

بررسی اپیستمولوژی ریسک مدل در مالی کمی

چکیده: دلایل متعددی موجب ایجاد ریسک مدل در مالی و به‌طور عمده محدودیت در کمی‌سازی آن است. هدف از پژوهش حاضر تأکید بر جنبه اپیستمولوژیکی ریسک مدل در کنار جنبه فنی غالب آن است. توجه به اپیستمولوژی ریسک مدل می‌تواند با تغییر و اصلاح رویکرد در کاربرد مدل‌های کمی در مالی برای شناخت و کاهش ریسک مدل مؤثر باشد. پژوهش در موضوع ریسک مدل و دیگر مباحث و نظریات مرتبط با آن به روش کیفی پژوهی انجام شده است. برای این منظور از نتایج تحقیقات و مقالات منتشر شده در مجلات و سایت‌های تخصصی در زمینه ریسک مالی، محتوای صوتی و تصویری سخنرانی‌ها و همچنین کتب مرتبط با مباحث نظری تحقیق استفاده شده است. با توجه به بررسی انجام شده در این پژوهش، ریسک مدل به دلایل متعددی از جمله به‌طور عمده ناشی از فرضیات اشتباه، کاربرد نادرست و خطای مدل می‌باشد. ماهیت ریسک مدل از جنبه‌های مختلفی با توضیح رویکردهای اساسی از منظر اپیستمولوژی ریسک مدل تبیین شده است. محدودیت مدل‌سازی در ریسک، محدودیت‌های مقرراتی و کمی‌سازی در مدل‌های ریسک مشخص شده است. شیوه‌های کاربرد مناسب مدل‌های کمی با توجه به اپیستمولوژی ریسک مدل ارائه شده است. با وجود گستردگی کاربرد مدل‌های کمی در مالی و ریسک، ضمن توجه به جنبه فنی ایجاد و استفاده از مدل‌ها، مستلزم پرداختن به اپیستمولوژی ریسک مدل است. همچنین، رویکردهای متفاوت در ریسک مدل در کنار الزامات مقرراتی و محدودیت‌های کمی‌سازی برای مدل‌ها می‌تواند مکمل اقدامات فنی در دستیابی به بهترین اقدام و ممارست همراه با اپیستمولوژی ریسک مدل باشد.

کلید واژه‌ها: اپیستمولوژی ریسک، ریسک مدل، کمی‌سازی ریسک، مالی کمی

مقدمه

با وجود انکارناپذیری جنبه اجتماعی دانش مالی لذا به دلیل ماهیت کمی موضوعات در مهندسی مالی و ریسک و ورود پیشگامان فیزیکدانانی چون باشلیه، آیزورن، ماندلبرو، بلک و دیگران در مباحث مالی، تحلیل‌گران کمی مالی و مهندسان مالی زمینه را برای کاربرد گسترده مدل‌های کمی در این دانش فراهم نموده است. هرچند که ایجاد و بسط مدل‌های کمی که در سطوح پیشرفته آن موجب استفاده از انواع الگوریتم‌های هیورستیک متاهیورستیک و هایپر هیورستیک، شبکه عصب و هوش مصنوعی و انواع ربات‌وایزر در مالی شده است. با این حال و به رغم گستردگی طراحی و استفاده از این ابزارها و مدل‌ها در مهندسی مالی، خود این مدل‌ها در عین حالی که به منظور سنجش، ارزیابی، کاهش و پوشش ریسک به کار می‌روند خود نیز موجد و مولد ریسک هستند که در ادبیات مالی تحت عنوان ریسک مدل مطرح است. از این رو، مدیریت ریسک مدل^۱ سعی بلیغی در حذف یا کاهش اثرات این ریسک دارد که لازمه آن ایستمولوژی ریسک مدل است.

پیشینه نظری پژوهش

از اواسط دهه ۹۰ میلادی نهادهای ناظر مؤسسات مالی به‌طور قابل توجهی ریاضی‌سازی در مالی را پذیرفتند. تأثیر این امر بر صنعت بانک‌داری و بیمه عمیق بود به‌طوری که سبب شد از یک چارچوب مدیریت ریسک مبتنی بر تجربه تاریخی به یک چارچوب «بازار سازگار»^۲ که به معنی «سازگار با مدل‌های ریاضی» است به قالبی «سازگار با مشاهدات بازار» منتقل شود. هم‌زمان نهادهای ناظر به کامل نبودن مدل‌های مالی پی بردند و مدل‌های مالی هم‌زمان با گسترش کاربرد آن‌ها و یا از همان ابتدای استفاده از آن‌ها مورد تردید بوده‌اند. مؤسسات مالی ملزم به رعایت شروط سرمایه‌تایرز اول در احتساب «ریسک مدل» شدند. نظریات درمن (۲۰۱۰) بر تمایز آشکار مدل در فیزیک با مالی و ریسک دارد. طالب (۲۰۰۸) به تنگناهای آماری در بررسی کمی و ترسیم محدوده آن می‌پردازد. ریسک و دیبالد و دیگران در درگیر بودن ریسک با هر سه طبقه‌بندی دانش توسط گ.موری (۱۹۹۵) دانش بنابراین در یک درون‌گرایی خاصی، تئوری مالی نه فقط بازتابی در جایز الخطا بودن مدل بلکه خواستار اندازه‌گیری و تخصیص هزینه کمبودهای آن است.

