بهینه‌سازی پرتفوی به کمک رهیافت Bayesian MGARCH مبتنی بر تبدیل موجک*

سید علی حسینی ابراهیم‌آباد[۱]
دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
خلیل جهانگیری[۲]
استادیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
مهدی قائمی اصل[۳]
استادیار گروه اقتصاد و بانکداری اسلامی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
حسن حیدری[٤]
استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۱۰/۹

چیکده

مفاهیم مقیاس-زمان، سری‌های زمانی با دنباله‌های پهن و چولگی و تفکیک دوره‌های پژوهش بر اساس شوک‌های اقتصادی در بهینه‌یابی سبد دارایی از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است. لزوم داشتن توزیع نرمال سری بازدهی‌ها و عدم امکان فروش استقراضی از ایرادات بنیادی وارد به مدل مارکوویتز است. همچنین

---

* - مقاله پژوهشی

1. s.ali.hoseini1393@gmail.com
۲. نویسنده مسئول: kh.jahangiri@urmia.ac.ir
3. m.ghaemi@khu.ac.ir
4. h.heidari@urmia.ac.ir
DOI: 10.22067/mfe.2020.16409.0

وجود خصلت‌های چولگی و دم‌های پهن در سری بازده دارایی‌های مالی اهمیت معرفی چولگی در توزیع خطا مدل MGARGH را نشان می‌دهد که نتیجه آن بهبود رهیافت مارکوویتز با استفاده از ماتریس کواریانس مستخرج از مدل‌های MGARCH مبتنی بر توزیع چوله چندمتغیره نامتقارن است. ضمنا با استفاده از تحلیل موجک می‌توان واریانس و کواریانس‌های کاراتری در مقیاس‌های زمانی متفاوت محاسبه نمود. از این‌رو هدف پژوهش حاضر غلبه بر مشکلات مطروحه در مدل مارکوویتز از طریق کاربرد مدل Bayesian DCC-GARCH مبتنی بر تحلیل موجک و رهیافت هانگ و لیتزنبرگر می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل بازده قیمت سهام گروه‌های منتخبی از بازار سرمایه ایران است که بیش‌ترین تاثیر را از تحریم‌های اقتصادی طی دوره ۱۳۸۷/۹/۲۴ الی ۱۳۹۸/۳/۲۶ متحمل شده‌اند. دوره زمانی مذکور به دوران قبل از برجام، پسا برجام و خروج آمریکا از برجام تفکیک شده است. همچنین از ماتریس کواریانس حاصل از ۲ روش متفاوت (غیرشرطی و شرطی مستخرج از مدل Bayesian DCC-GARCH) در مدل بهینه‌یابی سبد دارایی هانگ و لیتزنبرگر در مقیاس‌های زمانی ۴ گانه استفاده شده است.

نتایج حاکی از وجود خصلت چندمقیاسه بودن تئوری بهینه‌یابی سبد دارایی هانگ و لیتزنبرگر در بازار سرمایه ایران بود. به‌گونه‌ایی که کارایی سبدهای دارایی در مقیاس‌های میان ماهانه و بلندمدت بیش‌تر از کارایی این سبدها در مقیاس‌های کوتاه‌مدت است. ضمن آن‌که در تمامی زیربخش‌ها سبدهای دارایی که با استفاده از توزیع بیزی حاصل شده‌اند دارای کارایی بالاتری نسبت به سایر سبدهایی هستند که از سایر توزیع‌های آماری به‌دست آمدند.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی پرتفوی، رویکرد بیزی، موجک، مقیاس زمان، مرزهای کارا

طبقه‌بندی JEL: G34، C13، G11

۱- مقدمه

پیچیدگی بازارهای مالی، تخصصی شدن مبحث سرمایه‌گذاری و رشد و توسعه ابزارهای مالی، فعالان بازار سرمایه را نیازمند مدل‌ها و ابزارهایی نمود تا ایشان را جهت نیل به هدف غائی خود یعنی انتخاب بهترین سبد دارایی یاری دهد. در حقیقت سرمایه‌گذاری فرآیندی پیچیده شامل تصمیم‌گیری راجع به بازده احتمالی مورد انتظار است. این پیچدگی فرآیند سرمایه‌گذاری باعث گردید روز به روز روش‌ها و نظریه‌های متفاوتی جهت بهینه‌یابی سبددارایی ارائه و توسعه یابد. امروزه در بازارهای جهانی و بازارهای بسیار ناپایدار مانند بازار بورس، اندازه‌گیری کارایی و مدیریت ریسک بازار تبدیل به یک عامل مهم برای رقابت و حتی بقای موسسات مالی شده است.

به عقیده Salimi et al. (2018) تصمیم‌گیری در شرایط نااطمینانی یکی از ویژگی‌های مهم مدل‌های بهینه‌یابی تخصیص دارایی‌های ریسکی به‌شمار می‌رود. Hoseini et al. (2020) مهم‌ترین مفاهیم در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری را ریسک و بازده معرفی می‌کنند. ایشان بحران‌های مالی اخیر را به‌شدت تاثیرگذار بر اجزا و عناصر بازارهای مالی قلمداد می‌کنند و تلاطم و تغییرپذیری را جز لاینفک بازار سرمایه بیان می‌کنند. به عقیده Karami & Rastegar (2018) یکی از عوامل موثر در بهینه‌سازی سبد سهام، اثر سرریز بازده و ریسک از بخشی از بازار بر بخش دیگری از بازار است. به‌طوری که Yin et al. (2020) به‌هم پیوستگی موجود در نوسانات قیمت سهام یا سایر دارایی‌ها را عاملی جهت انتقال نوسانات قیمت از یک یا چند بخش به سایر بخش‌ها معرفی می‌کنند. به عقیده ژانگ و همکاران Zhang et al. (2018) روش میانگین – واریانس مارکوویتز محبوب‌ترین روش به‌منظور حل مشکل انتخاب سبد بهینه است. بازده انتظاری و ماتریس کواریانس دو ورودی رویکرد مارکوویتز در انتخاب بهینه سبد دارایی می‌باشند که به‌سختی قابل برآورد از اطلاعات تاریخی (historic data) هستند. اما Trichilli et al. (2020) متذکر می‌شوند که بنا به حساسیت بسیار زیاد فرآیند میانگین – واریانس مارکوویتز به تغییرات اندک در ورودی‌ها و همچنین وابستگی فرآیند یاد شده به قیمت‌های تاریخی گذشته (past historical price) که منجر به عدم استفاده از دانش و تجربه شخص سرمایه‌گذار در بازار سرمایه می‌گردد، متاسفانه مدل بهینه‌یابی سبد دارایی مارکوویتز موجب انتخاب تعداد کمی از دارایی‌های برتر می‌گردد. ایشان استفاده از رویکرد بیزی را جهت رفع نواقص مدل مارکوویتز پیشنهاد می‌کنند. به عقیده Billio et al. (2006) انتخاب پرتفوی بهینه و محاسبه انحراف معیار پرتفوی نیاز به پیش‌بینی ماتریس کواریانس بازده دارایی‌ها دارد. Dai & Wen (2018) معتقدند که برآورد ساختار کواریانس نقش مهمی در انتخاب سبد دارایی ایفا می‌کند. Ledoit & Wolf (2004a) از روش انقباض بیزی (Bayesian shrinkage) برای تخمین ماتریس کواریانس استفاده کردند. ایشان اثبات می‌کنند که رویکرد مذکور ماتریس کواریانس نمونه را بهتر برآورد می‌کند. Bauder, et al. (2018) استفاده از توزیع قابل پیشی‌بینی پسین (posterior predictive distribution) را برای مقابله با مشکلات الگوی مارکوویتز پیشنهاد می‌کنند. (Ekstrom & Vaicenavicius 2016) استفاده از هر توزیع پیشین یا یک ماتریس کواریانس معکوس را برای مدل‌سازی کشیدگی نامعین (uncertain drift) پیشنهاد می‌نمایند.

به عقیده Zhang et al. (2018) تحت رویکرد بیزین، برآوردهای میانگین و واریانس به توزیع‌های قابل پیش‌بینی (predictive) از بازدهی اوراق وابسته است. استفاده از توزیع قابل پیش-بینی بازده اوراق و استراتژی بیزی بهینه‌سازی سبد دارایی، از حداکثرسازی سود مورد انتظار به-دست می‌آید. Tu & Zhou (2010) استفاده از رهیافت بیزین را برای وزن‌دهی به سبد دارایی تحت تئوری مارکوویتز پیشنهاد می‌کنند و معتقدند که این رهیافت نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. یکی دیگر از نقدهایی که به مدل‌های پیشین تئوری مدرن پرتفوی وارد می‌شود، فرض توزیع نرمال واریانس سبد دارایی است. Poor Ahamadi & Najafi (2015) نتایج رهیافت مارکوویتز از ریسک را زمانی کابردی می‌پندارند که بازده دارایی‌ها یا دارای توزیع نرمال و یا تابع مطلوبیت جهت حداکثرشدن درجه دوم باشند. از این‌رو از توزیع‌های نامتقارن با دنباله‌های پهن در مدل‌های تعمیم‌یافته مارکوویتز استفاده شده است که به داده‌های جهان واقعی نزدیک‌تر هستند. محققانی همچون Abdullah et al. (2016) از یک رویکرد ناهمسانی واریانس شرطی پویا (DCC-GARCH) جهت استخراج ماتریس کواریانس در مدل مارکویتز استفاده کردند. اما مدل‌های ناهمسانی شرطی پویا دارای محدودیت‌هایی در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی نامتقارن می‌باشند. در این راستا Kroner & Ng (1998) معتقدندکه مدل‌های گوناگون ماتریس کواریانس در رفتار دینامیکی واریانس‌ها، کواریانس‌ها و همبستگی‌ها محدودیت‌های قابل توجهی را لحاظ می‌نمایند و روش اتخاذ شده توسط مدل‌های مذکور جهت بررسی تاثیر شوک‌های پیشین بازدهی‌دارایی‌ها بر واریانس و کواریانس عاملی جهت بروز برآوردهای همبستگی شدیدتری در این مدل‌ها است. از این‌رو Bala & Takimoto (2017) ضمن تایید برآوردهای بیش‌ازحد پویایی‌های همبستگی توسط مدل‌های MGARCH بیان می‌دارند از آن‌جا که فرضیه چگالی شرطی باید بر اساس حقایق رایج و مرسوم در بازده دارایی‌های مالی از جمله چولگی و ناهمسانی واریانس شرطی، اثر اهرم و دم‌های پهن استوار باشد و حال آن‌که مدل‌های مذکور در تسخیر تمام این ویژگی‌ها ناکامند، بنابراین این واقعیت بر تخصیص سبد دارایی و ریسک منتشر شده در بازارها تاثیر گذاشته و موجب برآوردهای نادرستی از آنان می‌گردد. این مهم موجب گردید تا استفاده از مدل‌های ناهمسانی واریانس چوله چند متغیره مانند Bayesian DCC-GARCH که توانایی بیش‌تری از مدل‌های MGARCH در اتخاذ ویژگی‌های سری‌های زمانی مالی در فرآیند برآورد ماتریس‌های کواریانس و همبستگی دارند توسط Bala & Takimoto (2017)، Fioruci et al. (2014)، (& Bauwens

Laurent (2005) و سایرین مورد استفاده قرار گیرد. به عقیده این محققین مدل‌های بیزین MGARCH که توانایی تسخیر ویژگی‌های عدم تقارن و دنباله‌های پهن موجود در بازده سری‌های زمانی مالی را دارند می‌توانند گزینه بهتری نسبت به مدل‌های MGARCH متعارف جهت بررسی همبستگی‌های پویا و همچنین استخراج ماتریس کواریانس بین سری‌های مالی باشند. لیکن مشکلات مدل مارکوویتز به اینجا ختم نمی‌شود. یکی دیگر از معضلات رویکرد مارکوویتز فرض در نظر گرفتن محدودیت فروش است. بدین معنی که امکان فروش کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نیست. از این‌رو Huang & Litzenberger (1988) با معرفی مدل تعیم‌یافته مارکوویتز این قید را در مدل مذکور برطرف ساختند.

