فصلنامه اقتصاد انرژی ایران
سال دوم، شماره ۸، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۲۸-۱۰۹

برآورد نسبت‌های بهینه پوشش ریسک ایستا و پویا و مقایسه میزان اثربخشی آنها در بازار آتی‌های گاز طبیعی

محمد علیمرادی*

تاریخ دریافت: ۷ آذر ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۲

چکیده

یکی از مهمترین نقش‌های بازار آتی‌ها، فراهم کردن ابزاری برای پوشش ریسک است. استراتژی بهینه برای پوشش ریسک از طریق تخمین نسبت پوشش ریسک، مشخص می‌شود. محاسبه نسبت پوشش ریسک و همچنین میزان اثربخشی پوشش به تصریح درست رابطه بین قیمت آتی‌ها و قیمت نقطه‌ای بستگی دارد. از این رو در این مقاله نسبت بهینه پوشش ریسک با روش‌های مختلف OLS، VAR، VECM و GARCH چندمتغیره، برای داده‌های ماهانه بازار آتی‌های گاز طبیعی در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۰ برآورد شده و سپس میزان اثربخشی آنها مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در روش GARCH چندمتغیره، یک سری زمانی از نسبت‌های بهینه پوشش به دست می‌آید در حالی که در سایر روش‌ها نسبت بهینه پوشش منفردی برای کل دوره به دست می‌آید. از این رو روش GARCH یک روش پویا و سایر روش‌ها ایستا هستند. براساس نتایج تحقیق، نسبت بهینه پوشش به دست آمده از روش GARCH چندمتغیره نسبت به سایر روش‌ها از اثربخشی بالاتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: بازار آتی‌ها، نسبت پوشش ریسک، اثربخشی پوشش، گاز طبیعی، GARCH چندمتغیره

طبقه‌بندی JEL: G13، C13.

* دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبائی mdalimoradi@yahoo.com

۱. مقدمه

یکی از مهمترین کاربردهای مشتقات مالی از قبیل قرارداد آتی‌ها، پوشش ریسک است. در سال‌های گذشته اهالی دانشگاه و اهالی کسب و کار، علاقه بسیار زیادی به موضوع پوشش ریسک با آتی‌ها نشان داده‌اند. این امر از مقالات بسیار زیادی که در این حوزه نوشته شده است، کاملاً مشهود است. مفهوم پایه‌ای پوشش ریسک، ترکیب سرمایه‌گذاری‌ها در بازار نقطه‌ای و آتی‌ها برای شکل دادن سبدی از دارایی‌ها است که نوسانات در ارزش آن را کم کرده و یا حذف می‌کند. قیمت جاری یک قرارداد آتی‌ها، تخمینی از قیمت نقطه‌ای در سررسید قرارداد براساس اطلاعات قابل دسترس در بازار ارائه می‌دهد. در بلندمدت، قیمت آتی‌ها با قیمت نقطه‌ای به اضافه هزینه حمل در طی زمان شامل هزینه انبارداری، حق بیمه ریسک و ثمرات رفاهی برابر می‌شود از این رو مانع از شکل‌گیری آربیتراژ می‌شود.

بازار آتی‌ها دو نقش مهم بر عهده دارد یکی انتقال ریسک و دیگری کشف قیمت. می‌توان برای کاهش ریسک ناشی از شوک‌های غیرقابل انتظار در قیمت نقطه‌ای به طور همزمان در بازار آتی‌ها شرکت کرد. اگر شرکت‌کنندگان در یک بازار آتی‌ها، از بازار آتی‌ها برای کاهش ریسک قرار گرفتن در موضعی[1] خاص در بازار نقطه‌ای استفاده کنند تحت عنوان پوشش‌دهنده ریسک[2] شناخته می‌شوند. پس از تعیین موضع آتی‌ها یکی از مهمترین موضوعاتی که مطرح می‌شود این است که چه تعداد قرارداد آتی‌ها برای پوشش ریسک موضع نقطه‌ای، کفایت می‌کند. تعداد بهینه در موضع آتی‌ها از طریق محاسبه نسبت پوشش ریسک (کواریانس شرطی بین قیمت آتی‌ها و نقطه‌ای تقسیم بر واریانس شرطی قیمت آتی‌ها) تعیین می‌شود. پس از تعیین نسبت پوشش ریسک، استراتژی پوشش بهینه مشخص می‌شود.

اگر پوشش‌دهنده ریسک به ازای نگهداری هر موضع نقطه‌ای، به اندازه نسبت پوشش ریسک، در بازار آتی‌ها در موضع فروش قرار گیرد می‌تواند ریسک خود را حداقل کند. محاسبه نسبت پوشش ریسک و همچنین میزان اثربخشی پوشش، بستگی به تصریح درست رابطه بین قیمت آتی‌ها و قیمت نقطه‌ای دارد.

1. Position
2. Hedger

برخی از شرکت‌کنندگان در بازار آتی‌ها تلاش می‌کنند تا از فرصت‌های آربیتراژ ناشی از انحراف کوتاه‌مدت از شرایط تعادلی بلندمدت به سود خود بهره‌برداری کنند که این گروه تحت عنوان سفته‌بازان[1] شناخته می‌شوند. سفته‌بازان در بازار تنها زمانی به انحرافات کوتاه‌مدت پاسخ می‌دهند که معتقد باشند این انحرافات هزینه‌های حمل در طی زمان را به درستی نشان نمی‌دهند. بنابراین می‌توان رابطه پویای بین قیمت آتی‌ها و نقطه‌ای را به وسیله تفاوت بین قیمت‌های نقطه‌ای و آتی‌ها (مبنا)[2] تخمین زد.

یکی از مهمترین موضوعات تئوریکی در پوشش ریسک، تعیین نسبت پوشش بهینه است. نسبت پوشش بهینه بستگی زیادی به نوع تابع هدفی که بهینه‌یابی می‌شود، دارد. اخیراً در همین راستا توابع هدف متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال یکی از پرکاربردترین استراتژی‌های پوشش، ریسک مبتنی بر حداقل‌سازی واریانس سبد پوشش داده شده است[3]. این روش تحت عنوان نسبت پوشش حداقل واریانس[4] شناخته می‌شود.

تخمین نسبت پوشش ریسک در وهله اول به نوع تابع هدف مورد استفاده بستگی دارد و در وهله دوم به نحوه تصریح مدل استفاده شده برای تخمین تجربی رابطه بین قیمت نقطه‌ای و آتی‌ها بستگی خواهد داشت. به عنوان مثال در روش حداقل واریانس یک روش تخمین ساده و معمول از نسبت پوشش ریسک بهینه، روش حداقل مربعات معمولی (OLS)[5] است. ضریب قیمت آتی‌ها در تخمین OLS معادله‌ای که در آن قیمت نقطه‌ای به صورت تابعی از قیمت آتی‌ها تعریف شده است، اغلب به عنوان نسبت پوشش ریسک به‌کار گرفته می‌شود. این روش چندان صحیح به نظر نمی‌رسد زیرا در این روش روند تاریخی قیمت به عنوان یکی از تعیین‌کننده‌های قیمت جاری نادیده گرفته می‌شود. بنابراین مدل خودرگرسیون برداری (VAR) نمایش بهتری از این رابطه ارائه می‌دهد.