^۱ Model Risk Management (MRM)

^۲ Market consistent

دیدگاه‌های مختلفی در زمینه ریسک مدل از جایگاه خاص اپیستمولوژیکی قابل بررسی است. از این لحاظ نیز پرداختن به اندازه‌گیری ریسک مدل به‌همان میزان که فنی است، اپیستمولوژیکی است و لذا ممکن است این موضوع به‌طور کامل مورد توجه واقع نشود. ضمن آن‌که، اجماعی در چگونگی اندازه‌گیری ریسک مدل وجود ندارد و چشم‌انداز آن بیشتر توسط قوانین نهادهای ناظر و عمدتاً با تفویض وظیفه ارزیابی ریسک مدل به خود مؤسسات مالی تعیین می‌شود. تردید در اندازه‌گیری ریسک مدل یک شک اپیستمولوژیکی است و این شاید چندان قابل شناسایی و تشخیص نباشد. به‌ویژه «بهترین اقدام»^۱ ترویج شده توسط مراجع رسمی صنعت مالی یک چشم‌انداز خاصی است که توسط اپیستمولوژی مدرن می‌تواند مورد تردید قرار گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش با توضیح ماهیت ریسک مدل و بیان دیدگاه‌های مربوط در این زمینه سعی می‌شود در قالب پژوهشی کیفی، ریسک مدل از جایگاه معرف‌شناختی بررسی شود. بنابراین، ریسک مدل از منظر محدودیت‌های در مقررات مالی و محدودیت‌های کمی‌سازی بررسی می‌شود. همچنین، دیدگاه‌ها و رویکردهای مختلف در این زمینه جهت توجه به اپیستمولوژی ریسک مدل در کنار دیدگاه فنی موجود نسبت به آن تبیین می‌شود.

تعارض‌نمایی مدل و واقعیت

یک مدل، هرچند هم که پیچیده باشد، در مقایسه با پدیده واقعی بسیار ساده است. بین مدل و هدف تمرکز شده بر آن فاصله وجود دارد. مدل، شیء (object) نیست، مدل استعاره‌ای از کاربرد محدود است، نه خود آن شیء. یک مدل بیش از کل بر روی قطعات متمرکز است. بنابراین، مدل کاریکاتوری است که بر برخی از ویژگی‌ها به‌هزینه کردن دیگر ویژگی‌ها بیش از حد تأکید می‌کند. در مدل اهمیت یک قسمت کلیدی از شیء مورد نظر با وسواس مورد اغراق واقع می‌شود تا که نشان دهد اصل و جوهره^۲ شیء ارائه شده در مدل به‌گونه‌ای است که برای کاربر مهم است.

عملاً، تعدیل مدل‌ها برای انطباق با واقعیت چیزی از مدل را باقی نخواهد گذاشت و یا به‌طور وسیعی آن را پیچیده و غامض خواهد نمود که در واقع بیشتر از آن‌چه که در تحلیل و تصویر واقعیت استفاده شود از خود واقعیت نامفهوم‌تر خواهد شد. مدل جهت ساده‌سازی و ساده‌انگاری

^۱ Best practice

^۲ Quintessence

برای تحلیل راحت‌تر است. در حالی که، ساده‌سازی نیز مدل را از انطباق با واقعیت برای تحلیل و تبیین آن دور می‌کند.

در موضوع ریسک، ارزشمندترین دانش، ناخودآگاه است. تا زمانی که نتوان بدون فکر کردن کاری انجام داد، نمی‌توان سلسله مراتب استعاره‌های توصیف در زبان یا علم را به مراتب بالاتر برد. یوگن هریگل (۱۹۳۶) در کتاب *ذن در هنر تیراندازی با کمان*^۱، از تلاش برای ایجاد احتیاط دانش ذهنی می‌گوید. فکر کردن فی‌نفسه کار سختی است. مدل‌ها، روش‌هایی را فراهم می‌کنند که به دیگران اجازه می‌دهد تا تفکر طراح مدل را انجام دهند. در فیزیک یا مالی، اولین جهد اصلی، کسب شهود در مورد چگونگی ادامه کار است. چالش دوم، تبدیل این شهود به چیزی فرموله شده‌تر است، مجموعه قوانینی که هر کسی می‌تواند دنبال کند، قوانینی که دیگر نیازی به خود بینش اصلی ندارند. دستیابی به موفقیت توسط یک شخص به خاصیتی عام تبدیل می‌شود. جهان واقعی چندبُعدی است و مدل‌ها اجازه می‌دهند تا جسم را در فضای کوچک‌تر فراقینی کرده و سپس درون آن را برون‌یابی^۲ یا درون‌یابی^۳ نمود. در برخی از مواقع برون‌یابی غلط خواهد شد. نکته جالب این است که آن در برخی اوقات، به‌خصوص در علوم فیزیکی، خوب عمل می‌کند. اما، برون‌یابی مبتنی بر اطلاعات محدود نیز خطرناک است. در واقع، برون‌یابی به مدل بستگی دارد و نه واقعیت. پدیده‌های طبیعی که چنانچه ریسک را هم جزء آن بدانیم، در شکل و تصویر بسیار بسیط و روشن ولی، در تفسیر و بیان بسیار غامض و دشوار می‌باشند. از این جهت، هنر به‌دلیل تصویرسازی و تجسم در ارائه واقعیت مناسب‌تر از بیان کمی و ریاضی عمل می‌کند. وقتی کاربرد ناخودآگاه مدل‌ها به پارادوکس یا تعارض منجر می‌شوند، آشکارسازی و سپس بررسی مفروضات ناخودآگاه ضروری می‌شود. کاری که انیشتین با مفهوم هم‌زمانی^۴ انجام داد و لی و یانگ نیز با عدم‌تغییر برابری^۵ انجام دادند. مدل‌ها قیاس هستند، و همیشه چیزی را نسبت به چیز دیگری توصیف می‌کنند. در مقابل، نظریه‌ها واقعیت هستند. آن‌ها مقایسه نمی‌کنند و ذات را بدون مرجع توصیف می‌کنند. همان‌طور که گوته (۱۹۹۹) می‌گوید، هر واقعیتی یک تئوری است. از این لحاظ، یک نظریه، غیراستعاره‌ای غایی است. با توجه به اپیستمولوژی ریسک، پاسخ به «چرا؟» در رویدادهای ریسکی اگر ناممکن نباشد بسیار دشوار خواهد بود و فقط می‌توان به «چگونه؟» بودن آن پرداخت. نظریه‌ها بیان‌گر این است که یک چیز چیست. مدل‌ها فقط بیان‌گر