In & Kim (2013) استفاده از روش‌های تبدیل موجک در مدل مارکوویتز را منجر به ارائه نتایج واقعی‌تر می‌دانند؛ ضمن آن‌که به عقیده Liu et al. (2017) بایستی خصلت‌های بعد فرکانسی موجود در سری‌های زمانی مالی را هنگام تحلیل نتایج در نظر گرفت. همچنین (Gençay et al. 2001) افق‌های سرمایه‌گذاری مختلف در طول دوره سرمایه‌گذاری را یکی از نگرانی‌های سرمایه-گذاران و مدیران سبد دارایی برمی‌شمارند بدین صورت‌که بازده بازار نه‌تنها متغیر با زمان است، بلکه وابسته به مقیاس زمانی مربوط به افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری می‌باشد. از آن‌جا که Zhang, et al. (2018) معتقدند که پژوهش‌های احتمالی آینده بر روی توزیع‌های مختلف بازدهی‌های اوراق قرضه در مدل بهینه‌یابی سبد دارایی مارکوویتز تمرکز خواهند نمود و از طرفی Mrichilli, et al. (2020) هسته تئوری مدرن پرتفوی را بهینه‌سازی میانگین – واریانس معرفی می‌کنند، بر این اساس در این پژوهش سرمایه‌گذاری که قصد سرمایه‌گذاری در یک سبد دارایی بهینه طبق الگوی هانگ و لیتزنبرگر برای یک افق زمانی محدود دارد در نظر گرفته شده است. دوره پژوهش از ۱۳۸۷/۹/۲۴ الی ۱۳۹۸/۳/۲۶ و به تفکیک دوران قبل از برجام، پسا برجام و خروج آمریکا از برجام است. داده‌های مورد استفاده شامل بازده قیمت سهام گروه‌های منتخبی از بازار سرمایه ایران می‌باشد که بیش‌ترین تاثیر را از تحریم‌های اقتصادی متحمل می‌شوند. ماتریس کواریانس با استفاده از ۲ روش متفاوت (غیرشرطی و شرطی مستخرج از مدل Bayesian DCC-GARCH) در مدل بهینه‌یابی سبد دارایی هانگ و لیتزنبرگر در مقیاس‌های زمانی ۴ گانه براساس

رویکرد تبدیل موجک گسسته با حداکثر همپوشانی (MODWT) مورد استفاده قرار میگیرد و نتایج در انتها با هم مقایسه می‌شوند تا بهترین سبد دارایی با توجه به معیار شارپ[1] از بین ۲ ماتریس کواریانس مذکور انتخاب گردد. از آن‌جا که ایرادات اصلی وارد به مدل مارکوویتز عبارتند از: لزوم داشتن توزیع نرمال سری بازدهی‌ها و عدم امکان فروش استقراضی، مدل Bayesian DCC-GARCH و رهیافت هانگ و لیتزنبرگر به ترتیب مشکلات مدل مارکوویتز را برطرف می‌سازند. ضمن آن‌که استفاده از تحلیل موجک امکان ارائه یک پرتفوی مناسب براساس دامنه‌های فرکانسی و زمانی متفاوت را طی زیر دوره‌های مختلف فراهم می‌سازد. در حقیقت نویسندگان به دنبال آن هستند تا رویکرد بهینه‌یابی سبد دارایی مارکوویتز را به‌گونه‌ایی تعمیم و باز طراحی نمایند که هم ویژگی‌های بارز سری‌های زمانی مالی از قبیل چولگی و کشیدگی بیش‌از حد و هم ملاحظات مورد توجه سرمایه‌گذاران یعنی حداقل ریسک و فروش استقراضی را در فرآیند بهینه‌یابی و تشکیل سبد دارایی مدنظر قرار گیرد. مباحث آتی این پژوهش به‌ترتیب بر اساس مبانی نظری، روش تحقیق، یافته‌ها و نتیجه‌گیری تنظیم شده است.

مبانی نظری

برای مطالعه حاضر دو نظریه شناسایی شده است. اولین تئوری توسط (Pindyck & Rotemberg (1993 ارائه شده است که بیان‌کننده حرکت مشترک قیمت دارایی‌های مالی به‌دلیل رفتار توده‌ایی (herd behavior) در بازارهای مالی است. ایشان دریافتند که قیمت کالاهای خام نامرتبط، گرایش به حرکت مشترک باهم دارند. تئوری دوم توسط مارکوویتز راجع به تنوع‌بخشی سبد دارایی است. این تئوری بیان می‌کند که نوسانات یک سبد دارایی کم‌تر از میانگین وزنی نوسانات اوراق بهادار است به طوری‌که سبد دارایی حاوی دارایی‌های است که بازده آن‌ها کاملا مرتبط به‌هم نیستند.

یکی از ورودی‌های مورد نیاز مدیران ریسک با هدف ایجاد پرتفوی کارآمد، همبستگی پویا

---

۱. از معیار شارپ جهت مقایسه کارایی سبدهای دارایی در مطالعات مختلفی از جمله Trichilli, et al. (2020) استفاده شده است.

میان اوراق بهادار در پرتفوی خویش می‌باشد. رخدادهای جهانی مثل قیمت ارز و طلا، تنش‌های سیاسی مثل تحریم‌های اقتصادی و اخبار لحظه‌ای مانند قیمت حامل‌های انرژی (به‌ویژه قیمت نفت) از جمله ریسک‌ها و شوک‌هایی می باشند که فعالان بازار سرمایه با آن مواجه هستند. به عقیده Billio, et al. (2006) در دوره‌های پر نوسان، مقدار و شدت همبستگی تحت تاثیر نوسانات قرار می‌گیرد. به عقیده Armstrong (2018) هنگام ایجاد مدل‌های مالی، تمایل به تسخیر پیچیدگی-های بازارهای مالی و نیاز به ساده‌سازی جهت انجام برآوردهای معقول و ممانعت از تخمین‌های بیش‌از حد وجود دارد. Bahlous & Yusof (2014) یکی از تکنیک‌های حداکثرسازی بازدهی را متنوع‌سازی سرمایه‌گذاری عنوان می‌کنند. همچنین Bakar & Rosbi (2018) تنوع سرمایه‌گذاری را روشی جهت حداکثرسازی نرخ بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاران قلمداد می‌کند. نظریه متنوع-سازی سبد دارایی harry Markowitz (1952) یک از معروف‌ترین نظریه‌ها در این زمینه می‌باشد. این نظریه به این معنی است که سرمایه‌گذاران همه دارایی‌های خود را در امنیت و با بیش‌ترین ارزش تنزیل شده سرمایه‌گذاری کنند. به عقیده Way et al. (2019) اصطلاح معروف "تمام تخم مرغ‌های خویش را در یک سبد قرار ندهید" در نگاه اول بسیار شبیه به مسئله چگونگی تخصیص مجموعه‌ای از سرمایه‌گذاری‌های مالی به‌نظر می‌رسد. از نظر ایشان تئوری نوین سبد دارایی یک فرد ریسک‌پذیر را در نظر می‌گیرد که قصد سرمایه‌گذاری در دارایی‌های مالی را دارد. نتیجه مهم این تئوری ایجاد یک روش بهینه برای ترکیب دارایی‌ها در یک سبد دارایی است به طوری‌که بازده مورد انتظار بر اساس یک سطح معینی از ریسک به حداکثر برسد. سرمایه‌گذاران می‌توانند براساس درجه ریسک‌گریزی و ریسک‌پذری خود و تابع مطلوبیت بیش‌ترین بازده انتظاری از سرمایه‌گذاری خویش را به‌وسیله شناسایی مرز کارای[1] مربوط به سبد دارایی‌ها به‌دست آورند. هر کدام از سرمایه‌گذاران ترکیب سبد دارایی خویش را هدف کمینه کردن ریسک و بیشینه کردن بازده از طریق انتخاب نقطه‌ایی روی مرز کارا بر مبنای ریسک‌گریزی و ریسک‌پذیری خود قرار

---

۱. حل مکرر مدل مارکوویتز به‌ازای مجموعه‌ای از مقادیر مختلف سطح حداقلی بازده سبد دارایی و رسم نمودار بازده – ریسک سبد دارایی به‌ازای پاسخ‌های گوناگون، مجموعه نقاطی را ارائه می‌دهد که از آن به عنوان مرز کارا یاد می‌شود. در واقع مرز کارا یک تصویر ساده از رابطه جانشینی میان بازدهی و ریسک را ارائه می‌دهد.

می‌دهند. مطابق با ایده اساسی نظریه مدرن پرتفوی، سرمایه‌گذاری در دارایی‌هایی که همبستگی کاملی با یکدیگر ندارند موجب خنثی‌سازی ریسک این دارایی‌ها و ایجاد یک بازده ثابت با ریسک کم‌تر می‌گردد. کوادراتیک بودن، محدودیت بالا و پایین سرمایه‌گذاری در هر دارایی، وزن‌های ناپایدار و بیش‌از حد و ضعف عملکرد خارج از نمونه از جمله ضعف‌های رهیافت مارکوویتز جهت بهینه‌سازی سبد دارایی است. در این زمینه Merton (1980) و Bauder et al. (2018) نشان دادند که تحلیل میانگین - واریانس در معرض ضعف‌ها و محدودیت‌های کلاسیکی قرار دارد که اساسا با وزن‌های پرتفوی غیرعادی همراه است.[۱]

Dai & Wen (2018) برآورد ساختار کواریانس را یک عامل مهم در انتخاب سبد دارایی بیان می‌کنند. Elton & Gruber (1973) از یک مدل همبستگی ثابت (constant correlation model) جهت ایجاد ماتریس کواریانس استفاده کردند. Chan et al. (1999) از یک مدل عامل برای برآورد ماتریس کواریانس استفاده و آن‌را در مدل حداقل واریانس سبد دارایی (MVP) اعمال نمودند. Laloux et al. (2000) از تئوری ماتریس تصادفی به‌منظور دسترسی به ماتریس-های همبستگی مالی استفاده کردند. Sharifi et al. (2004) برای تعیین درصد اخلال (noise) در یک ماترس کواریانس از تئوری ماتریس تصادفی استفاده کرده و سپس بخش اخلال را از ماتریس همبستگی جدا کردند. Ismail & Pham (2019) با بیان این مهم که استخراج دقیق پارامتر همبستگی از اطلاعات بازار در عمل مشکل می‌باشد از یک مدل میانگین-واریانس مستحکم مارکوویتز (robust Markowitz mean-variance) تحت شرایط نااطمینانی از نوسانات و همبستگی چند دارایی مالی پر مخاطره استفاده کردند. ایشان از یک چارچوب احتمالی جهت تسخیر نااطمینانی و ابهام در ماتریس کواریانس استفاده نموده و توانستند به یک حد پایین‌تری برای معیار شارپ از هر استراتژی پرتفوی کارای مستحکم دست یابند که مستقل از هر مدل‌سازی ماتریس کواریانس بود. رویکرد انقباضی مبتنی بر بازار بلک-لیترمن (Black–Litterman) مدلی است که در آن یک میانگین وزنی از تعادل بازار و دیدگاه سرمایه‌گذاران برای برآورد بازده‌های انتظاری محاسبه می‌شوند. Xiao & Valdez (2015) مدل بلک- لیترمن را به مواردی که توزیع

---

۱. این وزن‌ها عموما هنگام ایجاد پرتفوهای بهینه و کارا ایجاد می‌شوند.

