مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی‌وسوم / زمستان ۱۳۹۶

شکست بازار با استفاده از سبد توصیه شده بر مبنای بازی ائتلاف

پیمان تاتایی[۱]
فریدون رهنمای رودپشتی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۰۵

چکیده

تکنیک های ریاضی پیچیده ای برای تحلیل وضعیت های رقابت و تضاد توسعه یافته اند. تئوری بازی چارچوب مناسبی را به همراه ابزارهای ریاضیاتی برای مطالعه تعاملات پیچیده میان بازیگران منطقی فراهم می آورد (Osborne, 2004). راهکارهای گوناگونی برای حل مشکل انتخاب سبد سرمایه گذاری ارائه شده است و از زمان ارائه مقاله هری مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ در میان محققان محبوبیت فراوانی یافته است. در این مقاله الگوی تشکیل سبد سرمایه گذاری بهینه که توسط اوراق بهادار با ریسک‌های سیستماتیک متفاوت تشکیل می شود بوسیله تئوری بازی همکارانه، ارائه شده است. اوزان بهینه بر اساس معیارهای ریسک هر اوراق بهادار و با استفاده از ارزش های شپلی به اوراق بهادار مختلف توزیع گردیده است. سبد سرمایه گذاری حاصل از مدل عملکردی مثبت داشته و نیز با توجه به عملکرد منفی بازار در دوره مورد بررسی، توانسته است بازار را شکست دهد.

واژه‌های کلیدی: تئوری بازی، بازی ائتلاف، ارزش شپلی، سبد سرمایه گذاری.

۲- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۱- عضو هئیت علمی، گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
rahnama.roodposhti@gmail.com

۱- مقدمه

بازارهای مالی به ویژه بازار سرمایه از مهمترین ابزارهای تجهیز و تخصیص منابع مالی به شمار می‌روند نظر به اهمیت راهبردی مالی و اقتصادی این بازار هرگاه اخلال و انحراف گسترده‌ای در آن رخ دهد، تجهیز و تخصیص منابع مالی کشور با مشکل جدی مواجه می‌شود. یکی از عوامل بوجود آورندۀ این مسائل عدم تشکیل سبد بهینه است؛ در واقع در صورتی که سرمایه گذاران بتوانند سبدهای بهینه خود را تشکیل دهند، ضمن آنکه عملکرد مطلوبی در بازارهای مالی به جا گذاشته و موجب تشویق بیشتر سرمایه گذاران به پس انداز می شود، سطح کارایی تخصیصی و کارایی اطلاعاتی بازار را افزایش داده و موجب می شود مهمترین کارکرد بازارهای مالی که همانا تخصیص بهینه منابع اقتصادی است ارتقا یابد. در صورتی که سرمایه گذاران الگوی مناسبی جهت تشکیل سبد بهینه سرمایه گذاری نداشته باشند، ضمن آنکه منجر به هدر رفت بخشی از منابع جامعه می گردد، سرمایه گذاران بالفعل و بالقوه را نیز سرخورده کرده و با خروج احتمالی سرمایه گذاران از بازار، پیامدهای عدم رونق آن گریبانگیر جامعه خواهد شد.

سهام، اوراق بهادار با درآمد ثابت و سایر اوراق بهادار که به یک شخص حقیقی و یا حقوقی تعلق دارد، سبد سرمایه گذاری را تشکیل می دهد. مبنای اساسی مشکل در تشکیل سبد سرمایه گذار سوال در مورد آن است که چه ابزار سرمایه گذاری و با چه نرخی باید در سبد حضور داشته باشند. مساله انتخاب سبد سرمایه گذاری بر اینکه چه مقدار از منابع سرمایه گذار و با چه نرخی به هر یک از ابزار های سرمایه گذاری اختصاص یابد تمرکز می نماید. دلیل نام گذاری این مشکل به نام "انتخاب سبد سرمایه گذاری" در ادبیات مالی آن است که هدف سرمایه گذار انتخاب گزینه های سرمایه گذاری که هریک به تنهایی بهترین هستند، نیست بلکه انتخاب سبدی است که اولا بیشترین بازدهی را در سطح مشخصی از ریسک و یا پایین ترین ریسک در سطح مشخصی از بازدهی را ارائه نماید و دوما بتوانند در کنار یکدیگر به بهترین نحو عمل نمایند. محققان مختلفی هر یک با رویکردهای متفاوت سعی در پاسخ به این سوال داشته اند. یک نگاه کلی به روش های تشکیل سبد نشان می دهد که رویکرد سنتی تشکیل پرتفولیو تا پس از جنگ جهانی دوم استفاده می شده است. در این رویکرد سرمایه گذاران بر این تفکر بودند که به منظور کاهش ریسک بایستی تعداد اوراق بهادار داخل سبد را اضافه نمود. بدون اینکه به ارتباط بازدهی میان این اوراق بهادار توجه شود.

رویکردهای گوناگونی برای حل مشکل انتخاب سبد سرمایه گذاری ارائه شده‌اند که بوسیله مقاله هری مارکوویتز[1] که در نشریه مالی در سال ۱۹۵۲ منتشر شد و جایگاه ویژه ای در ادبیات مالی دارد، در میان محققان محبوب شده است.

پس از انتشار مقاله هری مارکویتز رویکرد مدرن تشکیل سبد سرمایه گذاری با تمرکز بر ارتباط میان اوراق بهادار موجود در سبد جایگزین رویکرد سنتی شد. سپس شارپ[۲] و بعدا چن و راس[۳] به ترتیب مدل های تک عاملی و چند عاملی را معرفی نمودند. همانگونه که توسط مدل های مدیریت سبد پیش بینی می شد، سرمایه گذاران به منظور کاهش ریسک اقدام به تنوع سازی و افزودن اوراق بهادار مختلف به سبد خود اقدام نمودند لیکن به دلیل آنکه راهبرد اصلی کاهش ریسک بوده است، احتمالا منجر به حضور اوراق بهادار با بازدهی پایین نیز در سبد سرمایه گذاری می شد. بازدهی سبد سرمایه گذاری در پایان دوره سرمایه‌گذاری را نمی توان دقیقا از پیش تعیین نمود زیرا بازدهی اوراق بهاداری که سبد سرمایه گذاری را تشکیل می دهند، با عدم اطمینان همراه بوده و گاهاً به صورت یک متغیر تصادفی نمایان می شود. همچنین مدل تئوری مدرن پرتفوی، فرضیاتی نظیر نرمال بودن توزیع بازده دارند که موجب محدود شدن کارایی مدل می گردد(Kocak, 2014) .

با نگاهی به رویکردهای تشکیل سبد سرمایه گذاری درمی یابیم که اگرچه این رویکردها اطلاعات سودمندی را در رابطه با نحوه تشکیل سبد سرمایه گذاری در اختیار قرار می دهند لیکن هنوز رویکردی جامع که بتواند سبد سرمایه گذاری بهینه را در شرایط مختلف ارائه دهد چه در ایران و چه در دنیا برای عموم ارائه نشده است. در بازار های مالی دو خصوصیت اساسی وجود دارد اول مساله تعارض میان بازیگران بازار است، در بازار های مالی مجموع نحوه‌ی عملکرد فعالان بازار سرمایه و یا به عبارت دیگر مجموع بازی بازیگران، عملکرد و جهت کلی بازار را می‌سازد. و از طرف دیگر بازی یک بازیگر متاثر از عملکرد کلی بازار و یا به عبارت دیگر عملکرد سایر بازیگران می باشد. خصوصیت دوم بازار های مالی عدم اطمینان است. این دو خصوصیت از ارکان اصلی در نظریه بازی ها[۴] است که تصمیم‌گیری بهینه‌ی یک بازیگر را تحلیل میکند. تئوری بازی ها یک نام کلی است که به مجموعه روش های تحلیلی برای توسعه ابزار تصمیم سازی اطلاق می‌شود و با بکارگیری ریاضیات نتایج تراکنش افراد با سایر بازیگران را ارزیابی می نماید. تکنیک های ریاضی ویژه ای برای تحلیل تضاد در مسائل رقابتی توسعه یافته است. تئوری بازی ها یک چارچوب تحلیلی برای مطالعه تراکنش های پیچیده میان بازیگران منطقی بوسیله ابزار ریاضیات، ارائه می نماید (Osborne, 2004). هدف از توسعه این تئوری ارزیابی راه های عقلایی مواجهه‌ی گروهها یا افراد متضاد، از اقتصاد و مهندسی گرفته تا علوم سیاسی، فلسفه و حتی روانشناسی، و حصول اطمینان از برنده شدن یکی از این بازیگران می باشد (Myerson, 1991). یکی از تکنیک هایی که به تازگی جایگاه خود را در میان رویکردهای انتخاب سبد سرمایه گذاری در دنیا ارتقا بخشیده است ، تئوری بازی ها می باشد لیکن این تئوری نیز انواع مختلف داشته و به دلیل تازگی تلفیق علوم مالی و تئوری بازی ها، هنوز پاسخ بسیاری از سوالات مالی که می توان با استفاده از تحلیل