^۱ *In Zen in the Art of Archery*

^۲ Extrapolation

^۳ Interpolate

^۴ Simultaneity

^۵ Parity invariance

شباهت کم و بیش به یک چیز است که این ویژگی مدام باید مدنظر باشد. نظریه‌ها عمیق و غیرقابل توجه هستند، یافتن آن‌ها دشوار است. آن‌ها نیاز به تأیید دارند و بیانی درست هستند در حالی که مدل‌ها کم عمق و تاحدودی سهل‌ترند و نیاز به توضیح دارند. در ادراک و تحلیل ریسک در مالی به مدل‌ها و همچنین تئوری‌ها هر دو نیاز است.

ماهیت ریسک مدل

مدل‌های مالی به قابلیت اتکای فیزیک نیوتنی نیستند. حتی قبل از بحران مالی ۲۰۰۷ ارتباط مدل‌های ریاضی در مالی شدیداً مورد سوال بود. در برداشتی از مقاله مک‌گون (۲۰۰۳) تحت عنوان «مدل‌های مالی به‌عنوان استعاره» چنین بیان شده است:

با سنج‌های استوار سنتی در علوم طبیعی، اقتصاد مالی ناکام است. آن به‌سادگی نمی‌تواند هر چیزی را به‌دقت یا قابلیت اتکای یکسانی پیش‌بینی کند.

استفاده از ابزارهای فیزیک ریاضی در تحلیل مالی ریسک از جهت آن‌که موضوع موردنظر صرفاً طبیعی و فیزیکی محض نیست دارای تضاد ذاتی در استفاده از این ابزارها است. با این حال، به‌دلیل انتزاعی بودن روش‌های تحلیل فیزیک ریاضی و نه خود پدیده‌ها، این ابزارها در تحلیل ریسک که جنبه ذهنی و انتزاعی نیز دارد می‌تواند در بهره‌مندی از آن‌ها برای تحلیل موضوع سازگاری وجود داشته باشد.

عدم اطمینان در مدل‌های مالی

براساس تفکیکی که نایت (۱۹۲۱) میان «ریسک» و «عدم اطمینان» قایل شده است، لو ۵ سطح از عدم اطمینان، از اطمینان کامل (سطح ۱) تا عدم اطمینان غیرقابل کاهش (سطح ۵) طبقه‌بندی نمود. در سطح دوم از تعریف نایت برای ریسک، تصادف با توزیع معلوم تعیین می‌شود. چنین وضعیتی به‌وضوح در مالی ناشناخته است. سطوح ۳ و ۴ با موضوع ریسک مدل مرتبط‌تر است. در سطح ۳، عدم اطمینان با جمع‌آوری مقدار زیادی داده کاهش‌پذیر است (یعنی به سطح ۲ بر می‌گردد). در سطح ۴، به‌هرشکل عدم اطمینان فقط به‌صورت جزئی کاهش‌پذیر است. این امر می‌تواند به‌سبب برخی دلایل باشد: از جمله این‌که ایجاد داده ممکن است دارای پارامترهای تغییر زمانی باشد، یا داده ممکن است توسط مدل‌های تعویض نظام^۱ و نظایر آن حاصل شود.

^۱ Regime Switching Models

بیکرة اصلی عدم اطمینان نشان داده شده در فیزیک، سطح ۳ است، در حالی که در مالی با عدم اطمینان سطح ۴ مواجه هستیم. فیزیک دانان می‌توانند روی باقاعده‌گی فرآیندهای معین حساب کنند. در مالی، اهداف متمرکز بر مطالعه رفتار انسان، و نظم و قواعد است، در صورت وجود «عامل‌های سبک‌یافته»^۱ آماری، اهداف بر مطالعه فرآیندهای تصادفی، و پیش‌بینی مرتبط با خواص این فرآیندها تمرکز می‌یابد. با این چشم‌انداز در مدل‌های مالی، ریسک مدل چندان که در دید ناظران دیده شده است، توصیف می‌شود.