بازدهی‌ها از یک توزیع بیضوی تبعیت می‌کنند گسترش دادند. توزیع‌های چند متغیره بیضوی (multivariate elliptical distributions) توزیع‌های جایگزینی هستند که توسط (Fabozzi et al. (2007، Yang, et al. (2014) و Xiao & Valdez (2015) برای بازارهای مالی معرفی گردیدند. به‌عقیده Best & Grauer (1991) تخمین بازده مورد انتظار نه تنها پیچیده‌تر از تخمین واریانس و کواریانس است، بلکه یک تخمین اشتباه از بازده مورد انتظار می‌تواند منجر به ایجاد سبدهای دارایی غیربهینه گردد. برای فائق آمدن به این مشکل در مدل MTP، روش‌های مبتنی بر آمار بیزی توسط Frost & Savarino (1986)، Aguilar & West (2000)، (Avramov & Zhou (2010، Bodnar et al. (2017) و De Franco et al. (2018) و Trichilli et al. (2020) توسعه داده شده است.

امروزه بسیاری از عدم قطعیت پارامترها به عقیده Zhao et al. (2019) در چارچوب آمار بیز تجزیه و تحلیل می‌گردد. Greyserman et al. (2006) با استفاده از تقریب تصادفی، یک رویکرد انتخاب سبد دارایی را با به‌کارگیری یک توزیع قابل پیش‌بینی بیزی از بازده اوراق در نظر گرفتند. آن‌ها پیشین‌های سلسله مراتبی (hierarchical priors) را از بردار میانگین و ماتریس کواریانس اوراق بهادار به‌دست آوردند.

در مدل مارکوویتز، میانگین بیانگر بازده مورد انتظار و واریانس نشان‌دهنده ریسک سبد دارایی است. لیکن واریانس و انحراف معیار به‌عنوان دو سنجه ارزیابی ریسک با فرض نرمال بودن توزیع بازده دارایی‌ها صحیح است که در بسیاری از مواقع به دلیل آن‌که توزیع بازده دارایی‌ها نرمال نیست یا به‌شکل توزیع بازده چوله است، این فرض مقدور نمی‌باشد. برای غلبه بر این مشکل محققان از ماتریس کواریانس مستخرج از مدل‌های MGARCH استفاده کردند. Abdullah et al. (2016) از یک رویکرد ناهمسانی واریانس شرطی پویا (DCC-GARCH) که توانایی اتخاذ یک توزیع t استیودنت را دارد جهت استخراج ماتریس کواریانس در مدل مارکویتز استفاده کردند. ایشان تایید کردند که رویکرد MGARCH-DCC در تسخیر ماهیت دنباله‌های پهن موجود در توزیع بازده سهام توانمندتر از مدل کلاسیک مارکوویتز است. Saiti & Noordin (2018) به‌منظور تخمین همبستگی‌های متغیر با زمان میان بازده سهام از یک مدل ناهمسانی واریانس شرطی مشروط (DCC) استفاده نمودند. به عقیده ایشان یک بخش مهمی از فرآیندهای امروزه تحصیص دارایی، تعیین همبستگی میان دارایی‌هاست که به سرمایه‌گذاران در دست‌یابی به یک پرتفویی با

حداکثر بازدهی و کم‌ترین سطح ریسک ممکن کمک می‌کند. لیکن به عقیده (Bauwens & Laurent (2005، Fioruci et al. (2014) و Bala & Takimoto (2017) از آن‌جا که توزیع غیرشرطی اکثر بازده دارایی‌های مالی دنباله‌های پهن‌تری نسبت به مدل‌های با توزیع نرمال دارد، بنابراین معرفی چولگی در توزیع خطا مدل MGARGH می‌تواند منجر به حصول نتایج دقیق‌تری شود[۱].

پیشنیه پژوهش

با توجه به نوآوری پژوهش حاضر، هیچگونه مطالعه داخلی به کمک رهیافت بیزین DCC-CARCH اقدام به بهینه‌سازی سبد دارایی نکرده است. از این‌رو این بخش به بررسی مهم‌ترین مطالعات خارجی در حوزه مطالعاتی پژوهش حاضر می‌پردازد.

Trichilli et al. (2020) از یک رویکرد بیزی جهت ارزیابی استحکام نتایج مدل بهینه‌یابی میانگین – واریانس در ایجاد یک پرتفوی جهانی استفاده کردند. این رویکرد بیزی، مدل سنتی مارکوویتز را جهت تعیین خطاهای برآورد و ترکیب آن‌ها در فرآیند انتخاب سبد دارایی گسترش داد. به عقیده ایشان ایده استنتاج بیزی یک نمونه اضافی یا اطلاعات پیشین مفیدی را با داده‌های نمونه ترکیب می‌کند که موجب حصول پرتفوی بهینه بیزی از طریق حداکثرسازی سود مورد انتظار با توجه به یک توزیع پیشگویانه می‌گردد. به‌طور کلی ایشان مزایای استفاده از رویکرد بیزی در رهیافت مارکوویتز را به شرح زیر بیان می‌کنند:

۱. کاربرد سریع، شهودی و پیاده‌سازی آسان الگوریتم‌های عددی
۲. به‌کار گرفتن صحیح رویکرد مذکور در بستر تئوری مدرن پرتفوی جهت آمیختن باورهای سرمایه‌گذاران، نااطمینانی در بازده مورد انتظار و استخراج ماتریس کواریانس صحیح و مناسب که مدل‌های آماری استاندارد اغلب آن‌ها را نادیده می‌گیرند.
۳. مد نظر قرار دادن همزمان داده‌های تاریخی و اطلاعات پیشین مانند دانش متخصصان
۴. استخراج مرزهای کارای بهتر نسبت به مرز کارای یک الگوی بیش‌ازحد خوشبین

---

۱. به منظور آشنایی با روش‌شناختی مدل‌های Bayesian DCC-GARCH مراجعه شود به Fioruci et al. (2014) و Hoseini et al. (2020)

Zhao et al. (2019) با استفاده از داده‌های روزانه ۳۰ شرکت منتخب در بازار سرمایه چین از ۶ نوامبر ۲۰۰۹ تا ۲۱ اکتبر ۲۰۱۱ دریافتند که امروزه بسیاری از عدم قطعیت پارامترها در چارچوب بیزی تجزیه و تحلیل می‌گردد. پیامد در نظر نگرفتن این عدم قطعیت پارامترها و مدل‌ها، تشکیل سبد دارایی غیربهینه است. جهت استفاده از رویکرد بیزی در تحلیل انتخاب پرتفوی از نظر آنان، بایستی سرمایه‌گذاران ابتدا پارامترهای پیشین را تنظیم نمایند. سپس ایشان از قوانین آمار بیز جهت حصول پارامترهای پسین استفاده کنند. Rahim & Masih (2016) با استفاده رویکرد MGARCH-DCC و آنالیز موجک، وابستگی متقابل بازار سهام مالزی با شرکای تجاری اصلی خود را با در نظر گرفتن همبستگی‌های زمان – متغیر و افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری سرمایه-گذاران بررسی کردند. به عقیده ایشان روش‌شناسی MGARCH-DCC توانایی در نظر گرفتن توزیع t واریانس‌ها را که منعکس‌کننده تسخیر ماهیت پهن دنباله‌های توزیع غیرنرمال بازده‌های شاخص سهام است را دارد. در واقع ایشان به‌منظور غلبه بر یکی از انتقادات اساسی وارد بر مدل مارکوویتز مبنی بر سادگی بیش‌از حد و داشتن توزیع نرمال واریانس‌های سبد دارایی از روش-شناسی فوق استفاده نمودند. همچنین نویسندگان از آنالیز موجک جهت بررسی استحکام نتایج استفاده کرند. Billio et al. (2006) از داده‌های روزانه مربوط به بازده سهام منتخب در گروه‌های صنعت، خدمات و مالی بازار سرمایه کشور ایتالیا طی دوره ۱۹۹۱ الی ۲۰۰۳ برای مقایسه سبد دارایی مستخرج از رهیافت مارکوویتز با استفاده از ماتریس کواریانس به‌دست آمده از مدل‌های CCC، DCC و FDCC استفاده کردند. ایشان نتیجه گرفتند که مدل FDCC پرتفوهایی با کم‌ترین واریانس و بیش‌ترین بازدهی ارائه می‌دهد.

روش‌شناسی پژوهش

همان‌طور که در مقدمه اشاره گردید الگوی مارکویتز اصلی دارای محدودیت فروش است. بدین معنی‌که امکان فروش کوتاه‌مدت میسر نیست. Rambaud et al. (2009) معتقدند اگر یک اقتصاد متشکل از مجموعه‌ای از دارایی‌های پرمخاطره همراه با یک دارایی بدون ریسک باشد،

آن‌گاه پرتفوی‌هایی که در امتداد خط بازار سرمایه[۱] (CML) قرار گرفته‌اند نسبت به پرتفوی‌های مرز کارا که تنها حاوی دارایی‌های پرمخاطره هستند، برتری دارند. روش‌های متعددی برای استخراج خط بازار سرمایه وجود دارد که همه آن‌ها بر اساس روش ضرایب لاگرانژ هستند. یکی از این روش‌ها، رویکرد هانگ و لیتزنبرگر می‌باشد. به عقیده Jackson & Staunton (1999) در صورتی که هیچ محدودیتی در وزن دارایی‌ها وجود نداشته باشد، آن‌گاه مرز کارا به سهولت از طریق جبر ساخته می‌شود. هرچند برخی از کتب پیشرفته‌تر استخراج مرز کارا در این شرایط را به‌وسیله راه‌حل تکراری مجموعه‌ای از معادلات همزمان نشان می‌دهند؛ لیکن رویکرد بهتری نیز وجود دارد. هانگ و لیتزنبرگر توضیح دادند چگونه می‌توان دو نقطه در مرز پیدا کرد و چگونه می‌توان با استفاده از نتایج Black (1972) یک مرز کامل را با استفاده از این نقاط ایجاد کرد. وی امکان فروش استقراضی (منفی بودن اوزان) را به مدل پایه‌ای مارکویتز با معرفی رابطه‌ای ریاضی تحمیل نمود. می‌توان مدل استاندارد مارکوویتز را برای سرمایه‌گذاری که قصد بیشینه‌سازی بازده (حداقل‌سازی ریسک) سبد دارایی خود را دارد به‌صورت زیر در نظر گرفت:

$$Min_w \ \acute{w}Hw$$
$$S.t. \ \ \acute{w}1 = 1 \, , w \geq 0$$

رابطه ۱)

در رابطه فوق w بردار وزن‌ها و H ماتریس واریانس-کواریانس است. این ماتریس می‌تواند به‌صورت شرطی یا غیرشرطی باشد. قیود نیز بیان می‌کنند که اولا بایستی مجموع وزن دارایی‌های مختلف در سبد بهینه مساوی یک باشد و ثانیا امکان فروشی استقراضی وجود ندارد. لیکن بدلیل آن‌که از رویکرد هانگ و لیتزنبرگر جهت برآورد مدل مارکوویتز استفاده شده است بنابراین قید دوم بی‌معنی خواهد بود.

