انتقال تلاطم در فلزات گرانبها
با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم[۱]

ناصر خیابانی

دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد بازرگانی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

naserkhiabani@atu.ac.ir

محمد رضا عبداللهی[۲]

دانشجوی دکتری اقتصادمالی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

M.abdolahi86@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۶

چکیده

در این تحقیق به بررسی انتقال تلاطم و وابستگی بین چهار فلز گرانبهای اصلی یعنی طلا، نقره، پلاتین و پالادیم با استفاده از مدل گارچ چندمتغیره و همچنین بررسی تاثیر تکانه‌ها بر تلاطم فلزات گرانبها با ا ستفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم پرداخته شده ا ست. نتایج مدل VAR(1)-BEKK(1,1) که با استفاده از داده‌های هفتگی قیمت چهار فلز گرانبها برآورد شده، نشان داد وابستگی نسبتا زیادی بین بازده‌ها و تلاطم این فلزات با یکدیگر وجود دارد. با این حال نتایج نشان داد بازده و تلاطم طلا همبستگی کمتری با سایر فلزات دارد. در پایان تحلیل نمودارهای ضربه واکنش تلاطم چهار فلز گرانبها نشان داد تلاطمات طلا و نقره و همچنین پلاتین و پالادیم رفتار تقریبا مشابهی در مواجهه با تکانه بحران مالی ۲۰۰۸ داشته‌اند. همبستگی بالای فلزات گرانبها با یکدیگر در نتیجه بحران مالی ۲۰۰۸ نشان می‌دهد تشکیل پرتفویی از این فلزات ریسک ناشی از بحران را به اندازه زیادی کاهش نخواهد داد. نتایج این تحقیق به خصوص برای سرمایه گذاران در بازارهای جهانی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.

***طبقه بندی JEL*: G10، C32، C50**

***واژه‌های کلیدی*:** بازده، تلاطم، تابع ضربه واکنش تلاطم، فلزات گرانبها

---

[۱] این مقاله مستخرج از رساله دکتری با عنوان **" انتقال تلاطم در فلزات گرانبها با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم "** می باشد.

[۲] عهده‌دار مکاتبات

۱. مقدمه

در دو دهه اخیر اقتصـاد جهانی شـاهد بحران‌های مالی بین المللی مختلفی مثل بحران آسـیایی در سـال ۱۹۹۷، بحران روسـیه در سـال ۱۹۹۸ و بحران مالی جهانی در سـال ۲۰۰۸ بوده ا ست. مارکوات[1] و دیگران (۲۰۰۹) بیان کردند یک م شخ صه م شترک همه این بحران‌ها تلاطم بالا و سرایت پذیری آن به سایر بازارها بوده است. به علاوه مطالعات ب سیاری ن شان دادند که این بحران‌ها همب ستگی بازارهای سهام جهانی را افزایش داده است و در نتیجه پتانسیل کاهش ریسک به وسیله متنوع سازی سبد سهام در بازارهای بین المللی کاهش یافته اسـت (برای مثال ببینید دیاماندیس[2] (۲۰۰۹)). این موضـوع سبب شده ا ست تا سرمایه گذاران جهت پو شش ری سک اقدام به متنوع سازی سبد سـرمایه گذاری خود با دارایی های جایگزین مثل فلزات گرانبها نمایند. امروزه، فلزات گرانبها نقش مهمی را در مدیریت و انتخاب سـبد سـهام بازی می‌کنند. برخی مطالعات مثل سـنسـوی[3] (۲۰۱۳) با بررسـی بازار فلزات گرانبها نتیجه گرفتند که فلزات گرانبها وابسـتگی پایینی به سـایر دارایی‌های مالی دارند و ابزار پوشـش مفیدی می‌باشـند. به خصوص اینکه این فلزات در زمان حرکات نوسانی شدید در بازارهای مالی، مشخصه های یک دارایی ایمن را بروز می‌دهند. همچنین بدلیل نقش فلزات گرانبها به عنوان سـپر تورمی و نگهدارندگی ارزش اقتصادی، سرمایه‌گذاران باور و اعتقاد بیشتری به بازار فلزات گرا نبهـا نسـبـت بـه بـازار سـهـام دارنـد. ضـمن ا ینکـه ژانـگ و ژانـگ[4] (۲۰۱۶) فلزات گرانبها قدرت نقدشـوندگی بالایی دارند و در زمان بحران اقتصـادی به راحتی قابل تبدیل به پول نقد می‌باشـند. در نتیجه بررسـی ریسـک بازار فلزات گرانبها جهت طراحی استراتژی‌های مدیریت ریسک از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

به طور کلی فلزات گرانبها به دسته‌ای از فلزات کمیاب و دارای ارزش اقتصادی بالا نسبت داده می‌شود که ارزش نسبی بالاتر این فلزات از عوامل مختلفی مثل کمیابی، استفاده در

---

1. Markwat
2. Diamandis
3. Sensoy
4. Zhang & Zhang

فرآیندهای صنعتی و استفاده به عنوان کالاهای سرمایه‌ای ناشی می‌شود. عموما فلزات گرانبها شامل طلا، نقره، پلاتین، رادیوم، ایریدیوم و پالادیوم می‌باشند.[1] طلا در صنعت جواهرسازی استفاده می‌شود و همچنین به عنوان دارایی سرمایه ای مورد داد و ستد قرار می‌گیرد. نقره نیز به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود، هم به عنوان یک ابزار مالی برای گنجاندن در پرتفوی سرمایه‌گذاری و هم به عنوان یک کالای صنعتی ارزشمند. در مورد سایر فلزات گرانبها، مانند پلاتین (که نادرترین فلز گرانبهاست) و همچنین پالادیوم، خواص فیزیکی منحصر به فرد، آنها را به ویژه برای جواهر آلات و صنایع خودروسازی، فلزات صنعتی بسیار مطلوبی ساخته است و نقش کشف کننده قیمت در مقابل هم دارند. به طور کلی به نظر می‌رسد افزایش در قیمت طلا به تغییرات موازی در قیمت سایر فلزات گرانبها که می‌توانند به عنوان دارایی‌های سرمایه‌ای و یا کالاهای صنعتی در نظر گرفته شوند منجر می‌شود. ضمن اینکه حموده و دیگران[2](۲۰۱۰) بیان کردند افزایش استفاده-های صنعتی از فلزات گرانبها و قدرت جانشین سازی فلزاتی مانند پلاتین و پالادیوم در مصارف صنعتی می‌تواند سبب تاثیرپذیری قیمت این فلزات از یکدیگر شود.

در این قالب یک سوال منطقی اینست که آیا سرمایه‌گذاران با انتخاب یک فلز گرانبها در پورتفوی خود ریسک خود را حداقل می‌کنند یا اینکه بایستی تعداد بیشتری از این فلزات را در پورتفوی خود نگهداری کنند؟ همچنین واکنش فلزات گرانبها در شرایط بحران به چه صورت خواهد بود؟ پاسخ به این سوالات به هم حرکتی بین بازده فلزات گرانبهای مختلف و انتقال تلاطم بین آنها بستگی دارد. در این راستا هدف از تحقیق حاضر پاسخ به دو سوال زیر می باشد: ۱) آیا انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها وجود دارد؟ ۲) اندازه و ماندگاری تلاطم در بازار فلزات گرانبها در واکنش به تکانه‌های بحران مالی جهانی چه میزان است؟

جهت پاسخ به سوال اول از یک مدل گارچ چند متغیره برای بررسی انتقال تلاطم در بازار فلزات گرانبها استفاده می‌شود. این مدل در مطالعات زیادی برای بررسی تاثیرپذیری بازده و تلاطم بازارها از یکدیگر استفاده شده است. مدل گارچ چند متغیره دارای تصریح

[1]. www.investopedia.com
[2]. Hammoudeh et al

های متفاوتی می باشد که در این تحقیق از تصریح *BEKK* که توسط انگل و کرونر[1] (۱۹۹۰) ارائه شد استفاده می‌شود. استفاده از مدل‌های سری زمانی چندمتغیره دو حسن مهم دارد. اولا در شناسایی ارتباط بین سری‌ها بسیار موثر است، ثانیا دقت پیش‌بینی را افزایش خواهد داد. البته استفاده از مدل‌های سیستمی یا چندمتغیره بجای مدل‌های تک متغیره دو محدودیت مهم به همراه خواهد دا شت. اولا هر چه پارامترهایی که تخمین زده می‌شوند بیشتر شود، از دقت نتایج کاسته خواهد شد و برای قابل اعتماد بودن نتایج به داده‌های بیشتری نیازمندیم. دوم اینکه در بسیاری از موارد نتایج حاصل، قدرت توضیح‌دهندگی بالایی ندارند. لذا معمولا به دنبال ساختارهای ساده هستیم.