متعارض‌نمایی مدل و واقعیت در ریسک

پدیده‌های طبیعی که چنانچه ریسک را هم جزء آن بدانیم، در شکل و تصویر بسیار بسیط و روشن ولی، در تفسیر و بیان بسیار غامض و دشوار می‌باشند. از این جهت، هنر به دلیل تصویرسازی و تجسم در ارائه واقعیت مناسب‌تر از بیان کمی و ریاضی عمل می‌کند. به طوری که، تصویر حاصل از یک تابع ریاضی حتی نسبت به یک نقاشی کودکانه از یک شیء تصویر بسیار ساده‌تری است. مدل و بُعدمندی مدل‌ها بسیاری از ابعاد اصلی حقیقت را به جهت محسوس شدن حذف می‌کند و لذا هرگز تصویر و بیان کاملی از حقیقت را نمی‌تواند ارائه کند و ای بسا به تصویری و برداشتی نادرست از آن منجر می‌شود.

محدودیت در مدل‌سازی برای ریسک

در توضیح محدودیت‌های مدل‌سازی آماری، دیبالد و دیگران (۲۰۱۲) طبقه‌بندی را به کار می‌برند که توسط رالف گوموری (۱۹۹۵) معرفی شده است و در آن دانش به دانش‌های شناخته‌شده^۲ (K)، ناشناخته^۳ (u) و ناآشنا^۴ (U) طبقه‌بندی و اختصار KuU نام گذاری می‌شود. KuU طرز تفکری است که در (K) ریسک به عنوان نتایج احتمالی معلوم و احتمالات هم معلوم است. در (u) عدم اطمینان به عنوان نتایج معلوم، احتمالات نامعلوم می‌باشد. در (U) جهل وجود دارد یعنی، نتیجه و احتمالات هر دو نامعلوم است.

تشخیص کاربردهای گسترده تفکر KuU، و اهمیت هر یک از تفکرهای K، u و U می‌تواند آموزه وسیعی در مورد ریسک باشد. KuU انواع ریسک مالی را در بر می‌گیرد و به تناسب آن uU به طور پیوسته‌ای افزایش می‌یابد، زیرا در طیف‌های بازار به سوی ریسک‌های اعتباری،

^۱ Stylized facts

^۲ Known

^۳ Unkown

^۴ Unknowable

عملیاتی و سیستمی حرکت می‌کند. علاوه بر این، تفکر KuU شامل اندازه‌گیری و مدیریت ریسک در همه بخش‌های صنعت خدمات مالی، از جمله سرمایه‌گذاری، مدیریت دارایی، بانکداری، بیمه و املاک و مستغلات است. سرانجام، تفکر KuU هم مقررات و هم نهادهای ناظر را شامل می‌شود: نگرانی‌های نهادهای ناظر تنظیم‌گر مقررات تا حد زیادی با موارد مقرراتی (اندازه‌گیری و مدیریت ریسک) مطابقت دارد، اما با سطح اضافه‌ای از نگرانی برای ریسک نظام-مند توأم است.

ادبیات مدیریت ریسک موجود در مدل‌های کمی تا حد زیادی بر K متمرکز است. بخشی که به اندازه کافی عقلایی است: ریسک‌های K فراوان و مهم هستند. اما تمرکز بر آن‌ها در ریسک تا حدودی احمقانه است، مانند طنز قدیمی "جست‌وجوی کلید گمشده فقط در زیر نور چراغ، به دلیل آن‌که در آن‌جا روشنایی وجود دارد." یعنی بخش عمده‌ای از چالش‌های مدیریت ریسک در دنیای واقعی به‌وضوح در حیطه K قرار نمی‌گیرند بلکه در حوزه u و U قرار دارند. درواقع شخص بدبینی ممکن است ادعا کند که ادبیات موجود با تمرکز روی K، ما را در کم اهمیت‌ترین جنبه‌های مدیریت ریسک مالی متخصص ساخته است. چنین ادعاهایی است؛ موقعیت‌های K به وضوح دارای ارتباط رایج و اهمیت زیادی است. اما، u و U نیز از نظر ارتباط و اهمیت یکسان هستند، به‌ویژه در مورد بسیاری از ریسک‌های نابودکننده‌ای که در کمین ما هستند. ریسک مدل عمدتاً می‌تواند مرتبط با u و عدم اطمینان در مدل‌های ریسک نیز مشخصاً با U مرتبط هستند.

ریسک مدل و مقررات مالی

در جولای ۲۰۰۹ کمیته بازل برای نظارت بانکی^۱ (BIS ۲۰۰۹) یک الزام دستوری در این خصوص که مؤسسات مالی ریسک مدل را کمی کنند منتشر نمود. کمیته بیشتر بر این موضع بود که دو نوع از ریسک محاسبه شود:

۷۱۸ (۱-۱-CXI) ... بانک‌ها باید صراحتاً نیاز به تعدیل‌های ارزش‌گذاری را در انعکاس دو شکل از ریسک ارزیابی نمایند: ریسک مدل توأم با کاربرد یک احتمال متدولوژی ارزش-گذاری اشتباه؛ و ریسک همراه با استفاده نامشهود (و نادرست ممکن) از کالیبراسیون پارامترها در مدل ارزش‌گذاری.