یکی دیگر از راهکارهای بهینه‌سازی تئوری مدرن سبد دارایی مارکوویتز استفاده از رویکرد تبدیل موجک می‌باشد به طوری‌که In & Kim (2013) استفاده از روش‌های تبدیل موجک در مدل مارکوویتز را منجر به ارائه نتایج واقعی‌تر می‌دانند و معتقدند که روش مذکور هیچ فرضیه

---

۱. مرز کارای غیرخطی مارکوویتز به‌وسیله در نظر گرفتن برخی مفروضات توسط شارپ به مرز کارای خطی تبدیل گردید. این مرز خطی به خط بازار سرمایه (Capital Market Line) در ادبیات مالی شهرت دارد.

جدیدی را در مدل مارکوویتز ایجاد نمی‌کند. Abdullah & Masih (2016) و Rahim & Masih (2016) از رویکرد MODWT جهت بررسی تغییرات مزایای تنوع‌بخشی سبد دارایی باتوجه به افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران یا دوره‌های نگهداری سهام استفاده کردند. Rahim & Masih (2016) برآوردگر واریانس بر اساس ضرایب MODWT را به‌طور مجانبی کاراتر از برآوردگر واریانس بر اساس ضرایب یک تبدیل موجک گسسته (DWT) می‌دانند و معتقدند که با استفاده از MODWT می‌توان واریانس و کواریانس‌های کاراتری در مقیاس‌های زمانی متفاوت محاسبه نمود. از ابزار موجک در مطالعه رفتار سری‌های زمانی نامانا در چارچوب افق‌های زمانی گوناگون جهت بررسی هم‌زمان، زمان و مقیاس سری‌های مالی استفاده می‌گردد. از آن‌جا که آنالیز موجک، سری‌های زمانی را به اجزاء قائم با فرکانس‌های متفاوت تفکیک می‌سازد، بنابراین امکان بیان همبستگی بین سری‌های زمانی را در افق‌های زمانی متفاوت ایجاد می‌کند. به دلیل آن‌که بازار سرمایه شامل فعالان متعدد با افق‌های زمانی مختلف است و این افق‌های زمانی متفاوت بر نحوه عملکرد آنان تاثیر بسزایی می‌گذارد، در این پژوهش از تجزیه‌وتحلیل موجک جهت بهینه‌سازی سبدهای دارایی در مقیاس‌های زمانی مختلف بازده قیمت سهام از طریق تجزیه بازده قیمت براساس مقیاس به مقیاس در دو حوزه زمان و مقیاس استفاده شده است. پژوهش حاضر از تبدیل MODWT با طول ۸ و در ۴ سطح استفاده کرده است. Gençay et al. (2001) و In & Kim (2013) طول ۸ در تبدیل مذکور را یک طول مناسب جهت تحلیل ویژگی داده‌های سری‌زمانی قلمداد می‌کنند. همچنین In & Kim (2013) بحث می‌کنند که رویکرد MODWT با ۸ وقفه، ضرایب موجک هموارتری را نسبت به سایر فیلترها مانند فیلتر موجک هار (Haar) تولید می‌کند. در رویکرد MODWT فیلترهای موجک ($\tilde{h}_k$) و مقیاس‌گذاری ($\tilde{g}_k$) در iامین سطح تجزیه مطابق با Liu et al. (2017) به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شوند:

$$\tilde{h}_{i,k} = h_{i,k}/2^{i/2} \quad \text{و} \quad \tilde{g}_{i,k} = g_{i,k}/2^{i/2} \qquad (۲)$$

هر یک از فیلترهای موجک MODWT عرضی برابر با $L_i \equiv (2^i - 1)(L - 1) + 1$ دارد و هنگامی می‌توانند محاسبه گردند که فیلتر موجک پایه MODWT و فیلتر مقیاس‌گذاری MODWT برابر با رابطه (۳) تعیین شده باشند (Dajcman, 2015).

$$\tilde{h}_{1,k} \equiv \tilde{h}_k = h_k/\sqrt{2} \quad \text{و} \quad \tilde{g}_{1,k} \equiv \tilde{g}_k = (-1)^{k+1}\tilde{h}_{L-1-k} \qquad (۳)$$

ضرایب موجک و مقیاس‌گذاری به‌طور مشابه به‌وسیله روابط زیر ایجاد می‌گردند:

$$\widetilde{W}_{i,t} = \frac{1}{2^{i/2}} \sum_{k=0}^{L-1} \tilde{h}_{i,k} Y(t-k) \quad (۴)$$

$$\tilde{V}_{i,t} = \frac{1}{2^{i/2}} \sum_{k=0}^{L-1} \tilde{g}_{i,k} Y(t-k) \quad (۵)$$

باتوجه به توضیحات فوق برابری طول ضرایب موجک MODWT در هر مقیاس با طول سیگنال اصلی (Y) کاملا آشکار می‌باشد. بنا به تعریف ضرایب MODWT مطابق با (Percival & Walden 2000)، بیان ماتریسی ضرایب موجک و مقیاس‌گذاری معادلات فوق به صورت رابطه (۶) است:

$$\widetilde{W}_i = \widetilde{\omega}_i Y \quad \text{و} \quad \tilde{V}_i = \tilde{v}_i Y \quad (۶)$$

در رابطه (۶)، $\widetilde{\omega}_i$ و $\tilde{v}_i$ ماتریس‌های $N \times N$ هستند. از روش MODWT سری‌زمانی اصلی را در نهایت می‌توان به‌صورت رابطه (۷) به‌دست آورد:

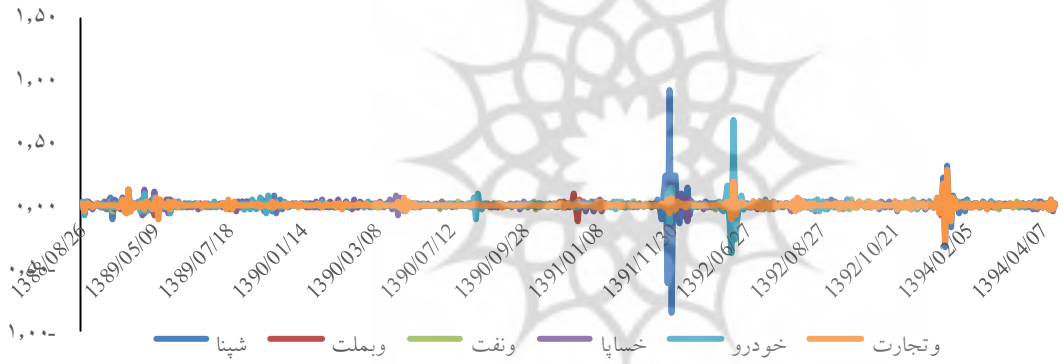
$$Y = \sum_{i=1}^{I} \widetilde{\omega}_i^T \widetilde{W}_i + \tilde{v}_I^T \tilde{V}_I = \sum_{i=1}^{I} \widetilde{D}_i + \tilde{S}_I \quad (۷)$$

جزئیات MODWT برای سری‌زمانی اصلی (Y) در مقیاس i توسط پارامتر $\widetilde{D}_i$ و هموارساز MODWT برای Y در مقیاس I به‌وسیله پارامتر $\tilde{S}_I$ نشان داده می‌شود.

یافته‌های پژوهش

هدف این پژوهش معرفی مدلی جهت انتخاب پرتفوی‌ایی است که با ارزیابی آن سرمایه‌گذاران اقدام به انتخاب درست سبد دارایی (پرتفوی) کنند. ویژگی منحصربه‌فرد مطالعه پیش‌رو استفاده از رویکردهای متغیر با زمان (time-varying) و وابسته به مقیاس (scale dependent) جهت استخراج ماتریس همبستگی میان متغیرهای پژوهش می‌باشد. با استفاده از وابستگی مقیاس-زمانی (time-scale)، این مقاله قادر به شناسایی پرتفوی‌های منحصربه‌فرد برای مجموعه‌های گوناگونی از سرمایه‌گذاران با افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری و یا دوره‌های متفاوت نگهداری سهام است. همچنین به پیروی از Liu et al. (2017) و Nazlioglu et al. (2015) و Hoseini et al. (2020) دوره مطالعاتی پژوهش به ۳ زیر دوره براساس توافق جامع هسته‌ای ایران با ۶ اقتصاد برجسته دنیا که یکی از مهم‌ترین رخدادها و شوک‌های وارده به اقتصاد کشور پس از انقلاب

اسلامی بوده تقسیم شده است. این ۳ زیر دوره عبارت‌اند از دوره قبل از توافق برجام، دوره تصویب برجام تا خروج آمریکا از آن (پسا برجام) و دوره برجام بدون آمریکا. دوره زمانی پژوهش از ۱۳۸۸/۸/۲۶ الی ۱۳۹۸/۳/۲۶ و سهام منتخب شامل شپنا (پالایش نفت اصفهان)، وبملت (بانک ملت)، ونفت (سرمایه‌گذاری صنعت نفت)، خساپا (سایپا)، خودرو (ایران خودرو) و وتجارت (بانک تجارت) می‌باشند[1]. از آن‌جا که هدف اصلی این تحقیق ارائه یک پرتفوی مناسب براساس دامنه‌های فرکانسی و زمانی متفاوت بر اساس ماتریس‌های کواریانس مختلف است، از رویکرد MODWT و با استفاده از فیلتر حداقل نامتقارن داوبشیز[2] (LA) با طول ۸ و مدل Bayesian DCC-GARCH استفاده شده است. مقیاس‌های تجزیه موجک و دوره‌های مربوطه عبارتند از: D_1 (۲ تا ۴ روز)، D_2 (۴ تا ۸ روز)، D_3 (۸ تا ۱۶ روز) و D_4 (۱۶ تا ۳۲ روز). درواقع جز D_1 به نوسانات کوتاه‌مدت (روزانه) مدل در اثر وقوع شوک در مدل، اجزا D_2 و D_3 به نوسانات مربوط به میان‌مدت متغیرها (هفتگی و میان ماهانه[3]) و جز D_4 به نوسانات بلندمدت متغیرها (ماهانه) اشاره می‌کنند. به‌عنوان نمونه نمودارهای زیر شمایی از انواع تجزیه موجک برای بازده شاخص قیمت سهام منتخب در سه زیر دوره را به تصویر می‌کشاند:



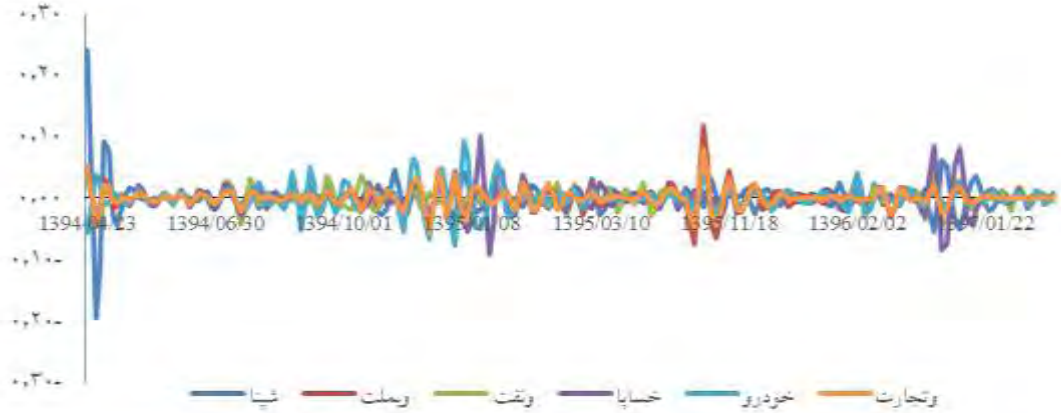
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. بایستی خاطر نشان شد که سهام منتخب از گروه‌هایی می‌باشند که بیش‌ترین تاثیر را از تحریم‌های اقتصادی علیه ایران متحمل شده‌اند.

