

تأثیر پذیری قیمت های آتی برق از قابلیت ذخیره سازی غیرمستقیم برق و اثر این قابلیت بر صرف ریسک و انتظارات قیمت

خدیدجه حسنلو^۱، محمد سامانیان^۲

دریافت: ۱۳۹۵/۱/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۹

چکیده:

هدف این مقاله بررسی این مسئله است که تا چه اندازه قیمت آتی برق شامل صرف ریسک مورد انتظار می باشد و یا دارای قدرت پیش بینی قیمت نقدی است که این موضوع میتواند تحت تأثیر منبع تأمین برق قرار گیرد. ما در اینجا قیمت قراردادهای آتی بازار هلند و بازار نوردپول را مورد بررسی قرار می دهیم و در کنار آن به اختصار به بررسی جایگاه این قراردادها در کشور پرداخته و معاملات کنونی برق در بورس انرژی ایران و وضعیت بازار برق را شرح می دهیم. ما نشان خواهیم داد که بازارهایی که برق در آنها از منابعی مانند آب، باد یا انرژی خورشیدی که قابلیت ذخیره سازی خوبی ندارند، تولید میشود، قیمت های آتی تنها اطلاعاتی در مورد تغییرات مورد انتظار در قیمت نقدی برق را شامل می شوند (بازار نوردپول)، در حالیکه در بازارهایی که برق از منابع باقابلیت ذخیره سازی بالا تولید میشود (سوخت های فسیلی)، قیمت های آتی اطلاعاتی را در مورد هر دوی تغییرات قیمت و صرف ریسک وابسته به زمان ارائه میدهند (بازار هلند). مدل های آتی برای بازارهایی که قابلیت ذخیره سازی غیرمستقیم کامل را ندارند به شدت به انتظارات قیمت وابسته است و در بازارهای باقابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم کامل، مدل شامل صرف ریسک وابسته به زمان نیز می شود.

واژگان کلیدی: قیمت آتی برق، صرف ریسک، بورس انرژی، ذخیره سازی برق.

طبقه بندی JEL: G13, G32, D51, L94

۱. دکترای مهندسی صنایع، استادیار، عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی خاتم (نویسنده مسئول)،

.Kh_hassanlou@iust.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مالی، موسسه آموزش عالی رجا،

.Samanian.m@gmail.com

۱- مقدمه:

نیروی برق (هنوز) بطور مستقیم قابلیت ذخیره سازی ندارد اما حداقل بطور غیر مستقیم قابل ذخیره سازی است از این رو بازار برق به کالاهای دیگر با قابلیت ذخیره سازی بعنوان منبع تأمین برق وابسته میشود که از طریق آنها میتوان به قابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم برق دست یافت. ارتباطی که میان زنجیره منابع تأمین برق و ما بقی بازارهای انرژی وجود دارد و همچنین اثرات استفاده از انواع این منابع بر روی بازار و قیمت برق، توجه محققان بسیاری را در سرتاسر جهان به خود معطوف نموده است (امری و لیو، ۲۰۰۲) (روتلیج و همکاران، ۲۰۰۱).

با توجه به اینکه در کشور ما انواع منابع تأمین برق که دارای قابلیت ذخیره سازی کامل^۱ و قابلیت ذخیره سازی ناکامل^۲ می باشند، در نیروگاهها مورداستفاده قرار میگیرند و در آینده ای نزدیک شاهد ورود قرارداد آتی^۳ برق به بورس انرژی خواهیم بود، در ادامه به بررسی این قابلیت و تأثیر آن بر روی قیمت قراردادهای آتی میپردازیم که بدین ترتیب میتواند تفاوتی را میان برق تولید شده توسط نیروگاههای فسیلی با نیروگاه های آبی و بادی و خورشیدی در کیفیت قیمت ایجاد کند. زیرا سوخت فسیلی دارای قابلیت ذخیره سازی می باشد و بنابراین قابلیت اطمینان بالایی را ایجاد می کند و سوختهای دیگر آن اطمینان را در بر ندارند اما در کشور ما توجه زیادی به این موضوع نمیشود. بر این اساس صنعت و بازار برق در ایران نیازمند بازبینی و تجدید ساختار در برخی حوزه ها می باشد.

تجربه ناموفق مالکیت و اداره یکپارچه عمودی صنعت برق، کشورهای دنیا را به سمت تجدید ساختار در این صنعت سوق داده است. دلایل متعددی برای تجدید ساختار این صنعت وجود دارد. از جمله میتوان به کارایی پایین عملکرد شرکت های دولتی، کمبود منابع مالی، کارا نبودن بازار برق، ضرورت حذف یارانه ها در بخش برق، لزوم استفاده از فناوری های جدید، افزایش کارایی در بخش های مختلف تولید، توزیع و مصرف و نیاز به درآمد حاصل از فروش این شرکت ها اشاره کرد. دولتی بودن ساختار صنعت برق و اعطای یارانه به تمام بخش های اقتصادی در تخصیص غیر بهینه منابع، نقش مؤثری داشته است. ایجاد فضای رقابتی در زمینه های

-
1. Perfect storability.
 2. Imperfect storability.
 ۳. Futures contract.

مختلف این صنعت میتواند به بسیاری از این مشکلات پایان دهد. اولین گام برای رقابتی کردن بازار برق و تبدیل آن به یک بازار کارا، اصلاح نظام قیمت هاست (منظور و رضایی، ۱۳۹۲). بر اساس بررسی محققین، تاکنون مطالعه ای برای بررسی تأثیر سوخت های باقابلیت ذخیره سازی کامل و ناکامل بر قیمت برق و اطلاعات موجود در قیمت های آتی بسته به نوع سوخت، در کشور انجام نشده است و مطالعات عمدتاً به قیمت گذاری برق بدون در نظر گرفتن این موضوع اختصاص داشته اند.

در این مقاله ما بر روی قیمت قراردادهای آتی برق تمرکز می کنیم، اما پیش از آن به بررسی جایگاه این قراردادها در ایران و چگونگی معاملات کنونی میپردازیم. در ایران معاملات برق در شرکت بورس انرژی که چهارمین بورس ایران لقب گرفته است انجام میشود. این معاملات شامل قراردادهای سلف موازی استاندارد برق می باشند. قرارداد سلف موازی استاندارد برق به عنوان نخستین اوراق بهادار مبتنی بر کالا در تابلو قرارداد سلف موازی استاندارد بازار مشتقه بورس انرژی پذیرفته شده است. به طور کلی مطابق تعریف ارائه شده در دستورالعمل معاملات کالا و اوراق بهادار مبتنی بر کالا در بورس انرژی، در قراردادهای سلف موازی استاندارد مقدار معینی از دارایی پایه بر اساس مشخصات قرارداد سلف موازی استاندارد به فروش می رسد. وجه قرارداد مذکور در هنگام معامله و طبق زمانبندی تعیین شده در مشخصات قرارداد پرداخت می شود و دارایی پایه در سررسید تحویل خریداری می شود. در طول دوره معاملاتی قرارداد، خریداران می توانند به فروش قرارداد سلف موازی استاندارد به میزان خریداری شده به شخص دیگری اقدام نمایند. این دو قرارداد از هم مستقل بوده و فروشنده به استناد گواهی سلف موازی استاندارد، خریدار را به فروشنده اولیه جهت تحویل فیزیکی حواله می دهد. در این حالت پذیرنده حواله مسئولیت مراجعه به فروشنده اولیه را پذیرفته و حق رجوع به فروشنده در معامله ثانویه را ندارد (سازمان بورس و اوراق بهادار، ۱۳۹۱). دارایی پایه این قرارداد، بسته برق (انرژی الکتریکی) معادل یک مگاوات در هر ساعت از دوره مصرف در دوره تحویل می باشد. عرضه کنندگان این قرارداد، نیروگاهها و شرکت های تولید برق و خریداران آن مصرف کنندگان واقعی برق (شامل شرکت های توزیع، خرده فروش ها و مصرف کنندگان بزرگ) هستند. قراردادهای سلف موازی استاندارد برق بر اساس رژیم باری مصرف در شبکه سراسری برق کشور دارای ۴ نوع دوره مصرف، بار پایه (۲۴ ساعت روز)، کم باری (۸ ساعت در روز)، میان باری (۱۲ ساعت در روز) و پر باری (۴ ساعت در روز) می باشد که ساعات آغاز و پایان