تعدیلات حاصل باید بر سرمایه الزامی مبتنی بر مقررات در تایر اول تأثیر بگذارد. هم‌چنین، سازمان بانکی اروپا^۱ (EBA، ۲۰۱۵) در استانداردهای فنی نظارتی ارزیابی محتاطانه (ماده

^۱ Basel Committee on Banking Supervision

۱۱,۱) موارد زیر را در راهنمایی برای محاسبهٔ تعدیل ارزیابی اضافی^۲ (AVA) مورد نیاز برای محاسبهٔ ریسک مدل را به شرح زیر ارائه می‌دهد:

مؤسسات باید برای هر ارزشیابی مدل (ریسک مدل AVA انفرادی) با در نظر گرفتن ریسک مدل ارزیابی که به دلیل وجود بالقوه طیف وسیعی از مدل‌های مختلف یا کالیبراسیون مدل که توسط فعالان بازار استفاده می‌شود و عدم وجود قیمت خروج قطعی برای محصول خاص ارزش‌گذاری شده به وجود می‌آید ریسک مدل AVA را تخمین بزنند...

EBA معیار عددی در تعیین ریسک مدل AVA به شرح زیر پیشنهاد می‌دهد:

در صورت امکان مؤسسات باید ریسک مدل AVA را که از روش‌های مناسب مدل‌سازی و کالیبراسیون مناسب تولید می‌شود با تعیین طیف وسیعی از ارزش‌گذاری‌های محتمل محاسبه کنند. در این مورد، مؤسسات باید در محدوده حاصل از ارزش‌گذاری، نقطه‌ای را تخمین بزنند که با ۹۰ درصد اطمینان می‌توانند از ارزش‌گذاری ارائه شده در آن قیمت خارج شوند.

در نهایت، الزامات مشابهی در مقررات عدم‌اعسار دوم^۳ وجود دارد. در سند ۰۹/۴۹ «آزمون‌ها و استانداردهای تصویب مدل داخلی» صادر شده توسط کمیتهٔ ناظران بیمه و بازنشستگی شغلی اروپا^۴ (CEIOPS، ۲۰۰۹)، آمده است:

[۵/۹۶] آزمون معناداری یا اهمیت مفروضات مدل و برآورد ریسک مدل می‌تواند به صورت کمی و کیفی انجام شود. در یک ارزیابی کمی، تغییر در نتایج مدل به دلیل تغییر مفروضات بررسی شده است. [۵/۹۷] به‌طور کلی، CEIOPS ارزیابی کمی را نسبت به ارزیابی کیفی ترجیح می‌دهد، زیرا ارزیابی کمی معمولاً [خصوصیات] عینی‌تر و قابل فهم‌تر بودن [را] دارد. ظاهراً، به نظر می‌رسد این موضوع تعدیل ساده‌ای برای چارچوب ریسک بازار است و ریسک مدل را به سایر منابع ریسک اضافه می‌کند که قبلاً توسط نهادهای نظارتی شناسایی شده‌اند. در حقیقت، تعیین کمی ریسک مدل بسیار پیچیده‌تر است زیرا، در عدم اطمینان سطح ۴، توصیف منابع ریسک بسیار سخت‌تر است که در ادامه به آن می‌پردازیم.

^۱ European Banking Authority (EBA)

^۲ Additional valuation adjustment (AVA)

^۳ Solvency II regulation

^۴ Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (CEIOPS)

کمّی سازی ریسک مدل

کمّی سازی ریسک در حوزه مالی کمّی، سابقه طولانی دارد و استفاده منظم از آن را می توان حداقل در توسعه ارزش در معرض ریسک^۱ (VaR) جست و جو کرد (مینا و شیائو، ۲۰۰۱)، که علی رغم وجود از بسیاری از نقایص به استاندارد واقعی برای اندازه گیری ریسک بازار، تبدیل شده است. نگرانی در مورد سازگاری داخلی VaR باعث توسعه اقدامات منسجم در زمینه ریسک شده است (آرتزور و دیگران، ۱۹۹۹) و همچنین چارچوبی است که در آن یک نسخه از مدل ریسک تعریف می شود.

دیدگاه احتمالاتی

رویکرد احتمالاتی ریسک مدل با مسئله انتخاب مدل ارتباط نزدیکی دارد. سوالات متعددی در انتخاب مدل مطرح است از جمله این که، با توجه به برخی داده ها، محتمل ترین مدل کدام است؟ فاصله اطمینان برای پیش بینی مدل چیست؟ با توجه به چندین مدل رقابتی، کدام یک بهتر توسط داده ها پشتیبانی می شود؟ تفاوت احتمال بین مدل های رقیب چیست؟ پاسخ به این سوالات به دو رکن از آمار متکی است: آزمون کلاسیک فرضیه صفر^۲ و نظریه اطلاعات^۳. در ابتدا، اگر کسی بخواهد مشخصات مدل (فرضیه صفر) را فرض کند، در این صورت برآورد حداکثر احتمال با توجه به داده ها، برآورد و اطمینان از پارامترها را فراهم می کند. این روش هم-چنین فواصل اطمینان را برای بازنگری مدل و آزمون های آماری برای ردّ یک مدل به نفع مدل جایگزین فراهم می کند. نماد این خط سیر تحقیق، مقاله ای از الکساندر و سارابیا (۲۰۱۲) است که روشی را برای تعیین کمّیت ریسک مدل در محاسبه ارزش در معرض ریسک (VaR) توصیف می کند: نویسندگان، فرآیند GARCH نامتقارن را برای قیمت دارایی در نظر می گیرند بهره، و سپس توزیع خطا در برآورد VaR مربوط به انواع مختلف اشتباهات مدل و تخمین اشتباه را اندازه گیری می کنند.