2. Daubechies least asymmetric
3. Bimonthly

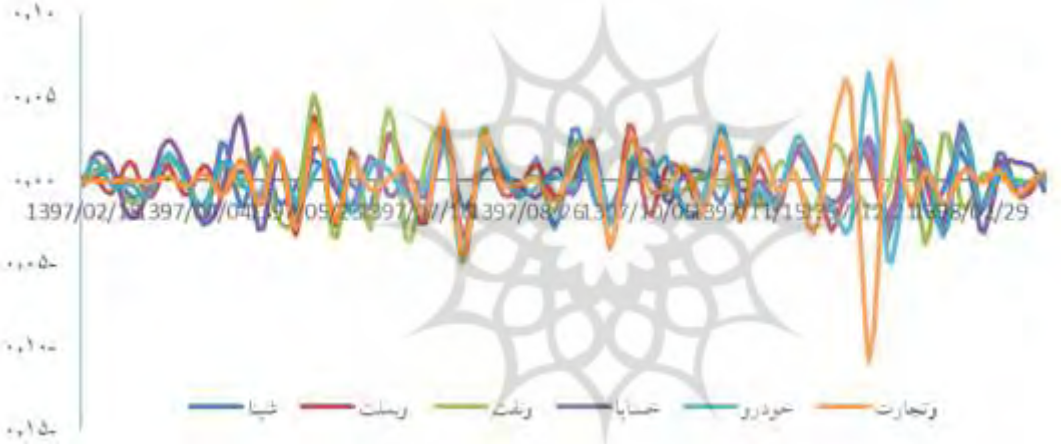
نمودار ۱. تجزیه موجک D_1 برای بازده شاخص سهام منتخب در زیر دوره اول

منبع: محاسبات پژوهش



نمودار ۲. تجزیه موجک D_2 برای بازده شاخص سهام منتخب در زیر دوره دوم

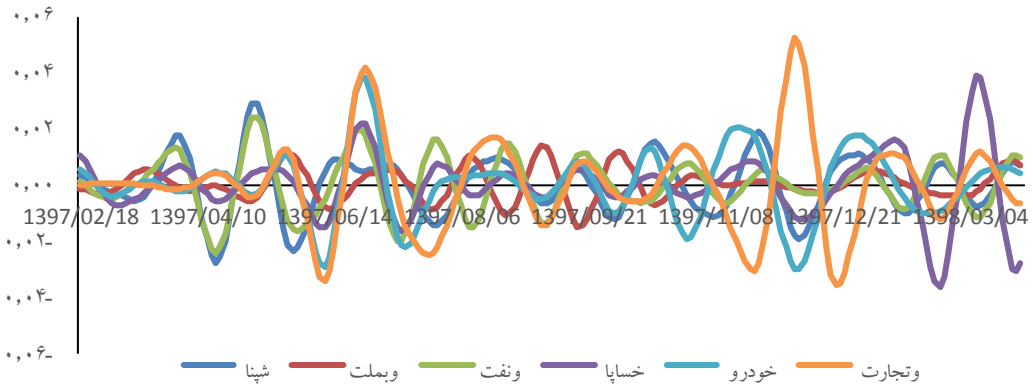
منبع: محاسبات پژوهش



نمودار ۳. تجزیه موجک D_3 برای بازده شاخص سهام منتخب در زیر دوره سوم

منبع: محاسبات پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ٤. تجزیه موجک D_4 برای بازده شاخص سهام منتخب در زیر دوره سوم

منبع: محاسبات پژوهش

توصیف آماری بازده شاخص قیمت سهام منتخب حاکی از آن است که اکثر سری‌های موجک از توزیع گوسی (نرمال) برخوردار نیستند. هم‌چنین سری‌های موجک تمایل به پیروی از یک توزیع لپتوکرتیک با قله‌های بلندتر و دنباله‌های چاق‌تر دارند. در نهایت آزمون‌های ADF و KPSS مانایی سری‌های موجک را در سطح معنی‌داری یک درصد تایید می‌کنند، بنابراین مدل-های اقتصادسنجی بدون مشکل رگرسیون کاذب می‌توانند روی آن‌ها اعمال گردد. جهت مقایسه کارایی مدل‌های مختلف رویکرد مارکوویتز به روش هانگ و لیتزنبرگر، مدل برنامه‌ریزی رهیافت مذکور توسط نرم‌افزارهای RStudio و اکسل برای ده مقدار مختلف از بازده سبد دارایی تحت ماتریس‌های واریانس-کواریانس گوناگون (واریانس-کواریانس غیرشرطی و واریانس-کواریانس شرطی مدل Bayesian DCC) حل و ریسک هرکدام از بازده‌ها در جداول[1] ۱ تا ۴ بیان شده است.

۱. مقادیر داخل جداول برحسب درصد می‌باشد

جدول ۱. ریسک (انحراف معیار) به‌ازای مقادیر مختلف بازده پرتفوی در موجک D_1

ماتریس کواریانس / بازده	زیربخش اول		زیربخش دوم		زیربخش سوم	
	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین
۰/۰۴	۵/۳۷	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۰۴	۰/۵۳	۰/۳۹
۰/۰۸	۲۱/۳۷	۳/۰۸	۲/۴۲	۰/۱۳	۲/۰۴	۱/۵۵
۰/۱۲	۴۸/۰۳	۶/۹۲	۵/۰۹	۰/۲۸	۴/۵۵	۳/۴۹
۰/۱۶	۸۵/۳۴	۱۲/۲۷	۸/۷۶	۰/۴۸	۸/۰۶	۶/۲۲
۰/۲	۱۳۳/۳	۱۹/۱۶	۱۳/۴۲	۰/۷۳	۱۲/۵۷	۹/۷۲
۰/۲۴	۱۹۱/۹۱	۲۷/۵۷	۱۹/۰۷	۱/۰۴	۱۸/۰۷	۱۴/۰۱
۰/۲۸	۲۶۱/۱۸	۳۷/۵	۲۵/۷۲	۱/۴	۲۴/۵۸	۱۹/۰۷
۰/۳۲	۳۴۱/۰۹	۴۸/۹۷	۳۳/۳۶	۱/۸۱	۳۲/۰۸	۲۴/۹۲
۰/۳۶	۴۳۱/۶۶	۶۱/۹۶	۴۱/۹۹	۲/۲۸	۴۰/۵۸	۳۱/۵۵
۰/۴	۵۳۲/۸۷	۷۶/۴۸	۵۱/۶۱	۲/۸	۵۰/۰۸	۳۸/۹۵

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۲. ریسک (انحراف معیار) به‌ازای مقادیر مختلف بازده پرتفوی در موجک D_2

ماتریس کواریانس / بازده	زیربخش اول		زیربخش دوم		زیربخش سوم	
	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین
۰/۰۴	۰/۷۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰	۰/۲۵	۰/۱۹
۰/۰۸	۳/۰۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۹۱
۰/۱۲	۷/۰۵	۰/۳	۰/۵۱	۰/۰۳	۲/۲۳	۲/۰۵
۰/۱۶	۱۲/۶۷	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۰۶	۳/۹۷	۳/۲
۰/۲	۱۹/۹۲	۰/۸۵	۱/۴۷	۰/۰۹	۶/۲۲	۵/۹۱
۰/۲۴	۲۸/۸۱	۱/۲۳	۲/۱۴	۰/۱۳	۸/۹۶	۸/۱
۰/۲۸	۳۹/۳۴	۱/۶۸	۲/۹۴	۰/۱۷	۱۲/۲۱	۱۱/۸۶
۰/۳۲	۵۱/۵۱	۲/۲	۳/۸۷	۰/۲۳	۱۵/۹۵	۱۴/۹۲
۰/۳۶	۶۵/۳۱	۲/۷۸	۴/۹۲	۰/۲۸	۲۰/۲۰	۱۹/۹۸
۰/۴	۸۰/۷۵	۳/۴۴	۶/۱	۰/۳۵	۲۴/۹۵	۲۳/۸۱

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۳. ریسک (انحراف معیار) به‌ازای مقادیر مختلف بازده پرتفوی در موجک D_3

ماتریس کواریانس / بازده	زیربخش اول		زیربخش دوم		زیربخش سوم	
	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین
۰/۰۴	۰/۶۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰	۰/۰۳	۰/۰
۰/۰۸	۲/۳۲	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰	۰/۰۹	۰/۰۲
۰/۱۲	۵/۰۳	۰/۳	۰/۲۴	۰/۰	۰/۱۸	۰/۰۵
۰/۱۶	۸/۷۹	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۰	۰/۳۲	۰/۰۹
۰/۲	۱۳/۵۹	۰/۸۲	۰/۵۸	۰/۰۱	۰/۵	۰/۱۴
۰/۲۴	۱۹/۴۳	۱/۱۷	۰/۸	۰/۰۱	۰/۷۲	۰/۲۱
۰/۲۸	۲۶/۳۱	۱/۵۹	۱/۰۶	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۲۸
۰/۳۲	۳۴/۲۳	۲/۰۷	۱/۳۶	۰/۰۱	۱/۲۸	۰/۳۷
۰/۳۶	۴۳/۱۹	۲/۶۱	۱/۶۹	۰/۰۲	۱/۶۲	۰/۴۷
۰/۴	۵۳/۲	۳/۲۱	۲/۰۷	۰/۰۲	۱/۹۹	۰/۵۸

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ٤. ریسک (انحراف معیار) به‌ازای مقادیر مختلف بازده پرتفوی در موجک D_4

ماتریس کواریانس / بازده	زیربخش اول		زیربخش دوم		زیربخش سوم	
	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین	غیرشرطی	شرطی بیزین
۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۵۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱
۰/۰۸	۱/۱۴	۰/۰۲	۲/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۶
۰/۱۲	۲/۷۱	۰/۰۵	۴/۷۲	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۱۳
۰/۱۶	۴/۹۴	۰/۰۹	۸/۴۴	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۲۳
۰/۲	۷/۸۴	۰/۱۳	۱۳/۲۱	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۳۶
۰/۲۴	۱۱/۴۱	۰/۱۹	۱۹/۰۶	۰/۲۵	۰/۷۶	۰/۵۲
۰/۲۸	۱۵/۶۵	۰/۲۶	۲۵/۹۷	۰/۳۴	۱/۰۴	۰/۷
۰/۳۲	۲۰/۵۵	۰/۳۵	۳۳/۹۶	۰/۴۵	۱/۳۷	۰/۹۲
۰/۳۶	۲۶/۱۲	۰/۴۴	۴۳/۰۱	۰/۵۷	۱/۷۳	۱/۱۶
۰/۴	۳۲/۳۵	۰/۵۴	۵۳/۱۳	۰/۷	۲/۱۴	۱/۴۴

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که جداول ۱ تا ۴ نشان می‌هند، با مقایسه کارایی سبدهای به‌دست آمده از ماتریس-

