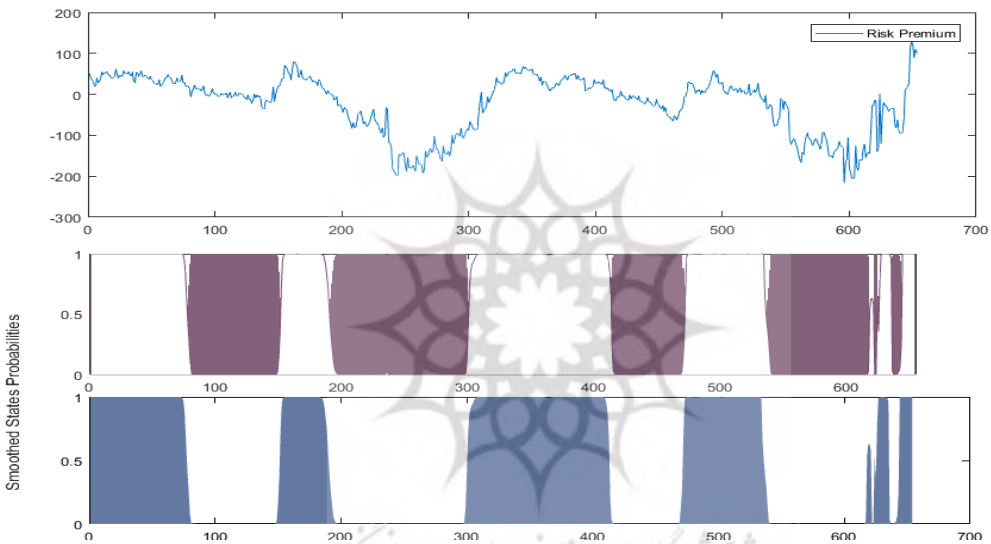
در خصوص نظریه بی ال ، نتایج نشان دهنده رابطه منفی بین واریانس و چولگی با پاداش آتی است. به عبارتی با افزایش واریانس و چولگی قیمت که عمدتاً در تابستان به دلیل تقاضای بالا رخ می دهد، پاداش آتی کاهش می یابد و منفی بودن این پاداش در فصول پرتقاضا موید این مطلب است. علاوه بر

[۲۷] این موضوع به ساختار بازار کشور ها بستگی دارد برای مثال در ایران بدلیل پایین بودن هزینه سوخت، نیروگاههای گازی را در دسته نیروگاههای با هزینه متغیر تولید پایین دسته بندی می نمایند در حالی که در کشورهای غربی به دلیل بالا بودن هزینه سوخت، این دست از نیروگاهها معمولاً آخرین دسته از نیروگاهها هستند که وارد بازار می گردند.

آن، این نتایج از جهت نظری با نظرات ردل و بان (۲۰۱۳) سازگار است که معتقدند به دلیل آنکه شوک های تولید کننده نوسانات و چولگی با یکدیگر یکسان هستند بنابراین این دو گشتاور بایستی در معادله پاداش آتی ضریب یکسانی داشته باشند.

هرچند این روابط معنادار هستند ولی از نظر اندازه عددی کوچک می باشند. همانطور که (فیوریو و منو، ۲۰۱۰) در بازار برق اسپانیا نیز تاکید می کنند، وجود تعرفه های ثابت در بخش خانگی و عدم مشارکت فعال مصرف کنندگان در بازار برق و همچنین عدم تحقق کامل تجدید ساختار از دلایل مهم رابطه ضعیف بین واریانس و چولگی با پاداش آتی است.

نمودار(۴): دسته بندی رژیم ها: به ترتیب از بالا به پایین، نمودار پاداش آتی، رژیم اول و رژیم دوم



ماخذ: یافته های تحقیق

به طور کلی از نظر تجربی نظریات بی ال به صورت بخشی در این مقاله مورد تایید قرار می گیرد. چنین یافته ای در مطالعات پیشین نیز تایید گردیده است به طور مثال داگلاس و پوپوآ(2008) نتایج بی ال را در خصوص علامت واریانس و چولگی قیمت نقدی تایید می کنند ولی لوسیا و تورو(2008) و بوترود و همکاران (2010)، ردل و همکاران(2009)، فیوریو و منو(2010) این نتایج را تا حدودی تایید می نمایند.