در مقابل، با رویکرد نظریه اطلاعات، همه مدل های قابل انتخاب پیش بینی وضعیت یکسانی دارند. نیازی به فرض یک مدل «صحیح» نیست. دو معیار پرکاربرد برای انتخاب مدل معیار اطلاعات آکائیکه^۴ و معیار اطلاعات کولبک-لیبلر^۵ است. این رویکرد رتبه بندی مدل های

^۱ Value at Risk (VaR)

^۲ Null hypothesis testing (NHT)

^۳ Information theory (IT)

^۴ Akaike Information Criterion (AIC)

^۵ Kullback-Leibler Information Criterion (KLIC)

جایگزین را فراهم می‌کند و از همه مهم‌تر این که به شخص اجازه می‌دهد تا گزاره‌های اثباتی مانند «مدل X سه برابر بیشتر از مدل Y محتمل است» را تأیید کند (بورنهام و دیگران، ۲۰۱۱).

معیار اطلاعاتی آکائیکه (AIC) معیاری برای سنجش نیکویی برازش است. این معیار بر اساس مفهوم انتروپی بنا شده است و نشان می‌دهد که استفاده از یک مدل آماری به چه میزان باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر، این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار می‌کند. این معیار برای انتخاب بهترین مدل آماری پیشنهاد شده است. با توجه به داده‌ها، چند مدل رقیب ممکن است با توجه به مقدار AIC رتبه‌بندی شوند و مدل دارای کمترین AIC بهترین است. از مقدار AIC می‌توان استنباط نمود که به‌عنوان مثال سه مدل بهتر وضعیت نسبتاً یکسانی دارند و بقیه مدل‌ها به مراتب بدتر هستند، اما معیاری برای انتخاب مقدار آستانه‌ای برای AIC که بتوان مدلی را به واسطه داشتن AIC بزرگتر از این مقدار رد کرد وجود ندارد.

در حالت کلی، AIC برابر است با:

$$AIC = 2k - 2\ln(L) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن k تعداد پارامترهای مدل آماری است و L مقدار حداکثر تابع درست‌نمایی برای مدل برآورد شده است.

از KLIC واگرایی به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری واگرایی یک توزیع احتمال از یک توزیع احتمال ثانویه، یاد می‌شود. برخلاف تنوع اطلاعات، این معیار، یک معیار نامتقارن می‌باشد و در نتیجه نمی‌توان آن را به‌عنوان یک معیار پراکندگی معرفی کرد. به عبارت دیگر، مقدار صفر برای KLIC واگرایی نشان می‌دهد که ما می‌توانیم انتظار رفتار مشابهی (و نه دقیقاً یکسانی) از دو توزیع داشته باشیم در حالی که مقدار ۱ برای این معیار نشان می‌دهد که دو توزیع رفتارهای متضادی دارند.

همچنین، به مطالعه بائو و دیگران (۲۰۰۷) برای کاربردهای این روش در ارزیابی ریسک مدل در تخمین VaR و منابع ذکر شده در آن نیز می‌توان مراجعه نمود. باید در نظر داشت که این فن روشی را برای کاهش ریسک مدل از طریق رویکرد «چند مدل» پیشنهاد می‌کند: هر مدل موجود برای انتخاب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما با توجه به احتمال نسبی آن وزن دهی می‌شود.

«بهترین اقدام» ترویج شده توسط صنعت مالی، از رویکرد احتمالاتی استقبال می‌کند. چندان که، در مقاله سفیدی که توسط یک شرکت مشاوره تخصصی در زمینه مدیریت ریسک

مالی منتشر شده است (MS۲، ۲۰۱۴)، توضیحات زیر در مورد رویه کمی سازی ریسک مدل در مدل احتمال نکول^۱ ارائه شده است:

از فاصله اطمینان احتمال نکولها در کالیبراسیون، ۱۰،۰۰۰ مجموعه احتمال نکول شبیه سازی می شود و با آنها سرمایه محاسبه می شود و امتیازدهی اولیه و وام در نکول^۲ ثابت است. به این ترتیب، حساسیت سرمایه به عدم اطمینان در کالیبراسیون احتمال نکول برآورد می شود.

به همین ترتیب، EBA صراحتاً محاسبه را از یک فاصله اطمینان برای تخمین ریسک مدل الزامی می کند.