های ریاضی تئوری بازی ها به آن دست یافت، ارائه نشده است. در ایران نیز با توجه به جوان بودن علم مالی نه تنها مساله انتخاب سبد بهینه بلکه پاسخ گویی به این مساله از طریق تئوری بازی ها بسیار مغفول مانده است. لذا نتایج این تحقیق در غالب ارائه الگویی برای تشکیل سبد سرمایه گذاری بهینه با استفاده از بازی ائتلاف استاندارد می تواند با بهینه سازی سبد سرمایه گذاران منجر به افزایش انگیزه ، اعتماد و در نتیجه حضور آنان در بازارهای مالی شده و موجبات افزایش کارایی اطلاعاتی و کارایی تخصیصی را برای بازارهای مالی و تسهیل انتقال منابع جامعه به سمت فعالیت های مولد را در پی داشته باشد.

این تئوری، بازی ها را به دو دسته کلی تقسیم می‌کند؛ بازی های همکارانه و بازی های بدون همکاری. بازی های همکارانه نوعی از بازی است که در آن بازیگر برای کسب مطلوبیت بیشتر با یکدیگر ائتلاف می کنند. با توجه به اینکه سرمایه‌گذاران در یک بازارهای مالی در یک بازی بزرگ شرکت می‌کنند که منفعت و مطلوبیت آنان به بازی سایر سرمایه‌گذاران و بازار وابسته است، با تشکیل یک ائتلاف میان سرمایه‌گذاران، می تواند مطلوبیت جمعی ائتلاف کنندگان را افزایش دهد. بنابراین رویکرد بازی همکارانه، می‌تواند راه حلی جهت یافتن پرتفوی بهینه ارائه نماید. لذا مساله اصلی تحقیق ارائه الگویی جهت تشکیل سبد سرمایه گذاری بهینه با استفاده از تئوری بازی ها می باشد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

نظریه بازی در تلاش است تا بوسیله ریاضیات، رفتار را در شرایط راهبردی یا در یک بازی -که در آنها موفقیت یک بازیگر در انتخاب خود، وابسته به انتخاب سایر بازیگران می‌باشد- برآورد کند. به عبارت دیگر هرگاه سود یک موجودیت تنها در گرو رفتار خود او نبوده و متأثر از رفتار یک یا چند موجودیت دیگر باشد، و تصمیمات دیگر تأثیر مثبت و منفی بر روی سود او داشته باشند، یک بازی میان دو یا چند موجودیت یاد شده شکل گرفته است.

بازی ها دارای ابعاد زیادی هستند و طبقه بندی های مختلفی از آن می توان انجام داد (عبدلی, ۱۳۹۵)؛

الف) ایستایی یا پویایی بازی؛ در بازی ایستا، بازی بازیگران همزمان بوده و هیچکدام نمی دانند در حرکت بازیگر مقابل چه خواهد بود. اما در بازی پویا حرکت بازیگران به نوبت خواهد بود، بطور مثال شرکت در یک مناقصه ی یک مرحله ای یک نوع بازی ایستا محسوب می شود چرا که تا موعد باز کردن پاکت های پیشنهادی قیمت، هیچ کدام از بازیگران از استراتژی قبا خبر ندارند اما در مقابل بازی شطرنج که بازی پویاست. در بازی ایستا بازیگر می بایست حدس بزند بازیگر مقابل

چه راهبردی اتخاذ می کند اما در بازی پویا هر بازیگر می بایست تبعات استراتژی انتخابی خود نیز را مد نظر قرار دهد.

ب) تعارض منافع یا امکان همکاری؛ در اغلب بازی ها مقدار برد یک بازیکن دقیقا برابر با مقدار باخت حریف یا حریفان است که به اصلاح بازی با جمع صفر[5] گفته می‌شود. به عبارت دیگر جمع جبری برد و باخت بازیگران برابر با صفر خواهد بود. در چنین بازی هایی تعارض و تضاد منافع کامل وجود دارد. این در حالی است که برخی اوقات علیرغم اینکه ممکن است منافع بازیگران هم‌راستا با یکدیگر نباشد شرایطی میسر می شود که بازیکنان امکان همکاری با یکدیگر در جهت کسب منابع بیشتر را داشته باشند. با این وجود هنگام تقسیم نتیجه همکاری مجددا تعارض منافع آشکار می گردد.

ج) همکارانه یا غیر همکارانه بودن بازی؛ بازی های می‌توانند "همکارانه" یا "غیر همکارانه" باشند. در بازی غیر همکارانه بازیکنان برای حداکثر کردن پیامد خود، با توجه به استراتژی های انتخابی حریف یا حریفان، ممکن است در نهایت آن استراتژی را انتخاب کنند که بیشترین منفعت ممکن را به دنبال نداشته باشد، از این رو، در بازی همکارانه، بازیکنان سعی بر آن دارند با استفاده از ائتلاف با سایر بازیگران به منفعت بالاتری دست پیدا کنند.

با نگاهی به ساز و کار بازار سرمایه می توان دریافت که فعالان این بازار، بازیگران یک بازی ایستا با تعارض منافع هستند، لذا این پژوهش سعی بر آن دارد تا با تبیین رفتار سرمایه گذاران در غالب یک بازی همکارانه یک راه حل بهینه برای انتخاب سبد سهام پیشنهاد کند. بنابراین مدل این پژوهش، تحت مدل بازی ایستا، حاصل جمع صفر (میان سرمایه‌گذاران و بازار) ، و یک بازی همکارانه (میان ائتلاف کنندگان) تعریف خواهد شد.

اصولا دو ضابطه اصلی در بازی ها مطرح هستند؛ ۱) تعداد شرکت کننده در بازی ۲) پیامد خالص بازی. اولین ضابطه تنها شامل شرکت کنندگان بازی با تضاد منافع می‌باشد. ضابطه دوم این امکان را فراهم می کند تا تمایز میان بازی با مجموع صفر و بازی با جمع های غیر صفر مشخص گردد. یک بازی با جمع صفر، نوعی از بازی است که پیامد مثبت یک یا چند شرکت کننده به منزله محقق شدن پیامد منفی به همان میزان برای یک یا چند شرکت کننده دیگر می‌باشد (هندرسن و کوانت).

نظریه بازیها بر قیاس منطقی روند رفتار های شرکت کنندگان استوار بوده و امکان دستیابی به تعادل در این شرایط را ممکن می‌سازد. بازیگر اول از این می‌هراسد که بازیگر دوم استراتژی انتخابی او را تشخیص دهد و در نتیجه پیش‌بینی رفتار او برای رقیبش آسان خواهد بود. این تئوری سعی بر آن دارد تا استفاده از یک تکنیک ریاضی مسائلی که در برگیرنده موقعیت های در تعارض

است را تجزیه و تحلیل نماید. این مدل برای اولین بار توسط بورل[۶] در سال ۱۹۲۱ معرفی و توسط ون نئومن[۷] و مورگنسترن[۸] توسعه داده شد (اصغرپور, ۱۳۹۳).