برای پاسخ به سوال دوم یعنی بررسی واکنش تلاطم فلزات گرانبها به تکانه‌های خارجی از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم استفاده می‌شود. در این رویکرد واکنش تلاطم و همبستگی بازده فلزات گرانبها بر اثر یک تکانه خارجی به شکل دقیقی استخراج می‌شود در نتیجه می توان تلاطم و همبستگی فلزات گرانبها را در جریان بحران‌ها به خوبی شبیه سازی نمود. این موضوع به خصوص برای مدیران پورتفوی که علاقمندند اثر بروز یک بحران بر ریسک سبد خود را ارزیابی نمایند بسیار کاربردی می‌باشد. با وجود اینکه برخی مطالعات در رابطه با اثر بحران‌ها بر بازارهای نفت و سهام با استفاده از این رویکرد انجام شده است با این حال این رویکرد در هیچ یک از مطالعات داخلی و خارجی در رابطه با فلزات گرانبها بررسی نشده است. توابع ضربه واکنش تلاطم (*VIRF*) هافنر و هرواتز[2] (۲۰۰۶) بسط چارچوب توابع ضربه واکنش تعمیم یافته که توسط کوپ و دیگران[3] (۱۹۹۹) ارائه شد می‌باشند. این رویکرد از این منظر جدید است که *VIRF* واریانس شرطی را به جای میانگین شرطی مورد بررسی قرار می‌دهد. هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) با در نظر گرفتن این موضوع که مدل‌های گارچ می‌توانند بر اساس مربع پسماندها به صورت خطی نوشته شوند و همچنین اینکه مدل‌های گارچ چندمتغیره یک تصریح *VARMA* با جزخطاهای غیر نرمال دارند این ساختار ویژه را برای محاسبه انتظارات شرطی تلاطم در

---

1. Engle and Kroner
2. Hafner & Herwartz
3. Koop et al

تحلیل تابع ضربه واکنش تلاطمشان به کار بردند. در این تحقیق به طور خاص اثر تکانه بحران مالی ۲۰۰۸ بر تلاطم فلزات گرانبها بررسی می‌شود.

در ادامه این تحقیق پس از بیان پیشـــینه تجربی پژوهش، روش تحقیق و داده ها ارائه خواهند شـــد. ســـپس مدل گارچ چندمتغیره برآورد و نمودارهای ضـــربه واکنش تلاطم تحلیل می‌گردد و در پایان جمع بندی و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

۲. پیشینه تحقیق

عموما تحقیقات روی تلاطم انرژی و نفت بسیار گسترده‌تر از فلزات گرانبها می‌باشد. در بین فلزات گرانبها در تحقیقات ابتدایی عموما مدل‌های تک متغیره خانواده گارچ برای بررسی وابستگی تلاطم خودی به کار گرفته شده‌اند و روی یک یا دو فلز گرانبها تمرکز کرده‌اند و دیگر فلزات اصلی از جمله پلاتین و پالادیم نادیده گرفتند.

در مطالعات تجربی موجود پویایی قیمت فلزات گرانبها از جنبه‌های مختلف بررسی شده است. بخشی از مطالعات بر نقش متغیرهای اصلی اقتصاد کلان در تعیین قیمت فلزات گرانبها تمرکز شـــده اســـت. کریس و دیگران[1](۲۰۰۰) با اســـتفاده از داده‌های روزانه به بررسی واکنش قیمت طلا و نقره نسبت به انتشار اخبار ماهانه اقتصاد کلان پرداختند. آنها اثرات ضعیفی از شاخص قیمت مصرف‌کننده و نرخ دستمزدها به قیمت طلا و نقره یافتند. سری و دیگران[2](۲۰۱۰) به بررسی پویایی های قیمت نفت, قیمت فلزات گرانبها و نرخ ارز با اســـتفاده از مدل *VECM* پرداختند. آنها شـــواهدی از یک رابطه تعادلی بلندمدت ضعیف و رابطه کوتاه‌مدت قوی بین این متغیرها یافتند. وانگ و چوئه[3](۲۰۱۳) نشـــان دادند نرخ دلار امریکا، تورم، نرخ بهره و قیمت نفت از جمله متغیرهای تعیین کننده قیمت طلا می‌باشند.

دسته دیگری از مطالعات بر مدل سازی و پیش‌بینی نوسانات فلزات گرانبها با استفاده ازتصریحات مختلف ناهمسان واریانس شرطی خودرگرسیو (*GARCH*) متمرکز شده‌اند.

---

1. Christie et al
2. Seri et al
3. Wang & Chueh

مک کنزی و دیگران[1](۲۰۰۱) کاربرد مدل تلاطم پاور آرچ تک متغیره (*PARCH*) برای قراردادهای آتی فلزات گرانبهای معامله شـده در بورس فلزات لندن (*LME*) را بررسـی کردند. آنها یافتند که اثرات نامتقارن وجود ندارند و مدل توضـیح کاملی از داده‌ها ارائه نمی‌دهد. تولی و لوسـی[2](۲۰۰۷) مدل پاور گارچ نامتقارن (*APGARCH*) برای بررسـی تلاطم نامتقارن طلا استفاده کردند. آنها نتیجه گرفتند نرخ ارز، متغیر اقتصاد کلان اصلی اسـت که بر تلاطم طلا اثرگذار اسـت. حموده و یوان[3](۲۰۰۸) سـه مدل تک متغیره خانواده گارچ را برای برر سی م شخ صه‌های تلاطم دو فلز گرانبها (طلا و نقره) و یک فلز اساسی (مس) به کار گرفتند. در مدل *EGARCH* آنها یافتند که تنها مس اثرات اهرمی نامتقارن دارد و در *CGARCH* جز ناپایدار تلاطم برای مس ن سبت به طلا و نقره زودتر به تعادل همگرا می شود. واتکینز و مک آلیر[4](۲۰۰۸) نشان دادند که تلاطم شرطی برای دو فلز غیرآهنی یعنی آلومینیوم و مس در افق زمانی طولانی متغیر می‌باشد.

در شاخه دیگری از ادبیات به بررسی وابستگی تلاطم و همبستگی شرطی بین چهار فلز گرانبهای اصـلی و اثرات سـرریز از فلزات گرانبها به بازارهای ارز پرداخته شـده اسـت. سنسوی (۲۰۱۳) به بررسی انتقال تلاطم بین چهار فلز گرانبهای اصلی با استفاده از داده های روزانه ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ با اسـتفاده از مدل *DCC* پرداختند. نتایج وی شـواهدی از همبسـتگی بالای فلزات گرانبها ارائه داد. حموده و دیگران[5](۲۰۱۰) به بررسـی انتقال تلاطم در چهار فلز گرانبهای اصـلی با اسـتفاده از مدل گارچ چندمتغیره پرداختند. آنها نتایج مدل برآورد شـده را برای طراحی پورتفوی و همچنین اسـتراتژی های پوشـش ریسک به کار بردند. آنتوناکاسیسو کیزس[6](۲۰۱۵) به بررسی رابطه بازده و تلاطم کالاها و بازارهای ارز پرداختند. نتایج آنها وجود اثرات سـرریزی از فلزات گرانبها به قیمت های ارز و نفت را مورد تایید قرار داد.

---

1. Mackenzie
2Tully & Lucey
3Hammoudeh & Yuan
4. Watkinz & McAleer
5. Hammoudeh et al
6. Antonakakis

برخی مطالعات متاخر بر مدلسازی و پیش بینی ارزش در معرض ریسک (VaR) فلزات گرانبها متمرکز شـــده‌اند. برخی از مهمترین مطالعات در این زمینه عبارتند از: حموده و دیگران (۲۰۱۱)، حموده و دیگران (۲۰۱۳) و دمیرالای و الوسوی[1](۲۰۱۴).

در نهایت برخی مطالعات نیز بر ویژگی‌های پوشش ریسک فلزات گرانبها برای دارایی‌های مالی تمرکز کرده‌اند.

۳. روش تحقیق

۳-۱. مدل

این تحقیق به بررسی انتقال تلاطم و وابستگی بین چهار فلز گرانبهای اصلی یعنی طلا، نقره، پلاتین و پالادیم با استفاده از مدل گارچ چندمتغیره و همچنین بررسی تاثیر تکانه‌ها بر تلاطم فلزات گرانبها با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم می‌پردازد. بدین منظور ابتدا شرح مختصری از مدل‌های مختلف گارچ چندمتغیره ارائه شده و سپس رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم برای بررسی اثر تکانه‌ها بر تلاطم فلزات گرانبها معرفی می‌گردد.