ریسک مدل به مثابه عدم اطمینان در قیمت

در مواجهه با عدم اطمینان نایتی در مورد مدلی «خوب» که برای قیمت گذاری استفاده می شود، ادبیات دانشگاهی تأثیر این عدم اطمینان را بر قیمت ابزارهای مشتقه متمرکز می کند. اندازه گیری ریسک مدل با عدم اطمینان قیمت دارای مزیت ارائه سنجهای از ریسک است که با اصطلاحات ارزی بیان شده است و بنابراین برای محاسبه سرمایه مورد نیاز مستقیم مفید است. از این منظر، یک فرمول استاندارد از ریسک مدل، که هیچ اشاره ای به احتمال یک مدل نمی کند، می تواند به شرح زیر توصیف شود (کانت، ۲۰۰۶):

در نظر بگیرید I مجموعه ای از ابزارهای نقد شونده باشد و $H_{i \in I}$ عایدات مربوطه $C_{i \in I}^*$ قیمت های میانه بازار^۳ با $C^* \in [C_i^{bid}, C_i^{ask}]$ باشد. همچنین، Q مجموعه ای از مدل های سازگار با قیمت های بازار ابزارهای معیار باشد. در این صورت،
رابطه ۲)

$$Q \in \mathcal{Q} \Rightarrow E^Q[H_i] \in [C_i^{bid}, C_i^{ask}], \forall i \in I$$

با در نظر گرفتن یک اوراق مشتفه با عایدی X با مقادیر آن در مدل مذکور Q مقدار $E^{Q_j}[X]$ ارزش مورد انتظار تنزیل شده عایدی خواهد بود. بیان کلی ریسک مدل این است که می توان دامنه وسیعی از مقادیر برای $E^{Q_j}[X]$ و اهداف مورد نظر کانت را در کاربرد دامنه ای از مقادیر ممکن (یعنی بزرگترین مقادیر کمتر از کوچکترین مقادیر) به عنوان میزانی از ریسک مدل به دست آورد.

^۱ Probability of default (PD)

^۲ Loan-to-default (LGD)

^۳ Mid-market prices قیمت هایی که نه خیلی گران است و نه خیلی ارزان. قیمت های میانه بازار ممکن است در مورد پیشنهاد خرید/درخواست فروش، یا قیمت های متوسط در زنجیره خرده فروشی اعمال شود.

تغییراتی در این فرمول فوق توسط کرخوف و دیگران (۲۰۱۰) ارائه شده است: از آنجاکه، در عمل، هر اندازه‌گیری از ریسک مدل با اندازه‌گیری ریسک بازار ترکیب می‌شود، آن‌ها طرحی را برای ترکیب تأثیر عدم‌اطمینان مدل به‌طور مستقیم در برآورد ریسک بازار پیشنهاد می‌دهند. تأیید یافته‌های کانت، اشتاتنس و دیگران (۲۰۰۵) نشان می‌دهد که بسیاری از فرمول‌های مدل به-همان اندازه مناسب داده‌های بازار هستند، اما هنگامی که برای قیمت‌گذاری گزینه‌های غیرمعمولی استفاده می‌شود، نتایج کاملاً متفاوتی را ارائه می‌دهند.

با توجه به این وضعیت، آیا می‌توان قیمت ابزارهای مشتقه را بدون هیچ‌گونه اشاره‌ای به مدل‌ها تعیین کرد؟ احتمالاً نه، ولی یک مسیر تحقیقاتی بسیار فعال در جست‌وجوی روش‌شناسی قوی برای قیمت‌گذاری و ریسک‌پناهی می‌تواند وجود داشته باشد، مانند روش‌هایی که تا حد ممکن در مورد پویایی عوامل ریسک فرضیاتی را لحاظ می‌کنند و از این‌رو ریسک مدل ناشی از ایجاد آن را کاهش می‌دهند. کار امیدوارکننده‌ای که اخیراً توسط بیگلرک و دیگران (۲۰۱۳) با استفاده از تئوری حمل و نقل بهینه مانگ-کانتروویچ ارائه شده است، روشی را برای استخراج مرزهای مستقل از مدل در اختیار معاملات خارجی معرفی می‌کند. با این حال، مدل‌ها نه تنها برای قیمت‌گذاری ابزارهای مالی، بلکه هم‌چنین برای تعیین استراتژی‌های مدیریت ریسک استفاده می‌شوند، و این مشاهدات باعث ایجاد دیدگاه سومی در مورد ریسک مدل می‌شود که در ادامه ارائه می‌شود.

خطای ریسک‌پناهی به مثابه ریسک مدل

رویکرد خطای ریسک‌پناهی^۱ برای ریسک مدل نشان‌دهنده این واقعیت که مدل‌ها نه تنها برای قیمت‌گذاری، بلکه حتی مهم‌تر از آن، برای تعریف استراتژی‌های مدیریت ریسک استفاده می‌شوند: مدل‌های VaR به محدودیت‌های تجاری و مدل‌های قیمت‌گذاری برای محاسبه حساسیت قیمت به تغییرات در عوامل ریسک تبدیل می‌شوند که استراتژی‌های ریسک‌پناهی را تعیین می‌کند. بنابراین، ریسک مدل نه تنها با عدم‌اطمینان در قیمت، بلکه هم‌چنین از طریق استراتژی‌های غیرمؤثر مدیریت ریسک نیز خود را نشان می‌دهد.

در مورد ارزیابی تجربی اثربخشی استراتژی‌های ریسک‌پناهی، ادبیات گسترده‌ای وجود دارد که با کارهای مرتون و شولز آغاز می‌شود (مرتون و دیگران، ۱۹۷۸). اصل کلی این است که سیاست قیمت‌گذاری و ریسک‌پناهی محصول مشتقه را با توجه به مدل‌های مختلف، با استفاده

^۱ Hedging error approach

از سری‌های زمانی تاریخی یا شبیه‌سازی شده برای عوامل ریسک، شبیه‌سازی و سود یا ضرر خالص را در سررسید ابزار مشتقه اندازه‌گیری شود.