اگر بازیگر اول، m استراتژی و بازیگر دوم، n استراتژی داشته باشند، پیامدهای احتمالی بازی را می‌توان به وسیله ماتریس سود و زیان نشان داد؛

$$pay\ off = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,n} \end{bmatrix}$$

رابطه ۱

ماتریس فوق، a_{ij} منفعت بازیگر اول را نشان می‌دهد، در صورتی‌که بازیگر اول استراتژی i و بازیگر دوم استراتژی j را اتخاذ نماید. در بازی جمع صفر سود بازیگر اول به منزله ضرر بازیگر دوم و بالعکس می‌باشد بنابراین حداقل سود هر بازیگر به منزله حداکثر سود انتظاری رقیب می باشد. چنانچه بازیگر اول استراتژی i را انتخاب نماید حداقل سود او $\min_j a_{ij}$ است، یعنی کمترین سود انتظاری در ردیف i ماتریس فوق. در اینجا بازیگر اول به دنبال اتخاذ یک استراتژی است که حداقل سود خود را به حداکثر برساند. به عبارت دیگر استراتژی مورد نظر او کمترین پیامد منفی را برای او داشته باشد. بنابراین پیامد مورد انتظار او $\max_i \min_j a_{ij}$ است. با اتخاذ این استراتژی، پیامد بازی برای ممکن است بهتر باشد اما بدتر نیست. در مقابل بازیگر دوم از این می‌ترسد که بازیگر اول از اطلاعات و رفتار او باخبر باشد و چنانچه jاُمین استراتژی را انتخاب نماید بزرگترین عضو ستون j ام که حداکثر سود بازیگر اول است به منزله‌ی حداقل سود بازیگر دوم بوده و بازیگر دوم طوری استراتژی خود را انتخاب خواهد نمود که این حداکثر زیاد به حداقل برسد. بنابراین به دنبال اتخاذ پیامد انتخاب استراتژی او $\min_j \max_i a_{ij}$ خواهد بود. تصمیم دو بازیگر زمانی در تعادل خواهد بود که برابری ذیل برقرار باشد.

$$\min_j \max_i a_{ij} = \max_i \min_j a_{ij}$$

رابطه ۲

به این حالت تعادل نش گفته می شود. در تئوری بازیها، تعادل نش (جان فوربز نش) راه حلی از تئوری بازی است که شامل دو یا چند بازیکن، که در آن فرض بر آگاهی هر بازیکن به استراتژی تعادل بازیکنان دیگر است و بدون هیچ بازیکنی که فقط برای کسب سود خودش با تغییر استراتژی یک جانبه عمل کند. اگر هر بازیکنی استراتژی را انتخاب کند هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر استراتژی خود در حالی که نفع بازیکن دیگر را بدون تغییر نگه داشته باشد عمل کند، سپس

مجموعه انتخاب‌های استراتژی فعلی و بهره‌مندی مربوطه، تعادل نش را تشکیل می‌دهد. لازم به ذکر است در تعادل نش لزوماً بهترین بهره‌وری کل برای همه بازیکنان مربوطه برقرار نخواهد بود.

در بیشتر بازی‌ها یک بازیگر می‌خواهد استراتژی را انتخاب نماید که بیشتر به وسیله بازیگر رقیب پیش‌بینی نشده باشد. در چنین بازی هایی بدیهی است هیچ بازیگری نمی خواهد، بازیگر رقیب رفتار او را دقیقاً پیش‌بینی کند. بنابراین بازیگر اول استراتژی i را با احتمال P_i انتخاب و بازیگر دوم استراتژی j را با احتمال q_j انتخاب خواهد نمود. لذا پیامد استراتژی بازیگر اول برابر خواهد بود با حداقل امید ریاضی سود در انتخاب هر استراتژی با توجه به احتمال انتخاب استراتژی از سوی بازیگر رقیب؛

$$v = \underset{i}{Min}\left(\sum_{i=1}^{n} a_{i,1}p_{i,1}\,,\sum_{i=1}^{n} a_{i,2}p_{i,2}\,,\ldots,\sum_{i=1}^{n} a_{i,m}p_{i,m}\right) \qquad \textbf{رابطه ۳}$$

و بازیگر اول استراتژی خود را بر اساس حداکثر کردن v انتخاب خواهد نمود.

$$Max\, v\,;\quad st\colon \sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \quad,\quad p_i \geq 0 \quad \forall i \qquad \textbf{رابطه ۴}$$

متقابلاً پیامد استراتژی انتخابی بازیگر دوم برابر با u بوده و این بازیگر به دنبال کمینه کردن آن خواهد بود

$$u = \underset{i}{Max}\left(\sum_{j=1}^{m} a_{1,j}q_{1,j}\,,\sum_{j=1}^{m} a_{2,j}q_{2,j}\,,\ldots,\sum_{j=1}^{m} a_{n,j}q_{n,j}\right) \qquad \textbf{رابطه ۵}$$

$$Min\, u\,;\quad st\colon \sum_{j=1}^{m} q_j = 1 \quad,\quad q_j \geq 0 \quad \forall j \qquad \textbf{رابطه ۶}$$

در حال تعادل نش، هر دو بازیگر با فرض آگاهی تعادل سایر بازیگران، استراتژی خود را اتخاذ می‌نماید بنابراین حالت تعادل کلی یک بازی، با مدل بهینه سازی ذیل تعیین خواهد شد.

$$Max\ (v-u)$$
$$st\colon \qquad \textbf{رابطه ۷}$$
$$u \leq \sum_{j=1}^{m} a_{1,j}q_{1,j} \qquad \forall i$$

$$v \leq \sum_{i=1}^{n} a_{i,1} p_{i,1} \qquad \forall j$$
$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \,, \sum_{j=1}^{m} q_j = 1$$
$$p_i \geq 0 \;\; \forall i \;, \qquad q_j \geq 0 \;\; \forall j$$

با محاسبه تعادل نش، و محاسبه احتمال اتخاذ هر استراتژی p_i و اتخاذ هر استراتژی توسط رقیب q_j، ارزش بازی برای هر بازیگر محاسبه خواهد شد.

رابطه ۸

$$v(s) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} p_i^* q_j^* a_{ij}$$

۲-۱- مدل ریاضی بازی ائتلاف

در نظریه بازی های همکارانه تمرکز اصلی بر شکل گیری ائتلاف های ممکن و محاسبه مازادی است که از طریق شکل گیری هر ائتلاف عاید مجموع بازیکنان می شود.

در یک بازی عمومی با n بازیکن، هر زیر مجموعه ای (به جز مجموعه تهی) از مجموعه بازیکنان می تواند یک ائتلاف باشد. در هر بازی با ائتلاف فرضی s، می‌توان یک *v(s)* تعریف کرد که به آن تابع مشخصه[۹] نیز می‌گویند. در واقع برای هر ائتلاف $S \subset N$ میتوان یک *v(s)* تعریف کرد که نشان دهنده‌ی کل مطلوبیتی است که اعضای ائتلاف از همکاری با یکدیگر بدست می‌آورند، بدون آنکه این نکته در نظر گرفته شود که بازیکنان خارج از این ائتلاف چه استراتژی هایی را اتخاذ می نمایند. می توان گفت در این بازی شرکت کنندگان در ائتلاف S با سایر بازیکنان که ائتلاف نیستند یک بازی غیر همکارانه انجام می‌دهند.

بازی‌های ائتلاف استاندارد، بازی‌هایی از تئوری بازی ائتلاف هستند که منجر به بیشترین مطلوبیت خواهند شد. بازی ائتلافی که این دو ویژگی عمومی را داشته باشند بازی استاندارد[۱۰] هستند (Kocak, 2014):

- می‌بایست بازی مزبور، دارای حالت خاص باشد که بصورت $2^N \rightarrow \mathbb{R}$ تعریف می گردد.
- دارای هم‌افزایی[۱۱] در ائتلاف باشد.