داگلاس و پوپوآ (2008) ضریب منفی برای واریانس و ضریب مثبت برای چولگی قیمت نقدی در بازار پی جی ام بدست آوردند. لوسیا و تورو (2008) ضریب مثبتی را برای واریانس و ضریب منفی برای چولگی قیمت نقدی در بازار برق نوردیک از اواسط ۲۰۰۳ تا آخر ۲۰۰۷ گزارش کردند در حالی

که در بازه ۱۹۹۸ تا اواسط ۲۰۰۲ ضریب منفی برای واریانس و ضریب مثبت برای چولگی مشاهده نمودند. ردل و همکاران (2009) ضرایب مثبتی را هم برای واریانس و هم برای چولگی در بازار ایی ایی ایکس و ضریب مثبت برای واریانس و ضریب منفی برای چولگی در بازار نوردپول گزارش کردند. بوترود و همکاران (2010) ضرایب عمدتاً منفی را هم برای واریانس و هم برای چولگی در بازار نوردپول گزارش نمودند و فیوریو منو (2010) ضریب منفی را هم برای واریانس و هم برای چولگی در بازار برق اسپانیا بدست آوردند.

۷- نتیجه گیری

مقررات زدائی و آزادسازی در صنعت برق موجب افزایش رقابت و کارایی در این صنعت گردیده است و شکل گیری بورس ها و بازارهای برق یکی از مظاهر این فرآیند می باشد. تشکیل این بازارها و رقابت بازیگران در قالب خرید و فروش برق همراه با ویژگی های خاص این کالا بالاخص غیر قابل ذخیره بودن آن که موجب پرش های قیمتی می گردد و همچنین نوسانات بالا و روندهای فصلی و اثرات آب و هوایی که بر عرضه و تقاضا و به تبع آن قیمت برق موثر است، چالش ها و موضوعات متعددی را در پیش روی فعالان این حوزه قرار داده است. یک از موضوعات اصلی که از این ویژگی های خاص کالای برق نشات می گیرد، عدم توانایی در پیش بینی صحیح قیمت قراردادهای آتی و تفاوت قیمت سررسید آنها با قیمت های نقدی و فیزیکی است که مفهومی تحت عنوان پاداش آتی را ایجاد کرده و از تمایل و تلاش خریداران و فروشندگان برق به منظور پوشش ریسک نااطمینانی های قیمت برق ناشی می گردد. این مفهوم و عوامل موثر بر آن که از منظر تئوریک به مدل تعادلی بسمبیندر و لمون(2002) باز می گردد، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت ه است. یافته های این مقاله، فرضیات این مدل را تا حدی مورد تایید قرار می دهد به طوری که با افزایش واریانس و چولگی پاداش آتی کاهش می یابد که عمدتاً ناشی از افزایش قیمت نقدی در بازار در فصول پر تقاضا است که موجب افزایش قیمت نقدی در قیاس با قیمت قرارداد آتی می گردد و در نتیجه پاداش آتی منفی می شود. بدلیل آنکه نوسان و چولگی قیمت در این فصول بالاست، رابطه منفی بین این دو با پاداش آتی وجود دارد. هرچند ضرایب واریانس و چولگی در معادله پاداش آتی معنا دارند ولی تغییرات آنها تاثیر اندکی بر پاداش آتی دارند. همانطور که (فیوریو و منو،2010) در بازار برق اسپانیا نیز تاکید می کنند، وجود تعرفه های ثابت در بخش خانگی و عدم مشارکت فعال مصرف کنندگان در بازار برق و همچنین عدم تحقق کامل تجدید ساختار از دلایل مهم رابطه ضعیف بین واریانس و چولگی با پاداش آتی است که خود نشان دهنده عدم

تکامل بازارها می باشد. پس همانطور که آشکار است ضعف رابطه بین این متغیرها با پاداش آتی به خودی خود اهمیت ندارد بلکه نشان دهنده یک ضعف در فعالیت های اقتصادی آن بازار است. همانطور که در متن نیز اشاره گردید، مشکلی عمده دیگری که در صنعت و بازار برق ایران وجود دارد و آن نقدینگی پایین در صنعت و بالاخص در معاملات بازار برق و بورس انرژی ایران است. لذا توصیه سیاستی این مقاله، افزایش نقدینگی در صنعت و ایجاد امکان ورود بازیگران دیگر از جمله سفته بازان است که امروزه به دلیل محدودیت های مقرراتی امکان حضور در معاملات بورس انرژی را ندارند که حضور آنها می تواند باعث ورود نقدینگی و افزایش حجم معاملات قراردادهای آتی گردیده و بسیاری از معاملات را از بازار فیزیکی برق ایران به سمت بورس انرژی سوق داده و مشکلات نقدینگی صنعت برق را کاهش دهد. همچنین صدور مجوز خرده فروشی به منظور حضور در بورس و خرید برق از نیروگاهها و فروش آن به مصرف کنندگان صنعتی و در مراحل بعدی با آزادسازی بیشتر به مصرف کنندگان خانگی برای شرکت هایی که توانایی فنی و اقتصادی لازم را داشته باشند می تواند بخش تقاضا را فعال تر کرده و موجب رونق بیشتر معاملات قراردادهای سلف استاندارد در خرید و فروش برق گردد.

از نقطه نظر تولید کنندگان نیز با توجه به مفاهیم طرح شده در متن مقاله، بدلیل آنکه پاداش آتی در فصول پرتقاضا (تابستان و تا حدی زمستان) منفی است لذا به نیروگاههای فعال در این صنعت توصیه ی گردد در این فصول تا حد امکان وارد معاملات قراردادهای آتی نشوند و بیشتر برق تولیدی خود را در بازار برق روز بعد به فروش برسانند و بالعکس در فصول بهار و پاییز با توجه به هزینه فرصتی که برای دریافت نقدینگی متقبل می شوند، ورود در قراردادهای آتی نسبت به فروش فیزیکی در بازار برق برای آنها دارای مزیت بوده و توصیه می گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

1. Barlow, M. T. (2002). A Diffusion Modelfor Electricity Prices. mathematical finance, 12(4), 287-298.
2. Benth, F. E., Kholodnyi, V. A., & Laurence, P. (2014). Quantitative Energy Finance:Modeling, Pricing, and Hedging in Energy. New York: Springer.
3. Bessembinder, H., & Lemmon, M. L. (2002). Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets. The Journal of Finance, 57, 1347-1382.
4. Bhar, R., Colwell, D. B., & Xiao, Y. (2013). A jump diffusion model for spot electricity prices and market price of risk. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 392(15), 3213-3222.
5. Botterud, A., Bhattacharyya, A. K., & Ilic, M. D. (2002). Futures and spot prices – an analysis of the Scandinavian electricity market. 34th Annual North American Power Symposium. Tempe, Arizona, USA.
6. Bunn, D., & Chen, D. (2013). The forward premium in electricity futures. Journal of Empirical Finance, 23, 173-186.
7. Cartea, Á., & Villaplana, P. (2008). Spot price modeling and the valuation of electricity forward contracts: The role of demand and capacity. Journal of Banking & Finance, 32(12), 2502-2519.
8. Diko, P., Lawford, S., & Limpens, V. (2006). Risk Premia in Electricity Forward Prices. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics, 10(3), 1-24.
9. Douglas, S., & Popova, J. (2008). Storage and the electricity forward premium. Energy Economics, 30(4), 1712-1727.
10. Ferreira , M., & Sebastião, H. (2018). The Iberian electricity market:Price dynamics and risk premium in an illiquid market. Centre for Business and Economics Research (CeBER), University of Coimbra. Retrieved from https://ideas.repec.org/p/gmf/papers/2018-02.html
11. Figueroa, M. G., & Cartea, Á. (2005). Pricing in Electricity Markets: A Mean Reverting Jump Diffusion Model with Seasonality. Applied Mathematical Finance, 12(4), 313-335.
12. Fleten, S. E., Hagen, L. A., Nygård, M. T., Sivertsen, R. S., & Sollie, J. M. (2015). The overnight risk premium in electricity forward contracts. Energy Economics, 49, 293-300.
13. Furió, D., & Meneu, V. (2010). Expectations and forward risk premium in the Spanish deregulated power market. Energy Policy, 38(2), 784-793.
14. Handika, R., & Trueck, S. (2013, June 15). Risk Premiums in Interconnected Australian Electricity Futures Markets. Retrieved from SSRN: https://ssrn.com/abstract=2279945
15. Johnsen, T. A. (2001). Demand, generation and price in the Norwegian market for electric power. Energy Economics, 23(3), 227-251.
16. Karakatsani, N. V., & Bunn, D. W. (2005, February). Diurnal reversals of electricity forward premia.

:www.researchgate.net/publication/265922467_Diurnal_Reversals_of_Electricity_Forward_Premia
17. Longstaff, F. A., & Ashley, W. W. (2004). Electricity Forward Prices: A High-Frequency Empirical Analysis. The Journal of Finance, 59, 1877 - 1900.
18. Lucia, J. J., & Schwartz, E. S. (2002). Electricity Prices and Power Derivatives: Evidence from the Nordic Power Exchange. Review of Derivatives Research, 5(1), 5–50.
19. Lucia, J. J., & Torró, H. (2011). On the risk premium in Nordic electricity futures prices. International Review of Economics & Finance, 20(4), 750-763.
20. Pirrong, C., & Jermakyan, M. (2008). The price of power: The valuation of power and weather derivatives. Journal of Banking & Finance, 32(12), 2520-2529.
21. Redl, C., & Bunn, D. W. (2013). Determinants of the premium in forward contracts. Journal of Regulatory Economics, 43(1), 90–111.
22. Redl, C., Haas, R., Huber, C., & Böhm, B. (2009). Price formation in electricity forward markets and the relevance of systematic forecast errors. Energy Economics, 31(3), 356-364.
23. Ullrich, C. J. (2007). Constrained Capacity and Equilibrium Forward Premia in Electricity Markets. Blacksburg,, Virginia. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=923082
24. Weron, R. (2014). Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future. International Journal of Forecasting, 30(4), 1030-1081.
25. Weron, R., & Zator, M. (2014). Revisiting the relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market. Energy Economics, 44(C), 178-190.
26. Weron, R., Bierbrauer, M., & Trück, S. (2004). Modeling electricity prices: jump diffusion and regime switching. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 336(1–2), 39-48.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Forward premium and its application in power plants risk management in Iran electricity market and energy exchange

Ali Tayebnia [۲۸]

Mohsen Mehrara [۲۹]

Mehran Kiyanvand[۳۰]

Abstract:
This paper peruses forward premium and influential factors affecting it in Iran electricity market and energy exchange transactions. In this study, Bessembinder and Lemmon (B - L) equilibrium theory as an electricity futures pricing model investigates. First, using Merton's jump diffusion model, electricity prices forecasted, then ex-ante forward premium calculated and the last B - L theoretical basis examines using markov regime switching model. The results confirm Bessembinder and Lemmon model partially. Defects observed in the market originates from illiquidity, fixed tariffs in different sectors, inactive position of consumers and imperfect restructuring in power sector. So, changes in the regulation by creating entrance opportunity for new participants such as speculators and also the electricity retail allowance issuance are recommended. Second subject is offering some guidance for the power plants about suitable time for futures transactions that carrying out in usual demand seasons such as fall and spring is advised

Keywords: Forward Premium, Risk Management, Electricity Market, jump diffusion, Markov Regime Switching.

JEL Classification: Q41،G1 ،G32 ،C53 ،C22.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲۸ . Associate Professor, Faculty of Economics, University of Tehran. taiebnia@ut.ac.ir

۲۹. Professor, Faculty of Economics, University of Tehran

30. PhD student, Faculty of Economics, University of Tehran