های واریانس-کواریانس غیرشرطی و شرطی مدل Bayesian DCC مشاهده می‌شود که در تمام زیربخش‌ها و موجک‌ها کارایی سبد دارایی مدل Bayesian DCC بیش‌تر از مدل غیرشرطی می‌باشد. البته درجه کارایی در زیربخش‌های مختلف گوناگون است. در زیربخش‌های اول و دوم در تمامی موجک‌ها، سری‌های بازدهی قیمت سهام منتخب طبق آزمون جارک-برا دارای توزیع غیرنرمال می‌باشند به همین جهت اختلاف میان کارایی سبدهای دارایی به‌دست آمده از مدل‌های غیرشرطی و شرطی بیزین زیاد و قابل توجه می‌باشد. اما در زیر بخش سوم و موجک D_2 سری‌های بازدهی سهام وتجارت، وبملت و وخودرو و در موجک D_3 سری‌های بازدهی سهام وتجارت و وخودرو و در موجک D_4 سری‌های بازدهی قیمت سهام خساپا، وخودرو و وتجارت دارای توزیع نرمال نمی‌باشند؛ از این‌رو تفاوت میان کارایی سبدهای دارایی مدل‌های غیرشرطی و شرطی بیزین زیاد نیست. درواقع هنگامی که تمام سری‌های زمانی دارای توزیع غیرنرمال باشند کارایی سبدهای دارایی مستخرج از ماتریس واریانس-کواریانس مدل شرطی بیزین بسیار بیش‌تر از مدل غیرشرطی است. اختلاف میان کارایی سبدهای دارایی مستخرج از مدل‌های غیرشرطی و شرطی بیزین هنگامی که ترکیبی از سری‌های زمانی نرمال و غیرنرمال وجود داراد کم‌تر می‌باشد و این امر ضرورت استفاده از مدل‌های بیزین در بازارهای مالی را به‌ویژه زمانی‌که تمام سری‌ها غیرنرمال هستند را شفاف و مهم بیان می‌دارد. در جدول (۵) وزن هرکدام از دارایی‌ها در پرتفوی‌ایی که براساس ماتریس واریانس-کواریانس مستخرج از مدل Bayesian DCC و بازده انتظاری ۱/۷ درصدی تنظیم شده است، نشان داده شده است.

همان‌طور که جدول (۵) نشان می‌دهد در دوران قبل از توافق برجام (زیربخش ۱) بیش‌ترین کارایی سبد دارایی به موجک D_4 که مربوط به افق زمانی بلندمدت (۱۶ تا ۳۲ روز) است مربوط می‌شود. در این موجک بیش‌ترین وزن به سهام خودرو تعلق دارد. باتوجه به علامت منفی این سهم، طبق پیشنهاد هانگ و لیتزنبرگر این سهم در وضعیت short قرار دارد. منظور از وضعیت مذکور، فروش استقراضی سهام خودرو است. در دوران پسا برجام (زیربخش ۲) که کشور در دوران رونق سیاسی و اقتصادی خود به‌دلیل رفع و کاهش تحریم‌های هسته‌ایی و اقتصادی قرار

گرفت بیش‌ترین کارایی به موجک D_3 که مربوط به افق سرمایه‌گذاری میان ماهانه[1] (۸ تا ۱۶ روز) است، تعلق دارد.

جدول ۵. اوزان سهام منتخب در سبد دارایی مستخرج از مدل Bayesian DCC-GARCH

زیربخش	موجک	شپنا	وبملت	ونفت	خساپا	خودرو	وتجارت	معیار شارپ[2]
I	D_1	۲۱۴/۲۵	-۴۱۹/۸۸	۱۵۲/۹۷	۴۵/۰۱	-۴۴/۹۶	۵۳/۶۱	۰/۰۰۱
	D_2	-۵۶/۶۷	۱۴۷/۲۱	-۸۲/۲۳	-۳۲/۰۹	۸۸/۲۱	-۶۳/۴۳	۰/۰۲۱
	D_3	-۷۵/۶۱	۱۹۷/۲۲	-۸۲/۷۸	-۲۲۲/۴۷	۶۵/۸۵	۱۱۸/۷۹	۰/۰۲۹
	D_4	۱۱۸/۸۷	-۳۱/۹۳	-۶۲/۵	۱۹۵/۲۷	-۴۰۱/۱۱	۱۸۲/۴	۰/۱۷
II	D_1	-۷۲/۴۵	۴۵/۲۲	-۱۲/۵۸	-۲۰/۲۶	۶۴/۶۳	-۳/۵۷	۰/۰۳
	D_2	۱۷/۵۹	۴۴/۲۷	۱۸/۲۸	۳۰/۶۱	-۵۷/۵۶	-۵۲/۱۹	۰/۲۶
	D_3	-۳۵/۵	-۱۱/۳	۱۳/۵۷	-۱۸/۲۲	۳۵/۶۴	۱۶/۸۱	۴/۸۹
	D_4	۱۱/۷	-۴۳۵/۶۴	-۱۴۷/۲۹	-۸۰/۳۶	۴۰۰/۸۷	۲۵۱/۷۲	۰/۱۳
III	D_1	-۶۲/۷۸	۹۸/۷	۱۰۷/۷۵	-۲۰۹/۴۵	۶۷/۹۳	-۱/۱۴	۰/۰۰۲
	D_2	۴۶۱/۳۳	-۳۳۴/۰۱	-۵۶/۷۴	-۳۷۷/۵۲	۲۸/۳۲	۲۷۹/۶۲	۰/۰۰۲
	D_3	۱۰۶/۵۲	۳۵/۷۶	-۱۱۶/۷۳	۱۰۸/۱۲	-۸۱/۱۹	-۵۱/۴۸	۰/۱۵۸
	D_4	۱۲۲/۰۳	۴۸/۴۱	-۱۸۰/۶۳	-۵۱/۲۸	-۳۸/۴۹	۱۰۰/۹۶	۰/۰۶۵

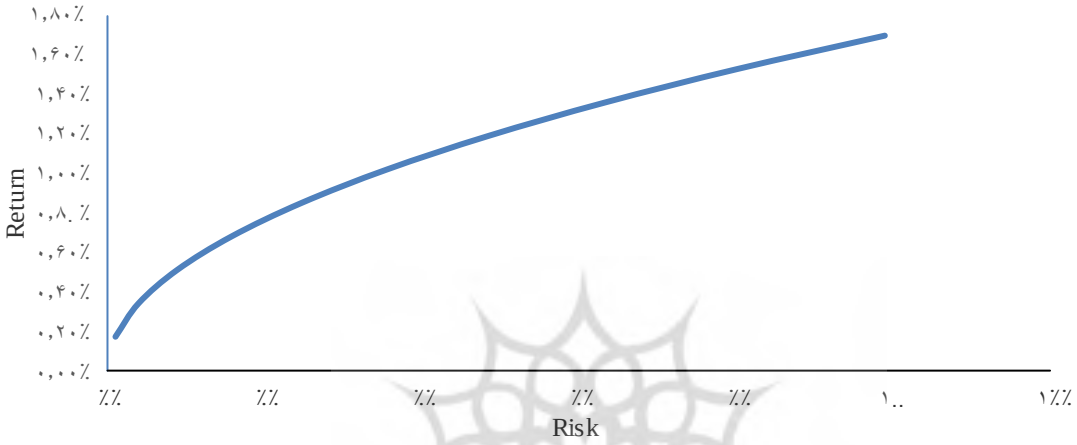
منبع: محاسبات تحقیق

نکته قابل توجه در این زیر بخش آن است که کارایی سبدهای دارایی در تمامی موجک‌های این دوره بالاتر از کارایی تمامی سبدهای دارایی در زیربخش‌ها و موجک‌های دیگر است (البته معیار شارپ موجک D_4 در زیربخش‌های اول و و دم تقریبا برابر است) که این امر نشانه تاثیر مثبت رفع تحریم‌ها و تنش‌های سیاسی در بازار سرمایه ایران به‌عنوان یک شوک مثبت اقتصادی می‌باشد. در مقیاس تصمیم‌گیری ۸ تا ۱۶ روزه (موجک D_3) بیش‌ترین وزن سبد دارایی به

1. Bimonthly

۲. این معیار از تقسیم بازده پرتفوی بر انحراف معیار پرتفوی به‌دست می‌آید و هرچه این معیار بزرگ‌تر باشد عملکرد سبد دارایی بهتر خواهد بود.

شرکت خودرو تعلق دارد که در وضعیت long قرار گرفته است. منظور از این وضعیت یعنی سرمایه‌گذار بایستی سهام شرکت مذکور را خریداری کند و مالک آن خواهد بود. پس از خروج آمریکا از برجام (زیربخش ۳) بیش‌ترین کارایی مجددا به مقیاس زمانی میان ماهانه تعلق دارد به - طوری‌که بیش‌ترین سهم به شرکت ونفت در وضعیت فروش استقراضی قرار دارد. به‌منظور تجزیه و تحلیل بهتر جدول فوق، اوزان بهینه پرتفوی‌های کاراایی که با هدف حداقل‌سازی ریسک در سطوح مختلف بازده، شناسایی شده‌اند در نموداری به نام نمودار مرزهای کار رسم شده است.

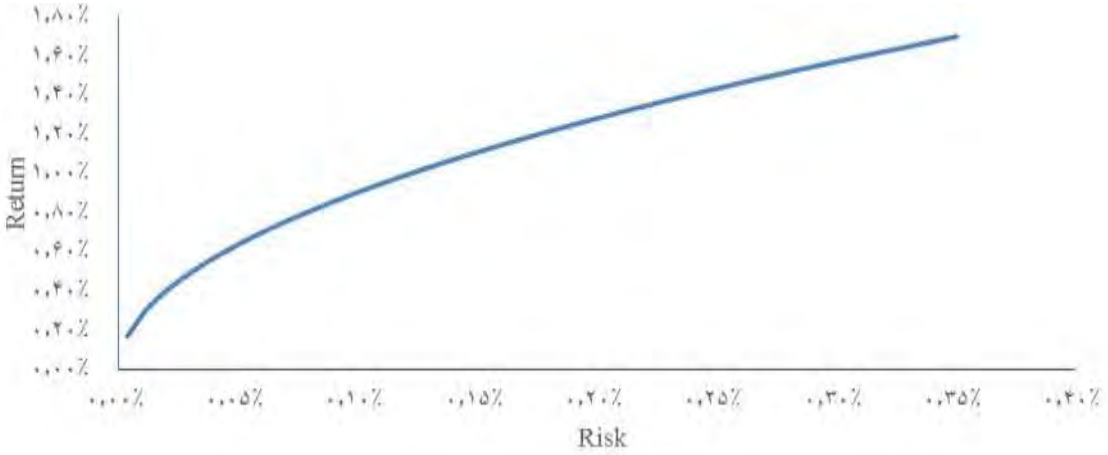


نمودار ۵. مرز کارای سبدداریی موجک D_4 در زیربخش ۱

منبع: محاسبات پژوهش

در ادامه به‌منظور استفاده کاربردی از مطالب فوق، سرمایه‌گذاری درنظر گرفته می‌شود که قصد سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه ایران و تشکیل سبد دارایی از سهام یاد شده در این پژوهش را دارد. وی قصد دارد تا مبلغ ۱۰ هزار واحد پولی را با درنظر گرفتن بازده ۱/۷ درصدی، انتخاب ماتریس واریانس-کواریانس مطلوب و قیمت آخرین روز سهام منتخب، در بازار سرمایه ایران سرمایه‌گذاری کند و سبد دارایی خویش را به روش هانگ و لیتزنبرگر بهینه‌سازی نماید. با فرض اینکه امکان فروش استقراضی در بازار سرمایه ایران وجود دارد، هانگ و لیتزنبرگر به این سرمایه-گذار پیشنهاد می‌کنند که در هر زیر بخش و در هر موجک چگونه اقدام به تشکیل سبد دارایی خویش نماید تا بتواند بیش‌ترین کارایی را کسب نماید. طبق جداول فوق مشخص است که بایستی