معمولاً سطح قیمت‌های آتی‌ها و نقطه‌ای نامانا و تفاضل مرتبه اول آنها ماناست. بنابراین تخمین مدل VAR باید با استفاده از دیفرانسیل مرتبه اول قیمت‌ها صورت بگیرد. استفاده از دیفرانسیل مرتبه اول در تخمین مدل VAR باعث می‌شود که این مدل نتواند هم‌انباشتگی بین قیمت‌های آتی‌ها و نقطه‌ای را به حساب آورد.

1. Speculator
2. Basis
3. Ederington (1979)
4. Minimum Variance (MV)
5. Ordinary Least Square

انگل و گرنجر (۱۹۸۷) نشان دادند که اگر هم‌انباشتگی بین متغیرها وجود داشته باشد، نمایش VAR استاندارد، صحیح نیست. اضافه کردن یک جزء تصحیح خطا می‌تواند این مشکل را حل نماید از این رو، مدل تصحیح خطای برداری (VECM) برای تصریح رابطه بین قیمت نقطه‌ای و آتی‌ها بکار گرفته می‌شود که در آن از مبنا (تفاوت بین قیمت نقطه‌ای و آتی‌ها) به عنوان جزء تصحیح خطا استفاده می‌شود. قوش[1] (۱۹۹۳) عملکرد نسبت‌های پوشش محاسبه شده از طریق مدل VAR استاندارد و مدل VECM را با هم مقایسه کرده است. ما نیز در این مقاله با بهره‌گیری از روش حداقل واریانس با استفاده از روش‌های مختلف، نسبت بهینه پوشش را برآورد کرده و سپس به مقایسه میزان اثربخشی نسبت‌های پوشش ریسک محاسبه شده برای بازار آتی‌های گاز طبیعی می‌پردازیم.

۲. نسبت بهینه پوشش ریسک

در یک تعریف ساده، نسبت بهینه پوشش ریسک، نشان‌دهنده تعداد قرارداد آتی‌های مورد نیاز برای جبران تغییر در ارزش یک قرارداد دارایی پایه[2] به دلیل تغییرات قیمت آن دارایی می‌باشد. این نسبت به این علت ساخته می‌شود که این اطمینان را در زمانی که قیمت نقدی دارایی کاهش یا افزایش می‌یابد، به معامله‌گر بدهد که به اندازه کافی قرارداد آتی‌ها برای حمایت مالی دارد. به عنوان مثال شرکتی که قصد دارد در زمانی مشخص در آینده میزان مشخصی نفت خام خریداری نماید این شرکت نگران افزایش قیمت نفت خام است، از این رو تصمیم می‌گیرد با خرید آتی‌های نفت خام، افزایش احتمالی قیمت را به نحو مناسبی پوشش دهد. خطری که این شرکت را تهدید می‌کند آن است که هم‌اکنون به درستی نمی‌داند قیمت جاری و قیمت آتی‌های نفت خام، در روزی که قرار است نفت خام را از بازار نقطه‌ای خریداری نماید، چیست. تفاوت قیمت نقطه‌ای و قیمت آتی‌ها را اصطلاحاً «ریسک مبنا»[3] می‌گویند.

اکنون اگر فرض شود که شرکتی قرار است N_a واحد از یک دارایی پایه را در زمان t_2 بخرد، برای پوشش دادن ریسک افزایش قیمت، این شرکت تصمیم می‌گیرد که N_f واحد قرارداد آتی‌ها خریداری کند. نسبت پوشش ریسک را که با h نشان داده می‌شود برابر است با[4]:

1. Ghosh

۲. منظور از قرارداد، قرارداد استانداردی است که بسته به نوع کالا متفاوت بوده و در بورس معامله می‌شود.

3. Basis Risk

۴. درخشان (۱۳۹۰)

$$h = \frac{N_f}{N_a}$$

اگر فرض کنیم که فردی که یک موضع غیرقابل معامله نقطه‌ای در زمان t در اختیار دارد بخواهد برای یک دوره زمانی، استراتژی پوشش ریسک با حداقل واریانس اتخاذ کند که ریسکش را حداقل کند همان‌طور که اشاره شد باید موضع بهینه در بازار آتی‌ها در پیش بگیرد که این موضع به وسیله محاسبه نسبت پوشش ریسک یعنی نسبتی از قرارداد آتی‌ها که باید توسط این فرد در موضع فروش قرار بگیرد، مشخص می‌شود. به عنوان مثال اگر فرض شود S_t و S_{t+1} نشان‌دهنده قیمت نقطه‌ای در زمان‌های t و t+۱ باشد و F_t و F_{t+1} هم قیمت قرارداد آتی‌ها در دو زمان t و t+۱ باشد و همچنین فرض شود که پوشش‌دهنده ریسک N_f قرارداد آتی‌ها می‌فروشد. دارایی این فرد در پایان دوره به صورت زیر خواهد بود:

$$W_{t+1} = (S_{t+1} - S_t)N_a - (F_{t+1} - F_t)N_f = [\Delta S_{t+1} - h\Delta F_{t+1}]N_a, \qquad (1)$$

در این معادله h نشان‌دهنده نسبت پوشش ریسک (N_f / N_a)، ΔS_{t+1} تغییر در قیمت نقطه‌ای و ΔF_{t+1} تغییر در قیمت آتی‌ها است. نسبت پوشش ریسک بهینه، نسبتی است که واریانس W_{t+1} را که مبتنی بر مجموعه اطلاعات در دسترس در زمان t (I_t) است و به صورت زیر قابل نمایش است، حداقل می‌کند:

$$\mathrm{var}(W_{t+1}|I_t) = \sigma_S^2 + h^2\sigma_F^2 - 2\rho\sigma_S\sigma_F \qquad (2)$$

نسبت بهینه پوشش ریسک که واریانس W_{t+1} را حداقل می‌کند به وسیله $\partial\,\mathrm{var}(W_{t+1}|I_t)/\partial h$ نشان داده می‌شود که برابر است با[1]:

$$h^* = \mathrm{cov}(\Delta S_{t+1}, \Delta F_{t+1}|I_t) / \mathrm{var}(\Delta F_{t+1}|I_t) \qquad (3)$$

h^* نسبت بهینه پوشش ریسک است زیرا در واقع آن مقداری از h است که معادله (۲) را حداقل می‌سازد. از آنجا که پوشش‌دهنده ریسک ممکن است علاوه بر حداقل کردن واریانس بازدهی‌ها به دنبال حداقل کردن تغییرپذیری و نوسانات عایدی سبد خود نیز باشد از این رو به جای سطح

۱. برای توضیحات بیشتر و اثبات معادله مراجعه شود به: درخشان (۱۳۹۰)

متغیر به لگاریتم متغیر توجه خواهد کرد. بنابراین اگر فرض کنیم که $r_S = \Delta\log(S_{t+1})$ و $r_F = \Delta\log(F_{t+1})$ باشند، آنگاه پوشش‌دهنده ریسک واریانس r_M را در معادله $r_M = r_S - hr_F$ حداقل خواهد کرد. به عبارت بهتر به جای تفاضل متغیرها از تفاضل لگاریتم متغیرها استفاده می‌کند. از آنجایی که هم قیمت نقطه‌ای و هم قیمت آتی‌ها از ویژگی ناهمسانی واریانس[1] برخوردار هستند از این رو روش دوم مناسب‌تر خواهد بود. همانند قبل هدف حداقل کردن واریانس r_m می‌باشد و مشابه حالت بالا می‌توان نسبت بهینه پوشش ریسک را برآورد کرد که در این حالت نسبت پوشش بهینه به صورت زیر خواهد بود:

$$h^* = \operatorname{cov}(\Delta\log(S_{t+1}), \Delta\log(F_{t+1})|I_t) / \operatorname{var}(\Delta\log(F_{t+1})|I_t) \qquad (۴)$$