درون یک ائتلاف، بازیگران همواره حداقل همان منفعتی که در بازی غیر همکارانه خواهند داشت را کسب خواهند نمود. یعنی همکاری دو بازیگر با یکدیگر منجر به هم‌افزایی خواهد شد. هم‌افزایی بصورت ذیل تعریف می گردد؛

رابطه ۹

$$v(S_1,S_2) \supset \left\{x \in \mathbb{R}^{|S_1 \cup S_2|} / (x_i)_{i\in S_1} \in v(s_1), (x_j)_{j\in S_1} \in v(s_2)\right\} \quad \forall S_1 \subset N, \quad \forall S_2 \subset N, \quad S_1 \cap S_2 = \emptyset$$

رابطه ۱۰

$$or$$
$$v(S_1,S_2) > v(S_2) + v(S_1) \quad \forall S_1 \subset N, \quad \forall S_2 \subset N, \quad S_1 \cap S_2 = \emptyset$$

با این اوصاف با ورود یک بازیگر به ائتلاف به چه میزان ارزش بازی $v(s)$ افزایش خواهد یافت، در اینجا جهت تخصیص مازاد مطلوبیت یا منفعت حاصل شده مفهوم ارزش شپلی[۱۲] مطرح می‌شود. ارزش شپلی برای هر مشارکت کننده ائتلاف در یک بازی با n بازیکن با محاسبه احتمال وقوع هر ائتلاف و ارزش مازاد هر ائتلاف، بصورت روابط ذیل تعیین خواهد شد؛

$$\varphi_i(v) = \sum_{i\in S} \frac{(n-|S|)!\,(|S|-1)!}{n!}\,[v(S) - v(S\backslash\{i\})] \qquad i \in S$$ **رابطه ۱۱**

$\varphi_i(v)$ ارزش شپلی بازیکن i ، n تعداد کل بازیکنان، s تعداد بازیکن هر ائتلاف، $v(s)$ ارزش یک بازی با ائتلاف، $v(s\backslash\{i\})$ ارزش بازی ائتلاف بدون بازیگر i. در واقع ارزش شپلی، ارزش افزوده بازیگر i به شرط ورود به هر ائتلاف را با توجه به احتمال ورود بازیگر به ائتلاف ها، محاسبه می کند. لازم به ذکر است مجموع ارزش شپلی کل با عنوان تابع مشخصه شناخته می شود.

$$v(N) = \sum_{i=1}^{N} \varphi_i(v)$$ **رابطه ۱۲**

در مدل بهینه سازی پرتفوی ارزش شپلی می تواند وزن هر ائتلاف را تعیین کرده و مبنای محاسبه وزن هر سهم در پرتفوی بهینه باشد.

تئوری سنتی سبد سرمایه‌گذاری تا پس از جنگ جهانی دوم مورد قبول بود (Shenoy & McCarthy, 1998). در این رویکرد سرمایه گذاران بر این تفکر بودند که به منظور کاهش ریسک بایستی تعداد اوراق بهادار داخل سبد را اضافه نمود. بدون اینکه به ارتباط بازدهی میان این اوراق بهادار توجه شود (Reilly & Brown, 1999). به منظور غلبه بر عدم اطمینان، هری مارکوویتز مقاله خود با عنوان "انتخاب سبد سرمایه گذاری" را منتشر نمود و به توسعه مهمی در این حوزه رهنمون شد. انتشار مقاله وی آغاز تئوری مدرن سبد سرمایه گذاری شد. بر اساس این نظریه،

افزایش تعداد سهام های موجود در سبد به تنهایی کافی نیست بلکه شدت و جهت ارتباط یک سهام با سایر اوراق بهادار موجود در سبد نیز موثر است(Markowitz, 1952) .

شارپ(۱۹۷۱) مدل تک شاخصی را معرفی کرده و تلاش نمود که بازدهی سهام را به وسیله یک عامل که شاخص بازار نامگذاری گردید، توضیح دهد. چن و راس(۱۹۸۶) مدل چند عاملی را معرفی نمودند. این مدل بر این فرض است که بازدهی سهام به وسیله تعدادی از متغیر های اقتصادی که علاوه بر شاخص بازار شامل نرخ بهره و شاخص صنعت نیز می گردد (Elton & Gruber, 1995). کومو و یامازاکی(۱۹۹۱) نیز مدل جدیدی را برای انتخاب سبد سرمایه گذاری بر مبنای میانگین – واریانس توسعه دادند(Konno & Yamazaki, 1991) .

بل و کور شرایط بهینگی مورد نیاز برای سبد بهینه را در تحقیق خود در سال ۱۹۸۸ تحت عنوان شرایط بهینگی از منظر تئوری بازی ها را بیان نمودند. فاریاس و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵، مساله انتخاب سبد بهینه را نسبت به شاخص IBOVESPA که در بورس سهام برزیل معامله می شود را به کار گرفته و به نتایج موفقیت آمیزی دست یافتند.

بازی ائتلاف جایگاه ویژه ای در میان رشته های مختلف که به هماهنگی نیاز دارد نظیر شبکه های ارتباطی پیدا کرده است(Saad, Han, Debbah, Hjourngnes, & Başar, 2013) . به ویژه شبکه های وایرلس از انواع ائتلاف هستند که توزیع منصفانه آن بسیار مهم است. سعد و همکاران در مطالعه خود، بازی ائتلاف در تئوری بازی ها را به وسیله سه روش توضیح دادند و مدلی برای ارتباط شبکه های وایرلس بر مبنای نیاز مهندسان پیشنهاد دادند. کوهن و همکاران نیز تئوری بازی ائتلاف را در انتخاب ویژگی ها استفاده نمودند(Cohen & Vijverberg, 2008) . لماریس پنج کاربرد اساسی تئوری بازی ها در صنعت بیمه را مورد بررسی قرار داد(Lemaris, 2013) . کوکاک (۲۰۱۴) نیز در تحقیق خود به انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه با استفاده از تئوری بازی ها در بورس لندن اقدام نموده است.

۲-۱- سابقه تحقیقات بهینه سازی سبد در ایران

تحقیقات در رابطه با بهینه سازی سبد سهام طبق مدل مارکوویتز پیشینه چندین ساله دارد. اما معمولا تحقیقات بهینه سازی پرتفوی در ایران ذیل چندین رویکرد وجود دارد.

یکی از رویکرد هایی که مورد توجه محققان قرار گرفته است، پژوهش در زمینه الگوریتم بهینه سازی است. با توجه به غیر خطی بودن مدل بهینه سازی سبد سهام و همچنین امکان وجود محدودیت های کاردینال، محاسبه پرتفوی کارا مستلزم بکارگیری الگوریتم های فرا ابتکاری است که پژوهش های فراوانی در این مورد انجام شده است از جمله؛ پژوهش عبدالعلی زاده و همکاران

(۱۳۸۲) در زمینه بهینه سازی پرتفوی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، پژوهش راعی و همکاران (۱۳۸۹) تحت عنوان تعیین مرز کاری سبد سهام با استفاده از الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات، پژوهش فلاح شمس و همکاران (۱۳۹۲) در زمینه بهینه سازی پرتفوی با استفاده از الگوریتم مورچگان، پژوهش الهی و همکاران (۱۳۹۳) در رابطه با بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری جست‌جوی شکار، و ... که این الگوریتم ها سعی دارند سبد سهام بهینه در شرایط پیچیده مدل بهینه سازی و در موقعیت وسیع بودن داده‌های ورودی مدل، را محاسبه و تعیین نمایند.

رویکرد دیگری که در مساله بهینه سازی پرتفوی مورد توجه بوده، استفاده از معیار های مختلف ریسک به عنوان راهکار جایگزین واریانس در مدل مارکوویتز می‌باشد. در این زمینه نیز پژوهش های متعددی انجام شده است. که می‌توان از پژوهش های از ذیل نام برد؛

راعی و همکاران(۱۳۹۰) با جایگزین کردن معیار نیم-واریانس بجای واریانس در مدل مارکوویتز و با استفاده از الگوریتم جستجوی هارمونی مدل بهبود یافته تری جهت تشکیل سبد سهام بهینه ارائه نمودند. رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۲) معیار های ارزیابی ریسک تعدیل شده از جمله ریسک نامطلوب و ریسک مطلوب را در مدل بهینه سازی خود معرفی نمودند، که در این پژوهش با تجزیه نوسانات سهم به نوسانات منفی به عنوان ریسک نامطلوب و نوسانات مثبت به عنوان پتانسیل مطلوب مدل بهینه سازی مارکوویتز را توسعه بخشیدند. اسلامی بیدگلی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود معیار ارزش در معرض خطر را به عنوان شاخص جایگزین واریانس مبنای مدل انتخاب سبد سهام قرار دادند. اسلامی بیدگلی و سارنج (۱۳۸۷) با توسعه مدل مارکوویتز، مدل سه معیاره‌ی میانگین-واریانس-نقدشوندگی را ارائه نمودند. موشیخیان و نجفی (۱۳۹۴) نیز مدل مارکوویتز را توسعه داده و مدل سه معیاره‌ی میانگین- نیم واریانس-چولگی را معرفی نمودند.