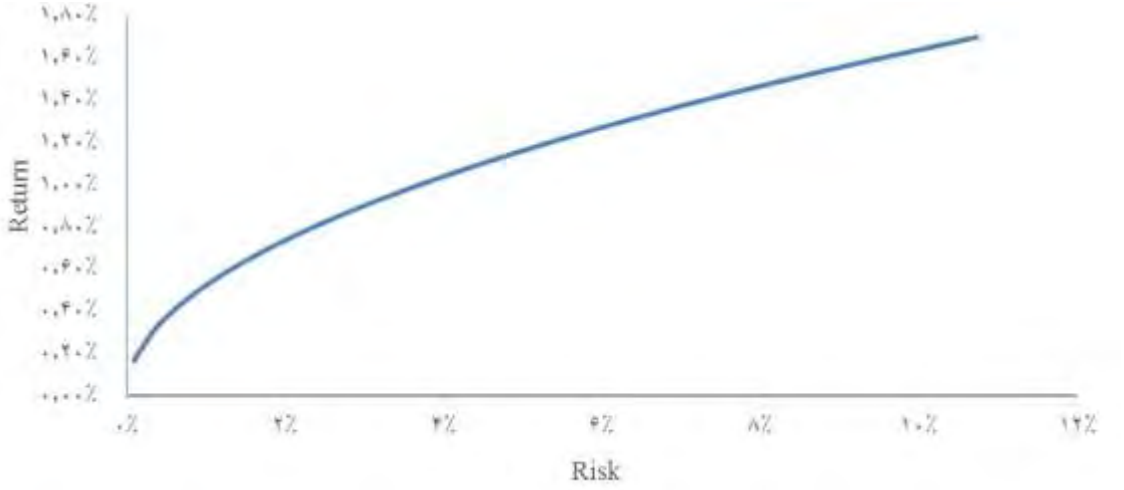
از ماتریس واریانس کواریانس مدل بیزین استفاده نمود. همچنین بایستی خاطر نشان کرد که در جدول زیر منظور از علامت منفی، فروش استقراضی سهام می‌باشد که این ویژگی نقطه عطف رهیافت هانگ و لیتزنبرگر از رهیافت مارکوویتز است[1].



نمودار ٦. مرز کارای سبدداریی موجک D_3 در زیربخش ۲

منبع: محاسبات پژوهش

۱. فروش استقراضی در بازار سرمایه، عمل فروختن اوراق بهاداری است که از شخص ثالثی (معمولاً یک کارگزار) و با هدف خریدن مشابه همان دارایی در آینده جهت پس دادن آن به قرض‌دهنده، قرض گرفته می‌شوند. مابه‌التفاوت قیمت فروش سهام و خرید مجدد آن با کسر هزینه‌ای که به کارگزار بابت کارمزد پرداخته می‌شود، سودی خواهد بود که از فروش استقراضی به‌دست می‌آید. در پژوهش حاضر به‌منظور ترسیم دور نمایی از ایجاد شرایط فروش استقراضی در بورس ایران و نحوه واکنش سرمایه‌گذاران به آن، این امکان در تجزیه و تحلیل‌ها در نظر گرفته است. ژائو و همکاران (۲۰۱۹) با مقایسه دو سبد دارایی بهینه در حالت‌های فروش استقراضی و عدم فروش استقراضی دریافتند که نمودار مرز کارای سبد دارایی در حالت فروش استقراضی بالاتر از نمودار مرز کارای سبد دارایی در حالت عدم فروش استقراضی است. این امر نشان‌دهنده آن است که فروش استقراضی می‌تواند از ریسک غیرسیستماتیک جلوگیری کرده و موجب افزایش نسبت شارپ گردد.



نمودار ۷. مرز کارایی سبددارایی موجک D_3 در زیربخش ۳

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ٦. تعداد سهام در سبد دارایی بهینه متشکل از سهام منتخب

زیربخش	موجک	شپنا	وبملت	ونفت	خساپا	خودرو	وتجارت
I	D_1	۳۵۰	-۱۶۲۰	۵۳۲	۲۹۵	-۱۴۷	۴۷۴
	D_2	-۹۳	۵۶۸	-۲۸۶	-۲۱۱	۲۸۷	-۵۶۰
	D_3	-۱۲۴	۷۶۱	-۲۸۸	-۱۴۵۸	۲۱۵	۱۰۴۹
	D_4	۱۹۴	-۱۲۴	-۲۱۸	۱۲۸۰	-۱۳۰۴	۱۶۱۰
II	D_1	-۱۶۷	۴۹۹	-۸۵	-۲۷۹	۲۷۰	-۵۷
	D_2	۴۱	۴۸۹	۱۲۳	۴۲۲	-۲۴۰	-۸۲۲
	D_3	-۸۲	-۱۲۵	۹۱	-۲۵۱	۱۴۹	۲۶۵
	D_4	۲۷	-۴۸۰۴	-۹۸۸	-۱۱۰۷	۱۶۷۰	۳۹۶۵
III	D_1	-۵۸	۲۲۸	۲۱۰	-۱۳۱۵	۱۲۴	-۲۷
	D_2	۴۲۴	-۷۷۱	-۱۱۱	-۲۳۶۹	۵۲	۶۳۹۹
	D_3	۹۸	۸۳	-۲۲۷	۶۷۹	-۱۴۸	-۱۱۷۸
	D_4	۱۱۲	۱۱۲	-۳۵۱	-۳۲۲	-۷۰	۲۳۱۱

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به معیار شارپ جدول (۵) تنها موجک‌هایی در جدول اخیر تفسیر می‌شوند که دارای بیش‌ترین کارایی هستند. همان‌طور که جدول (۶) نشان می‌دهد در زیربخش ۱ و موجک D_4 بیش‌ترین تعداد سهم خریداری شده به سهام وتجارت تعلق دارد. باتوجه به علامت مثبت این سهم، به‌پیروی از هانگ و لیتزنبرگر مشخص می‌گردد که این سهم در وضعیت long قرار داشته و سرمایه‌گذار بایستی این تعداد سهام مشخص شده در جدول را از شرکت تجارت خریداری نماید. بعد از وتجارت، دومین سهم به شرکت خودرو تعلق دارد. اما از آن‌جا که علامت تعداد سهام این شرکت منفی می‌باشد بدین معنی است که سهم مورد نظر در وضعیت short قرار گرفته و سرمایه‌گذار بایستی این تعداد سهم را به‌صورت فروش استقراضی در اختیار گیرد. سهام خساپا و شپنا در این موجک در وضعیت long و سهام وبملت و ونفت در وضعیت فروش استقراضی قرار دارند. در زیربخش ۲ و موجک D_3 بیش‌ترین تعداد سهم به شرکت تجارت تعلق دارد که در وضعیت long قرار گرفته است. سهام خودرو و ونفت نیز وضعیت خرید مشابه با وتجارت دارند. لیکن سهام شپنا، وبملت و خساپا در وضعیت فروش استقراضی قرار می‌گیرند. در زیربخش ۳ و مقیاس زمانی میان ماهانه سهام وتجارت، خودرو و ونفت در وضعیت فروش استقراضی و سایر سهام در وضعیت long قرار می‌گیرند به‌طوری که بیش‌ترین تعداد سهام خریداری شده به سهام وتجارت تعلق می‌گیرد.

نتیجه‌گیری:

مطالعه‌ی ویژگی‌های سری‌های زمانی بازده قیمت سهام طی مقیاس‌های زمانی و زیربخش‌های گوناگون می‌تواند ترجیحات سرمایه‌گذاران را بهتر هویدا سازد. از این‌رو هدف این تحقیق، بیان اهمیت مفاهیم مقیاس-زمان، سری‌های زمانی با دنباله‌های پهن و چولگی و تفکیک دوره‌های پژوهش بر اساس شوک‌های اقتصادی در بهینه‌یابی سبد دارایی به‌منظور استفاده از اوزان بهینه در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و نیز شناسایی وضعیت دارایی‌های هر سبد است تا مشخص گردد که رفتار فعالان بازار سرمایه در چارچوب مقیاس‌های زمانی و زیر دوره‌های متفاوت چگونه است؟ بدین منظور از رویکرد آنالیز موجک جهت بیان مفهوم مقیاس-زمان و بررسی استحکام نتایج، مدل همبستگی شرطی پویای بیزی جهت تسخیر ویژگی‌های دنباله پهن و چولگی

موجود در سری های زمانی بازده قیمت سهام منتخب و مدل هانگ و لیتزنبرگر جهت تعیین وضعیت سهام در هر سبد دارایی استفاده گردید. نتیجه مهم حاصله از پژوهش حاضر پی بردن به ویژگی چندمقیاسه بودن تئوری بهینه‌یابی سبد دارایی هانگ و لیتزنبرگر در بازار سرمایه ایران می-باشد. به‌گونه‌ایی که با استفاده از مقیاس‌های زمانی متفاوت برای بازدهی‌های سهام، برآوردهای گوناگونی از مدل مارکوویتز ایجاد می‌شود. این برآوردها حاکی از آن است که کارایی سبدهای دارایی در مقیاس‌های میان ماهانه و بلندمدت (موجک‌های D_3 و D_4) بیش‌تر از کارایی این سبدها در مقیاس‌های کوتاه‌مدت (D_1 و D_2) است. همچنین از آن‌جا که Trichilli et al. (2020) نشان دادند که استفاده از رویکرد بیزی در تئوری مدرن پرتفوی باعث بهبود عملکرد این تئوری می گردد، پژوهش حاضر به وضوح نشان داد که در تمامی زیربخش‌ها سبدهای دارایی که با استفاده از توزیع بیزی و به کمک ماتریس واریانس–کواریانس مستخرج از روش مونت کارلو زنجیره مارکف (MCMC) حاصل شده‌اند دارای کارایی بالاتری نسبت به سایر سبدهایی است که از سایر توزیع‌های آماری به‌دست آمده‌اند. این امر نشان‌دهنده آن است که پارامترهای پسین و پیشین مورد استفاده جهت استخراج ماتریس واریانس – کواریانس، اطلاعات مفیدی را جهت انتخاب سبد دارایی درا ختیار فعالان بازار بورس ایران قرار می‌دهد. از این‌رو تمامی تحلیل‌ها براساس ماتریس واریانس–کواریانس مستخرج از مدل Bayesian DCC و مدل هانگ و لیتزنبرگر صورت گرفت. همچنین یکی از دستاوردهای مهم پژوهش حاضر تاثیر مثبت برجام و رفع تحریم‌های اقتصادی بر بازار سرمایه ایران است. همانطور که جداول ۱ تا ۴ نشان دادند ریسک سبد دارایی در تمامی بازده‌ها در زیر بخش دوم که مربوط به دوران پسا برجام و رفع تحریم‌های اقتصادی ایران می‌باشد در تمامی موجک‌ها کم‌تر از زیر دوره‌های اول و سوم است. البته این مساله در جدول ۵ که مربوط به معیار شارپ می‌باشد نیز به وضوح بیان گردیده است. نتایج حاکی از آن است که بیش‌ترین کارایی بورس اوراق بهادار تهران در زیربخش‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب مربوط به موجک‌های چهارم، سوم و سوم است که در این میان موجک سوم زیربخش دوم که افق سرمایه‌گذاری میان ماهانه (۸ تا ۱۶ روز) را نشان می‌دهد دارای بیش‌ترین کارایی براساس معیار شارپ می‌باشد. پژوهش حاضر همانند مطالعه Liu et al. (2017) اهمیت توجه به رخدادهای سیاسی و مقیاس‌های مختلف موجک را نشان داد. از آن‌جا که تمامی سبدهای دارایی به‌دست آمده در زیر بخش دوم از کارایی بالاتری نسبت به سایر زیربخش‌ها برخوردار بود از این‌رو فعالان

و مسئولین سیاسی کشور بایستی به اهمیت کاهش تنش‌های سیاسی و اقتصادی با جهان و به‌ویژه قدرت‌های برتر اقتصادی جهان توجه ویژه‌ایی مبذول نمایند و با روابط دیپلماتیک حسنه با کشورهای پیشرفته زمینه رفع تحریم‌های اقتصادی را فراهم آورند. رفع تحریم‌های اقتصادی از طریق برقراری ثبات و ایجاد چشم‌انداز روشن برای سرمایه‌گذاران ضمن آن‌که سرمایه‌گذاران را به بازار سرمایه خوش‌بین می‌کند، موجب کاهش زرق و برق بازارهای موازی و غیرمولد مانند بازار ارز و طلا شده و انتقال سرمایه از بازارهای غیرمولد به بازار سرمایه را سبب می‌گردد.