۳. روش‌های تخمین نسبت بهینه پوشش ریسک

نسبت بهینه پوشش ریسک به لحاظ تجربی اغلب از طریق رگرسیون خطی ساده تخمین زده می‌شود. بر این اساس اگر $\Delta\log(S_t)$ را متغیر مستقل و $\Delta\log(F_t)$ را متغیر وابسته در نظر بگیریم نرخ بهینه پوشش ریسک با تخمین β در معادله رگرسیونی زیر به دست خواهد آمد:

$$\Delta\log(S_t) = \alpha + \beta\Delta\log(F_t) + \varepsilon_t \qquad (۵)$$

در این معادله ε_t جزء اخلال است. به طور مشخص این معادله را می‌توان از طریق روش حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زد. به راحتی ثابت می‌شود که تخمین β در این معادله برابر با h^* در معادله (۳) می‌باشد. اگر فرض شود که $Y_t = \Delta\log(S_t)$ و $X_t = \Delta\log(F_t)$ آنگاه تخمین β در معادله (۴) به صورت زیر خواهد بود:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum x_t y_t}{\sum x_t^۲}$$

که در آن x_t و y_t مقادیر انحراف از میانگین هستند. با توجه به این که $\operatorname{var}(X_t) = \frac{\sum x_t^۲}{n-۱}$ و $\operatorname{cov}(X_t, Y_t) = \frac{\sum x_t y_t}{n-۱}$، داریم:

---
1. Heteroscedastic

$$\widehat{\beta}=\frac{\sum x_t y_t}{\sum x_t^{2}}=\frac{\operatorname{cov}(X_t,Y_t)}{\operatorname{var}(X_t)}$$
$$=\operatorname{cov}(\Delta\log S_{t+1},\Delta\log F_{t+1}|I_t)/\operatorname{var}(\Delta\log F_{t+1}|I_t)=h^*$$

همان‌طور که مشخص است تخمین β از معادله (۴) برابر با نسبت بهینه پوشش است. اگر چه از لحاظ تجربی تخمین معادله (۴) بسیار آسان است اما روش حداقل مربعات معمولی از یک طرف از مجموعه اطلاعات موجود به طور کامل استفاده نمی‌کند و از طرف دیگر از گشتاورهای دوم غیرشرطی استفاده می‌کند که در نتیجه آن، نسبت پوشش بهینه ثابت برای دوره مورد مطالعه به دست می‌آورد. بنابراین تصریح معادله به شکل معادله (۵) تصریح دقیقی از رابطه دو متغیر نیست.

برای استفاده کامل از تمام اطلاعات موجود در تخمین رابطه بین دو متغیر، روش خودرگرسیون برداری در مقایسه با روش OLS، روش مناسب‌تری است. این مدل بر پایه روند تاریخی قیمت‌ها بنا می‌شود از این رو اطلاعات بیشتری در مدل وارد می‌شود. مدل خودرگرسیون برداری به صورت زیر قابل نمایش است:

$$\Delta\ln(F_t)=c_F+\sum_{i=1}^{m}\beta_{F,i}\Delta\ln(S_{t-i})+\sum_{j=1}^{n}\gamma_{F,j}\Delta\ln(F_{t-j})+\varepsilon_{Ft} \qquad (۶)$$

$$\Delta\ln(S_t)=c_S+\sum_{i=1}^{m}\beta_{S,i}\Delta\ln(S_{t-i})+\sum_{j=1}^{n}\gamma_{S,j}\Delta\ln(F_{t-j})+\varepsilon_{St} \qquad (۷)$$

در این دو معادله ε_{St} و ε_{Ft} اجزای اخلال بوده که مستقل از هم هستند. اجزای اخلال در معادلات (۶) و (۷) بیانگر میزان تغییراتی از قیمت‌های نقطه‌ای و آتی‌ها هستند که توضیح داده نشده باقیمانده‌اند. بنابراین می‌توان از ماتریس واریانس- کواریانس اجزای اخلال استفاده کرد و براساس معادله (۴) نسبت بهینه پوشش ریسک را محاسبه کرد. اگر واریانس اجزای اخلال را به ترتیب با σ_{SS} و σ_{FF} و کواریانس بین این دو را با σ_{SF} نشان دهیم نسبت بهینه پوشش ریسک σ_{SF}/σ_{FF} خواهد شد.

معمولاً قیمت آتی‌ها و نقطه‌ای نامانا و انباشته از مرتبه یک هستند. در معادلات بالا تفاضل مرتبه اول سری‌های زمانی استفاده شده بنابراین هر دو مانا بوده و برای تحلیل سری زمانی باکس- جنکینز[1] مناسب هستند. بنابراین معادلات بالا تصریح درستی دارند اما اگر قیمت نقطه‌ای و آتی‌ها

---
1. Box-Jenkins

هم‌انباشتگی داشته باشند آنگاه اجزای اخلال در معادلات VAR کارایی خود را از دست خواهند داد چرا که در این حالت قسمتی از تغییرات قیمت‌های نقطه‌ای و آتی‌ها از طریق یک رابطه خطی بین قیمت نقطه‌ای و قیمت آتی‌ها قابل توضیح است. از این رو این جزء را باید به معادلات اضافه کرد تا در اجزای اخلال اطلاعات اضافی باقی نمانده باشد. بنابراین مدل صحیح‌تر، مدل تصحیح خطا است که به صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta \ln S_t = c_S + \sum_{i=1}^{L_1} \varphi_{S,i} \Delta \ln(S_{t-i}) + \sum_{j=1}^{L_2} \phi_{S,j} \Delta \ln(F_{t-1,T}) + \gamma_{S,j} Z_{t-1} + \varepsilon_{St} \qquad (8)$$

$$\Delta \ln F_{t,T} = c_F + \sum_{i=1}^{L_1} \varphi_{F,i} \Delta \ln(S_{t-i}) + \sum_{j=1}^{L_2} \phi_{F,j} \Delta \ln(F_{t-j,T}) + \gamma_{F,j} Z_{t-1} + \varepsilon_{Ft} \qquad (9)$$

در این معادلات، متغیر Z_t متغیر هم‌انباشتگی است[1] و حضور آن، مدل تصحیح خطا را از مدل VAR متمایز می‌کند. وقتی که هر دو مدل دارای وقفه‌های یکسانی باشند، مدل تصحیح خطا، مدل VAR را هم دربر می‌گیرد. مشابه با حالت و مدل VAR می‌توان نسبت پوشش ریسک را از مدل تصحیح خطا استخراج کرد. بنابراین به نظر می‌رسد که با توجه به تصریح دقیق‌تر در روش VECM باید اثربخشی نسبت بهینه پوشش در این روش نسبت به روش VAR بیشتر باشد.

یکی دیگر از مشکلاتی که در تخمین مدل با روش OLS وجود دارد و این مشکل در روش‌های VAR و VECM همچنان باقی ماند، استفاده از گشتاورهای غیرشرطی مرتبه دوم در این مدل‌ها است که به همین دلیل یک نسبت پوشش بهینه منفرد برای کل دوره به دست آمد.