مدل‌های گارچ چند متغیره

امروزه مدل‌های چندمتغیره به منظور مدل‌سازی دینامیک بازده‌ها توسعه زیادی یافته‌اند. استفاده از مدل‌های سری زمانی چندمتغیره دو حسن مهم دارد. اولا در شناسایی ارتباط بین سری‌ها بسیار موثر است، ثانیا دقت پیش‌بینی را افزایش خواهد داد. مثلا اگر مقادیر گذشته یک سری بر سری دیگر تاثیرگذار باشد، بهتر است از مدل‌های چندمتغیره استفاده شود. البته استفاده از مدل‌های سیستمی یا چندمتغیره بجای مدل‌های تک متغیره دو محدودیت مهم به همراه خواهد داشت. اولا هر چه پارامترهایی که تخمین زده می‌شوند بیشتر شود، از دقت نتایج کاسته خواهد شد و برای قابل اعتماد بودن نتایج به داده‌های بیشتری نیازمندیم. دوم اینکه در بسیاری از موارد نتایج حاصل قدرت توضیح‌دهندگی بالایی ندارند. لذا معمولا به دنبال ساختارهای ساده هستیم.

[1]. Demiralay & Ulusoy

مدل‌های آرچ و گارچ تک متغیره به مدل‌های گارچ چند متغیره[1] بسط یافته‌اند. در مدل‌های گارچ چند متغیره ماتریس واریانس کواریانس جمله‌های اخلال سری‌ها برآورد می‌شود، در حالیکه در مدل‌های تک متغیره فقط واریانس جملات اخلال سری‌ها محا سبه می شود. از این رو، مدل گارچ چند متغیره برای تحلیل هم حرکتی نو سانات و اثرات اهرمی بین بازارهای مختلف و تشخیص شواهدی مبنی بر وجود انتقال نوسانات در میان بازارهای مختلف به کار گرفته شده ا ست. در سال‌های اخیر مدل‌های *GARCH* چندمتغیره توسعه بسیاری پیدا کرده‌اند.

در مدل‌های *GARCH* چندمتغیره، تعداد پارامترها با افزایش بعد مدل به شدت افزایش می‌یابد و از سوی دیگر لازم است، ماتریس واریانس، مثبت معین باشد. برقراری این ویژگی‌ها توسط پارامترهای برآورد شده، چندان ساده نیست.

مدل‌های ترکیب خطی *GARCH* تک‌متغیره[2] همانطور که از اسم‌شان پیداست، ترکیب‌های خطی از چندین مدل تک‌متغیره هستند، که هر یک لزوما یک مدل استاندارد *GARCH* نیستند. اما مدل‌های ترکیب غیرخطی *GARCH* تک‌متغیره[3] به محقق این امکان را می‌دهند تا به صورت مجزا، از یک طرف هر یک از واریانس‌های شرطی را مشخص کرده و از طرف دیگر، ماتریس همبستگی‌های شرطی را مشخص کند، اما در میان مدل‌های گارچ چندمتغیره، مدل‌های گارچ برداری[4] *BEKK*[5] و همچنین مدل گارچ عاملی *F-GARCH*[6] در مدلسازی سری‌های زمانی مالی کاربرد به مراتب بیشتری دارند که در ادامه ساختار کلی برخی مدل های فوق ارائه می شود:

فرض کنید بردار r_t بردار بازده N دارایی مالی در دوره tام و I_{t-1} مجموعه اطلاعات جمع‌آوری شده تا زمان $t-1$ باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$r_t = \mu_t(I_{t-1}) + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

---

1. Multivariate GARCH
2. Linear combinations of univariate GARCH models
3. Nonlinear combinations of univariate GARCH models
4. VEC-GARCH
5. Baba-Engle-Kraft-Kroner
6. Factor-GARCH (F-GARCH)

که در آن μ_t بردار بازده مورد انتظار دوره tام با توجه به مجموعه اطلاعات گذشته بوده که می‌تواند یک مدل VAR بصورت رابطه زیر باشد:

$$\mu_t = A_0 + \sum_{i=1}^{p} A_i r_{t-i} \quad (۲)$$

بردار ε_t نیز نشان‌دهنده پسماندها در دوره tام بوده که به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\varepsilon_t = H_t^{\frac{1}{2}}(I_{t-1}) z_t \quad (۳)$$

که $H_t^{\frac{1}{2}}(I_{t-1})$ یک ماتریس مثبت معین $N \times N$ و z_t بردار تصادفی به صورت $N \times 1$ بوده و دارای گشتاورهای اول و دوم زیر می‌باشد:

$$E(z_t) = 0 \quad (۴)$$

$$Var(z_t) = I_N \quad (۵)$$

که در آن I_N ماتریس یکه با بعد N بوده و به راحتی می‌توان نشان داد که ماتریس واریانس شرطی r_t برابر H_t می‌باشد.

مدل گارچ برداری

یک معادله عمومی برای H_t که توسط بالرسلو در سال ۱۹۸۸ پیشنهاد شد، مدل ساده $VEC(1,1)$ است که به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$h_t = c + A\eta_{t-1} + Gh_{t-1} \quad (۶)$$

که در آن :

$$h_t = vech(H_t) \quad (۷)$$

$$\eta_t = vech(\varepsilon_t \varepsilon_t') \quad (۸)$$

عملگر $vech$ روی یک ماتریس مربع تعریف شده و مقادیر روی قطر اصلی و زیر قطر اصلی را بصورت بردار می‌دهد. تعداد پارامترهای این مدل برابر با $N(N+1)(N(N+1)+1)/2$ می‌باشد. مثلا به ازای $N=3$ باید ۷۸ پارامتر تخمین زده شود. لذا این مدل در موارد دو متغیره کاربرد دارد. برای حل این مشکل معمولا محدودیت‌هایی روی پارامترهای مدل اعمال می‌گردد. بالرسلو[1](۱۹۸۸) مدل قطری VEC را پیشنهاد کرد که در آن

[1]. Bollerslev

ماتریس‌های A و G قطری فرض‌شده و عناصر h_{ijt} صرفا وابسته به وقفه‌های خود و مقادیر یک دوره گذشته $\varepsilon_{it}\varepsilon_{jt}$ می‌باشند. این محدودیت تعداد پارامترها را به $N(N+5)/2$ کاهش می‌دهد، اما همچنان در مدل‌های با بعد زیاد، تخمین مدل مشکل خواهد بود.

مدل *BEKK*

با توجه به این که در یک مدل *VEC* تضمین مثبت معین بودن H_t بدون اعمال محدودیت‌های قوی مشکل است، انگل و کرونر[1] (۱۹۹۵) مدل *BEKK* را پیشنهاد کردند. یک مدل *BEKK(1,1,K)* بصورت رابطه زیر تعریف می‌گردد:

$$H_t = C^{*\prime}C^* + \sum_{k=1}^{K} A_t^{*\prime}\varepsilon_{t-1}'\varepsilon_{t-1}A_t^* + \sum_{k=1}^{K} G_t^{*\prime}H_{t-1}G_t^* \qquad (۹)$$

در شکل ساده‌تر یک مدل *BEKK(1,1)* بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$H_t = C^{*\prime}C^* + A_t^{*\prime}\varepsilon_{t-1}'\varepsilon_{t-1}A_t^* + G_t^{*\prime}H_{t-1}G_t^* \qquad (۱۰)$$

که در آن A^* و G^* و C^* ماتریس‌های $N \times N$ و C^* یک ماتریس بالامثلثی می‌باشد. لازم به ذکر است مدل‌های *BEKK* شکل خاصی از مدل‌های *VEC* هستند، لیکن پارامترهای مدل *BEKK*، برخلاف مدل *VEC*، مستقیما تاثیر وقفه‌ها را روی عناصر H_t نشان نمی‌دهند. علی‌رغم اعمال محدودیت‌های مختلف روی مدل‌های *BEKK*، معمولا زیادبودن پارامترها همچنان یک مشکل اساسی می‌باشد. لذا این مدل‌ها در موارد با بعد بیش از ۳ یا ۴ متغیر (سری) بکار نمی‌روند.

رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم و کاربردهای آن

از زمان معرفی تحلیل ضربه واکنش توسط سیمز[2] (۱۹۸۰)، این تحلیل تبدیل به رویکردی موثر برای کشف پویایی‌های اثر تکانه‌ها در طول زمان شد. در ابتدا، تجزیه و تحلیل ضربه واکنش به منظور تقریب رفتار دینامیکی اقتصاد با تکانه‌های تصادفی که در طول زمان توسط یک ساختار خطی ثابت تکثیر می‌شود ارائه شد. گالانت و دیگران[3] (۱۹۹۳) بیان کردند که هیچ دلیلی برای محدود کردن تجزیه و تحلیل پویایی‌ها به مدل های سری زمانی خطی وجود ندارد. در حقیقت ویژگی تقارن مدل خطی هیچ کمکی در

[1]. Engle and Kroner
[2]. Sims
[3]. Gallant et al

جهت بررســـی جنبه‌های مختلف تکانه های رخ داده در دوره های رکود و رونق و وجوه تمایز آنها نمی‌کند. بنابراین گالانت و دیگران (۱۹۹۳) مفهوم توابع ضـــربه واکنش را به مدل‌های سری زمانی غیرخطی بسط دادند و و روشی را برای محاسبه تابع ضربه واکنش برای مدل سری زمانی غیر خطی پیشنهاد دادند. آنها تفاضل تکانه وارد شده و خط سیر روند را به عنوان یک اخلال در جز خطای ناهمسان واریانس شرطی تعریف کردند. کوپ و دیگران[1](۱۹۹۶) نظریه توابع ضـربه واکنش برای سـری‌های زمانی غیرخطی را بیشـتر توسـعه دادند و توابع ضـربه واکنش غیرخطی را با اسـتفاده از میانگین بردار واکنش به شرط تاریخ و تکانه فعلی در مقایسه با روند که فقط به شرط تاریخ است تعریف کردند. به دنبال روش کوپ و دیگران (۱۹۹۶)، هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) روش تابع ضربه واکنش تلاطم (*VIRF*) را پیشنهاد کردند که الگوی زمانی اثرات تکانه‌های مستقل روی تلاطم را ترسـیم می‌کند. اگرچه مفهوم *VIRF* با کوپ و دیگران (۱۹۹۶) سـازگار اسـت با این حال دو تفاوت مهم وجود دارد: اولا اینکه تمرکز *VIRF* روی واریانس شرطی است در حالیکه ســـایر روش ها بر میانگین شـــرطی تمرکز می کنند ثانیا *VIRF* یک بیان *VARMA* با خطاهای غیرگوسی دارد که با استفاده از آن محاسبه امید شرطی تلاطم نسبت به روش های مونت کارلو پیشنهاد شده بوسیله کوپ ساده تر می‌شود.

تابع ضربه واکنش تلاطم

هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) ε_t را به صـورت یک بردار N بعدی تصـادفی در نظر گرفتند به طوریکه:

$$\varepsilon_t = P_t \xi_t \qquad (۱۱)$$

که $P_t P_t' = \Sigma_t$ و ξ_t برداری N بعدی iid تصـــادفی با ماتریس واریانس کواریانس با میانگین صفر و مولفه‌های مستقل از هم می‌باشد. هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) فرض کردند که Σ_t به وسـیله اطلاعات موجود در $t\text{-}1$ قابل محاسـبه باشـد. با در نظر گرفتن فروض فوق داریم:

$$E[\varepsilon_t|F_{t-1}] = 0 \text{ و } var[\varepsilon_t|F_{t-1}] = \Sigma_t \qquad (۱۲)$$

[1]. Koop et al

آنها بیان کردند که ε_t می‌تواند جز اخلال یک فرایند *VARMA* باشـــد. آنها از این حقیقت که اخبار مستقل اغلب به وسیله تجزیه جردن قابل شناسایی هستند استفاده کردند البته این فرض در زمان‌هایی قابلیت اســتفاده دارد که بردار پســماندها غیرنرمال باشند.

برای محاســـبه *VIRF* آنها از چارچوب مدل *BEKK* بابا و دیگران (۱۹۸۵) و انگل و کرونر (۱۹۹۵) استفاده کردند. با این حال همانطور که در بخش قبل بیان شد این مدل حالت خاصی از مدل گارچ برداری می‌باشد.

هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) با فرض اینکه ماتریس کواریانس شــرطی Σ_t تابع پســماندهای $\xi_1, \dots, \xi_{t-1}$ و تکانه اولیه ξ_0 و Σ_0 است *VIRF* را به صورت زیر تعریف کردند:

$$V_t(\xi_0) = E[\text{vech}(\Sigma_t)|\xi_0, F_{-1}] - E[\text{vech}(\Sigma_t)|F_{-1}] \qquad (۱۳)$$

در معادله بالا $V_t(\xi_0)$ یک بردار N^* بعدی می‌باشـــد. برای مثال اگر $N=2$ ($N^*=3$) عناصر اول و سوم $V_t(\xi_0)$ به ترتیب ضربه واکنش واریانس‌های شرطی متغیرهای اول و دوم را نشان می‌دهند و عنصر دوم $V_t(\xi_0)$ واکنش کواریانس شرطی می‌باشد.

مقایســه *VIRF* به طور خاص با تحلیل ســنتی تابع ضــربه واکنش میانگین شــرطی در سیستم‌های خطی تفاوت‌ها و مزایای این رویکرد را به خوبی آشکار می‌سازد:

۱. در رویکرد سنتی اثرات تکانه‌های مثبت و منفی مخالف یکدیگر می‌با شد. با این حال در *VIRF* اثر هردو نوع تکانه مثبت می‌با شد. به عبارت دیگر *VIRF* تابعی زوج است در حالیکه تابع ضربه واکنش سنتی تابعی فرد است.

۲. در تحلیل ســنتی خطی بودن تکانه‌ها برقرار اســت بدین معنی که $k\delta$ اثری k برابر تکانه δ خواهد داشت. در حالیکه چنین چیزی در *VIRF* برقرار نیست. در حالت کلی‌تر *VIRF* از هیچ درجه‌ای همگن نیست.

۳. در تحلیل ســنتی توابع ضــربه واکنش به تاریخچه فرآیند بســتگی ندارند در حالیکه *VIRF* به وضعیت تلاطم در زمان وقوع تکانه(Σ_0) بستگی دارد.

اگر تکانه ξ_t و تاریخچه F_{t-1} به ترتیب به صورت متغیرهای تصادفی Ξ_t و Ψ_{t-1} در نظر گرفته شوند طبق کوپ و دیگران (۱۹۹۶) تعریف عمومی‌تر *VIRF* می‌تواند به صورت زیر پیشنهاد شود:

$$V_h(\Xi_t, \Psi_{t-1}) = E[vech(\Sigma_{t+h})|\Xi_t, \Psi_{t-1}] - E[vech(\Sigma_{t+h})|\Psi_{t-1}] \quad (۱۴)$$

بنابراین امکان انتخاب حالت‌های مختلفی وجود خواهد داشت:

۱. حالت اول اینکه یک تکانه و تاریخ خاص مشاهده شده در نظر گرفته شود.

۲. حالت دوم می‌تواند اثر یک تکانه خاص بر تاریخی تصادفی باشد.

۳. حالت سوم می‌تواند به صورت اثر تکانه تصادفی در یک تاریخ معین در نظر گرفته شود.

۴. در حالت چهارم نیز هردوی تکانه و تاریخ می‌تواند تصادفی در نظر گرفته شود.

در این تحقیق حالت اول یعنی وقوع تکانه در قیمت فلزات گرانبها مدنظر خواهد بود. در این مورد هدف ما گرفتن برخی شواهد تجربی از وقایع گذشته می‌باشد.

ممکن است برخی سبدگردانان جهت بهینه‌یابی پورتفوی خود علاقمند به انتظارات تلاطم شرطی آتی با در نظر گرفتن تلاطم فعلی بازار باشند. برای این منظور با در نظر گرفتن تکانه تصادفی و تاریخ خاص می توان این هدف عملی را آزمود.

علیرغم اینکه تاکنون هیچ مطالعه داخلی در رابطه با تابع ضربه واکنش تلاطم انجام نشده با این حال در سال‌های اخیر برخی مطالعات بین المللی در این رابطه انجام شده است. پن و سوی[1](۲۰۰۸) با استفاده از تابع ضربه واکنش تلاطم به بررسی انتقال تلاطم در بازارهای فوروارد برق در اروپا پرداختند. در مطالعه ای دیگر جین[2](۲۰۱۵) انتقال تلاطم بین بازارهای سهام چین را مورد بررسی قرار داد.

با این حال تا کنون هیچ مطالعه‌ای در رابطه با انتقال تلاطم در بازار فلزات گرانبها با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم انجام نشده است.

۳-۲. داده‌ها

به طور کلی به دسته‌ای از فلزات که کمیاب و دارای ارزش اقتصادی بالای باشند فلزات گرانبها نسبت داده می‌شود. ارزش نسبی بالاتر این فلزات از عوامل مختلفی ناشی می‌شود مثل کمیابی، استفاده در فرآیندهای صنعتی و استفاده به عنوان کالاهای سرمایه‌ای. عموما

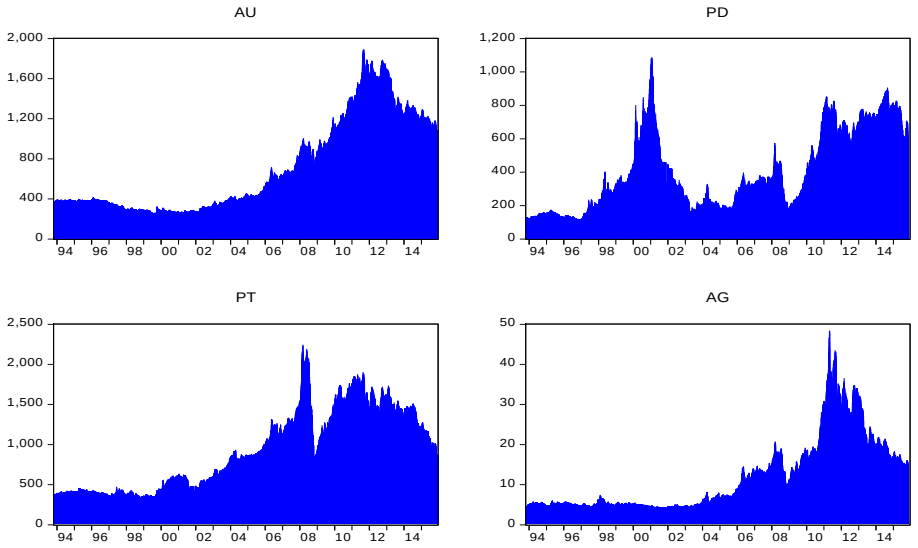
[1]. Pen & Soy
[2]. Jin

فلزات گرانبها شامل طلا، نقره، پلاتین، رادیوم، ایریدیوم و پالادیوم می‌باشند.[1] در این تحقیق آمار قیمت این فلزات از بورس کالایی نیویورک (COMEX) گرفته شده است.

نمودار (۱) روند قیمتی فلزات گرانبهای اصلی را از سال ۱۹۹۳ تا کنون نشان می‌دهد. اثر پذیری از بحران‌های اقتصادی و همچنین برخی هم حرکتی‌ها در قیمت فلزات گرانبها در این نمودار مشاهده می‌شود.

همانطور که در این نمودار نیز مشاهده می‌کنید نوسانات قیمت فلزات گرانبها به خصوص طلا و نقره تا قبل از سال ۲۰۰۳ بسیار کم بوده است. بنابراین دوره زمانی این تحقیق به دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶ محدود خواهد شد. ضمن اینکه این دوره زمانی دو بحران مالی جهانی و بحران بدهی‌های اروپا را پوشش می‌دهد که در این دوره‌ها به جز تقاضا برای اهداف صنعتی تقاضا قابل توجهی نیز با اهداف مالی برای این فلزات وجود داشته است.

نمودار ۱. قیمت فلزات گرانبها (طلا، نقره، پلاتین و پالادیم)



در نمودار فوق AU طلا، Ag نقره، PD پالادیوم و PT پلاتین می‌باشد.

منبع: بورس کالایی نیویورک (COMEX)

[1]. www.investopedia.com

با توجه به خواص مهمی مثل مانایی بازده‌ها و ... در مطالعات از بازده به جای قیمت استفاده می‌شود. فرض کنید P_t قیمت یک دارائی در زمان t باشد. بازده ساده، R_t، این دارائی برابر خواهد بود با:

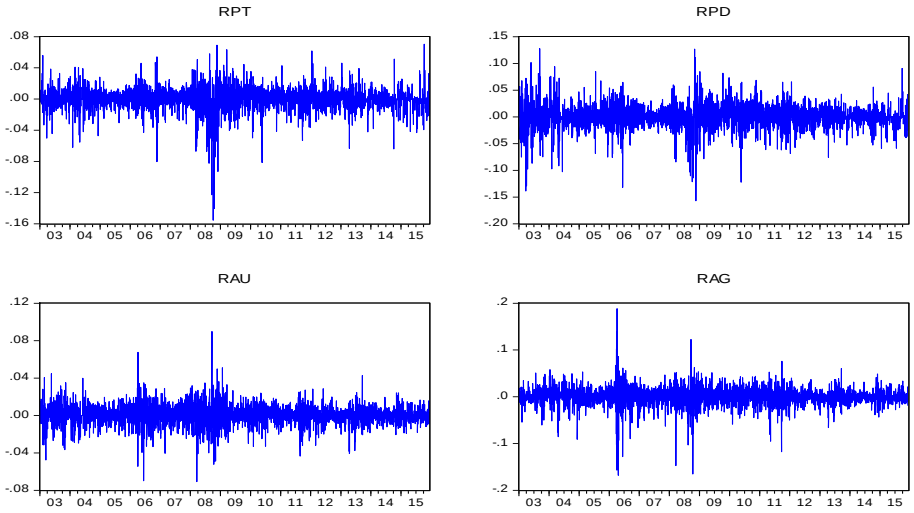
$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \qquad (۱۵)$$

همچنین بازده مرکب پیوسته، r_t ، یا بازده لگاریتمی مطابق تعریف برابر است با:

$$r_t = \ln(1 + R_t) = \ln(\frac{P_t}{P_{t-1}}) \qquad (۱۶)$$

نمودار(۲) بازده مرکب محاسبه شده چهار فلز گرانبها را نشان می‌دهد. همچنین جدول (۱) آمارهای توصیفی بازده ها را نشان می‌دهد.

نمودار ۲. بازده مرکب چهار فلز گرانبها



در نمودار فوق RAU طلا، RAG نقره، RPD پالادیوم و RPT پلاتین می‌باشد.

منبع: بورس کالایی نیویورک (COMEX)

جدول ۱. آماره های توصیفی بازده ها

	نقره	طلا	پالادیم	پلاتین
میانگین	۰/۲۷%	۰/۲۰%	۰/۲۵%	۰/۱۱%
میانه	۰/۲۱%	۰/۲۵%	۰/۴۲%	۰/۳۱%
بیشینه	۱۷/۶۵%	۱۳/۱۱%	۲۰/۷۸%	۱۲/۴۸%

کمینه	-۲۶/۸۶%	-۱۰/۵۱%	-۱۸/۷۷%	-۱۴/۳۹%
انحراف معیار	۰/۰۴۵	۰/۰۲۵	۰/۰۴۷	۰/۰۳۲
چولگی	-۰/۵۲۹	-۰/۱۳۵	-۰/۱۶۳	-۰/۴۲۳
کشیدگی	۶/۲۲۲	۵/۱۲۱	۴/۳۸۱	۵/۴۱۴
Jarque-Bera	۳۲۳/۸	۱۲۸/۸	۵۶/۷	۱۸۴/۴
Prob	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

منبع: محاسبات محقق

متوسط بازده هفتگی نقره (۰,۲۷ درصد) از سایر فلزات گرانبها در این دوره بیشتر بوده است. ضمن اینکه بررسی انحراف معیار بازده هفتگی این فلزات نشان می‌دهد پالادیم و نقره دارای پراکندگی بیشتری نسبت به سایر فلزات داشته‌اند. همچنین بررسی کشیدگی این بازده‌ها نشان می‌دهد کشیدگی همه این فلزات بیشتر از کشیدگی توزیع نرمال بوده‌اند و در نهایت نتایج آزمون *Jarque-Bera* نشان دهنده رد فرض صفر نرمال بودن داده ها برای همه این بازده ها می‌باشد.

همچنین نتایج آزمون *ADF* نشان می‌دهد سری زمانی قیمت هر چهار فلز نامانا می‌باشد با این حال طبق انتظار سری زمانی بازده آنها مانا می‌اشد.