دوره‌های مذکور به‌طور سالانه توسط وزارت نیرو اعلام شده و توسط بورس انرژی اطلاع‌رسانی می‌شود. همچنین دوره تحویل این قراردادها نیز به‌صورت روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه است. بدین ترتیب این قراردادها، با توجه به دوره مصرف و دوره تحویل به بیست نوع قرارداد قابل تقسیم بندی هستند. برای مثال قرارداد سلف موازی استاندارد برق بار پایه روزانه، پربراری هفتگی، میان‌باری ماهانه یا کم‌باری فصلی. با توجه به مشخصات فعلی این نوع قراردادها، کلیه قراردادها در موعد تحویل منجر به تحویل فیزیکی می‌شوند و امکان تسویه نقدی^۱ قراردادها در تاریخ سررسید وجود ندارد. با عنایت به ماهیت این نوع قراردادها، کلیه ثمن معامله باید به‌عنوان پیش پرداخت پیش از ثبت سفارش در سامانه معاملاتی توسط خریدار پرداخت شود (عسگری، ۱۳۹۲).

اما با توجه به افزایش حجم معاملات برق، بورس انرژی نیازمند ورود ابزارهای نوین مالی نظیر اوراق آتی و اختیار معامله می‌باشد. در خصوص ورود این ابزارها به بورس انرژی و با توجه به نوپا بودن این بورس در ایران بایستی تاریخچه قیمتی برق شکل گیرد تا ورود این ابزار به بازار برق امکان پذیر شود. ورود قرارداد های آتی برق به بازار برق مزایایی را نیز به همراه دارد و باعث شکل گیری یک بازار کامل و کارا خواهد شد. در اغلب موارد و در بازارهای مالی پیشرو دنیا در حدود ۹۰٪ معاملات قراردادهای آتی به تسویه مالی منجر میشود و تحویل فیزیکی کالا وجود ندارد. توجه به این مسئله که دارایی های مالی برق مورد معامله در بازارهای پیشرفته حداقل ۱۰ برابر قراردادهایی است که به تحویل فیزیکی منجر می‌شود، بیانگر اهمیت دقت در طراحی این بازارهاست. تقبل این دشواری‌ها و پرداخت هزینه‌های طراحی بازار به لحاظ مزایای اقتصادی عمده‌ای است که بورس برق برای هر کشور به همراه می‌آورد (باقری، ۱۳۸۸). این بازار، امکان خرید و فروش انرژی، تأمین مالی برای تولیدکنندگان، تأمین انرژی برای توزیع کنندگان و مصرف کنندگان، کشف قیمت روزانه انرژی، پوشش ریسک، شفافیت معاملاتی، تسهیل در تبادلات انرژی و کاهش هزینه های معاملاتی در بخش مبادلات انرژی را فراهم می‌کند که این موارد به مرور در بازار ایران با شکل گرفتن بازار و کامل شدن روند معاملات و قراردادها جایگاه خود را پیدا خواهند نمود (شرکت کارگزاری بانک ملی ایران، ۱۳۹۲).

1. Cash settlement.

در ادامه پیشینه تحقیق را مورد بررسی قرار داده ایم و سپس در بخش سوم در مبانی نظری به بیان کلی موضوع پرداخته و تفاوت ها و شباهت های استفاده از منابع تأمین برق گوناگون را بیان می کنیم. در بخش چهارم و پنجم روش تحقیق را بیان نموده و داده های مورداستفاده را شرح می دهیم. سپس به بررسی نتایج در بخش ششم و در انتها به نتیجه گیری می پردازیم.

۲- پیشینه تحقیق

فاما و فرنچ (۱۹۸۷) دو دیدگاه را در مورد قیمت های آتی کالا بیان کرده اند. اولین دیدگاه نظریه ذخیره سازی^۱ است که بیان می کند که معامله گران میتوانند ریسک موضع معاملاتی خود را در قراردادهای آتی از طریق ذخیره سازی بلندمدت یا کوتاهمدت کالای مبنا از بین ببرند. نظریه دوم، نظریه انتظارات^۲ است که قیمت های آتی را بنا بر ذخیره سازی بیان نمی کند، بلکه توضیح میدهد که قیمت آتی یک کالا برابر است با قیمت نقدی مورد انتظار کالای مبنا در طول دوره تحویل بعلاوه صرف ریسک^۳ مورد انتظاری که در ازای تحمل عدم قطعیت قیمت های تثبیت شده، نصیب تولیدکنندگان میشود. نظریه انتظارات نقطه شروعی برای بسیاری از مدل های قیمت آتی برق می باشد و این نظریه نسبت به نظریه ذخیره سازی ارجح است زیرا برق مستقیماً دارای قابلیت ذخیره سازی نیست و این موضوع ما را بر آن میدارد که از نظریه انتظارات در مقابل نظریه ذخیره سازی استفاده کنیم. قیمت یک قرارداد آتی برق منعکس کننده قیمت نقدی مورد انتظار کالا در دوره تحویل بعلاوه یا منهای صرف ریسک می باشد بنابراین این گفتار بر روی مدل سازی انتظارات یا صرف ریسک متمرکز میشود. برق بعنوان یک کالا دارای ویژگی های است که پیش بینی قیمت نقدی، آن را از سایر کالاها متمایز میسازد (منظور و رضایی، ۱۳۹۱). در مورد قیمت های آتی در بازار نوردپول نیز جلیبرگ و جانسون (۲۰۰۱) و باترود و همکاران (۲۰۰۲)، صرف ریسک مثبت را برای قراردادهای آتی با تاریخ های سررسید حداکثر یک ساله شناسایی نمودند. لوسیا و تورو (۲۰۰۸) به صرف ریسک مثبت قابل توجهی در قراردادهای آتی برق هفتگی^۴ NPX رسیدند. ورون (۲۰۰۸) با استفاده از مدل های تصادفی در بازار آتی NPX ریسک قیمت بازار را تعیین کرد، وی به این موضوع دست یافت که با افزایش زمان سررسید، صرف

1. The storage theory.
2. The expectations theory.
3. Risk premium.
4. Nordic Power Exchange (Nordpool).

ریسک کاهش می‌یابد. بسمبندر و لمون (۲۰۰۲) با مدل سازی قراردادهای آتی و عرضه و تقاضای آن‌ها به مطالعه صرف ریسک آتی برق پرداختند. قیمت های آتی، مقدار پیش بینی شده آریبی قیمت نقدی در آینده هستند و صرف ریسک آتی بطور منفی با واریانس و بطور مثبت با چولگی قیمت نقدی مورد انتظار برق در رابطه است (بومانز، ۲۰۱۰).