مدل‌هایی که بتوانند هم از تمام اطلاعات موجود استفاده کنند و همچنین از گشتاورهای شرطی مرتبه دوم استفاده کنند مدل‌های GARCH و ARCH سیستمی و یا چندمتغیره می‌باشد. خصوصاً این که در داده‌های مربوط به بازدهی در بازارهای مالی مشاهده می‌شود که معمولاً تغییرات بزرگ در بازدهی، تغییرات بزرگتری را در بازدهی به دنبال دارد. به عبارت دیگر زمانی که بازدهی دارایی در بازار مالی تغییرات غیرمنتظره زیادی در جهت کاهش یا افزایش داشته باشد، آنگاه معامله‌گر واریانس انتظاری بازدهی دارایی را برای دوره بعد افزایش خواهد داد. این

۱. این متغیر هم‌انباشتگی، یک ترکیب خطی از دو متغیر قیمت نقطه‌ای و قیمت آتی‌ها (به صورت لگاریتمی) است و از آنجایی که رابطه بین این دو متغیر یک رابطه یک به یک است بنابراین می‌توان این نتیجه را گرفت که این رابطه خطی، به طور معناداری نزدیک به تفاضل این دو متغیر و به بیان دیگر ریسک مبنا باشد.

ویژگی‌ها در مدل‌های ARCH و GARCH دو متغیره به خوبی لحاظ شده بنابراین تصریح درستی برای محاسبه نسبت پوشش بهینه خواهد بود.

از زمان توسعه مدل‌های ARCH و GARACH، روش تخمین نسبت پوشش به گونه‌ای تعدیل شده است که بتواند طبیعت ناهمسانی واریانس جزء خطا در معادله (۴) را به حساب آورد. در این حالت به جای استفاده ساده از واریانس و کواریانس غیرشرطی در تخمین نسبت پوشش، از واریانس و کواریانس شرطی مدل GARCH استفاده می‌شود. این روش باعث پویایی نسبت پوشش در طی زمان و تغییر آن در دوره پوشش می‌شود.

مدل GARCH دو متغیره زیر مدلی است که می‌توان از آن برای محاسبه نسبت پوشش ریسک استفاده کرد:

$$\begin{bmatrix} \Delta\log(S_t) \\ \Delta\log(F_t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta Y_t = \mu + e_t \qquad (10)$$

$$e_t \Big| \Omega_{t-1} \sim N(0, H_t), H_t = \begin{bmatrix} H_{11,t} & H_{12,t} \\ H_{21,t} & H_{22,t} \end{bmatrix}$$

$$vec(H_t) = C + A\, vec(e_{t-1}e'_{t-1}) + B\, vec(H_{t-1}) \qquad (11)$$

نسبت پوشش حداقل واریانس شرطی در زمان t را می‌توان از معادله $h_{t-1} = H_{12,t} / H_{22,t}$ به دست آورد. این مدل این امکان را فراهم می‌آورد که نسبت پوشش در طی زمان تغییر کرده و در نتیجه به جای یک نسبت پوشش واحد به یک سری نسبت پوشش دست پیدا کنیم. پس از انجام مراحل فوق نسبت‌های پوشش ریسک برای هر چهار روش OLS، VAR، تصحیح خطا و GARCH محاسبه شده و مقایسه خواهد شد.

٤. پیشینه تحقیق

در داخل کشور مطالعه چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. نائینی و کاظمی‌منش (۱۳۸۳)، در مقاله‌ای نسبت بهینه پوشش ریسک را در دوره پنج‌ساله، ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ با استفاده از سری زمانی هفتگی قیمت نفت خام WTI و قراردادهای آتی‌های NYMEX مورد مطالعه قرار دادند. بدین منظور، از مدل‌های ARCH و GARCH استفاده شده است و نتایج تخمین نشان می‌دهد که با افزایش دوره قرارداد آتی‌ها، نسبت بهینه پوشش ریسک بزرگتر می‌شود. ابراهیمی و قنبری هم

در مطالعه‌ای با استفاده از قراردادهای آتی‌های یک تا چهار ماهه بورس نایمکس و روش‌های OLS، VAR و ECM نسبت پوشش بهینه را محاسبه کرده و حالات مختلفی برای استراتژی پوشش ریسک به دست آورده‌اند. در پایان نتیجه می‌گیرند که قراردادهای آتی‌های چهارماهه با نسبت پوشش مدل ECM برای پوشش ریسک و ثبات درآمدهای نفتی ایران مناسب‌ترین گزینه است.

در سطح بین‌المللی هم مطالعات مرتبطی صورت گرفته است که در ادامه به بررسی برخی از مهمترین این مطالعات پرداخته خواهد شد. در یکی از مهمترین مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است، شنگ- سیان چن، چنگ- فو لی و کشاب سرسدا (۲۰۰۳) در مقاله‌ای به بازبینی روش‌های مختلف نظری درباره نسبت‌های بهینه پوشش ریسک آتی‌ها می‌پردازد. در این مقاله روش‌های OLS، ARCH/GARCH، ضریب تصادفی و هم‌انباشتگی و تصحیح خطا مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت نتیجه می‌گیرد که نسبت‌های بهینه پوشش ریسک براساس روش‌های مختلف متفاوت بوده و هیچ نسبت پوشش بهینه منفردی وجود ندارد که به طور مشخص بر سایر نسبت‌ها تفوق داشته باشد.

در مطالعه دیگری توفیق چودری[1] (۲۰۰۳) به بررسی و آزمون آثار رابطه بلندمدت بین نقدی و شاخص آتی‌های سهام بر اثربخشی پوشش شش بازار آتی‌های سهام می‌پردازد. اثربخشی پنج نسبت پوشش مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرد و در نهایت به این نتیجه می‌رسد که در میان نسبت‌های پوشش، نسبت‌های پوشش متغیر که از روش GARCH به دست می‌آیند نسبت به نسبت‌های پوشش ثابت عملکرد بهتری دارند.

توفیق چودری (۲۰۰۴) در مطالعه دیگری به بررسی میزان اثربخشی پوشش در بازار آتی‌های ژاپن، استرالیا و هنگ‌کنگ می‌پردازد و در پایان باز هم نتیجه می‌گیرد که برای اغلب موارد عملکرد نسبت پوشش متغیر به دست آمده از روش GARCH نسبت به نسبت پوشش ثابت عملکرد بهتری دارد.

چونرانگ آی، آرجون چاترا و فرانک سونگ (۲۰۰۷) در مقاله خود با تکیه بر روش جدید نیمه پارامتریک و با استفاده از آمار بازارهای غلات، پنبه و سویای آمریکا به تخمین نسبت پوشش بهینه ریسک می‌پردازد و نتایج را با تخمین‌های حاصل از روش‌های پارامتریک اعم از OLS، VAR و GARCH مورد مقایسه قرار می‌دهد و نتیجه می‌گیرد که برای افزایش اثربخشی پوشش

1. Taufiq Choudhry

ریسک در بازار آتی‌ها باید بر روی مدل‌های ناپارامتریک تمرکز کرد هر چند مدل‌های نیمه‌پارامتریک ممکن است با کنترل برخی شرایط عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته باشند.

در همین ارتباط مقاله دیگری توسط دونالد لین (۲۰۰۴) در فصلنامه بررسی اقتصاد و مالی به چاپ رسیده است. در این مقاله، نویسنده به ارزیابی آثار نادیده گرفتن رابطه هم‌انباشتگی بین قیمت‌های نقطه‌ای و آتی‌ها بر نسبت پوشش ریسک بهینه و اثربخشی پوشش پرداخته است. وی در پایان نتیجه می‌گیرد که نادیده گرفتن هم‌انباشتگی بین این دو متغیر باعث می‌شود که نسبت پوشش بهینه کوچکتری تخمین زده شود.

گپرت (۱۹۹۵) نیز در مقاله خود به تخمین نسبت بهینه پوشش ریسک حداقل واریانس با روش OLS و روش‌های هم‌انباشتگی برای طول‌های متفاوت از افق برنامه‌ریزی می‌پردازد. برای نمونه مورد نظر نتیجه می‌گیرد که اثربخشی در هر دو روش با افزایش طول افق برنامه‌ریزی بهبود می‌یابد.

کرونر و سلتان (۱۹۹۳) در مقاله‌ای با استفاده از مدل تصحیح خطا و GARCH به تخمین نسبت پوشش ریسک حداقل واریانس برای پنج ارز می‌پردازند. در این مقاله با استفاده از مدل‌های شرطی، سری‌های زمانی از نسبت‌های پوشش ریسک تخمین زده می‌شود. شواهد حاکی از آن است که استراتژی پوشش ریسک توصیه شده در این مقاله نسبت به استراتژی‌های مرسوم عملکرد بهتری دارند.

۵. داده‌ها و برآورد نسبت پوشش بهینه ریسک

در این مقاله از آمار و اطلاعات مربوط به قیمت‌های نقطه ای و آتی‌های بازار گاز طبیعی استفاده شده است که از دفتر اطلاعات انرژی آمریکا (EIA)[1] استخراج شده است. منبع این قیمت‌ها در این سازمان آماری برای قیمت‌های نقطه‌ای، تامسون رویترز[2] و برای قیمت آتی‌ها، بورس نایمکس[3] اعلام شده است. همچنین قابل ذکر است که قیمت آتی‌ها در این مقاله مربوط به چهار نوع قرارداد آتی‌ها است که با قرارداد یک، قرارداد دو، قرارداد سه و قرارداد چهار نامگذاری شده‌اند. هر قرارداد آتی‌ها یک روز تحویل مشخص دارد که با آن شناخته می‌شود. قرارداد آتی‌های گاز طبیعی سه روز کاری قبل از اولین روز تقویمی ماه تحویل منقضی می‌شوند. از این

1. Energy Information Administration
2. Thomson Reuters
3. New York Mercantile Exchange (NYMEX)

رو قرارداد یک، قراردادی است که ماه تحویل در آنها اولین ماه تقویمی بعد از روز معامله است و به همین ترتیب، قراردادهای دو تا چهار، قراردادهایی هستند که ماه تحویل در آنها به ترتیب دومین، سومین و چهارمین ماه تقویمی بعد از روز معامله است.

در این مقاله برای مقایسه میزان اثربخشی نسبت‌های پوشش بهینه از روشی ساده استفاده می‌شود. برای نیل به این هدف از معادله (۱) استفاده می‌شود. با در اختیار داشتن برآوردهای مختلف از نسبت بهینه پوشش ریسک و همچنین داشتن سری زمانی قیمت نقطه‌ای و آتی‌های گاز طبیعی، تنها مجهول معادله تعداد قراردادهای نقطه‌ای می‌باشد از این رو بازدهی دارایی مورد نظر برحسب تعداد قراردادهای نقطه‌ای حاصل خواهد شد. با انجام این فرآیند می‌توان به یک سری زمانی از بازدهی با تناوب ماهانه دست پیدا کرد. در ادامه، انحراف معیار این سری زمانی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. انحراف معیار کمتر بازدهی، حاکی از اثربخشی بیشتر نسبت پوشش ریسک خواهد بود از این رو اثربخشی براساس نسبت انحراف معیارها قابل محاسبه است.

در ادامه این بخش به بررسی مدل‌های استفاده شده برای برآورد نسبت بهینه پوشش حداقل واریانس و نتایج حاصل از آنها پرداخته می‌شود:

۱. روش OLS: در ساده‌ترین روش برای تخمین نسبت پوشش بهینه، معادله (۵) با استفاده از روش OLS تخمین زده شده است. همان‌طور که پیشتر توضیح داده شده و اثبات شد ضریب $\Delta\log(F_t)$ در این معادله، نسبت بهینه پوشش ریسک است. این تخمین برای قیمت آتی‌های چهار نوع قرارداد در چهار مدل متفاوت صورت گرفته است که نتایج حاصل از این تخمین، برای β در جدول ۱ آمده است. همچنین در جدول ۱ میزان اثربخشی نسبت بهینه پوشش برحسب انواع قراردادها آورده شده است. در میان قراردادهای مختلف و روش OLS، قرارداد چهار اثربخشی بالاتری نسبت به سایر انواع قراردادها دارد.

جدول ۱. برآوردهای نسبت بهینه پوشش از روش OLS

	قرارداد یک	قرارداد دو	قرارداد سه	قرارداد چهار
برآورد β	۱/۰۰۸۴۹۱	۱/۰۱۱۸۸۸	۱/۰۰۵۴۷۰	۱/۰۴۸۰۷۷
اثربخشی	۰/۹۸۷۱	۰/۹۷۸۵	۰/۹۸۲۶	۰/۹۹۲۶

۲. روش VAR و VECM: در این دو روش معادلات ۶ تا ۹ تخمین زده می‌شوند. در بدو امر ضروری است مانا یا نامانا بودن متغیرها مورد بررسی قرار بگیرد. از این رو آزمون ریشه واحد براساس آزمون دیکی- فولر در مورد متغیرها صورت گرفته است که براساس نتایج آن که در جدول ۲ آمده است، قیمت نقطه‌ای و قیمت آتی‌های گاز طبیعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد هر دو نامانا و از مرتبه یک هستند از این رو تفاضل مرتبه اول آنها مانا خواهد بود. آنچه که ما در تخمین معادلات VAR به دنبال آن هستیم ماتریس واریانس- کواریانس باقیمانده‌ها برای محاسبه نسبت بهینه پوشش ریسک می‌باشد. بنابراین پس از تخمین معادلات و استخراج باقیمانده‌های معادلات (۶) و (۷)، واریانس و کواریانس باقیمانده‌ها به دست می‌آیند که این ماتریس در جدول ۳ نمایش داده شده است.

با توجه به اینکه متغیرهای موجود در معادله VAR به صورت تفاضلی هستند از این رو اگر بین متغیرها هم‌انباشتگی وجود داشته باشد این نوع تصریح معادله صحیح نخواهد بود و باید جزء تصحیح خطا به معادله افزوده شود. از این رو در ادامه به بررسی و آزمون هم‌انباشتگی دو متغیر قیمت آتی‌ها و قیمت نقطه‌ای پرداخته شده است. آزمون مورد نظر با استفاده از آزمون جوهانسون بررسی شده است که نتایج آن در جدول ۲ آمده است که براساس آن حداقل یک رابطه هم‌انباشتگی بین دو متغیر قابل تصور است. با رد فرض عدم وجود رابطه هم‌انباشتگی بین دو متغیر مورد نظر ضروری است که جزء تصحیح خطا به معادله افزوده شود. از این رو در ادامه تخمین VECM صورت گرفته است و در جدول ۲ ماتریس واریانس- کواریانس باقیمانده‌های تخمین معادلات (۸) و (۹) در این روش آمده است.

همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، اگر ماتریس واریانس- کواریانس باقیمانده‌های مدل VAR یا VECM با σ نشان داده شود آنگاه نسبت بهینه پوشش ریسک $\sigma_{SF} / \sigma_{FF}$ خواهد شد. بنابراین با توجه به ماتریس‌های واریانس- کواریانس حاصل از تخمین این دو مدل که در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است نسبت پوشش بهینه برای قراردادهای نوع اول به صورت زیر خواهد بود:

$$h^*_{VAR} = \sigma_{SF} / \sigma_{FF} = \frac{۰/۰۱۷۲۸۳}{۰/۰۱۶۹۰۳} = ۱/۰۲۲۵۴$$

$$h^*_{VECM} = \sigma_{SF} / \sigma_{FF} = \frac{۰/۰۱۶۹۵۰}{۰/۰۱۶۸۵۳} = ۱/۰۰۵۷۶$$

در مقایسه بین نسبت‌های بهینه پوشش محاسبه شده برای قراردادهای نوع اول در سه روش فوق که یک نسبت پوشش منفرد را می‌دهند می‌توان مشاهده کرد که رابطه $h^*_{VAR} > h^*_{OLS} > h^*_{VECM} > 1$ بین آنها برقرار است. برای سایر انواع قراردادها نسبت بهینه پوشش ریسک به همین ترتیب محاسبه می‌شود که نتایج آن در جداول ۳ و ۴ آمده است. در این جداول میزان اثربخشی نسبت‌های بهینه پوشش هم آمده است. همان‌طور که مشخص است اثربخشی نسبت پوشش ریسک در روش VECM و قراردادهای یک ماهه بیشترین حالت ممکن است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد

		قیمت آتی‌های قرارداد یک	قیمت آتی‌های قرارداد دو	قیمت آتی‌های قرارداد سه	قیمت آتی‌های قرارداد چهار	قیمت نقطه‌ای
ریشه واحد	آماره t	−۱/۷۰۷۳	−۲/۸۰۴۰	−۲/۶۰۶۵	−۲/۵۹۳۲	−۲/۵۶۴۷
	احتمال	۰/۴۲۵۲	۰/۰۶۰۳	۰/۰۹۴۱	۰/۰۹۶۸	۰/۱۰۲۸
نتیجه آزمون		نامانا	نامانا	نامانا	نامانا	نامانا
هم‌انباشتگی با قیمت نقطه‌ای	آماره	۶/۱۲۹	۵/۶۲۱	۵/۷۶۲	۵/۳۹۹	
	احتمال	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۷۷	۰/۰۱۶۴۴	۰/۰۲۰۱	
نتیجه آزمون		هم‌انباشته	هم‌انباشته	هم‌انباشته	هم‌انباشته	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. ماتریس واریانس- کواریانس باقیمانده‌ها در روش VAR

واریانس- کواریانس		$\Delta\log(S_t)$				$\Delta\log(F_t)$			
		۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
$\Delta\log(S_t)$	۱	۰/۰۱۹۱۸				۰/۰۱۷۲۸			
	۲		۰/۰۱۹۴۹				۰/۰۱۳۶۹		
	۳			۰/۰۲۰۷۱				۰/۰۱۲۷۸	
	۴				۰/۰۲۱۰				۰/۰۰۹۶
$\Delta\log(F_t)$	۱	۰/۰۱۷۲۸				۰/۰۱۶۹۰			
	۲		۰/۰۱۳۶۹				۰/۰۱۲۹۱		
	۳			۰/۰۱۲۷۸				۰/۰۱۲۱۰	
	۴				۰/۰۰۹۶				۰/۰۰۸۴
نسبت بهینه پوشش ریسک						۱/۰۲۲۵	۱/۰۶۰۴	۱/۰۵۶۲	۱/۱۴۲۹
اثربخشی						۰/۹۸۵۹	۰/۹۷۴۳	۰/۹۷۸۸	۰/۹۸۴۸

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٤. ماتریس واریانس- کوواریانس باقیمانده‌ها در روش VECM

واریانس - کوواریانس		$\Delta\log(S_t)$				$\Delta\log(F_t)$			
		۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
$\Delta\log(S_t)$	۱	۰/۰۱۸۷۵				۰/۰۱۶۹۵			
	۲		۰/۰۱۷۹۴				۰/۰۱۳۴۱		
	۳			۰/۰۱۹۴۸				۰/۰۱۲۸۴	
	۴				۰/۰۲				۰/۰۱۰۱
$\Delta\log(F_t)$	۱	۰/۰۱۶۹۵				۰/۰۱۶۸۵			
	۲		۰/۰۱۳۴۱				۰/۰۱۲۹۲		
	۳			۰/۰۱۲۸۴				۰/۰۱۲۱۹	
	۴				۰/۰۱۰۱				۰/۰۰۸۵
نسبت بهینه پوشش ریسک						۱/۰۰۵۹	۱/۰۳۷۹	۱/۰۵۳۳	۱/۱۹۰۶
اثربخشی						۰/۹۸۷۳	۰/۹۷۶۳	۰/۹۷۹	۰/۹۸۳۵

منبع: یافته‌های تحقیق

۳. روش GARCH: معادلـه (۱۰) و (۱۱) تصـریحی از یـک مـدل GARCH دو متغیـره را نشـان می‌دهد. پس از تخمین این دو معادله مـاتریس واریـانس کوواریـانس قابـل اسـتخراج خواهـد بـود. همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، این روش یک سری زمانی از واریانس‌ها و کوواریانس‌هـا را خواهد داد. مشابه قبل با دستیابی بـه مـاتریس واریـانس کوواریـانس مـی‌تـوان نسـبت بهینـه پوشـش ریسک را محاسبه کرد که خلاصه نتایج آن تنها برای ماه‌های ژانویه و برای آتی‌هـای نـوع اول در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که از جدول مشخص است در این حالت نسبت‌های بهینـه پوشـش مختلفی به دست می‌آید که این امر مزیت محاسبه از روش GARCH را نشان می‌دهـد. هـر چنـد باید میزان اثربخشی این روش را هم سنجید تا معلوم گردد که آیا واقعاً نسبت پوشش متغیر در طی زمان به دست آمده از روش GARCH، عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد یا خیر که این موضوع در ادامه بررسی خواهد شد.