۳-روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش قصد داریم ابتدا بازیگران بازار را به پنج گروه تقسیم نماییم:

- بازیگر بزرگ: بازیگر بزرگ در واقع همان شاخص بازار است. بازیگر بزرگ قدرتی برای شکل دهی روند بازار داشته و سایر بازیگران بازار سعی بر آن دارند تا با ائتلاف با یکدیگر بازیگر بزرگ را شکست دهند.
- بازیگر بدون ریسک: بازیگر بدون ریسک، قصد پذیرش هیچ گونه ریسکی را ندارد. لذا این سرمایه گذار صرفا در اوراق بهادار بدون ریسک سرمایه گذاری نموده و عایدی وی نرخ بازدهی بدون ریسک خواهد بود.

- بازیگر مخالف: بازیگر مخالف علاقه‌مند به حرکت در خلاف جهت بازیگر بزرگ است. به زبان مالی بازیگر مخالف صرفا در سهام و اوراق بهادار با بتای منفی سرمایه گذاری می نماید.
- بازیگر ریسک گریز(کم ریسک): بازیگر کم ریسک در سهام و اوراق بهادار با بتای کمتر از یک سرمایه گذاری می نماید.
- بازیگر ریسکی(پر ریسک): بازیگر پر ریسک در سهام و اوراق بهادار با بتای بیشتر از یک سرمایه گذاری می نماید.

فرض بر آن است که بازیگر بزرگ سه استراتژی برای بازی خواهد داشت. به عبارت دیگر بازیگر بزرگ یا استراتژی صعودی در بازی خود استفاده نموده و در نتیجه بازار روند صعودی خواهد داشت و یا استراتژی خنثی و یا استراتژی نزولی را استفاده خواهد کرد که در این صورت به ترتیب بازار بدون روند و نزولی خواهد بود.

هر یک از اوراق بهادار بر اساس معیار بتا به عنوان یکی از استراتژی ها برای یکی از سایر بازیگران در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال اوراق بهادار الف و ب با بتا های ۱,۲ و ۱,۵ استراتژی های بازیگر پر ریسک خواهند بود. با فرض اینکه بازیگر پر ریسک صرفا همین دو استراتژی را دارد، جدول عایدی وی ۶ حالت خواهد داشت که هر حالت عایدی استراتژی بازیگر پر ریسک در مقایسه با استراتژی بازیگر بزرگ را نشان خواهد داد.

بازیگران هر یک به صورت انفرادی یک عایدی (مطلوبیت) خواهند داشت. بدیهی است بازیگران تنها در صورتی در یک ائتلاف شرکت خواهند کرد که مطلوبیت و عایدی ناشی از ائتلاف، از مطلوبیت و عایدی که هر یک از بازیگران به صورت انفرادی کسب می نمود و یا نسبت به سایر ائتلاف هایی که بازیگر امکان ورود به آن ها را داشت، مساوی یا بیشتر باشد. احتمال تشکیل هر ائتلاف با استفاده از تعداد شرکت کنندگان در ائتلاف نسبت به کل بازیگران تعیین می شود. سپس مطلوبیت هر بازیگر با استفاده از میزان احتمال تشکیل ائتلاف و عایدی مورد انتظار محاسبه خواهد شد. در انتها نیز وزن کلی هر یک از بازیگران و نیز استراتژی هر بازیگر بر مبنای مدل استفاده شده در تحقیق محاسبه خواهد شد (Kocak, 2014). وزن کلی هر بازیگر به معنای میزان پرتفوی تخصیص یافته به اوراق بدون ریسک، اوراق بهادار با بتای منفی، اوراق بهادار کم ریسک و اوراق بهادار پر ریسک خواهد بود و وزن هر استراتژی معرف وزن هر ورقه بهادار در سبد بهینه خواهد بود. با توجه به اینکه بازیگران بازار توانسته اند با استفاده از ائتلاف میان خود به مطلوبیتی بالاتر از مطلوبیت و عایدی انفرادی و یا سایر ائتلاف های مشابه دست یابند، سبد سرمایه گذاری در این حالت بهینه خواهد بود.

مطلوبیت هر بازیگر با استفاده از سه معیار محاسبه خواهد شد، که منطق محاسبه ی آن بدین صورت است؛

- چنانچه بازدهی استراتژی بازیگر بیش از بازدهی بازیگر بزرگ (بازار) باشد ۱ واحد مطلوبیت مثبت و در غیر اینصورت ۱ واحد مطلوبیت منفی.
- چنانچه بازدهی استراتژی بازیگر، نسبت به بازدهی اوراق بدون ریسک پیشتاز باشد، ۱ واحد مطلوبیت مثبت و در غیر اینصورت ۱ واحد مطلوبیت منفی.
- چنانچه بازدهی تعدیل شده با ریسک (نسبت شارپ) استراتژی بازیگر، بیش از نسبت شارپ بازیگر بزرگ یا بازار باشد، ۱ واحد مطلوبیت مثبت و در غیر اینصورت ۱ واحد مطلوبیت منفی.

مطلوبیت کل، مجموع امتیاز مطلوبیت سه معیار فوق می‌باشد. رابطه محاسبه مطلوبیت بصورت ذیل خواهد بود؛

رابطه ۱۳

$$Utility = \begin{cases} \forall\, r_i > r_m : U_1 = 1, & \forall\, r_i < r_m : U_1 = -1 \\ \forall\, r_i > r_f : U_2 = 1, & \forall\, r_i < r_f : U_2 = -1 \\ \forall\, SR_i > SR_m : U_3 = 1, & \forall\, SR_i < SR_m : U_3 = -1 \end{cases} ; U_i = U_1 + U_2 + U_3 + 3$$

لازم به ذکر است. جهت جلوگیری از منفی شدن مطلوبیت، عدد سه در پایان به مطلوبیت اضافه شده است. مطلوبیت حاصل از یک ائتلاف فرضی S، با حاصل جمع مطلوبیت بازیگران شرکت کننده در ائتلاف می باشد.

رابطه ۱۴

$$U_s = \sum_{i \in S} U_i$$

U_s به عنوان عایدی یا مطلوبیت هر ائتلاف، ماده اولیه ماتریس *Pay_Off* (رابطه ۱) بوده و جهت محاسبه راه حل بهینه در ائتلاف مربوطه، وارد مدل ۶ خواهد شد. با توجه به اینکه ۴ بازیگر در این پژوهش جهت ائتلاف در مقابل بازیگر بزرگ (بازار) تعریف شده است (شامل؛ بازیگر مخالف؛ بازیگر بدون ریسک، بازیگر ریسک گریز و بازیگر ریسک پذیر) پژوهش حاضر با ۱۵ ائتلاف و به تبع آن ۱۵ مسئله ($۲^۴$-۱) جهت محاسبه راه حل بهینه‌ی ائتلاف مواجه خواهد بود.

با محاسبه راه حل بهینه، با استفاده از رابطه ۷ ارزش هر یک از این ۱۶ ائتلاف $v(s)$ بدست می‌آید، و بیانگر آن است که مطلوبیت کل، یک بازی ائتلاف برای مشارکت کنندگان به چه میزان است. ائتلافی که بیشترین ارزش را ایجاد خواهد کرد، مبنای مدل بهینه سازی پرتفوی خواهد بود.

با توجه به قضیه هم‌افزایی و رابطه ۸ و رابطه ۹، بدیهی‌ست که مشارکت تمامی بازیگران در ائتلاف، به بیشترین ارزش بازی و مطلوبیت $v(s)$ می‌انجامد.

در گام بعدی ارزش مازاد هر یک از ۴ بازیگر تعریف شده، با استفاده از روش ارزش شپلی (رابطه ۱۱) محاسبه خواهد شد. همانطور که اشاره شد ارزش شپلی بازیگر i نشان می‌دهد که ورود بازیگر i به هر یک ۱۶ ائتلاف مزبور، با مد نظر قرار دادن احتمال ورود آن به ائتلاف‌ها، به طور میانگین به چه میزان موجب افزایش مطلوبیت خواهد شد. این شاخص، به نوعی ارزش چانه زنی هر یک از بازیگران جهت ورود به ائتلاف ها را نشان می دهد. نتیجه نهایی این محاسبات بردار شپلی[۱۳] است.

$$Shapley\ Vector:\ \varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)$$ **رابطه ۱۵**

با استاندارد سازی بردار شپلی می توان وزن هر بازیگر یا به نوعی قدرت چانه زنی هر بازیگر قابل محاسبه خواهد بود. لازم به ذکر است وزن هر بازیگر P_i با تقسیم ارزش شپلی آن بازیگر به تابع مشخصه (رابطه ۱۱) محاسبه می‌گردد.

از راه‌حلی که جواب بهینه $v(S)$ $S = \{1,2,3,4\}$ را ارائه می نماید، امکان رخداد استراتژی هایی که برآورد نماید که ابزارهای سرمایه گذاری هر یک از بازیگران ۱، ۲، ۳ و ۴ توسط این بازیگران انتخاب می شوند، به ترتیب معادل α_j^*، β_k^*، γ_h^* و δ تعریف می‌شود.

δ بازیگر بدون ریسک، α بازیگر مخالف ($j=1,2, \ldots, n$)، β بازیگر ریسک گریز ($k=1,2, \ldots, m$) و γ بازیگر ریسک پذیر ($h=1, 2, 3, \ldots, H$) است که بازیگر بدون ریسک تنها یک ابزار سرمایه گذاری خواهد داشت.

درصد سرمایه گذاری ابزار سرمایه گذاری j در گزینه های سرمایه گذاری بازیگر α در کل سبد سرمایه‌گذاری برابر با رابطه ذیل خواهد بود؛

$$W_j = p(\alpha)\, \alpha_j^* \sum_{k,h} \beta_k^*\, \gamma_h^*\, \delta$$ **رابطه ۱۶**

همچنین درصد سرمایه گذاری ابزار سرمایه گذاری k در گزینه های سرمایه‌گذاری بازیگر β و ابزار سرمایه گذاری k در گزینه های سرمایه‌گذاری بازیگر γ، و درصد سرمایه گذاری ابزار سرمایه‌گذاری بدون ریسک (δ) در کل سبد سرمایه‌گذاری برابر با روابط ذیل خواهد بود؛

$$W_k = p(\beta)\,\beta_k^* \sum_{j,h} \alpha_j^*\,\gamma_h^*\,\delta$$ **رابطه ۱۷**

$$W_h = p(\gamma)\,\gamma_h^* \sum_{k,j} \alpha_j^*\,\beta_k^*\,\delta$$ **رابطه ۱۸**

$$W_\delta = p(\delta)\,\delta \sum_{k,j,h} \alpha_j^*\,\beta_k^*\,\gamma_h^* \xrightarrow{\sum_{k,j,h} \alpha_j^*\,\beta_k^*\,\gamma_h^*=1} W_\delta = p(\delta)$$ **رابطه ۱۹**

پس از محاسبه سبد دارایی ها، عملکرد سبد بر اساس معیار ترینر با عملکرد شاخص بازار مقایسه می گردد. شاخص ترینر به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$T_p = \frac{R_p - R_f}{\beta_p}$$ **رابطه ۲۰**

جامعه آماری مورد بررسی در این تحقیق شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران هستند که براساس ویژگی‌های تعریف شده در تحقیق انتخاب می‌شوند. بدین ترتیب نمونه گیری غیرتصادفی بوده و شرکت‌هایی از جامعه مورد بررسی قرار می‌گیرند که اطلاعات مالی آن‌ها طی دوره مورد بررسی در دسترس باشد. دوره زمانی تحقیق نیز با توجه به در دسترس بودن اطلاعات مورد نیاز از ۱۳۸۵ تا ابتدای سال ۱۳۹۵ درنظر گرفته شده است. همچنین با توجه به محدودیت نرم افزار در اجرای محاسبات ریاضیاتی، برای هر بازیگر ۲۰ استراتژی(سهام) انتخاب شده است که مبنای این انتخاب این ۲۰ سهم ارزش بازار سهام بوده است. همچنین از بازدهی سهام شرکت های نمونه تا اسفند ماه سال ۱۳۹۵ به عنوان نمونه ای جهت آزمون خارج از دوره[۱۴] استفاده شده است. داده های مربوط به بتا، انحراف معیار و ارزش بازار از نرم افزار ره آورد نوین استخراج گردیده است.

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها در روش شناسی تحقیق به تفضیل تشریح شده‌اند. ابزارهای تجزیه و تحلیل نیز شامل نرم افزارهای آماری مختلف هستند که قابلیت تجزیه و تحلیل این داده‌ها را داشته باشند. ابزارهای تجزیه و تحلیل داده ها در این پژوهش نرم افزار Matlab می باشد.

۴- یافته های پژوهش

استراتژی‌های سرمایه‌گذاری هر بازیگر به همراه مطلوبیت محاسبه شده بر اساس رابطه ۱۳ به شرح جداول ۱ تا ۴ می‌باشد. استراتژی های بازیگر بزرگ بر اساس M۱ تا M۳ تعیین گردیده است.

بازیگر مخالف(A):

جدول ۱

ردیف	نام سهام	M1	M2	M3
۱	بانک مهر اقتصاد	۶	۶	۳
۲	سر. نیروگاهی ایران سنا	۶	۶	۳
۳	بانک ایران زمین	۶	۶	۳
۴	تهران شیمی	۶	۶	۳
۵	نهادهای مالی بورس انرژی	۶	۶	۳
۶	آرتاویل تایر	۶	۶	۳
۷	بیمه کوثر	۶	۶	۳
۸	سر. اقتصاد نوین	۶	۶	۳
۹	سیمان دشتستان	۶	۶	۳
۱۰	سیمان فارس	۶	۶	۳
۱۱	بیمه رازی	۶	۶	۳
۱۲	بیمه سرمد	۶	۶	۳
۱۳	گروه صنعتی ملی (هلدینگ)	۶	۶	۳
۱۴	سیمان ممتازان کرمان	۶	۶	۳
۱۵	صنعتی بهپاک	۶	۶	۳
۱۶	روز دارو	۶	۶	۳
۱۷	تهران دارو	۶	۶	۳
۱۸	قند نقش جهان	۶	۶	۳
۱۹	قند هگمتان	۶	۶	۳
۲۰	مخابراتی ایران	۶	۶	۳

بازیگر بدون ریسک(F):

بازیگر بدون ریسک صرفا یک گزینه سرمایه گذاری خواهد داشت، و آن اوراق بدون ریسک می‌باشد.

جدول ۲

ردیف	نام اوراق بهادار	M1	M2	M3
۱	اوراق بهادار بدون ریسک	۴	۴	۳

بازیگر ریسک گریز(RA):

جدول ۳

ردیف	نام سهام	M1	M2	M3
۱	صنایع پتروشیمی خلیج فارس	۴	۴	۳
۲	ارتباطات سیار	۴	۴	۳
۳	پتروشیمی مارون	۴	۴	۳
۴	مخابرات ایران	۴	۴	۳
۵	سر. نفت و گاز تامین	۴	۴	۳
۶	بانک ملت	۴	۴	۳
۷	پتروشیمی جم	۴	۴	۳
۸	بانک پاسارگاد	۴	۴	۳
۹	سر. توسعه معادن و صنایع معدنی خاورمیانه	۴	۴	۳
۱۰	بانک صادرات ایران	۴	۴	۳
۱۱	سر. امید	۴	۴	۳
۱۲	پتروشیمی پردیس	۴	۴	۳
۱۳	بانک تجارت	۴	۴	۳
۱۴	خدمات انفورماتیک	۴	۴	۳
۱۵	بانک اقتصاد نوین	۴	۴	۳
۱۶	پتروشیمی امیرکبیر	۴	۴	۳
۱۷	بانک کار آفرین	۴	۴	۳
۱۸	پتروشیمی خارک	۴	۴	۳
۱۹	بانک انصار	۴	۴	۳
۲۰	سر. پارس آریان	۴	۴	۳

بازیگر ریسک پذیر(RS):

جدول ۴

ردیف	نام سهام	M1	M2	M3
۱	سر. غدیر	۲	۲	۳
۲	فولاد مبارکه اصفهان	۲	۲	۳
۳	گسترش نفت و گاز پارسیان	۲	۲	۳
۴	گروه مپنا	۲	۲	۳
۵	کشتیرانی ایران	۲	۲	۳
۶	پالایش نفت بندر عباس	۲	۲	۳

ردیف	نام سهام	M1	M2	M3
۷	ملی صنایع مس ایران	۲	۲	۳
۸	سایپا	۲	۲	۳
۹	ایران خودرو	۲	۲	۳
۱۰	پالایش نفت اصفهان	۲	۲	۳
۱۱	گل گهر	۲	۲	۳
۱۲	چادرملو	۲	۲	۳
۱۳	سر. گروه توسعه ملی	۲	۲	۳
۱۴	سر. صندوق بازنشستگی	۲	۲	۳
۱۵	پالایش نفت تهران	۲	۲	۳
۱۶	فولاد خوزستان	۲	۲	۳
۱۷	بانک پارسیان	۲	۲	۳
۱۸	پتروشیمی سرمایه گذاری ایرانیان	۲	۲	۳
۱۹	سر. توسعه معادن و فلزات	۲	۲	۳
۲۰	پتروشیمی زاگرس	۲	۲	۳

بر اساس حل بازی هر یک از بازیگرها با بازیگر بزرگ و نیز تشکیل ائتلاف های گوناگون بین بازیگران، نتایج بازی هر یک از ائتلاف های موجود با بازیگر بزرگ به شرح **Error! Reference source not found.** محاسبه گردیده است. ارزش هر ائتلاف نشان می‌دهد چگونه ائتلاف دو بازیگر موجب هم‌افزایی و رشد مطلوبیت بازی برای بازیگران خواهد شد.

جدول ۵

ائتلاف S	ارزش ائتلاف v(S)	ائتلاف S	ارزش ائتلاف v(S)
{Ø}	۰	{F, RA}	۶
{A}	۳	{F, RS}	۶
{F}	۳	{RA, RS}	۶
{RA}	۳	{A, F, RA}	۹
{RS}	۲	{A, F, RS}	۹
{A, F}	۳	{A, RA, RS}	۹
{A, RA}	۶	{F, RA, RS}	۹
{A, RS}	۶	{A, F, RA, RS}	۱۲

پس از محاسبه ارزش بازی برای تمامی ائتلاف‌های ممکن، ارزش شپلی برای هر بازیگر به شرح **Error! Reference source not found.** محاسبه گردیده است. ارزش شپلی با توجه به احتمال شکل گیری هر ائتلاف و افزوده شدن هر بازیگر به ائتلاف، امید ریاضی ارزش مازادی که هر بازیگر به مطلوبیت و ارزش ائتلاف های ممکن، می‌دهد را نشان می‌دهد.

جدول ۶

بازیگر	مخالف A	بدون ریسک F	ریسک گریز RA	ریسک پذیر RS
ارزش شپلی φ_i	۳,۰۸۳۳	۳,۰۸۳۳	۳,۰۸۳۳	۲,۷۵

بر اساس داده های محاسبه شده، ارزش مازادی که بازیگر مخالف، بدون ریسک و ریسک گریز ایجاد می نماند مشابه و بالاتر از بازیگر ریسک پذیر بوده است. اساساً ارزش (شپلی) به شرح **Error! Reference source not found.** می‌تواند به احتمال حضور هر بازیگر در ائتلاف منجر شود که مبنای حضور استراتژی هر بازیگر در پرتفوی بهینه قرار خواهد گرفت:

جدول ۷

بازیگر	مخالف A	بدون ریسک F	ریسک گریز RA	ریسک پذیر RS
احتمال حضور هر بازیگر در ائتلاف (P_i)	۰,۲۵۶۹	۰,۲۵۶۹	۰,۲۵۶۹	۰,۲۲۹۲

بر این اساس وزن هر یک از استراتژی‌های بازیگران(اوراق بهادار) در سبد سرمایه گذاری هدف به شرح **Error! Reference source not found.** می باشد:

جدول ۸

بازیگر	عنوان سهم	وزن[۱۵] در پرتفوی بهینه	عنوان سهم	وزن در پرتفوی بهینه
بازیگر مخالف	بانک مهر اقتصاد	٪۱,۲۷	بیمه رازی	٪۱,۲۷
	سر. نیروگاهی ایران سنا	٪۱,۲۷	بیمه سرمد	٪۱,۲۷
	بانک ایران زمین	٪۰,۰۰	گروه صنعتی ملی (هلدینگ)	٪۱,۲۷
	تهران شیمی	٪۱,۲۷	سیمان ممتازان کرمان	٪۱,۲۷
	نهادهای مالی بورس انرژی	٪۱,۲۷	صنعتی بهپاک	٪۱,۲۷
	آرتاویل تایر	٪۱,۲۷	روز دارو	٪۱,۲۷

بازیگر	عنوان سهم	وزن[15] در پرتفوی بهینه	عنوان سهم	وزن در پرتفوی بهینه
	بیمه کوثر	٪۱,۲۷	تهران دارو	٪۰,۰۰
	سر. اقتصاد نوین	٪۱,۲۷	قند نقش جهان	٪۱,۲۷
	سیمان دشتستان	٪۱,۲۷	قند هگمتان	٪۱,۲۷
	سیمان فارس	٪۱,۲۷	مخابراتی ایران	٪۱,۲۷
بازیگر ریسک گریز	صنایع پتروشیمی خلیج فارس	٪۱,۲۷	سر. امید	٪۱,۲۷
	ارتباطات سیار	٪۱,۲۷	پتروشیمی پردیس	٪۱,۲۷
	پتروشیمی مارون	٪۱,۲۷	بانک تجارت	٪۱,۲۷
	مخابرات ایران	٪۱,۲۷	خدمات انفورماتیک	٪۱,۲۷
	سر. نفت و گاز تامین	٪۱,۲۷	بانک اقتصاد نوین	٪۱,۲۷
	بانک ملت	٪۱,۲۷	پتروشیمی امیرکبیر	٪۱,۲۷
	پتروشیمی جم	٪۱,۲۷	بانک کار آفرین	٪۱,۲۷
	بانک پاسارگاد	٪۰,۰۰	پتروشیمی خارک	٪۱,۲۷
	سر. توسعه معادن و صنایع معدنی خاورمیانه	٪۱,۲۷	بانک انصار	٪۱,۲۷
	بانک صادرات ایران	٪۰,۰۰	سر. پارس آریان	٪۱,۲۷
بازیگر ریسک پذیر	سر. غدیر	٪۱,۱۳	گل گهر	٪۱,۱۳
	فولاد مبارکه اصفهان	٪۱,۱۳	چادرملو	٪۱,۱۳
	گسترش نفت و گاز پارسیان	٪۱,۱۳	سر. گروه توسعه ملی	٪۱,۱۳
	گروه مپنا	٪۱,۱۳	سر. صندوق بازنشستگی	٪۱,۱۳
	کشتیرانی ایران	٪۱,۱۳	پالایش نفت تهران	٪۱,۱۳
	پالایش نفت بندر عباس	٪۱,۱۳	فولاد خوزستان	٪۱,۱۳
	ملی صنایع مس ایران	٪۱,۱۳	بانک پارسیان	٪۰,۰۰
	سایپا	٪۱,۱۳	پتروشیمی س. ایرانیان	٪۱,۱۳
	ایران خودرو	٪۱,۱۳	سر. توسعه معادن و فلزات	٪۱,۱۳
	پالایش نفت اصفهان	٪۱,۱۳	پتروشیمی زاگرس	٪۱,۱۳
بازیگر بدون ریسک			اوراق بدون ریسک	٪۳۲,۸۱