نایمدش و دنی (۲۰۱۳) اثر ذخیره سازی غیر مستقیم برق را بر روی قیمت های برق مورد مطالعه قرار میدهند و از تکنیک های اقتصادسنجی برای این عملیات استفاده میکنند. آن‌ها در نتیجه گیری خود بیان میکنند که گسترش سیستم ذخیره سازی غیر مستقیم، هزینه سوخت سیستم برق را کاهش میدهد اما تاثیرات آن بر روی عملیات سیستم تولید برق باعث افزایش قیمت برق میشود. بطور جالب توجه کارتی و ویلاپلانا (۲۰۰۸) با اشاره به شرایط عقب گرد قیمت ها^۱ (پس سوئی) به صرف ریسک منفی در بازار های انگلیس، ولز، NPX و PJM آمریکا دست یافتند. اگر قیمت نقد مورد انتظار بیش از قیمت توافقی در قرارداد آتی باشد، اصطلاحاً میگویند بازار در شرایط عقب گرد قیمت ها است (هال، ۱۹۴۶). علاوه بر بسمبندر و لمون (۲۰۰۲)، روتلیج و همکاران (۲۰۰۱) نیز یک مدل قیمت گذاری تعادلی با انتظارات منطقی را برای قیمت های برق در نظر گرفته اند. بخصوص آن‌ها مشاهده نمودند که قابلیت بالقوه ذخیره سازی برق در قالب سوخت نیز میل به اکتشاف ارتباط بین قیمت های برق و سوخت را دو چندان کرده است. دوگلاس و پوپوا (۲۰۰۸) و بلویزون ترسلونگ و هایزمن (۲۰۱۰) با نشان دادن این موضوع که سطوح بیشتر گاز طبیعی موجود منجر به کاهش صرف ریسک آتی در بازار PJM میشود، صرف ریسک آتی تجربی را به قابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم ارتباط داده اند که این موضوع در دوره های زمانی با آب و هوای بسیار سرد یا بسیار گرم، بیشتر مشخص میشود. تقاضای برق به عوامل غیر قابل پیش بینی نظیر شرایط آب و هوایی وابسته می باشد. این موضوع اثر عرضه و تقاضا را بر قیمت بازار برق تشدید می کند. کالای برق در پاسخ به نوسانات تقاضا دارای الگوی فصلی می باشد. تقاضای برق به میزان فعالیتهای اقتصادی و آب و هوا بستگی دارد و همین امر سطوح

-
1. Backwardation.
 2. Pennsylvania New Jersey Maryland Interconnection.

مختلفی از فصلی بودن، نظیر ساعتهای مختلف روز، روزهای هفته، روزهای کاری و روزهای غیر کاری و بین ماههای سال را برای این کالا ایجاد می کند. برای پیش بینی قابل اطمینان قیمت های ارائه شده در بازار برق، باید این ویژگی ها را در نظر داشت. قیمت تأثیر منفی و عوامل حقیقی تأثیر مثبتی بر تقاضا دارند. افزایش تقاضا به خودی خود سبب افزایش نسبت تقاضا به تولید میشود که این امر سبب افزایش قیمت بازار برق میگردد. افزایش قیمت بازار برق تعادلی به نوبه خود کاهش تقاضا را در بازخورد بعد موجب میشود (بوربونایز، ۲۰۰۷).

یافته های اصلی این است که ارزش بازاری ریسک در صنعت برق در واقع از کالای مبنا که سوخت گاز است سبب میشود و همچنین افزایش نوسانات قیمت گاز نیز صرف ریسک آتی را افزایش میدهد. بنابراین از این موضوع میتوان به این نتیجه رسید که ذخیره سازی غیر مستقیم، صرف ریسک آتی را تحت تأثیر قرار میدهد.

۳- مبانی نظری

تمامی این مطالعات قیمت آتی برق را بوسیله ترکیبی از قیمت نقدی مورد انتظار و صرف ریسک، مدل سازی میکنند که این دو مولفه در نظریه انتظارات پیشنهاد شده بودند. حتی هرکدام از قیمت نقدی مورد انتظار و صرف ریسک نیز بوضوح مدل سازی شده اند. از این متن اینگونه بر می آید که قیمت آتی برق شامل صرف ریسک مورد انتظار میشود و یا اینکه قدرت پیش بینی قیمت نقدی را نیز به همراه دارد (بون و چن، ۲۰۱۳). با این حال نامشخص است که این موضوع به منبع تولید برق وابسته است یا خیر که هدف ما در این مقاله مشخص نمودن آن می باشد. ما روش ارائه شده توسط فاما و فرنچ (۱۹۸۷) و فاما (۱۹۸۴) را دنبال می کنیم و برای منابع تأمین برق متفاوت آن را تحلیل می کنیم. در انتها سوخت نهایی است که قیمت را تعیین می کند زیرا در بازارهای کارا قیمت نهایی برابر هزینه تولید نهایی می باشد.

به منظور بررسی رابطه بین نوع منبع تغذیه در یک بازار و قیمت آتی ما به بررسی دو منبع تأمین برق متفاوت میپردازیم. انگیزه این عمل از نظریه ذخیره سازی گرفته شده است. برق (هنوز) بطور مستقیم قابلیت ذخیره سازی ندارد اما حداقل بطور غیر مستقیم قابل ذخیره سازی است، به این معنا که سوخت های (فسیلی) را میتوان ذخیره کرد و این موضوع که معامله گران از این