جدول ۵. بخشی از سری زمانی نسبت بهینه پوشش ریسک در روش GARCH

	ژانویه ۲۰۰۰	ژانویه ۲۰۰۱	ژانویه ۲۰۰۲	ژانویه ۲۰۰۳	ژانویه ۲۰۰۴	ژانویه ۲۰۰۵	ژانویه ۲۰۰۶	ژانویه ۲۰۰۷	ژانویه ۲۰۰۸	ژانویه ۲۰۰۹	ژانویه ۲۰۱۰	ژانویه ۲۰۱۱
$H_{۱۲,t}$	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۳۳	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۷۵	۰/۰۱۸۲	۰/۰۱۶۱	۰/۰۳۹۱	۰/۰۱۶۴	۰/۰۱۶۴	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۶۷	۰/۰۱۵۵
$H_{۲۲,t}$	۰/۰۱۴۴	۰/۰۲۶۳	۰/۰۲۲۴	۰/۰۱۷۶	۰/۰۱۹۷	۰/۰۱۸۵	۰/۳۹۷	۰/۰۱۷۹	۰/۰۱۶۵	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۵۱
$h^*_{t-۱}$	۱/۰۶۵	۰/۸۸۷	۰/۶۸۲	۰/۹۹۶	۰/۹۲۶	۰/۸۷۴	۰/۹۸۶	۰/۹۱۸	۰/۹۹۵	۰/۹۳۴	۱/۰۳۸	۱/۰۲۳

٦. اثربخشی نسبت بهینه پوشش

همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد، می‌توان براساس نسبت‌های پوشش مختلفی که از روش‌های OLS، VAR، VECM و GARCH چندمتغیره، به دست می‌آید سری زمانی بازدهی‌ها و انحراف معیار مربوط به آنها را به دست آورد. برای مقایسه میزان اثربخشی نسبت‌های پوشش مختلف، از حاصل تقسیم انحراف معیارها استفاده می‌شود. به این صورت که هر یک از انحراف معیارها بر سایر انحراف معیارها تقسیم می‌شود. از این رو نسبت کمتر نشان‌دهنده اثربخشی بیشتر خواهد بود.

نتایج حاصل از محاسبه انحراف معیارها و ماتریس نسبت اثربخشی آنها در جدول ۶ آمده است. در این ماتریس هر یک از درایه‌ها نشان‌دهنده نسبت اثربخشی عناصر سطر به عناصر ستون است. همان‌طور که از عناصر این جدول مشخص است اعداد ستون نهایی همگی بزرگ‌تر از یک هستند که این امر نشان می‌دهد که اثربخشی نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از قراردادهای چهارماهه و روش GARCH چندمتغیره در نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است.

جدول ٦. ماتریس اثربخشی نسبت‌های بهینه پوشش

		OLS				VAR				VECM				GARCH			
		۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤
OLS	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۱۳	۰/۹۹۵۵	۱/۰۰۵٦	۰/۹۹۸۸	۰/۹۸۷۱	۰/۹۹۱٦	۰/۹۹۷۷	۱/۰۰۰۲	۰/۹۸۹۱	۰/۹۹۱۸	۰/۹۹٦۴	۱/۰۰۲٦	۰/۹۹۱۷	۰/۹۹۸۷	۱/۰۱۳۱
	۲	۱/۰۰۸۷	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۴۲	۱/۰۱۴۴	۱/۰۰۷۵	۰/۹۹۵۷	۱/۰۰۰۳	۱/۰۰٦۵	۱/۰۰۹۰	۰/۹۹۷۷	۱/۰۰۰۵	۱/۰۰۵۱	۱/۰۱۱۴	۱/۰۰۰۴	۱/۰۰۷۵	۱/۰۲۲۰
	۳	۱/۰۰۴۵	۰/۹۹۵۸	۱/۰۰۰۰	۱/۰۱۰۱	۱/۰۰۳۳	۰/۹۹۱۵	۰/۹۹٦۱	۱/۰۰۲۲	۱/۰۰۴۷	۰/۹۹۳۵	۰/۹۹٦۳	۱/۰۰۰۸	۱/۰۰۷۱	۰/۹۹٦۲	۱/۰۰۳۲	۱/۰۱۷۷
	٤	۰/۹۹۴۵	۰/۹۸۵۸	۰/۹۹۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۳۳	۰/۹۸۱٦	۰/۹۸٦۱	۰/۹۹۲۲	۰/۹۹۴۷	۰/۹۸۳٦	۰/۹۸٦۳	۰/۹۹۰۸	۰/۹۹۷۰	۰/۹۸٦۲	۰/۹۹۳۲	۱/۰۰۷۵
VAR	۱	۱/۰۰۱۲	۰/۹۹۲۵	۰/۹۹٦۷	۱/۰۰٦۸	۱/۰۰۰۰	۰/۹۸۸۲	۰/۹۹۲۸	۰/۹۹۸۹	۱/۰۰۱۴	۰/۹۹۰۳	۰/۹۹۳۰	۰/۹۹۷۵	۱/۰۰۳۸	۰/۹۹۲۹	۰/۹۹۹۹	۱/۰۱۴۳
	۲	۱/۰۱۳۱	۱/۰۰۴۳	۱/۰۰۸٦	۱/۰۱۸۸	۱/۰۱۱۹	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۴٦	۱/۰۱۰۸	۱/۰۱۳۳	۱/۰۰۲۰	۱/۰۰۴۸	۱/۰۰۹۴	۱/۰۱۵۷	۱/۰۰۴۷	۱/۰۱۱۸	۱/۰۲٦۴
	۳	۱/۰۰۸۵	۰/۹۹۹۷	۱/۰۰۴۰	۱/۰۱۴۱	۱/۰۰۷۳	۰/۹۹۵۴	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰٦۲	۱/۰۰۸۷	۰/۹۹۷۵	۱/۰۰۰۲	۱/۰۰۴۸	۱/۰۱۱۱	۱/۰۰۰۱	۱/۰۰۷۲	۱/۰۲۱۷
	٤	۱/۰۰۲۳	۰/۹۹۳٦	۰/۹۹۷۸	۱/۰۰۷۹	۱/۰۰۱۱	۰/۹۸۹۳	۰/۹۹۳۹	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۲۵	۰/۹۹۱۳	۰/۹۹۴۱	۰/۹۹۸٦	۱/۰۰۴۹	۰/۹۹۴۰	۱/۰۰۱۰	۱/۰۱۵۴
VECM	۱	۰/۹۹۹۸	۰/۹۹۱۱	۰/۹۹۵۳	۱/۰۰۵۳	۰/۹۹۸٦	۰/۹۸٦۸	۰/۹۹۱۴	۰/۹۹۷۵	۱/۰۰۰۰	۰/۹۸۸۸	۰/۹۹۱٦	۰/۹۹٦۱	۱/۰۰۲۳	۰/۹۹۱۵	۰/۹۹۸۵	۱/۰۱۲۹
	۲	۱/۰۱۱۰	۱/۰۰۲۳	۱/۰۰٦۵	۱/۰۱٦۷	۱/۰۰۹۸	۰/۹۹۸۰	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۸۷	۱/۰۱۱۳	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۲۸	۱/۰۰۷۴	۱/۰۱۳۷	۱/۰۰۲٦	۱/۰۰۹۸	۱/۰۲۴۳
	۳	۱/۰۰۳۷	۰/۹۹۵۰	۰/۹۹۹۲	۱/۰۰۹۳	۱/۰۰۲۵	۰/۹۹۰۷	۰/۹۹۵۲	۱/۰۰۱۴	۱/۰۰۳۹	۰/۹۹۲۷	۰/۹۹۵۵	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰٦۲	۰/۹۹۵۳	۱/۰۰۲۴	۱/۰۱٦۸
	٤	۱/۰۰۳۷	۰/۹۹۵۰	۰/۹۹۹۲	۱/۰۰۹۳	۱/۰۰۲۵	۰/۹۹۰۷	۰/۹۹۵۲	۱/۰۰۱۴	۱/۰۰۳۹	۰/۹۹۲۷	۰/۹۹۵۵	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰٦۲	۰/۹۹۵۳	۱/۰۰۲۴	۱/۰۱٦۸
GARCH	۱	۰/۹۹۷۴	۰/۹۸۸۸	۰/۹۹۳۰	۱/۰۰۳۰	۰/۹۹٦۲	۰/۹۸۴۵	۰/۹۸۹۰	۰/۹۹۵۲	۰/۹۹۷۷	۰/۹۸٦۵	۰/۹۸۹۳	۰/۹۹۳۸	۱/۰۰۰۰	۰,۹۸۹۱	۰/۹۹٦۲	۱/۰۱۰۵
	۲	۱/۰۰۸۴	۰/۹۹۹٦	۱/۰۰۳۹	۱/۰۱۴۰	۱/۰۰۷۲	۰/۹۹۵۳	۰/۹۹۹۹	۱/۰۰٦۱	۱/۰۰۸٦	۰/۹۹۷۴	۱/۰۰۰۱	۱/۰۰۴۷	۱/۰۱۱۰	۱/۰۰۰۰	۱,۰۰۷۱	۱/۰۲۱٦
	۳	۱/۰۰۱۳	۰/۹۹۲٦	۰/۹۹٦۸	۱/۰۰٦۸	۱/۰۰۰۱	۰/۹۸۸۳	۰/۹۹۲۸	۰/۹۹۹۰	۱/۰۰۱۵	۰/۹۹۰۳	۰/۹۹۳۱	۰/۹۹۷٦	۱/۰۰۳۸	۰/۹۹۲۹	۱/۰۰۰۰	۱/۰۱۴۴
	٤	۰/۹۸۷۱	۰/۹۷۸۵	۰/۹۸۲٦	۰/۹۹۲٦	۰/۹۸۵۹	۰/۹۷۴۳	۰/۹۷۸۸	۰/۹۸۴۸	۰/۹۸۷۳	۰/۹۷٦۳	۰/۹۷۹۰	۰/۹۸۳۵	۰/۹۸۹٦	۰/۹۷۸۹	۰/۹۸۵۸	۱/۰۰۰۰