جدول ۲. نتایج آزمون *ADF*

	قیمت		بازده	
	آماره	***Probe***	آماره	***Probe***
نقره	-۱/۵۵	۰/۵۰	-۸۱/۹۱	۰/۰۰
طلا	-۰/۷۳	۰/۸۳	-۸۰/۲۰	۰/۰۰
پالادیم	-۱/۷۲	۰/۴۱	-۸۶/۹۹	۰/۰۰
پلاتین	-۱/۴۴	۰/۵۶	-۸۵/۹۳	۰/۰۰

منبع: محاسبات محقق

۴. برآورد مدل

این تحقیق به بررسی انتقال تلاطم و وابستگی بین چهار فلز گرانبهای اصلی یعنی طلا، نقره، پلاتین و پالادیم با استفاده از مدل گارچ چندمتغیره و همچنین بررسی تاثیر تکانه‌ها بر تلاطم فلزات گرانبها با استفاده از رویکرد تابع

ضـربه واکـنش تلاطـم مـی‌پـردازد. بـرای انتخـاب وقفـه بهینـه مـدل از آمـاره *SIC* اسـتفاده شـده اسـت. نتـایج بـرآورد مـدل *VAR(1)-BEKK(1,1)* بـا توزیـع تـی استیودنت در جدول (۳) آورده شده است.

همانطورکه در بخش الف جدول ۳ مشـاهده می کنید نتایج برآورد مدل *VAR* نشـان می‌دهد بازده‌های باوقفه طلا و نقره اثرات معناداری بر بازده پالادیم و پلاتین داشـته‌اند. در حقیقت این به معنی دنباله روی قیمت این دو فلز گرانبها از قیمت طلا و نقره که دارای نقش رهبری در بازار فلزات گرانبها می‌باشـند اسـت (ببینید سـاری و دیگران،۲۰۱۰). همچنین طلا و نقره اثرپذیری معناداری از یکدیگر و پلاتین و پالادیم ندا شته‌اند. به نظر می‌ر سد مهمترین علل اثرگذار بر بازده طلا و نقره قیمت نفت، قیمت ارزها در مقابل یکدیگر (دلار در مقابل یورو) و و ضعیت بازارهای سهام با شد که در بین متغیرهای این الگو به دلیل محدودیت مدل در افزایش تعداد متغیرها وارد نشـده‌اند. بنابراین عدم اثرپذیری این فلزات از سـایر فلزات گرانبها منطبق بر انتظارات می‌باشـد (ببینید حموده و دیگران، ۲۰۱۰).

همچنین نتایج برآورد مدل *BEKK* که در بخش (ب) جدول ۳ آورده شده است، نشـان می‌دهد تکانه‌های طلا و نقره اثر معناداری بر تلاطم پلاتین و پالادیم داشـته ا ست. این اثر به دلیل نقش رهبری طلا و نقره در بازار فلزات گرانبها منطبق بر انتظارات می‌باشـد. ضـمن اینکه اثر پذیری پلاتین و پالادیم از تکانه‌های یکدیگر به دلیل نقش کشف کنندگی قیمت این دو فلز در مقابل هم کاملا منطبق بر انتظارات می‌باشد.

به طور کلی به نظر می‌رسد در کلاس فلزات گرانبها، افزایش در قیمت طلا و نقره به تغییرات موازی در قیمت سایر فلزات گرانبها که می‌توانند به عنوان دارایی‌های سرمایه‌ای و یا کالاهای صنعتی در نظر گرفته شوند منجر می‌شود. همچنین افزایش استفاده‌های صنعتی از فلزات گرانبها و قدرت جانشین سازی فلزاتی مانند پلاتین و پالادیوم در مصارف صنعتی باعث تاثیرپذیری تلاطم این فلزات از یکدیگر شده است. این نتایج بر نتایج حموده و دیگران (۲۰۱۰) منطبق می‌باشد.

جدول ۳. نتایج برآورد مدل *VAR(1)-BEKK(1,1)* با توزیع تی استیودنت

الف. نتایج برآورد مدل *VAR(1)*

$$\begin{bmatrix} PdRet_t \\ PtRet_t \\ AuRet_t \\ AgRet_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{-0.353} \\ (0.01) \\ \mathbf{-0.157} \\ (0.02) \\ \mathbf{-0.236} \\ (0.00) \\ \mathbf{-0.306} \\ (0.02) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{-0.096} & \mathbf{0.037} & \mathbf{-0.340} & \mathbf{0.225} \\ (0.02) & (0.57) & (0.00) & (0.00) \\ \mathbf{-0.041} & \mathbf{0.023} & \mathbf{-0.100} & \mathbf{0.092} \\ (0.12) & (0.60) & (0.12) & (0.00) \\ \mathbf{-0.009} & \mathbf{0.068} & \mathbf{-0.035} & \mathbf{0.014} \\ (0.71) & (0.07) & (0.49) & (0.60) \\ \mathbf{-0.035} & \mathbf{0.083} & \mathbf{-0.018} & \mathbf{0.028} \\ (0.43) & (0.22) & (0.90) & (0.60) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} PdRet_{t-1} \\ PtRet_{t-1} \\ AuRet_{t-1} \\ AgRet_{t-1} \end{bmatrix}$$

ب. نتایج برآورد مدل *BEKK(1,1)*

$$H_t = C^{*'}C^* + A^{*'}\varepsilon'_{t-1}\varepsilon_{t-1}A^* + G^{*'}H_{t-1}G^*$$

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 0.379 & 0.150 & 0.070 & 0.158 \\ (0.00) & (0.00) & (0.00) & (0.00) \\ -0.150 & 0.149 & -0.216 & -0.238 \\ (0.05) & (0.00) & (0.00) & (0.00) \\ -0.665 & -0.638 & -0.152 & 0.007 \\ (0.00) & (0.00) & (0.01) & (0.92) \\ 0.226 & 0.099 & 0.051 & -0.072 \\ (0.00) & (0.00) & (0.09) & (0.18) \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0.711 & -0.120 & 0.014 & 0.159 \\ (0.00) & (0.00) & (0.304) & (0.00) \\ 0.074 & 0.933 & 0.014 & -0.038 \\ (0.05) & (0.00) & (0.440) & (0.188) \\ -0.317 & -0.089 & 0.924 & 0.133 \\ (0.00) & (0.00) & (0.01) & (0.92) \\ 0.284 & 0.142 & 0.001 & 0.819 \\ (0.00) & (0.00) & (0.09) & (0.00) \end{bmatrix}$$

ج. نتایج آزمون ها

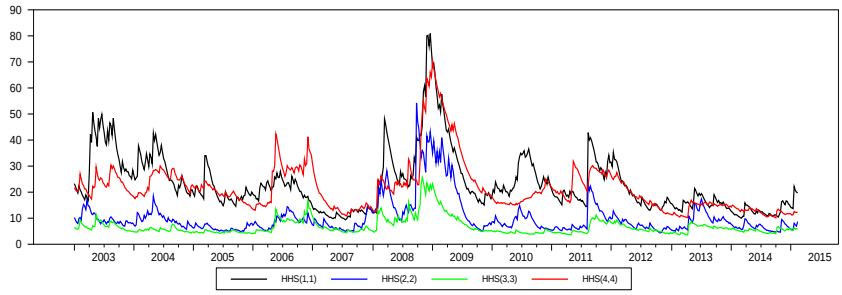
نتایج آزمون *Ljung-Box*	پالادیوم	پلاتین	طلا	نقره
Q(4)	۳/۳۶(۰/۴۹)	۴/۲۸(۰/۳۶)	۴/۱۵(۰/۳۸)	۲/۶۳(۰/۶۲)
$Q^2(4)$	۹/۵۹(۰/۰۵)	۵/۰۹(۰/۲۷)	۱/۵۰(۰/۸۲)	۷/۷۰(۰/۱۰)
درجه آزادی برآورد شده توزیع تی استیودنت: ۶/۳۴(۰/۰۰)				
مقادیر ویژه $A\otimes A + G\otimes G$ ۰/۸۸۶۷۴ ۰/۹۲۹۷۴ ۰/۹۲۹۷۴ ۰/۹۵۳۳۸ ۰/۹۵۳۳۸ ۰/۹۵۸۹۰ ۰/۹۶۷۲۵ ۰/۸۴۱۴۸ ۰/۸۵۴۷۸ ۰/۷۲۶۳۳				

مقادیر داخل پرانتز نشان دهنده P_Value می باشند

در بخش (ج) جدول ۳ مقادیر ویژه ماتریس $\boldsymbol{A}\otimes\boldsymbol{A}+\boldsymbol{G}\otimes\boldsymbol{G}$ گزارش شده است. مقادیر ویژه محاسبه شده کمتر از یک ولی نزدیک به یک می‌باشند که به معنی مانایی کواریانس‌ها ولی در عین حال با درجه بالایی از ماندگاری انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها می‌باشد. همچنین نتایج آزمون *Ljung-Box* نشان دهنده عدم وجود خودهمبستگی بین پسماندهای مدل می‌باشد. درجه آزادی برآورد شده توزیع تی استیودنت برابر ۶/۳۴ می باشد که در سطح یک درصد معنادار است.