قابلیت جهت ارزش گذاری قیمت آتی برق استفاده کنند، توسط دوگلاس و پوپوا (۲۰۰۸) و بلویزون ترسلونگ و هایزمن (۲۰۱۰) بیان گردید. این موضوع برای سوخت های فسیلی نظیر گاز طبیعی و زغال سنگ صادق است. این سوخت ها قابل ذخیره سازی هستند و میتوانند در بازار نقد و آتی معامله شوند. معامله گران نیز از این ویژگی ها در جهت سودآوری استفاده میکنند (بلویزون ترسلونگ و هایزمن، ۲۰۱۰). در بازار های جهانی، بازار کالاهایی نظیر زغال سنگ و گاز طبیعی مستقیماً بر روی بازار برق تأثیر گذارند زیرا این دو منبع مهم ترین منابع تأمین برق می باشند. ذخیره سازی منبع، جدای از بقیه هزینه ها در بر دارنده هزینه نهایی تولید آن منبع می باشد و از طرفی تقاضا و هزینه نهایی تولید، قیمت برق را تعیین میکنند بنابراین وقتی ظرفیت تولید نیرو توسط منبع با کمترین هزینه تولید تکمیل شود، هزینه تولید برق بر اساس هزینه نهایی تولید منبع دوم محاسبه میگردد. بنابراین تغییرات در قیمت زغال سنگ و گاز طبیعی مستقیماً در هزینه تولید برق تأثیر گذارند و نقش مهمی را در قیمت گذاری برق ایفا می کند (محمدی، ۲۰۰۹). به عنوان مثال، وقتی یک تولید کننده برق در یک قرارداد آتی موضع فروش^۱ اتخاذ مینماید میتواند با خرید سوخت اولیه مورد نیاز خود از بازار نقدی برای تأمین میزان برق توافق شده جهت فروش، از بابت تعهد خود اطمینان حاصل کند و آن را تا تاریخ سررسید ذخیره نماید و سپس با تبدیل سوخت مورد نظر به برق در نیروگاه، آن میزان برق را تولید کند. از طرفی وی میتواند با اتخاذ موضع خرید^۲ در قرارداد آتی سوخت مورد نظر، میزان سوخت مورد نیاز خود را تأمین کرده و دیگر احتیاجی به ذخیره کردن آن نیست. این ویژگی ها برای منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، باد و آب متفاوت است. یک تولید کننده نیروی برق بادی که نقش فروشنده را در قرارداد آتی برق دارد نمیتواند میزان باد مورد نیاز خود را برای تولید برق، از قبل ذخیره کند و یا در یک قرارداد آتی باد معامله کند. اما انعطاف پذیری بیشتری در نیروی برق آبی وجود دارد. از آنجا که آب قابلیت ذخیره سازی در مخازن آبی را دارد، با این حال ظرفیت آن در طولانی مدت به شرایط آب و هوایی مختلف نظیر بارش باران بستگی دارد. همچنین قرارداد آتی برای آب وجود ندارد. انتظار ما از میزان بیان صرف ریسک مورد انتظار و یا پیش بینی قیمت نقدی مورد انتظار بوسیله قیمت های آتی برقی که توسط دو شیوه قابلیت

۱. Short position.

۲. Long position.

ذخیره سازی غیرمستقیم کامل و ناکامل به دست می آیند، متفاوت است (بون و چن، ۲۰۱۳). به منظور بررسی این موضوع به تحلیل قیمت های دو بازار میپردازیم: بازار هلند^۱ و بازار نوردپول. بازار هلند عمدتاً نمونه یک بازار با قابلیت ذخیره سازی غیرمستقیم کامل^۲ است که نیروی برق در آن اساساً از سوخت فسیلی با گاز طبیعی به عنوان سوخت نهایی در بسیاری از ساعات تولید میشود (در سال ۲۰۰۷، ۵۷٪ از نیروی برق تولید شده توسط گاز سوخت رسانی شد). بازار نوردپول که شامل بازار انرژی کشورهای نروژ، دانمارک، سوئد و فنلاند می باشد، تقریباً نمونه یک بازار با قابلیت ذخیره سازی غیرمستقیم ناکامل^۳ می باشد که به شدت به نیروگاه های آبی نروژ و سوئد که به مخازن کوه ها متصل اند، متکی است.

ما بدنبال شواهدی برای قدرت پیش بینی قابل اطمینان در قیمت های آتی هر دو بازار هستیم و شواهدی برای صرف ریسک وابسته به زمان^۴، در بازار هلند، برای تاریخ تحویل تا سه ماه آتی را می یابیم. علاوه بر این، نشان خواهیم داد که واریانس تغییرات قیمت آتی مورد انتظار بیشتر از واریانس صرف ریسک در هر دو بازار است، اما واریانس تغییرات قیمت آتی مورد انتظار در بازار نوردپول نسبت به بازار هلند، وابستگی بیشتری به واریانس صرف ریسک دارد. این که تا چه حد قیمت های آتی شامل اطلاعاتی در مورد قیمت نقدی آتی مورد انتظار و یا صرف ریسک می باشند، بستگی به قابلیت ذخیره سازی سوخت مورد استفاده در بازار دارد.

۴- روش تحقیق

در این بخش، ما با خلاصه کردن روشی که توسط فاما و فرنچ (۱۹۸۷) به کار برده شده است، شروع نموده و رویکرد آنها را در این مقاله دنبال خواهیم کرد. $F_{t,T}$ را به عنوان قیمت هر MWh در یک قرارداد آتی در زمان t برای تحویل t امگاوات برق در هر ساعت در طول دوره تحویل T در نظر بگیرید. ($t < T$)

S_t قیمت روز آتی برق^۵ (قیمت روز آینده) برای هر MWh در روز t جهت تحویل t امگاوات برق در هر ساعت در روز $t+1$ می باشد. در اینجا ما از قیمت روز آتی بجای قیمت نقدی استفاده خواهیم کرد. بنابر اطلاعات موجود برای فعالان بازار در زمان t قیمت نقدی آتی مورد

1. The Netherlands.
2. Perfect indirect storability.
3. Imperfect indirect storability.
4. time-varying risk premiums.
5. Day-ahead price.

انتظار $E_t(S_T)$ نیز برابر با متوسط قیمت روز آتی مورد انتظار برق در زمان t در طول دوره تحویل T می‌باشد. $P_{t,T}$ نیز صرف ریسک مورد انتظار به‌دست‌آمده به ازای هر MWh در زمان t جهت تحویل برق در دوره T است. بنابر نظریه انتظارات، میدانیم که قیمت آتی برابر با قیمت نقدی مورد انتظار بعلاوه صرف ریسک مورد انتظار می‌باشد.

$$F_{t,T} = E_t(S_T) + P_{t,T} \quad (1)$$

فاما و فرنچ (۱۹۸۷) اقدام به کم کردن قیمت نقدی (قیمت روز آتی) از دو طرف معادله بالا نمودند:

$$F_{t,T} - S_t = E_t(S_T) - S_t + P_{t,T} \quad (2)$$

معادله شماره ۲ نشان می‌دهد که $F_{t,T} - S_t$ شامل اطلاعاتی در مورد تغییرات مورد انتظار در قیمت نقدی ما بین t و T و صرف ریسک مورد انتظار تحقق یافته می‌باشد. با این فرض که معامله گران پیش بینی‌های منطقی انجام دهند (به عبارت دیگر خطای پیش بینی آن‌ها دارای میانگین صفر باشد)، فاما و فرنچ (۱۹۸۷) پیشنهاد میکنند که پارامترهای معادلات رگرسیون زیر برآورد شوند:

$$S_T - S_t = \alpha_f + \beta_f(F_{t,T} - S_t) + \sigma_{f\epsilon_{f,t}} \quad (3)$$

$$F_{t,T} - S_T = \alpha_p + \beta_p(F_{t,T} - S_t) + \sigma_{p\epsilon_{p,t}} \quad (4)$$