References

[1] Abdullah, A. M., Saiti, B., & Masih, M. (2016). The impact of crude oil price on Islamic stock indices of South East Asian countries: Evidence from MGARCH-DCC and wavelet approaches. Borsa Istanbul Review, 16(4), 219-232.

[2] Aguilar, O., & West, M. (2000). Bayesian dynamic factor models and portfolio allocation. Journal of Business & Economic Statistics, 18(3), 338-357.

[3] Armstrong, J. (2018). The Markowitz Category. SIAM Journal on Financial Mathematics, 9(3), 994-1016.

[4] Avramov, D., & Zhou, G. (2010). Bayesian portfolio analysis. Annu. Rev. Financ. Econ., 2(1), 25-47.

[5] Billio, M., Caporin, M., & Gobbo, M. (2006). Flexible dynamic conditional correlation multivariate garch models for asset allocation. Applied Financial Economics Letters, 2(02), 123-130.

[6] Black, F., & Litterman, R. (1992). Global portfolio optimization. Financial analysts journal, 48(5), 28-43.

[7] Black, F. (1972). Capital market equilibrium with restricted borrowing. The Journal of business, 45(3), 444-455.

[8] Bauder, D., Bodnar, T., Parolya, N., & Schmid, W. (2018). Bayesian mean-variance analysis: Optimal portfolio selection under parameter uncertainty. arXiv preprint arXiv:1803.03573.

[9] Bakar, N. A., & Rosbi, S. (2018). Efficient frontier analysis for portfolio investment in Malaysia stock market. A A, 2(2), 2-2.

[10] Bahlous, M., & Mohd. Yusof, R. (2014). International diversification among Islamicinvestments: is there any benefit. Managerial Finance, 40(6), 613-633.

[11] Bala, D. A., & Takimoto, T. (2017). Stock markets volatility spillovers during financial crises: A DCC-MGARCH with skewed-t density approach. Borsa Istanbul Review, 17(1), 25-48.

[12] Best, M. J., & Grauer, R. R. (1991). On the sensitivity of mean-variance-efficient portfolios to changes in asset means: some analytical and computational results. The review of financial studies, 4(2), 315-342.

[13] Bodnar, T., Mazur, S., & Okhrin, Y. (2017). Bayesian estimation of the global minimum variance portfolio. European Journal of Operational Research, 256(1), 292-307.

[14] Bauwens, L., & Laurent, S. (2005). A new class of multivariate skew densities, with application to generalized autoregressive conditional heteroscedasticity models. Journal of Business & Economic Statistics, 23(3), 346-354.

[15] Dai, Z., & Wen, F. (2018). Some improved sparse and stable portfolio optimization problems. Finance Research Letters, 27, 46-52.

[16] Dajcman, S. (2015). An empirical investigation of the nexus between sovereign bond yields and stock market returns–a multiscale approach. Engineering Economics, 26(2), 108-117.

[17] De Franco, C., Nicolle, J., & Pham, H. (2018). Bayesian learning for the Markowitz portfolio selection problem. arXiv preprint arXiv:1811.06893.

[18] Ekstrom, E., & Vaicenavicius, J. (2016). Optimal liquidation of an asset under drift uncertainty. SIAM Journal on Financial Mathematics, 7(1), 357-381.

[19] Elton, E. J., & Gruber, M. J. (1973). Estimating the dependence structure of share prices- implications for portfolio selection. The Journal of Finance, 28(5), 1203-1232.

[20] Fioruci, J. A., Ehlers, R. S., & Andrade Filho, M. G. (2014). Bayesian multivariate GARCH models with dynamic correlations and asymmetric error distributions. Journal of Applied Statistics, 41(2), 320-331.

[21] Fabozzi, F. J., Kolm, P. N., Pachamanova, D. A., & Focardi, S. M. (2007). Robust portfolio optimization and management. John Wiley & Sons.

[22] Frost, P. A., & Savarino, J. E. (1986). An empirical Bayes approach to efficient portfolio selection. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 21(3), 293-305.

[23] Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. (2001). Differentiating intraday seasonalities through wavelet multi-scaling. Physica A: Statistical Mechanics

and its Applications, 289(3-4), 543-556.

[24] Greyserman, A., Jones, D. H., & Strawderman, W. E. (2006). Portfolio selection using hierarchical Bayesian analysis and MCMC methods. Journal of Banking & Finance, 30(2), 669-678.

[25] Huang, C. F., & Litzenberger, R. H. (1988). Foundations for Financial Economics, 1988.

[26] Hoseini, A., jahangiri, K., Heydari, H., Ghaemi asl, M. (2019). Study of Shock and Volatility Spillovers among Selected Indices of the Tehran Stock Exchange Using Asymmetric BEKK-GARCH Model. Journal of Applied Economics Studies in Iran, 8(29), 123-155. (in Persian)

[27] Hoseini, A., Jahangiri, K., ghaemi asl, M., Heidari, H. (2020). Investigation of the volatility spillover effect and dynamic conditional correlations in Tehran Stock Exchange using wavelet based Bayesian conditional variance heteroscedasticity. Quarterly Journal of Applied Theories of Economics, 7(1), 149-184.

[28] In, F., & Kim, S. (2013). An introduction to wavelet theory in finance: a wavelet multiscale approach. World scientific.

[29] Ismail, A., & Pham, H. (2019). Robust Markowitz mean-variance portfolio selection under ambiguous covariance matrix. Mathematical Finance, 29(1), 174-207.

[30] Jackson, M., & Staunton, M. D. (1999). Quadratic programming applications in finance using Excel. Journal of the Operational Research Society, 50(12), 1256-1266.

[31] Kroner, K. F., & Ng, V. K. (1998). Modeling asymmetric comovements of asset returns. The review of financial studies, 11(4), 817-844.

[32] Karami, S., Rastegar, M. (2018). Estimation of Return and Volatilities Spillover between Different Industries of Tehran Stocks' Exchange. Financial Engineering and Protfolio Management, 9(35), 323-342. (in Persian)

[33] Ledoit, O., & Wolf, M. (2004). A well-conditioned estimator for large-dimensional covariance matrices. Journal of multivariate analysis, 88(2), 365-411.

[34] Laloux, L., Cizeau, P., Potters, M., & Bouchaud, J. P. (2000). Random matrix theory and financial correlations. International Journal of Theoretical and Applied Finance, 3(03), 391-397.

[35] Liu, X., An, H., Huang, S., & Wen, S. (2017). The evolution of spillover effects between oil and stock markets across multi-scales using a wavelet-based GARCH–BEKK model. Physica A: Statistical Mechanics and its

Applications, 465, 374-383.

[36] Merton, R. C. (1980). On estimating the expected return on the market: An exploratory investigation. Journal of financial economics, 8(4), 323-361.

[37] Nazlioglu, S., Soytas, U., & Gupta, R. (2015). Oil prices and financial stress: A volatility spillover analysis. Energy Policy, 82, 278-288.

[38] Poor Ahamadi, Z., & Najafi, A.B. (2015). Dynamic optimization of the investment portfolio according to the cost of transactions. Financial Engineering and Protfolio Management, 6(22), 127-146. (in Persian)

[39] Pindyck, R. S., & Rotemberg, J. J. (1993). The comovement of stock prices. The quarterly journal of economics, 108(4), 1073-1104.

[40] Percival, D. B., & Walden, A. T. (2000). Wavelet methods for time series analysis (Vol. 4). Cambridge university press.

[41] Rahim, A. M., & Masih, M. (2016). Portfolio diversification benefits of Islamic investors with their major trading partners: Evidence from Malaysia based on MGARCH-DCC and wavelet approaches. Economic Modelling, 54, 425-438.

[42] Rambaud, S. C., Pérez, J. G., Granero, M. Á. S., & Segovia, J. E. T. (2009). Markowitz's model with Euclidean vector spaces. European Journal of Operational Research, 196(3), 1245-1248.

[43] Sharifi, S., Crane, M., Shamaie, A., & Ruskin, H. (2004). Random matrix theory for portfolio optimization: a stability approach. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 335(3-4), 629-643.

[44] Saiti, B., & Noordin, N. H. (2018). Does Islamic equity investment provide diversification benefits to conventional investors? Evidence from the multivariate GARCH analysis. International Journal of Emerging Markets, 13(1), 267-289.

[45] Salimi, M., Taqhavi Fard, M., Fallahshams, M., Khajezadeh Dezfuli, H. (2018). Evolutionary 4-Objective Optimization Portfolio Algorithms for fuzzy and non-fuzzy selection. Financial Engineering and Protfolio Management, 9(36), 1-16. (in Persian)

[46] Trichilli, Y., Abbes, M. B., & Masmoudi, A. (2020). Islamic and conventional portfolios optimization under investor sentiment states: Bayesian vs Markowitz portfolio analysis. Research in International Business and Finance, 51, 101071.

[47] Tu, J., & Zhou, G. (2010). Incorporating economic objectives into Bayesian priors: Portfolio choice under parameter uncertainty. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 45(4), 959-986.

[48] Way, R., Lafond, F., Lillo, F., Panchenko, V., & Farmer, J. D. (2019). Wright meets Markowitz: How standard portfolio theory changes when assets are technologies following experience curves. Journal of Economic Dynamics and Control, 101, 211-238.

[49] Xiao, Y., & Valdez, E. A. (2015). A Black–Litterman asset allocation model under Elliptical distributions. Quantitative Finance, 15(3), 509-519.

[50] Yang, L., Couillet, R., & McKay, M. R. (2014, November). Minimum variance portfolio optimization with robust shrinkage covariance estimation. In 2014 48th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (pp. 1326-1330). IEEE.

[51] Yin, K., Liu, Z., & Jin, X. (2020). Interindustry volatility spillover effects in China's stock market. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 539, 122936.

[52] Zhang, Y., Li, X., & Guo, S. (2018). Portfolio selection problems with Markowitz's mean–variance framework: a review of literature. Fuzzy Optimization and Decision Making, 17(2), 125-158.

[53] Zhao, Y. F., Chaoliang, Z., & Zongrun, W. (2019). Portfolio Selection Based on Bayesian Theory. Mathematical Problems in Engineering, 2019, 1-11.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی