

## فرضیه بازار کارآمد (EMH)

در فاینانس، فرضیه بازار کارآمد مدعی است، قیمت های سهام توسط فرآیندی رو به نزول تعیین می شوند. به نحوی که با ارزش نزول یافته (ارزش فعلی) جریانهای نقدی پیش بینی شده، برابر می شوند. همچنین این فرضیه قیمت های سهام را انعکاس اطلاعات شناخته شده می داند و جریان آینده اخبار که مشخص کننده قیمت های آینده سهام هستند، تصادفی و ناشناخته در نظر می گیرد. نظریه بازار کارآمد تلویحا می گوید به طور کلی امکان عواید بالای حد متوسط در بازار سهام از طریق معامله وجود ندارد. طبق این تئوری کسب درآمد تنها از طریق شانس و یا معامله با اطلاعات داخلی میسر است. معمولا نظریه بازارهای کارآمد را به سه نوع رایج زیر تقسیم می کنند:

1. کارایی شکل ضعیف؛
2. کارایی شکل نیمه قوی و
3. کارایی شکل قوی.

هر یک از اینها مفاهیم خود را بر چگونگی عملکرد بازار دارند.

بر اساس کارایی شکل ضعیف، هیچ درآمد هنگفتی با به کارگیری استراتژیهای سرمایه گذاری براساس قیمت های پیشین سهام یا دیگر اطلاعات مالی بدست نمی آید. کارایی شکل ضعیف این مفهوم را می رساند که تحلیل فنی قادر نیست عواید هنگفتی ایجاد کند. برای آزمایش کارایی شکل ضعیف کافی است از تحقیقات آماری در مورد اطلاعات مجموعه زمانی قیمت ها استفاده کنید. در بازاری با کارایی ضعیف، قیمت های جاری سهام بهترین و بی غرضترین برآورد ارزش اوراق بهادار به شمار می آیند. تنها عاملی که بر این قیمت ها تأثیر می گذارد، پخش خبرهایی است که قبلا کسی از آنها مطلع نبوده است. فرض بر این است که اخبار کلا به صورت تصادفی رخ می دهند، بنابراین تغییرات قیمت سهام نیز باید تصادفی باشند.

بر اساس کارایی به شکل نیمه قوی، این شکل از دارایی قیمت های سهام فورا و به شیوه ای غیرجانبدارانه با اطلاعات جدیدی که در اختیار عموم قرار می گیرد تطابق حاصل می کنند، به نحوی که با معاله از روی آن اطلاعات نمی توان عواید هنگفتی کسب کرد. کارایی شکل نیمه قوی تلویحا این مفهوم را دارد که تحلیل بنیادی قادر نخواهد بود عواید هنگفتی به وجود آورد. برای آزمودن کارایی به شکل نیمه قوی، تطابق با اخباری که قبلا کسی از آنها مطلع نبوده باید اندازه قابل قبولی داشته باشد و فورا صورت گیرد. برای آزمایش این مطلب، باید به دنبال تطابق های پایدار رو به بالا یا روبه پائین پس از تغییر اولیه بود. اگر چنین تطابقی وجود داشته باشد، نشان می دهد سرمایه گذاران اطلاعات را با جانبداری و بنابراین به شکلی ناکارآمد تعبیر کرده اند.

بر اساس کارایی به شکل قوی، این شکل از دارایی قیمت های سهام بازتاب همه اطلاعات هستند و هیچ کس به منافع هنگفت دست نمی یابد. برای آزمودن کارایی با شکل قوی، لازم است بازار در جایی وجود داشته باشد که سرمایه گذاران نتوانند طی مدت زمانی طولانی به صورت مداوم به درآمدهای هنگفت برسند. وقتی موضوع تجارت خودی مطرح باشد، در جایی که سرمایه گذار براساس اطلاعاتی معامله می کند که هنوز در دسترس عموم قرارنگرفته، ایده بازاری با کارایی به شکل قوی ناممکن به نظر می رسد. بررسی های بازار سهام آمریکا نشان داده است مردم براساس اطلاعات داخلی معامله می کنند. همچنین مشخص شده است، کسانی که فعالیت افراد دارای اطلاعات داخلی را تحت نظارت دارند و از آنها تبعیت می کنند، می توانند باعث کاهش منافع می شوند که قابل حصول است.

اگر چه بسیاری از مدیران سرمایه گذاری مداوما بر بازار غلبه داشته اند، اما این موضوع لزوما بر کارایی با فرم قوی خط بطلان نمی کشد. باید بفهمیم چه تعداد از مدیران واقعا بازار را شکست می دهند، چه تعداد با آن منطبق می شوند و چه تعداد عملکردی ضعیف تر از بازار دارند. از نتایج چنین برمی آید که عملکرد مربوط به بازار کم و بیش توزیعی معمولی دارد، به نحوی که می توان انتظار داشت درصد مشخصی از مدیران بر بازار غلبه کنند. با فرض اینکه ده ها هزار مدیر امور مالی در سراسر جهان وجود دارند، داشتن تنها چند دوجین ستاره کاملا با توقعات آماری همخوانی دارد.

بسیاری از ناظران مخالف این فرض هستند که افراد دخیل در بازار منطقی هستند، یا بازارها رفتاری موافق با نظریه بازارکارآمد دارند. بسیاری از اقتصاددانان، ریاضیدانان و کارورزان بازار نمی توانند بپذیرند که بازارهای ساخته دست انسان دارای کارایی قوی هستند، در حالی که در ظاهر امر دلایلی نیز بر ناکارایی وجود دارند. از جمله این عوامل می توان از انتشار کند اطلاعات، قدرت نسبتا بالای برخی عوامل دخیل در بازار (مثلا نهادهای مالی) و وجود سرمایه گذاران ظاهرا حرفه ای و ماهر نام برد.

نظریه بازار کارآمد در اواخر دهه 60 میلادی مطرح شد، قبل از آن، این تفکر حاکم بود که بازارها ناکارآمد هستند. عقیده عموم این بود که در بازارهای بورس آمریکا و انگلستان ناکارایی وجود دارد. هر چند که بررسی قبل از آن توسط کندال در سال 1953 حاکی از آن بود که تغییرات در قیمت های بازار بورس انگلستان تصادفی است اما بررسی های بعدی توسط بریلی و درایدن و همچنین توسط کانینگهام مشخص کرد هیچ وابستگی خاصی در تغییرات قیمت که نشان بدهد بازار بورس انگلیس از کارایی ضعیف برخوردار بوده، وجود نداشته است. اما سایر بررسی های بازارهای سرمایه آنها را با کارایی نیمه قوی نشان داده است. مطالعات فرت طی سالهای 1976، 1979، 1980 در انگلستان قیمت های سهام را پس از اعلام با قیمت های پیشنهاد خرید مقایسه می کرد. فرت دریافت، قیمت های سهام به طور کامل و فورا با سطوح صحیح آنها تطابق حاصل می کنند، بنابراین نتیجه گرفت، بازار بورس انگلستان کارایی نیمه قوی دارد.

شاید حرفه ای ها و دیگر افراد دخیل در بازار که به قوانین یا تدابیر تجاری قابل اطمینانی دست یافته اند، هیچ دلیلی برای افشای آنها برای محققان آکادمیک نمی بینند. درون بازارهای مالی، شناختی از خصوصیات بازار وجود دارد که می توان از آن بهره برداری کرد، به عنوان مثال می توان از تمایلات فصلی و بازگشت های ناهمگون به دارائی هایی با ویژگی های مختلف نام برد. انواع مختلف استراتژیهای سرمایه گذاری حاکمی است، برخی از انواع سهام مداوما عملکردی فراتر از بازار دارند (مثلا در انگلیس، آمریکا و ژاپن).

#### فاینانس رفتاری

مخالفان نظریه بازارهای کارآمد، بعضی مواقع مثالهایی از حرکات بازار می آورند که در قیاس با فرضیات مرسوم به تعیین قیمت سهام، توجیه ناپذیر به نظر می رسد، مثلا سقوط بازار بورس در اکتبر سال 1987 که همزمان اکثر بازارهای بورس دچار سقوط شدند نمونه ای از آن است. تشریح مقیاس سقوط آن بازارها با مراجعه به رویدادهای خبری در آن زمان عملا غیرممکن است. توضیح صحیح، یا در مکانیک بازارها نهفته است (مثلا هیچ شبکه امنیتی برای توقف تجارت فروشندگان وجود ندارد) یا در خصایل عجیب طبیعت بشری.

مطمئنا شیوه های "روانشناسی رفتاری" برای تجارت در بازار بورس، مطمئن ترین و نوید بخش ترین آنها هستند و برخی از استراتژیهای سرمایه گذاری دقیقا به دنبال بهره برداری از چنین ناکارایی هایی هستند.

رشته رو به گسترش پژوهشی به نام "فاینانس رفتاری" بررسی می کند چگونه جانبداری شناختی یا احساسی، به صورت فردی یا جمعی، بی نظمی هایی در قیمت ها و درآمدهای بازار و کجروی های دیگر از تئوری بازار کارآمد به وجود می آورند.

#### سیر تصادفی

در ریاضیات و فیزیک، سیر تصادفی رسمیت بخشیدن به ایده ذاتی گام برداشتن پی در پی است، که هر یک در جهتی تصادفی است. سیر تصادفی یک فرآیند ساده آماری است که برخی اوقات "راه رفتن شبیه به مستان" نامیده می شود.

#### ویژگی ها

ساده ترین سیر تصادفی، مسیری است که براساس قوانین زیر ساخته می شود:

1. یک نقطه شروع وجود دارد.
2. فاصله یک نقطه تا نقطه بعدی در مسیر ثابت است.
3. جهت حرکت از یک نقطه به نقطه بعدی به شکلی تصادفی انتخاب می شود و هیچ جهتی احتمال بیشتر نسبت به جهت دیگر ندارد.

متوسط فاصله مستقیم بین نقطه شروع و پایان سیر تصادفی با  $n$  گام، از نظم  $\sqrt{n}$  برخوردار است. در واقع اگر "متوسط" را در مفهوم "ریشه میانگین مربعی" در نظر بگیریم، آنگاه فاصله متوسط پس از  $n$  گام دقیقا  $\sqrt{n}$  برابر طول گام خواهد بود.

فرض کنید خطی با فاصله ای از مبدأ مسیر رسم کنید. چند بار سیر تصادفی از این خط عبور می کند؟ پاسخ، قضیه زیر است که شاید تعجب انگیز باشد:

برای هر سیر تصادفی از هر نقطه ای در محدوده آن، تقریبا 100% نامحدودی گذر صورت می گیرد. این مساله نامهای زیادی از جمله مساله "تقاطع همسطح"، مساله "بازگشت" یا مساله "ورشکستگی قمارباز" دارد. منشا آخرین نام به این شرح است: اگر شما یک قمارباز با مبلغ محدودی پول باشید و بخواهید با یک بانک که مبلغ نامحدودی پول در اختیار دارد، بازی منصفانه ای انجام دهید، مطمئنا این شما هستید که می بازید زیرا پول شما یک سیر تصادفی طی می کند، اما مطمئنا در زمانی به صفر می رسد و بازی تمام می شود.

#### ابعاد بالاتر

اکنون قدم زدن مستی را در شهر تجسم کنید. شهر بی انتها اما کاملا دارای نظم است، و وی یکی از چهار مسیر ممکن را (شامل مسیری که از آن آمده) با احتمال برابر انتخاب می کند. از نظر صوری، این یک سیر تصادفی روی مجموعه همه نقاط در سطح صاف با مختصات عدد صحیح است. آیا مرد مست قادر خواهد بود به خانه خود باز گردد؟ در پایان، حتما چنین خواهد شد. این معادل همان مشکل تقاطع همسطح با ابعاد بزرگتر است که در بالا مطرح شد. هر چند مشابهت آنها به همین جا ختم می شود اما در بعد سوم و بیشتر، دیگر چنین چیزی صدق نمی کند. به عبارت دیگر، یک پرنده مست ممکن است تا ابد سرگردان باشد و هرگز لانه خود را پیدا نکند. عبارت صوری برای تشریح این پدیده این است که سیر تصادفی در ابعاد یک و دو "بازگشت" دارد، اما در بعد سوم و بیشتر "گذرا" است. این مطلب در سال 1921 توسط "پولیا" اثبات شد.

#### سیر تصادفی روی نمودارها

اکنون فرض کنید شهر ما دیگر دارای نظم نیست. وقتی مرد مست به یک تقاطع می رسد، یکی از راههای موجود را با احتمالی یکسان انتخاب می کند. به این ترتیب، اگر تقاطع هفت خروجی داشته باشد، مرد مست با احتمال  $\frac{1}{7}$  به

هر یک از آنها پا می گذارد. این یک سیر تصادفی روی نمودار است. آیا او به منزل می رسد؟ معلوم می شود پاسخ تحت شرایط نسبتا معتدل، هنوز مثبت است. به عنوان مثال، اگر طول همه بلوک ها بین 10 متر تا 10 کیلومتر باشد (یا هر دو رقم دیگر)، فرد مست تقریبا مطمئنا به خانه اش خواهد رسید. دقت کنید ما تصور نمی کنیم نمودار مسطح است، یعنی شهر می تواند تونل و پل داشته باشد. یک راه برای اثبات این نتیجه، استفاده از اتصال به شبکه های برق است. نقشه شهر را بردارید و یک مقاومت یک اهمی روی هر بلوک بگذارید. اکنون "مقاومت بین یک نقطه و ابدیت" را اندازه بگیرید. به عبارت دیگر، رقمی را به نام  $R$  انتخاب کنید و همه نقاط شبکه برق را با فاصله ای بیشتر از  $R$  از نقطه ما بگذارید و آنها را با سیم به هم متصل کنید. اکنون این یک شبکه محدود الکتریکی است و ما می توانیم مقاومت را از نقطه خود تا نقاط سیم کشی شده اندازه بگیریم. از  $R$  تا ابدیت را در نظر بگیرید. این محدوده "مقاومت بین یک نقطه و بینهایت" نامیده می شود. در نهایت موارد زیر صحیح است:

قضیه: یک نمودار گذراست اگر و فقط اگر مقاومت بین یک نقطه و بینهایت، محدود باشد. مهم نیست که چه نقطه ای انتخاب شود.

همچنین معلوم می شود ویژگی های بازگشت و گذر بسیار مفید است، بخصوص که امکان تحلیل یک شهر را در یک سطح صاف با فواصل محدود ترسیم شده، فراهم می آورد.

سیر تصادفی روی نمودار نباید با زنجیره مارکوف اشتباه شود. سیر تصادفی روی نمودار برخلاف یک زنجیره مارکوف معمولی از خاصیتی برخوردار است که تقارن زمان یا قابلیت وارونگی نامیده می شود. معنی تقریبی آن، این است که بین احتمال پیمودن یک راه از یک جهت یا جهت دیگر، ارتباط بسیار ساده ای وجود دارد (اگر نمودار منظم باشد، آنها برابر خواهند بود). این خاصیت پیامدهای مهمی دارد.

از دهه 80 میلادی، تحقیقات بسیاری در مورد خواص ارتباطی نمودار با سیر تصادفی صورت گرفته است. علاوه بر رابطه شبکه الکتریکی که در بالا تشریح شد، ارتباطات مهمی با نابرابری های ایزوپرمتریک وجود دارد، به موارد دیگر دقت کنید، نابرابری های عملکرد از قبیل نابرابری های سوپولف و پوینکار و ویژگیهای راه حل های معادله لاپلاس.

بخش قابل توجهی از این تحقیق بر نمودارهای گروه های با تعداد محدود "کیلی" متمرکز بود. به عنوان مثال اثبات "پرسی دایاکونیس" در مورد آنکه هفت بار برزدن برای مخلوط کردن یک دست ورق کافیسیت، در عمل نتیجه ای در مورد سیر تصادفی در گروه  $S_n$  است و این اثبات از ساختار گروهی به شکلی اساسی استفاده می کند. در بسیاری موارد این نتایج جداگانه از گروههای چندگانه و لای (lie) منشا می گیرد و یا به آنها منتهی می شود.

اگر نمودار خود تصادفی باشد، این مبحث "سیر تصادفی در محیط تصادفی" نامیده می شود.

رابطه با حرکت براون

حرکت براون، حد شمارگر سیر تصادفی در بعد اول است. این به آن معناست که اگر سیری تصادفی با گامهای بسیار کوتاه داشته باشید، به حرکت براون نزدیک می شوید. به صورت دقیق تر، اگر اندازه گام  $\epsilon$  باشد، باید به طول  $L/\epsilon^2$  گام برداشت تا به حرکت براون به طول "L" نزدیک شد. در ظاهر، اگر B فضای همه مسیرها، به طول L با حداکثر توپولوژی باشد و اگر M فضای مقیاس روی B با توپولوژی عادی باشد، آنگاه تقارب در فضای M خواهد بود. به همین ترتیب حرکت براون در چندین بعد حد شمارگر سیر تصادفی در همان تعداد ابعاد است.

سیر تصادفی، یک سطح ناصاف ناپیوسته است اما حرکت براون سطح ناصاف واقعی است و بین آن دو ارتباط وجود دارد. به طور مثال یک گام تصادفی بردارید و به دایره ای با شعاع ۲ برسید. میانگین تعداد گام های برداشته شده  $r^2$  است. این واقعیت بیان گر آن است که حرکت براون، یک سطح ناصاف بعد دوم هاسدورف است. در دو بعدی ها، میانگین تعداد نقطه هایی که یک سیر تصادفی مشابه T روی مرز خط سیر خود دارد  $r^{4/3}$  است. این واقعیت که مرز خط سیر حرکت براون یک سطح ناصاف بعد 4/3 است، واقعیتی که مندلبروت با استفاده از همگون سازی پیش بینی کرد اما در سال 2001 به اثبات رسید.

حرکت براون از قرینه های بسیاری برخوردار است که سیر تصادفی آن را ندارد. مثلاً حرکت براون نسبت به چرخش ها ثابت است اما سیر تصادفی چنین نیست، چرا که شبکه زیربنایی اینگونه نیست (سیر تصادفی نسبت به چرخش های 90 درجه ثابت است، اما حرکت براون نسبت به چرخش های 17 درجه نیز ثابت است). یعنی اینکه در بسیاری موارد حل مشکلات در سیر تصادفی با برگردان آنها به حرکت براون، با حل مشکل در آنجا و سپس برگردان مجدد، آسان تر است. از سوی دیگر به دلیل ماهیت ناپیوسته سیر تصادفی، حل برخی مسائل با آن آسان تر است.

سیر تصادفی و حرکت براون می توانند یک زوج تشکیل دهند، یعنی در همان فضای احتمالی به نحوی وابسته ظاهر شوند که آنها را مجبور کند کاملاً به هم نزدیک شوند. ساده ترین نوع این جفت شدن ها، استقرار "اسکورخود" است، اما جفت شدن های دقیقتری نیز وجود دارند.

چند مدل جالب مسیره‌های تصادفی وجود دارد که در آنها هر گام به نحوی پیچیده به گذشته وابسته است. تحلیل همه آنها از سیر تصادفی معمولی دشوارتر بوده و برخی به صورت شاخص، چنین هستند به عنوان مثال:

- گام خود اجتناب گر؛
- سیر تصادفی لوپ اریزد ،
- سیر تصادفی تقویت شده و
- فرآیند اکتشاف.

#### کاربردها

- در اقتصاد، از سیر تصادفی برای مدل سازی قیمت های سهام و دیگر عوامل استفاده می شود. بررسی های تجربی شاهد برخی کجروی ها از این مدل است، بخصوص در همبستگی های کوتاه ویا درازمدت.
- در فیزیک، سیر تصادفی و برخی گامهای خود هم کنش در نظریه رشته کوانتم نقش دارند.
- در دیگر رشته های ریاضی، از سیره‌های تصادفی عادی و تقویت شده برای مدل سازی آبخاری انگیزش نوروها در مغز استفاده می شود.
- از سیر تصادفی می توان برای نمونه گرفتن از یک فضای معین که ناشناخته یا بسیار بزرگ است، استفاده کرد، مثلاً" انتخاب یک صفحه تصادفی از اینترنت، ویا تحقیق شرایط کاری، یک کارگر غیرقانونی تصادفی در یک کشور.
- اگر در علم کامپیوتر، این آخرین شیوه به کار رود، زنجیره مارکوف مونت کارلو نامیده می شود. اغلب نمونه گیری از یک فضای معین پیچیده، معمولاً به ما این امکان را می دهد که برآوردی احتمالی از اندازه فضا داشته باشیم. برآورد تداوم یک ماتریکس بزرگ صفرها و یکها، هنگام استفاده از این شیوه، مهم ترین مشکلی بود که باید مهار می شد.