نمودارهای (۳) و (۴) به ترتیب نشان دهنده واریانس های شرطی و کواریانس‌های شرطی فلزات گرانبها در طول دوره برآورد می‌باشند.

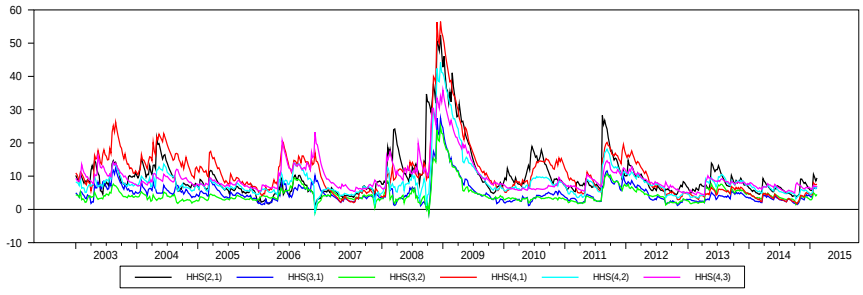
نمودار ۳. واریانس شرطی فلزات گرانبها



در نمودار فوق HSS(1,1)تلاطم پالادیم، HSS(2,2) تلاطم پلاتین، HSS(3,3) تلاطم طلا و ((HSS(4,4) تلاطم نقره می باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار۴. کواریانس شرطی فلزات گرانبها



منبع: همان

همانطور که در نمودار(۳) مشاهده می‌کنید هر چند تلاطم همه فلزات گرانبها در نتیجه بحران ۲۰۰۸ افزایش یافته است با این حال تلاطم پالادیم و نقره تاثیرپذیری بیشتری از بحران ۲۰۰۸ نسبت به سایر فلزات گرانبها داشته‌اند. همچنین نمودار(۴) نشان می‌دهد همبستگی فلزات گرانبها با بروز بحران ۲۰۰۸ افزایش یافته است.

نتایج تابع ضربه واکنش تلاطم

هدف از تحقیق حا ضر پا سخ به دو سوال زیر بوده ا ست: ۱) آیا انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها وجود دارد؟ ۲) ا ندازه و ما ندگاری تلاطم در بازار فلزات گرانبها در واکنش به تکانه های بحران مالی جهانی چه میزان ا ست؟ نتایج بخش قبل ن شان داد انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها قابل توجه بوده ا ست. برای پا سخ به سوال دوم از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم هافنر و هروارتز (۲۰۰۶) اســـتفاده می شـــود. به این منظور تکانه بحران مالی به سی ستم وارد شده ا ست و نتایج تابع ضربه واکنش تلاطم برای دوره ۲۰ هفته ای در نمودار (۵) قابل مشاهده می‌باشد.

بررســی رفتار تلاطم فلزات گرانبها در نتیجه بحران ۲۰۰۸ نشــان می‌دهد واکنش تلاطم فلزات پالادیم و پلاتین به تکانه بحران مالی ۲۰۰۸ تقریبا یک سان بوده ا ست به طوریکه پس از تکانه، تلاطم هر دو به طور آنی افزایش یافته و ســـپس روندی کاهشـــی به خود گرفته‌اند. این موضـــوع می‌تواند به دلیل همبســـتگی بالای این دو فلز گرانبها به دلیل کاربردهای مشابه در صنایع خودروسازی و ... باشد. رفتار تلاطم طلا و نقره تا حدودی با دو فلز گرانبهای دیگر متفاوت بوده ا ست به طوریکه پس از وارد شدن تکانه، تلاطم این فلزات افزایش یافته و تقریبا ثابت باقی مانده ا ست و پس از حدود ۴ هفته روند نزولی به خود گرفته است.

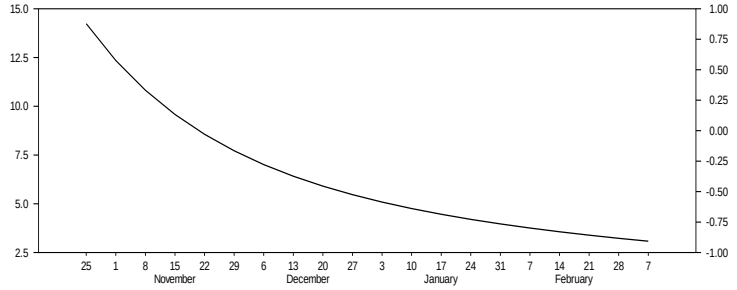
همچنین نتایج تحلیل نمودارهای ضربه واکنش تلاطم نشان می‌دهد هرچند تلاطم همه فلزات گرانبها در واکنش به بحران ۲۰۰۸ افزایش یافته اســـت با این حال اندازه این واکنش در فلزات گرانبهای مختلف یکسان نبوده است و به ترتیب پالادیوم، پلاتین، نقره و طلا بیشترین تاثیرپذیری را از بحران داشته‌اند. همانگونه که بیان شد فلزات گرانبهایی همانند پالادیوم و پلاتین به دلیل کاربرد در صـــنایع مختلف مثل خودروســـازی دارای ماهیت کالایی ب سیار بی شتری از طلا و نقره می‌با شند. ضمن اینکه ماهیت کالایی نقره

نسبت به طلا بیشتر است. در نتیجه می‌توان بیان کرد هرچه ماهیت کالایی فلز گرانبها بیشتر بوده، تاثیرپذیری آن از بحران بیشتر بوده است. این موضوع می تواند به سبب اثر غیرمستقیم بحران بر این فلزات باشد به طوریکه با وقوع بحران و در نتیجه متاثر شدن صنایع مختلف از آن، تقاضای کالایی فلزات گرانبها تحت تاثیر قرار گرفته و در نتیجه افزایش تلاطم آنها تشدید شده است.

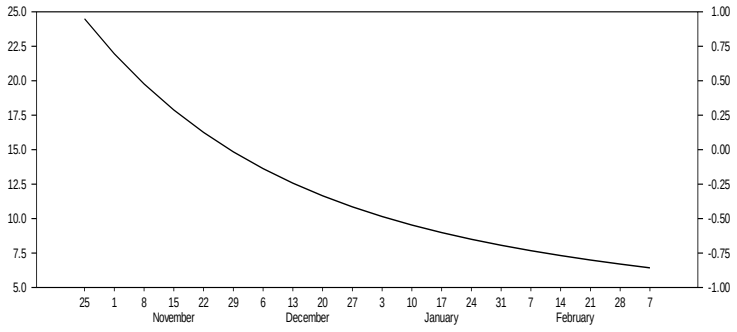
درجه بالای ماندگاری انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها به دلیل نزدیک به یک بودن مقادیر ویژه ماتریس $\boldsymbol{A}\otimes\boldsymbol{A}+\boldsymbol{G}\otimes\boldsymbol{G}$ (که در بخش (ج) جدول ۳ گزارش شده است) می باشد. با این حال ماندگاری اثر تکانه بحران ۲۰۰۸ بر تلاطم پالادیوم و پلاتین کمتر از طلا و نقره بوده است.