قسمت سمت چپ معادله ۴، $(F_{t,T} - S_T)$ برابر با صرف ریسک تحقق یافته است و با فرض پیش بینی منطقی برابر با صرف ریسک مورد انتظار $(P_{t,T})$ می‌باشد که برابر با $F_{t,T} - E_t(S_T)$ از معادله ۱ خواهد بود. از آنجا که معادله‌های ۳ و ۴ از معادله ۲ مشتق شده‌اند، α و β ها به ترتیب بیانگر صفر و یک می‌باشند که عرض از مبدا و شیب معادله رگرسیونی هستند و اندیس آن‌ها نشانگر قیمت آتی و صرف ریسک می‌باشد. فاما و فرنچ (۱۹۸۷) تخمین‌هایی را برای β_f و β_p کالاهای مختلف به دست آورده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که معادله پایه ما شامل اطلاعات معتبری در مورد تغییرات آتی در قیمت نقدی است. به عبارت دیگر آن‌ها یک تخمین مثبت برای β_f کالاهایی که به نسبت ارزششان (ارزش کم) نیاز به هزینه نگهداری بالایی دارند، به دست آورده‌اند. برای طلا و پلاتین که به نسبت ارزششان، هزینه نگهداری پایینی دارند، از آنجایی که β_f تقریباً برابر صفر است، در قیمت‌های آتی آن‌ها قدرت پیش بینی وجود ندارد.

کالاهایی که قابلیت ذخیره سازی خوبی دارند، دارای صرف ریسک مورد انتظار قابل توجهی می باشند، به عبارت دیگر، تخمین آن‌ها برای β_p مخالف صفر است که نشان می‌دهد از قابلیت ذخیره سازی در قراردادهای آتی این کالاها استفاده شده است. همانطور که گفته شد، هدف ما تخمین پارامترها در معادلات ۳ و ۴ است. برآوردها در مورد β_f این مفهوم را می‌رساند که معادله پایه حاوی اطلاعاتی در مورد قیمت های نقد آتی مورد انتظار می باشند. در حالتی که برآوردهای قابل توجهی را برای β_p پیدا کنیم، معادله پایه شامل اطلاعاتی در مورد صرف ریسک وابسته به زمان خواهد بود. بنابراین ما این پارامترها را برای قرارداد های آتی بازار هلند و نوردپول برآورد می کنیم تا چگونگی تاثیرات نوع منبع تأمین برق و قابلیت های ذخیره سازی بر برآورد های پارامترها را نشان دهیم.

۵- داده های مورد استفاده:

داده های اولیه برای این مطالعه شامل قیمت های آتی از بورس نیروی آمستردام^۱ (هلند) و قیمت قرارداد های آتی از بورس نیروی نوردپول^۲ به دست آمده اند. ما بررسی خود را ما بین قراردادهای با تاریخ تحویل ۱ ماهه که بعنوان قرارداد (M1) بیان می شوند و قراردادهای ۲ ماهه (M2) و تا قراردادهای با تاریخ سررسید ۶ ماهه (M6) انجام می دهیم. حداقل حجم قرارداد آتی ماهانه برابر با ۱ مگاوات می باشد. قراردادهای آتی ماهانه نوردپول معمولاً به تحویل فیزیکی کالا منجر نمی شوند و زمانی که تسویه نقدی در دوره تحویل انجام شد، به پایان می‌رسند اما در قراردادهای آتی ماهانه هلند در تاریخ انقضا تحویل فیزیکی صورت می‌پذیرد. قیمت هایی که ما از آن‌ها بهره می‌جویم، قیمت های پایانی قراردادها در اولین روز معاملاتی هر ماه می باشند زیرا ما فرض می‌کنیم که قراردادها در اولین روز معاملاتی ماه تحویل به موعد سررسید خود می‌رسند. دوره نمونه بررسی شده برای بازار هلند و نوردپول، از تاریخ ۳۰ دسامبر ۲۰۰۶ تا ۳۰ دسامبر ۲۰۱۱ می باشد که ۷۵ قیمت آتی ماهانه در این دوره مشاهده شده است. برای هر دو بازار، ما از قیمت های روز آتی بجای قیمت نقدی برق برای دوره های تحویل مشابه استفاده می‌کنیم. قیمت های روز آتی بار پایه برق برای بازار های هلند و نوردپول از میانگین حسابی

1. Amsterdam Power Exchange/Endex.
2. Eltermin futures contract prices provided by the Nordic Power Exchange (NordPool).

قیمت های ۲۴ ساعته بازار محاسبه می شوند. برای بازار هلند، ما بایستی از قیمت های روز آتی گاز طبیعی در بازار گاز TTF^۱ هلند که از ۳۰ دسامبر ۲۰۰۶ تا ۳۰ دسامبر ۲۰۱۱ معامله شده اند، استفاده کنیم (برای بررسی کیفیت نتایج که بعدا بررسی میشود). برای بازار نوردپول، قیمت های روز آتی گاز طبیعی از ۳۰ دسامبر ۲۰۰۹ تا ۳۰ دسامبر ۲۰۱۱ از بازار گاز نوردپول^۲ به دست آمده اند.

نقدینگی^۳ نقش بسیار مهمی را در قیمت گذاری قراردادهای مالی برق ایفا می کند. انعطاف پذیری و استحکام در بازار از مشخصه های نقدینگی بالا می باشد (نیوبری و همکاران، ۲۰۰۳). برای اندازه گیری سطح نقدینگی در قراردادهای آتی میتوان از شاخص های دامنه قیمت های پیشنهادی^۴ و حجم معاملات^۵ استفاده کرد. دامنه قیمت پیشنهادی، نشاندهنده تفاوت بین مبلغی است که خریداران فعال حاضر به پرداخت آن هستند و فروشندگان فعال نیز مایل به دریافت آن می باشند. حجم معاملات، برابر با میزان برق معامله شده در یک دوره زمانی مشخص می باشد. هرچه حجم معاملات بیشتر باشد، نقدینگی نیز بیشتر است و در نتیجه بازار نیز در شرایط رقابتی بالاتری قرار دارد. میانگین دامنه قیمت پیشنهادی برای قرارداد M1 بازار نوردپول برابر با ۰/۶۲٪ (euro/MWh ۰/۲۶) و برای قرارداد M6 برابر با ۰/۳۳٪ (euro/MWh ۱/۴۲) می باشد. میانگین دامنه قیمت پیشنهادی برای قرارداد M1 بازار هلند برابر با ۰/۹۳٪ (euro/MWh ۰/۴۱) و برای M6 برابر با ۰/۹۵٪ (euro/MWh ۰/۵۴) می باشد. این موضوع نشانگر آن است که بازار نوردپول نسبت به بازار هلند از نقدینگی بیشتری برخوردار است، با این حال فعالیت های معاملاتی در بازار نوردپول بیشتر متمرکز در قراردادهای کوتاه مدت است و با طولانی شدن سررسید سیر نزولی پیدا میکنند. در سال ۲۰۱۰ حجم کل معاملات در نوردپول برابر با ۶۱۲۸۶/۷ TWh بود که حدود ۳۱٪ از کل مصرف برق در کشورهای شمال اروپا^۶ بوده است. برای بازار هلند حجم کل معاملات در سال ۲۰۱۰ برابر با ۲۸۰ TWh بود که حدود ۴۱٪ از کل

1. Title Transfer Facility.
2. NPgas.
3. Liquidity.
4. the bid-ask spread.
5. the trading volume.
6. Terawatt hour.
7. Nordic countries.