براساس سایر ارقام موجود می‌توان نتیجه گرفت که نسبت بهینه پوشش حاصل از روش OLS نسبت به روش‌های VAR و VECM و نسبت بهینه پوشش حاصل از روش VECM نسبت به روش VAR اثربخشی بیشتری دارد. در مقایسه بین نوع قراردادها هم کاملاً مشخص است که قراردادهای نوع چهارم نسبت به سایر روش‌ها برای پوشش ریسک مناسب‌تر هستند که در روش GARCH بیشترین اثربخشی و در روش OLS در رتبه دوم اثربخشی قرار دارد.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله ما به بررسی و مقایسه میزان اثربخشی نسبت‌های مختلف پوشش ریسک (به دست آمده از روش حداقل واریانس) در بازار گاز طبیعی و برای داده‌های ماهانه در طی دوره ژانویه ۲۰۰۰- اکتبر ۲۰۱۱ پرداختیم. در راستای تخمین نسبت پوشش در روش حداقل واریانس از چهار مدل OLS، VAR، VECM و GARCH استفاده شد. در ابتدا از مدل OLS استفاده شد اما این روش به دلیل استفاده نکردن از تمام اطلاعات موجود ناقص بود از این رو در ادامه از مدل‌های VAR و VECM استفاده شد. این روش‌ها اگر چه نسبت به روش اول کارایی بیشتری در استفاده از تمام اطلاعات داشتند اما وجود واریانس ناهمسانی در متغیرها باعث می‌شود که از کارایی این مدل‌ها کاسته شود. بنابراین برای رفع این نقصان‌ها از یک سیستم GARCH دومتغیره برای مدلسازی این رابطه استفاده شد.

در تعداد زیادی از مقالات مرتبط با بازار آتی‌ها ادعا شده است که باید نسبت بهینه پوشش در طی زمان متغیر باشد نه ثابت. از این رو استفاده از مدل GARCH در این مقاله باعث شد که علاوه بر مرتفع شدن نقصان روش‌های فوق به جای دستیابی به یک نسبت بهینه پوشش منفرد به یک سری از نسبت‌های پوشش دست پیدا کنیم.

در این مقاله مقایسه میزان اثربخشی از طریق محاسبه میزان انحراف معیار بازدهی دارایی پس از پوشش ریسک با استفاده از نسبت پوشش به دست آمده از هر روش صورت گرفت و نتایج نشان داد که مدلسازی رابطه بین قیمت‌های نقطه‌ای و آتی‌ها در قالب یک سیستم GARCH دومتغیره، اثربخشی نسبت پوشش بهینه را در بازار آتی‌های گاز طبیعی بهبود بخشید. به عبارت دیگر نتایج نشان می‌دهد که نسبت‌های پوشش متغیر در طی زمان عملکرد بهتری نسبت به نسبت‌های پوشش ثابت دارند. از این رو پوشش‌دهندگان ریسک که می‌خواهند در بازار ریسک نوسانات قیمت گاز

طبیعی در بازار را پوشش دهند می‌توانند بهترین نسبت پوشش ریسک را در قالب سیستم GARCH دومتغیره پیش‌بینی کنند.

منابع

الف- فارسی

ابراهیمی، محسن و علیرضا قنبری (۱۳۸۸)، «پوشش ریسک نوسانات درآمدهای نفتی با استفاده از قراردادهای آتی در ایران»، تهران، *پژوهشنامه اقتصادی*، سال نهم، شماره سوم

جلالی نائینی، سید احمدرضا و مریم کاظمی‌منش (۱۳۸۳)، «بررسی تغییرات نرخ بهینه پوشش ریسک در بازار نفت»، تهران، فصلنامه *مطالعات اقتصاد انرژی*، سال اول، شماره یک

درخشان، مسعود (۱۳۹۰)، *مشتقات و مدیریت ریسک در بازارهای نفت*، تهران، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، چاپ دوم ۱۳۹۰

ب- انگلیسی

Ai, C., Chatrath, A. & F. Song (2007), “A Semiparametric Estimation of the Optimal Hedge Ratio”, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, No. 47, PP. 366-381.

Chen, S. S., Lee, C. F. & K. Shrestha (2003), “Futures Hedge Ratios: A Review”, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, No. 43, PP. 433-465.

Choudhry, T. (2003), “Short-run Deviations and Optimal Hedge Ratio: Evidence from Stock Futures”, *Journal Multinational Financial Management*, No. 13, PP. 171-192.

Choudhry, T. (2004), “The Hedging Effectiveness of Constant and Time-varying Hedge Ratios Using Three Pacific Basin Stock Futures”, *International Review of Economics & Finance*, No. 13, PP. 371-385.

Geppert, J. M. (1995), “A Statistical Model for the Relationship between Futures Contract Hedging Effectiveness and Investment Horizon Length”, *Journal of Futures Markets*, No. 15, PP. 507-536.

Ghosh, A. (1993), “Hedging with Stock Index Futures: Estimation and Forecasting with Error Correction Model”, *Journal of Futures Markets*, No. 13, PP. 295-305.

Kroner, K. F. & J. Sultan (1993), “Time-varying Distributions and Dynamic Hedging with Foreign Currency Futures”, *Journal of Financial and Quantitive Analysis*, No. 28, PP. 535-551.

Lein, D. (2004), "Cointegration and the Optimal Hedge Ratio: the General Case", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, No. 44, PP. 654-658.