نمودار ۵. نمودارهای ضربه واکنش تلاطم فلزات گرانبها در نتیجه تکانه سپتامبر ۲۰۰۸

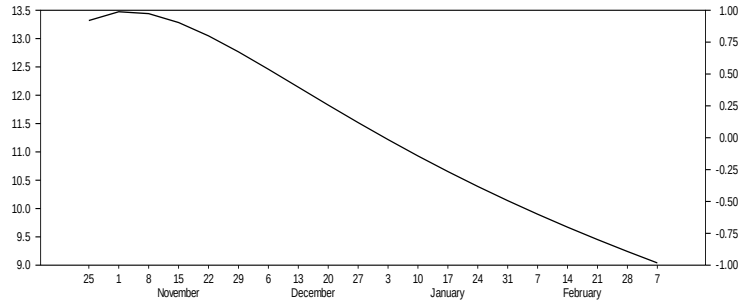
تلاطم پلاتین



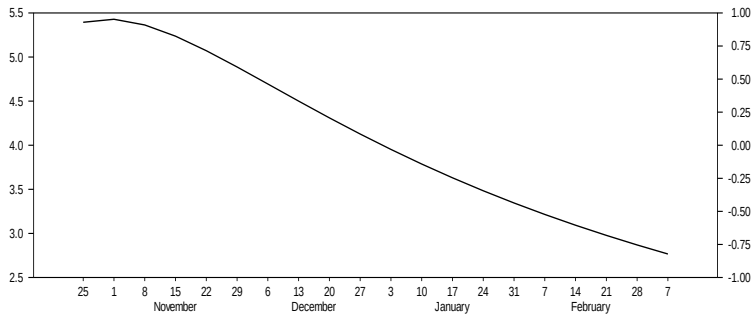
تلاطم پالادیم



تلاطم نقره



تلاطم طلا



منبع: یافته های پژوهش

به طور کلی نتایج این بخش نشـــان می‌دهد هر چند تلاطم چهار فلز گرانبها در نتیجه بحران مالی ۲۰۰۸ افزایش یافته ا ست با این حال تلاطم طلا به ن سبت کمتری از سایر فلزات گرانبها افزایش یافته است این موضوع می‌تواند به دلیل استفاده‌های کالایی از سه فلز گرانبهای دیگر در صـــنایع مختلف مثل خودروســـازی و ... باشـــد. در نتیجه طلا می‌تواند گزینه بهتری جهت انتخاب برای پرتفوی به منظور پوشـــش ریســـک ناشـــی از بحران باشد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق به بررسی انتقال تلاطم و وابستگی بین چهار فلز گرانبهای اصلی یعنی طلا، نقره، پلاتین و پالادیم با استفاده از مدل گارچ چندمتغیره و همچنین بررسی تاثیر تکانه‌ها بر تلاطم فلزات گرانبها با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم پرداخته شده است. در واقع هدف از تحقیق حاضر پاسخ به دو سوال زیر بوده است: ۱) آیا انتقال تلاطم بین فلزات گرانبها وجود دارد؟ ۲) اندازه و ماندگاری تلاطم در بازار فلزات گرانبها در واکنش به تکانه‌های بحران مالی جهانی چه میزان است؟

برای پاسخ به سوال اول از تصریح BEKK مدل گارچ چند متغیره استفاده شده است. نتایج مدل VAR(1)-BEKK(1,1) که با استفاده از داده‌های هفتگی قیمت چهار فلز گرانبها برآورد شد نشان داد وابستگی نسبتا زیادی بین بازده‌ها و تلاطم این فلزات با یکدیگر وجود دارد. با این حال نتایج نشان داد تاثیر پذیری بازده و تلاطم طلا از سایر فلزات کمتری می‌باشد. ساری و همکاران (۲۰۱۰) بیان می کنند که طلا از متغیرهای اقتصاد کلان مثل نرخ ارز، قیمت نفت و وضعیت بازارهای مالی متاثر می‌باشد.

همچنین برای پاسخ به سوال دوم اثر تکانه بحران مالی جهانی در سال ۲۰۰۸ با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم مورد بررسی قرار گرفت. روش تابع ضربه واکنش تلاطم (VIRF) که توسط هافنر و هرواتز (۲۰۰۶) پیشنهاد شد الگوی زمانی اثرات تکانه‌های مستقل روی تلاطم را ترسیم می‌کند. مهمترین دلایل برتری این رویکرد نسبت به رویکردهای جایگزین عبارتند از : اولا اینکه تمرکز VIRF روی واریانس شرطی است در حالیکه سایر روش‌ها بر میانگین شرطی تمرکز می‌کنند ثانیا VIRF یک بیان VARMA با خطاهای غیرگوسی دارد که با استفاده از آن محاسبه امید شرطی تلاطم نسبت به روش‌های مونت کارلو پیشنهاد شده بوسیله کوپ ساده‌تر می‌شود. در پایان تحلیل نمودارهای ضربه واکنش تلاطم چهار فلز گرانبها نشان داد تلاطمات طلا و نقره رفتار تقریبا مشابهی در مواجهه با تکانه بحران مالی ۲۰۰۸ داشته‌اند. ضمن اینکه واکنش پلاتین و پالادیم نیز به بحران ۲۰۰۸ تقریبا یکسان بوده است.

همبستگی بالای فلزات گرانبها با یکدیگر در نتیجه بحران مالی ۲۰۰۸ نشان می‌دهد تشکیل پرتفویی از این فلزات ریسک ناشی از بحران را به اندازه زیادی کاهش نخواهد داد.

مطالعات آتی می‌تواند با استفاده از رویکرد تابع ضربه واکنش تلاطم به بررسی این موضوع بپردازد که آیا تشکیل پرتفویی از فلزات گرانبها در کنار سایر دارایی‌های مالی مثل سهام، ارز و ... می‌تواند به کاهش ریسک ناشی از بحران منجر شود یا خیر؟

فهرست منابع:

Adrangi, B. and A. Chatrath (2002), The dynamics of palladium and platinum prices, Computational Economics, 19: 179−197.

Arouri, M. E. H., Hammoudeh, S., Lahiani, A., and D. K. Nguyen (2012), Long memory and structural breaks in modeling the returnand volatility dynamics of precious metals, Quarterly Review of Economics and Finance, 52(2): 207–218.

Baba, Y., Engle, R.F., Kraft, D. and K.F. Kroner (1985), Multivariate simultaneous generalized ARCH, Unpublished manuscript, Department of Economics, University of California, San Diego, CA, USA.

Batten, J. A., Ciner, C., and B. M. Lucey (2010), The macroeconomic determinants of volatility in precious metals markets, ResourcesPolicy, 35(2): 65–71.

Batten, J. M. and B. M. Lucey (2007), Volatility in the gold futures market. Discussion Paper no 225, Institute for International Integration Studies.

Baur, D. G. and B. M. Lucey (2010), Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold, Financial Review, 45: 217–229.

Christie-David, R., Chaudhry, M.. and T. W. Koch (2000), Do macroeconomics news releases affect gold and silver prices?, Journal of Economics and Business, 52(5): 405–421.

Cochran, S. J., Mansur, I. and B. Odusami (2012), Volatility persistence in metal returns: a FIGARCH approach, Journal of Economicsand Business, 64(4): 287–305.

Diamandis, P.F. (2009), International stock market linkages: evidence from Latin America, Global Finance Journal, 20: 13–30.

Engle, R.F. and K.F. Kroner (1995), Multivariate simultaneous generalized ARCH, Econometric Theory, 11: 122-150.

Gallant, A.R., Rossi, P.E. and G. Tauchen (1993), Nonlinear dynamic structures, Econometrica, 61: 871-907.

Hafner, C.M. and H. Herwartz (2006), Volatility impulse responses for multivariate GARCH models: An exchange rate illustration, Journal of International Money and Finance, 25: 719-740.

Hammoudeh, S., Yuan, Y., McAleer, M. and M. Thompson (2010), Precious metals–exchange rate volatility transmissions and hedging strategies, International Review of Economics and Finance, 19(4): 633-647.

Koop, G., Pesaran., M.H. and S.M. Potter (1996), Impulse response analysis in nonlinear multivariate models, Journal of Econometrics, 74: 119-147.

Mackenzie, M., Mitchell, H., Brooks, R. and R. Faff (2001), Power ARCH modeling of commodity futures data on the London's metal market, European Journal of Finance, 7: 22−38.

Markwat, T., Kole, E. and D. VanDijk(2009) , Contagion as a domino effect in global stock markets, Journal of Banking & Finance, 33: 1996–2012.

Plourde, A. and G. C. Watkins (1998), Crude oil prices between 1985 and 1994: How volatile in relation to other commodities?, Resource and Energy Economics, 20: 245−262.

Sari, R., Hammoudeh, S. and U. Soytas (2010), Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate, Energy Economics, 32: 351–362

Sensoy, A. (2013), Dynamic relationship between precious metals, Resources Policy, 38: 504–511

Sims, C. (1980), Macroeconomics and reality, Econometrica, 48: 1-48.

Tully, E. and B. Lucey (2007), A power GARCH examination of the gold market, Research in International Business and Finance, 21: 316−325.

Wang, Y. S. and Y. L. Chueh (2013), Dynamic transmission effects between the interest rate, the US dollar, and gold and crude oilprices, Economic Modelling, 30: 792–798.

Zhang, Z. and H. Zhang (2016), The dynamics of precious metal markets VaR: A GARCHEVT Approach, Journal of Commodity Markets, 4(1): 14-27.