مصرف برق در هلند بوده است. تمامی این اطلاعات از پایگاه اطلاعاتی بلومبرگ^۱ و تامسون رویترز^۲ به دست آمده اند و همه قیمت ها به لگاریتم طبیعی تبدیل شده اند.

۶- نتایج

جدول ۱ نشان دهنده برآورد OLS^۳ شیب معادلات ۳ و ۴ برای قراردادهای آتی برق M1 تا M6 در بازار نوردپول و هلند می باشد. حال برآورد های بازار نوردپول را در نظر می گیریم. اعداد به دست آمده برای β_f ما بین دو عدد ۰/۷۶ (M5) و ۰/۹۷ (M2) در نوسان است. همه این اعداد مخالف با صفر و نزدیک به ۱ می باشند. تمامی اعداد به دست آمده برای β_p تقریباً نزدیک به صفر می باشند. بوضوح، از اطلاعات در بازار نوردپول میتوان قدرت پیش بینی قابل توجهی را دریافت و از طرفی هیچ اطلاعاتی در مورد صرف ریسک وابسته به زمان به ما نمیدهد. در مقایسه با نتایج فاما و فرنچ (۱۹۸۷) این برآوردها همراستا با برآوردهای قیمت قرارداد های آتی آن دست از کالاهایی می باشند که با توجه به کمی ارزششان هزینه نگهداری بالایی دارند. نتایج برای بازار هلند متفاوت است. برآوردها برای β_f که نزدیک به برآوردها در بازار نوردپول می باشند، در بازه ۰/۵۶ (M2) و ۰/۷۵ (M5) قرار دارند و مخالف با صفر می باشند. برای قرارداد های M1 تا M3 برآوردها نزدیک به صفر می باشند. برآوردها برای β_p ما بین ۰/۲۵ و ۰/۴۷ قرار دارند و M4، M5، M6، نزدیک به صفر می باشند. قیمت های آتی برای بازار هلند در M1 تا M3 نمایانگر هر دوی قدرت پیش بینی و صرف ریسک وابسته به زمان می باشند.

جدول ۱: برآورد پارامترها در معادلات (۳) و (۴)

M1	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۶۳	۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۱۶	۷۵
بازار نوردپول	۰/۹۱	۰/۱۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۷۵
M2	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N

1. Bloomberg.
2. Thomson Reuters Corporation.
3. Ordinary least squares.

بازار هلند	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۱۷	۷۵
بازار نوردپول	۰/۹۷	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۰۰	۷۵
M3	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۲۸	۰/۱۷	۷۵
بازار نوردپول	۰/۸۸	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۰۰	۷۵
M4	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۶۴	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۰۹	۷۵
بازار نوردپول	۰/۸۱	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۰۰	۷۵
M5	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۷۵	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۰۶	۷۵
بازار نوردپول	۰/۷۶	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۰۰	۷۵
M6	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۷۲	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۰۲	۷۵
بازار نوردپول	۰/۸۴	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۰۰	۷۵

منبع: نتایج تحقیق

ظاهرا اطلاعات آتی در بازار هلند (تا ۳ ماه) حاوی شواهدی برای صرف ریسک وابسته به زمان علاوه بر قدرت پیش بینی می باشند. این صرف ریسک های وابسته به زمان در بازار نوردپول مشاهده نمی شوند. وقتی که زمان سررسید افزایش می یابد، این تفاوت ما بین دو بازار از بین می رود، به این معنا که هیچ شواهد دیگری برای صرف ریسک وابسته به زمان در قیمت های آتی هر دو بازار برای زمان سررسید ۴ ماهه و بیشتر یافت نمی شوند. ما این موضوع را به تفاوت قابلیت ذخیره سازی سوخت های پایه (آب در مقابل گاز طبیعی) در دو بازار نسبت می دهیم.

برای بررسی کیفیت نتایج در جدول ۱ ما اقدام به تغییر معادله شماره ۲، که در آن قیمت نقدی جاری را از دو طرف رابطه کم کرده بودیم، می نماییم. در عوض، ما پیشنهاد می کنیم که به تعداد h ، قیمت نقدی گاز طبیعی، S_t^g ، از دو طرف رابطه ۱ کم شود. h برابر با درجه حرارت می باشد که نشان دهنده تعداد قرارداد های گاز طبیعیست که برای تولید یک واحد برق مورد نیاز است. جهت محاسبه قیمت نقدی مناسب گاز، ما درجه حرارت را برابر $۴۹/۱۳$ ٪ در نظر

میگیریم (بنابراین $h = \frac{1}{0.4913}$) که از پایگاه بلومبرگ به دست آمده است و برابر با راندمان^۱ نیروگاهها می باشد.

بنابراین معادله ۲ را بدین گونه بازنویسی می کنیم:

$$F_{t,T} - hS_t^g = E_t(S_T) - hS_t^g + P_{t,T} \quad (5)$$

و معادلات ۳ و ۴ را به صورت زیر :

$$S_T - hS_t^g = \alpha_f + \beta_f(F_{t,T} - hS_t^g) + \sigma_{f\epsilon f,t} \quad (6)$$

$$F_{t,T} - S_T = \alpha_p + \beta_p(F_{t,T} - hS_t^g) + \sigma_{p\epsilon p,t} \quad (7)$$

جدول ۲ برآورد های به دست آمده برای معادلات ۶ و ۷، برای قیمت های آتی در بازار هلند را نشان میدهد. (بررسی این موضوع در ادامه با دنبال کردن نظریه فاما (۱۹۸۴) انجام می شود.) نتایج به دست آمده در جدول ۲ تقریباً مشابه جدول ۱ می باشند. این است که، چه ما از قیمت های روز آتی برق به جای قیمت نقدی (S_t) استفاده کنیم و چه از قیمت های روز آتی گاز، از بازار هلند اینگونه بر می آید که معادله پایه شامل اطلاعات مورد اطمینانی در مورد تغییرات قیمت های آتی و صرف ریسک وابسته به زمان برای تاریخ تحویل حداکثر سه ماهه است و برای سررسید های طولانیتر تنها قدرت پیش بینی قیمت را دربر دارد.

جدول ۲ : برآورد پارامترها در معادلات (۶) و (۷)

M1	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	n
بازار هلند	۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۱۳	۷۵
M2	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۲۵	۰/۱۶	۷۵
M3	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۶۶	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۱۳	۷۵
M4	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۷۲	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۰۶	۷۵
M5	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۷۴	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۰۳	۷۵

1. Efficiency.

M6	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
بازار هلند	۰/۷۹	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۰۲	۷۵

منبع: نتایج تحقیق

برای تأکید بر نتایج به دست آمده از بازار هلند، ما از همان تحلیل برای بازار نوردپول استفاده می‌کنیم تا بررسی کنیم که آیا نتایج در صورت استفاده از قیمت‌های روز آتی گاز بجای قیمت نقدی S_t تغییری کند یا خیر؟ برآوردها در جدول ۳ آورده شده‌اند.