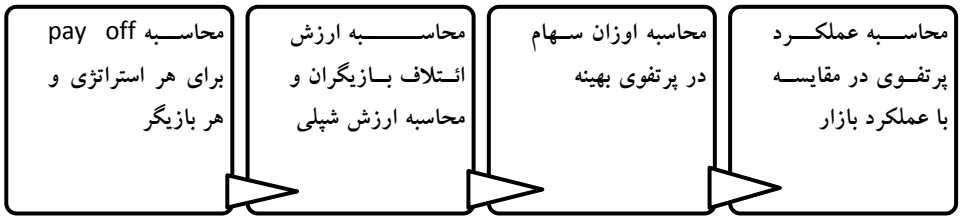
همانطور که گفته شد؛ داده های مورد استفاده برای تشکیل پرتفوی بهینه آمار معاملات سهم-های منتخب در بازه زمانی ابتدای ۱۳۸۵ تا ابتدای سال ۱۳۹۵ می‌باشد. بازدهی سال ۱۳۹۵ برای سبد حاصل از مدل، ۵,۰ درصد و با فرض نرخ ۱۸ درصد به عنوان نرخ بازدهی بدون ریسک، بتای سبد ۰,۳۸۲۴ بوده است. لذا معیار ترینر برای سبد حاصل از این مدل ۰,۳۴- خواهد بود. این در

حالی است که بازدهی شاخص بازار در مدت مشابه ۴,۳۴- بوده و معیار ترینر بازار ۰,۲۲۳۴- می باشد.

۵- نتیجه گیری و بحث

مساله تصمیم گیری سالیان متمادی موضوع ذهن بشری بوده است. گاهی با آزمون و خطا و گاهی با ابداع برخی تکنیک ها این امر محقق گشته است. تئوری بازی رویکردی است که نتایج مثبت و امیدوار کننده ای را به افراد منطقی ارائه می نماید. تلاش برای خلق سبد بهینه مستلزم بکارگیری تکنیک های جدیدی می باشد و توانسته است اهداف بشری را تا حدود زیادی محقق سازد.

بیشتر بودن بازدهی سبد حاصل از بازی ائتلاف نسبت به بازدهی بازار و نرخ بدون ریسک و نیز برتری این سبد در معیار ترینر نسبت به شاخص بازار نشان دهنده موفقیت الگو جهت ارائه سبد سرمایه گذاری بهینه می باشد.



مراحل پژوهش به شکل نگاره فوق می‌باشد. در این مقاله سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از تئوری بازی همکارانه در میان ۶۱ ورقه بهاداری –شامل ۶۰ سهم و اوراق بدون ریسک- تشکیل گردید و موفق به ثبت بازدهی بسیار بهتری نسبت به شاخص بازار گردید. شکست دادن بازار در مدیریت فعال در عین اعتقاد به کارایی بازار از مساله های دیرین بشری در امر سرمایه‌گذاری بوده است که به وسیله تعریف یک بازی ائتلاف استاندارد قابل حل می باشد. نکته اساسی اینجاست که در حل این بازی از بازی با جمع صفر استفاده شده است بدین در این بازی حداقل یک پیروز و حداقل یک بازنده خواهیم داشت و مجموع برد همه بازیگران برابر صفر خواهد بود. در نتیجه می توان پیش بینی نمود که در صورتی که تمامی بازیگران بازار به صورت همزمان از این الگو و با داده های یکسان استفاده نمایند احتمال موفقیت الگو کاهش خواهد یافت.

فهرست منابع

* عبدالعلی زاده شهیر ,س & .,عشقی ,ک .(1382) .کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار .پژوهشهای اقتصادی ایران.192-175 ,
* اسلامی بیدگلی ,غ & .,سارنج ,ع .(1387) .انتخاب پرتفوی با استفاده از سه معیار میانگین بازدهی، انحراف معیار بازدهی و نقد شوندگی در بورس اوراق بهادار تهران . بررسی های حسابداری و حسابرسی.16-3 ,
* اسلامی بیدگلی ,غ & .,طیبی ثانی ,ا .(1393) .بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان .مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار.184-163 ,
* اصغرپور ,م .(1393) .تصمیم گیری گروهی و نظریه بازی ها با نگرش تحقیق در عملیات .انتشارات دانشگاه اصفهان.
* الهی ,م .,یوسفی ,م & .,زارع مهرجردی ,ی .(1393) .بهینه سازی سبد سهام با رویکرد میانگین ــ واریانس و با استفاده از الگوریتم فراابتکاری جست‌وجوی شکار .تحقیقات مالی.56-37 ,(16)1 ,
* راعی ,ر & .,علی بیگی ,ه .(1389) .بهینه سازی پرتفوی سهام با استفاده از روش حرکت تجمعی ذرات .تحقیقات مالی.(29)12 ,
* راعی ,ر .,محمدی ,ش & .,علی بیکی ,ه .(1390) .بهینه سازی سبد سهام با رویکرد »میانگین -نیم واریانس «و با استفاده از روش »جستجوی هارمونی .«پژوهش های مدیریت در ایران.128-105 ,
* رهنمای رودپشتی ,ف & .,میرعباسی ,ی .(1392) .معیار ارزیابی ریسک تعدیل‌شده بر اساس ظرفیت مطلوب در تصمیمات سرمایه‌گذاری و بهینه‌سازی سبد سهام)زیربنای نظریه‌پردازی و ابزارسازی نوین مالی .(تحقیقات مالی اسلامی.122-87 ,
* عبدلی ,ق .(1395) .نظریه بازی ها و کاربرد آن .انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی.
* فلاح شمس ,م .,عبداللهی ,ا & .,مقدسی ,م .(1392) .بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم مورچگان در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران .فصلنامه راهبرد مدیریت مالی.

* موشـیخیان ,س & .,نجفـی ,ا .(1394) .بهینـه سـازی سـبد سـرمایه گـذاری بـا اسـتفاده از الگـوریتم چنـد هدفـه ازدحـام ذرات بـرای مـدل احتمـالی چنـد دوره ای میـانگین -نـیم واریانس -چولگی .مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار148-133 ,
* Cohen, J., & Vijverberg, W. (2008). Applying game theory to library networks. Journal of American Society for Information Science, 5(31), 369-374.
* Elton, E., & Gruber, M. (1995). Modern portfolio theory and investment analysis. New York: Wiley.
* Jobson , J., & Korkie, B. (1981). Performance Hypothesis Testing with the Sharpe and Treynor Measures. The Journal of Finance, 36(4), 889-908.
* Kocak, H. (2014). Canonical Coalition Game Theory for Optimal Portfolio Selection. Asian Econimic and Financial Review, 1254-1259.
* Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. Management Science, 37(5), 519-531.
* Lemaris, J. (2013). Cooperative game theory and its insurance application. Astin Bulletin, 1(21), 17-40.
* Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. Journal of Finance, 77-91.
* Myerson, R. (1991). Game Theory, analysis of conflict. Cambridge: harvard uni. press.
* Osborne, M. (2004). An introduction to game theory. New York: Oxford University Press.
* Reilly, F., & Brown, K. (1999). nvestment analysis and portfolio management. USA: Harcourt College Publishers.
* Saad, W., Han, Z., Debbah, A., Hjourngnes, A., & Başar, T. (2013). Coalitional game theory for communication networks : A tutorial. Retrieved from https://arxiv.org/pdf/0905.4057.pdf
* Shenoy, C., & McCarthy, K. (1998). Applied portfolio management. USA: John Wiley & Sons Inc.

یادداشت‌ها

[1] Markowitz
[2] Sharpe
[3] Chen and Ross
[4] Game Theory
[5] Zero-sum game
[6] E. Borel
[7] J. Von Neuman
[8] O. Morgenstern
[9] Characteristic function
[10] Canonical Game Theory

[11] Superadditivity
[12] Shapley Value
[13] Shapley Vector
[14] Out of Sample Performance

[۱۵] اوزان به نزدیک ترین عدد صحیح رند گردیده است