با توجه به این که در جدول ۳ به جای قیمت نقدی S_t از قیمت‌های روز آتی گاز استفاده نمودیم، حجم نمونه از ۷۵ به ۳۷ تغییر نموده است. از اطلاعات این جدول مشخص است که نتایج برآوردها از معادلات ۳ و ۴ با قیمت‌های روز آتی برق تقریباً مشابه برآوردهای معادلات ۶ و ۷ با قیمت‌های روز آتی گاز می‌باشند. ما همچنین متوجه شدیم که بویژه برای قرارداد M1، استفاده از قیمت‌های روز آتی گاز R_f^2 را افزایش می‌دهد. انحراف استاندارد قیمت‌های روز آتی گاز بیشتر از انحراف استاندارد قیمت‌های روز آتی برق برای یک دوره یکسان می‌باشد. برای برآوردها با S_t^g ، یک R_f^2 بیشتر را تجربه می‌کنیم زیرا اضافه نمودن اطلاعات نوسان‌پذیر و حساس در معادله ۶، انحراف استاندارد متغیرهای مستقل و وابسته را افزایش می‌دهد که باعث افزایش کواریانس شده و یک R_f^2 بیشتر را باعث می‌شود.

جدول ۳: برآورد پارامترها در معادلات (۳)، (۴)، (۶) و (۷)

M1	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۱/۱۹	-۰/۱۶	۰/۳۳	-۰/۰۳	۳۷
گاز نوردپول	۱/۰۴	-۰/۰۳	۰/۷۴	-۰/۰۵	۳۷
M2	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۱/۱۹	-۰/۱۷	۰/۳۹	-۰/۰۲	۳۷
گاز نوردپول	۱/۰۴	۰/۰۰	۰/۵۶	-۰/۰۳	۳۷
M3	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۰/۹۴	۰/۰۴	۰/۳۶	-۰/۰۵	۳۷
گاز نوردپول	۰/۹۸	۰/۰۹	۰/۴۹	-۰/۰۴	۳۷
M4	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۰/۹۳	۰/۰۷	۰/۳۶	-۰/۰۲	۳۷

1. R-Squared (ضریب تعیین)

گاز نوردپول	۱/۰۶	-۰/۰۹	۰/۴۴	-۰/۰۷	۳۷
M5	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۰/۸۳	۰/۱۳	۰/۳۸	-۰/۱۹	۳۷
گاز نوردپول	۱/۱۸	-۰/۱۸	۰/۴۴	-۰/۰۲	۳۷
M6	β_f	β_p	R_f^2	R_p^2	N
برق نوردپول	۰/۸۹	۰/۱۶	۰/۳۹	-۰/۰۶	۳۷
گاز نوردپول	۱/۲۴	-۰/۳۵	۰/۴۹	۰/۰۹	۳۷

منبع : نتایج تحقیق

معادلات ۳ و ۶ را به صورت زیر میتوان بازنویسی کرد :

$$S_T = \alpha_f + \beta_{f1} F_{t,T} + \beta_{f2} S_t^e + \sigma_{f\epsilon_{f,t}} \quad (۸)$$

$$S_T = \alpha_f + \beta_{f1} F_{t,T} + \beta_{f2} S_t^g + \sigma_{f\epsilon_{f,t}} \quad (۹)$$

معادلات ۸ و ۹ ارتباط بین قیمت آتی و قیمت نقدی آتی مورد انتظار و قیمت های روز آتی گاز طبیعی یا برق را نشان میدهند. این معادلات با روش OLS برآورد و نتایج آن در جدول ۴ گزارش شده اند. ضریب رگرسیونی قیمت های روز آتی گاز طبیعی و برق (β_{f2}) برای بازار هلند مثبت و معنی دار است اما برای بازار نوردپول منفی است و از نظر آماری معنی دار نیست. به این معنی که قیمت های روز آتی گاز طبیعی و برق در بازار نوردپول تأثیری بر روی قیمت نقدی آتی مورد انتظار ندارند.

چه چیزی میتواند این واقعیت را توضیح دهد که صرف ریسک وابسته به زمان در قیمت های آتی برق بازار هلند (تا M3) مشاهده شده اند ، اما در قیمت های آتی بازار نوردپول قابل مشاهده نیستند؟ برای روشن کردن این موضوع نظریه فاما (۱۹۸۴) را دنبال می کنیم.

β_f و β_p در معادله ۳ و ۴ را میتوان به صورت زیر نوشت :

$$\begin{aligned} \beta_f &= \frac{\text{cov}(S_T - S_t, F_{t,T} - S_t)}{\text{var}(F_{t,T} - S_t)} \\ &= \frac{\text{var}(E_t(S_T - S_t)) + \text{cov}(P_{t,T}, E_t(S_T - S_t))}{\text{var}(F_{t,T} - S_t)} \end{aligned} \quad (۱۰)$$

$$\beta_p = \frac{\text{cov}(F_{t,T} - S_T, F_{t,T} - S_t)}{\text{var}(F_{t,T} - S_t)} = \frac{\text{var}(P_{t,T}) + \text{cov}(P_{t,T}, E_t(S_T - S_t))}{\text{var}(F_{t,T} - S_t)} \quad (11)$$

که در معادلات بالا cov^1 نشانگر کواریانس و var^2 نشانگر واریانس می باشد. اگر β_p را از β_f کم کنیم خواهیم داشت:

$$\beta_f - \beta_p = \frac{\text{var}(E_t(S_T - S_t)) - \text{var}(P_{t,T})}{\text{var}(F_{t,T} - S_t)} \quad (12)$$

این رابطه به ما کمک می کند که نتایج به دست آمده را بهتر متوجه شویم. جدول شماره ۴ شامل برآوردها برای $\beta_f - \beta_p$ بر اساس نتایج جدول ۱ می باشد.

جدول ۴: برآورد پارامترها در معادلات (۸) و (۹)

	β_{f1}	β_{f2}	N
برق هلند	۰/۴۷	۰/۳۵	۷۵
گاز هلند	۰/۴۵	۰/۳۳	۷۵
	β_{f1}	β_{f2}	N
برق نوردپول	۰/۹۴	-۰/۱۸	۳۷
گاز نوردپول	۰/۸۲	-۰/۰۸	۳۷

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۵ نشان می دهد که تمامی مقادیر برای $\beta_f - \beta_p$ مثبت هستند. معادله ۱۲ بیانگر این موضوع است که تفاوت بین β_f و β_p تنها در صورتی می تواند مثبت باشد که واریانس تغییرات قیمت مورد انتظار بیش از واریانس صرف ریسک مورد انتظار باشد.

1. Covariance.
2. Variance.

جدول ۵: برآوردها برای $\beta_f - \beta_p$

	M1	M2	M3
بازار هلند	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۱۹
بازار نوردپول	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۶۸
	M4	M5	M6
بازار هلند	۰/۳۳	۰/۴۹	۰/۵۸
بازار نوردپول	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۵

منبع: نتایج تحقیق

هرچند، تفاوت بین برآورد پارامترها برای قیمت های آتی از بازار نوردپول نزدیک به صفر نمی باشد اما برای بازار هلند چنین است و تفاوت در دامنه برآوردها برای بازار نوردپول به نسبت بازار هلند بیشتر است. ظاهراً در بازار نوردپول، واریانس تغییرات قیمت موردانتظار به طور قابل توجهی بزرگتر از واریانس صرف ریسک موردانتظار می باشد اما برای بازار هلند اینگونه نیست. قیمت های نقدی برق در بازار نورد پول تغییرات زیادی را در فصول مختلف (اشاره به لوسیا و شوارتز(۲۰۰۲) در مورد مشخصات قیمت های روز آتی نوردپول) بخاطر تغییرات آب و هوا، در طول سال متحمل می شوند. این تغییرات فصلی بدینگونه در قیمت های روز آتی بازار هلند مشاهده نمی شوند که به دلیل قابلیت های ذخیره سازی غیر مستقیم برق در این بازار است. از این رو، قابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم ناکامل در بازار نوردپول قیمت های روز آتی را فصلی می کند و تغییرات مورد انتظار با واریانس نسبتاً بالایی را در قیمت های نقدی، ایجاد می کند (در مقایسه با بازار های با قابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم کامل نظیر بازار هلند) که باعث میشود تفاوت بین β_f و β_p بطور قابل توجهی مثبت باشد.

۷- نتیجه گیری

از این بحث نتیجه میگیریم که تفاوت در برآورد پارامترها میتواند به تفاوت در قابلیت ذخیره سازی غیر مستقیم برق در این دو بازار نسبت داده شود و این که تا چه حد قیمت های آتی شامل اطلاعاتی در مورد قیمت نقدی آتی مورد انتظار و یا صرف ریسک می باشند، بستگی به قابلیت ذخیره سازی سوخت مورد استفاده در بازار مورد نظر دارد. قیمت های آتی، در بازار نوردپول که برق در آن عمدتاً توسط سوخت هایی مانند آب، باد و انرژی خورشیدی که قابلیت ذخیره سازی کاملی ندارند تولید میشود، حاوی اطلاعاتی در مورد تغییرات مورد انتظار در قیمت

نقدی برق می‌باشند. درحالی‌که قیمت‌های آتی در بازار هلند که برق در آن عمدتاً توسط سوخت‌های باقابلیت ذخیره‌سازی کامل همانند سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، شامل اطلاعاتی در مورد هردوی تغییرات مورد انتظار قیمت و صرف ریسک وابسته به زمان می‌باشند. از این رو با وارد شدن این قراردادها به بازار مالی برق ایران میتوان از این قابلیت‌ها در جهت اصلاح نظام قیمت‌ها و استفاده از صرف ریسک‌های موجود با پیش‌بینی‌های دقیق‌تر بهره‌جست و این اصول را در جهت نظام مند کردن بازار و درنهایت رسیدن به بازاری کارا به کار گرفت.

منابع:

- باقری، حمیدرضا. (۱۳۸۸). ملاحظات تاسیس بورس برق. *ماهنامه خبری، تحلیلی و علمی بورس کالا*. مهر و آبان ۱۳۸۸، (۲۷ و ۲۸): ۳۲.
- سازمان بورس و اوراق بهادار. (۱۳۹۱). *دستورالعمل پذیرش کالا و اوراق بهادار مبتنی بر کالا در بورس انرژی*. هیئت مدیره سازمان بورس و اوراق بهادار، مهر ۱۳۹۱.
- شرکت کارگزاری بانک ملی ایران. (۱۳۹۲). *آشنایی با بورس انرژی*. واحد آموزش و مشاوره سرمایه گذاری، تهران: انتشارات صنوبر، بهار ۱۳۹۲.
- عسگری، محمدحسین. (۱۳۹۲). تشریح فرآیند معاملات برق در بورس انرژی. *روزنامه اطلاعات*، شماره ۲۵۶۰۰، خرداد ۱۳۹۲.
- منظور، داود. رضایی، حسین. (۱۳۹۲). اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه ها بر قیمت برق در بازار تجدید ساختار یافته: رویکرد پویایی سیستمی. *فصلنامه علمی، پژوهشی برنامه ریزی و بودجه*، بهار ۱۳۹۲، (۱): ۹۵-۱۰۸.
- منظور، داود. رضایی، حسین. (۱۳۹۱). بررسی اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه ها بر میزان ظرفیت سازی و تولید برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی. *فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی*، زمستان ۱۳۹۱، ۲۰، (۶۴): ۴۶-۲۵.
- هال، جان. (۱۳۸۴). *مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک*. (مترجمان: سجاد سیاح و علی صالح آبادی)، شرکت کارگزاری مفید، تهران: گروه رایانه پرداز، ۱۳۸۴.
- Bessembinder, H. & Lemmon, M.L. (2002). Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets. *Finance* 57 (3):1347-1382.
- Bloys van Treslong, A. & Huisman, R. (2010). A comment on: storage and the electricity forward premium, *Energy Economics*, 32:321-324.
- Botterud, A. & Bhattacharyya, A.K. & Ilic, M.D. (2002). Futures and spot prices, an analysis of the Scandinavian electricity market. *Proceedings of the 34th Annual North American*.
- Boumans, R.G. (2010). The theory of storage in the electricity market, *Ph.D Thesis*, Erasmus University Rotterdam.
- Bourbonnais, R. (2007). The Econometrics of Energy Systems, Electricity Spot Price Modeling: Univariate Time Series Approach, *New York: Palgrave Macmillan*, 51-74.
- Bunn, D. W. & Chen, D. (2013). the forward premium in electricity futures, *Empirical Finance*, 23:173-186.
- Cartea, A. & Villaplana, P. (2008). Spot price modeling and the valuation of electricity forward contracts: the role of demand and capacity. *Bank. Finance* 320 (12):2502-2519.
- Douglas, S. & Popova, J. (2008). Storage and the electricity forward premium. *Energy Economics*. 300 (4):1712-1727.

- Emery, G. W. & Liu .Q.W. (2002).An analysis of the relationship between electricity and natural-gas futures prices, *The Journal of Futures Markets*, 22(2):95–122.
- Fama, E.F. (1984). Spot and forward exchange rates, *Monetary Economics*. 14:319–338.
- Fama, E.F. & French, K.R. (1987). Commodity futures prices: some evidence on forecast power, premiums, and the theory of storage, *Bussiness*. 60 (1):55–73.
- Gjolberg, O. & Johnsen, T. (2001). Electricity futures: inventories and price relationships at nord pool. *Working paper*.
- Lucia, J. & Torro, H. (2008). Short term electricity futures prices: evidence on the timevarying risk premium. *Working paper*.
- Mohammadi, H. (2009).Electricity prices and fuel costs: Long-run relations and Short-run dynamics, *Energy Economics*, 31:503-509.
- Nyamdash, B. & Denny, E. (2013). The impact of electricity storage on wholesale electricity prices.*Energy policy*, 58:6-16.
- Routledge, B. & Seppi, D.J. & Spatt, C.S. (2001).The spark spread: an equilibrium model of cross commodity price relationships in electricity, *Technical report*, Carnegie Mellon University.
- Weron, R. (2008). Market price of risk implied by Asian-style electricity options and futures. *Energy Economics*. 300 (3):1098–1115.