ارتباط این رویکرد با ریسک مدل در مشاهده تجربی جالبی این گونه تأکید می‌شود که؛ پیچیده‌ترین مدل قیمت‌گذاری ممکن است مؤثرترین ابزار برای ریسک‌پناهی در مالی نباشد. در مقاله‌ای با عنوان قابل تأمل "آیا مدل برای ریسک‌پناهی مهم است؟" الکساندر و کایک (۲۰۱۰) در بررسی خود مشاهده نمودند که

... عملکرد عالی ریسک‌پناهی‌های دلتا و گاما با تنظیم ساده لبخند کمی عجیب است، زیرا مدل بلک-شولز-مرتون (BSM) فرض می‌کند که نوسانات ثابت است و بنابراین انتظار می‌رود که مدل هستون ریسک تلاطم را دقیق‌تر به دست آورد.

تحقیق بخشی و دیگران (۱۹۹۷) نتایج مشابهی در ارزیابی جامعی از ده سال اجرای مدل‌های قیمت‌گذاری برای اوراق مشتقه دارایی سرمایه‌ای دارد.

به‌طور کلی، استفاده از نوسانات تصادفی و جهش‌ها برای قیمت‌گذاری و سازگاری داخلی مهم است. اما برای ریسک‌پناهی، مدل‌سازی نوسانات تصادفی به‌تنهایی بهترین عملکرد را دارد.

متأسفانه، در حال حاضر این تحقیق امیدوارکننده به دلیل فقدان یک قواعد ثابت برای اندازه‌گیری خطای ریسک‌پناهی محدود شده است.

اپیستمولوژی ریسک مدل

در کل، حداقل سه دیدگاه در مورد ریسک مدل را می‌توانیم شناسایی کنیم. دیدگاه احتمالاتی از ابزارهای آماری کاملاً شناخته شده‌ای استفاده می‌کند و «بهترین اقدام» مورد حمایت صنعت مالی است. با این حال، فرضیات قوی در مورد فرآیندهای تولید داده ایجاد می‌کند و کمیت و کیفیت داده‌هایی را که ممکن است همیشه در دسترس نباشد، می‌طلبد.

در مرحله بعدی، مجموعه بزرگی از ادبیات دانشگاهی بیان‌گر این است که شناسایی و کالیبراسیون مدل یک مسئله معکوس بد طرح شده^۱ است و در عوض بر کمی‌سازی دامنه قیمت برای یک محصول مشتقه پیچیده تمرکز دارد که مطابق با قیمت مشاهده شده اوراق‌بهادار اصلی است. این دیدگاه، عدم اطمینان نایتی را با توجه به انتخاب مدل می‌پذیرد و ریسک مدل به‌عنوان دامنه مقادیر مدل ممکن تخمین زده می‌شود، بدون این که تلاشی برای تعیین احتمالات به یک دامنه خاص از مقادیر انجام شود.

^۱ Ill-posed inverse problem

در نهایت، زمینه سوم بر روی دو عملکرد مدل متمرکز است: ارائه قیمت و تعریف استراتژی ریسک‌پناهی یا مدیریت ریسک. بر این اساس، ریسک مدل‌ها از دومؤلفه تشکیل شده است: عدم اطمینان در قیمت اولیه و خطای ریسک‌پناهی که فقط در سررسید ابزار مالی قابل مشاهده است. بنابراین، برای هر تعریف از مدل، اندازه‌گیری آن با قواعدی مطابقت دارد. با این حال، این تعاریف فراتر از تغییرات فنی در یک موضوع هستند، آن‌ها در مورد آن چه که «یک مدل خوب» را تشکیل می‌دهد موضع خاصی را نشان می‌دهند و قواعدی را برای ارزیابی صحت آن دیکته می‌کنند. از این رو، مسئله ریسک مدل به این سوال گسترده‌تر ارجاع می‌شود که، یک الگوی خوب یا واقعی در مالی تجربی و به‌طور کلی در علوم تجربی را چه چیزی تشکیل می‌دهد؟ در ادامه، استدلال می‌کنیم که هر یک از این سه دیدگاه در واقع یک وضعیت اپیستمولوژیکی خاصی را دارد.

دیدگاه احتمالاتی در اپیستمولوژی ریسک مدل

دیدگاه احتمالاتی رویکردی است که توسط تحقیقات اولیه در مورد ریسک مدل اتخاذ شده است، و هم‌چنین دیدگاهی است که توسط صنعت مالی به‌عنوان «بهترین اقدام» ترویج می‌شود، و از سوی نهادهای ناظر مجاز شمرده می‌شود. با توجه به گونه‌شناسی عدم اطمینان صورت گرفته توسط لو، این دیدگاه به‌طور ضمنی فرض می‌کند که مالی کمی یا مقداری با عدم اطمینان سطح سه سروکار دارد: نظم و قانون کافی در مالی وجود دارد که قادر به شناسایی یک مدل و اختصاص احتمالات به دامنه نتیجه است.

به‌دنبال نقش فزاینده استنباط بیزی در این زمینه، این فرآیند تحقیق آماری را می‌توان در چارچوب منطق استقرایی احتمالاتی، دیدگاه پیشگام کارنپ (۱۹۶۲)، و بعداً توسط رومین (۲۰۰۶)، (۲۰۰۴)، و سایرین مشاهده نمود. در واقع، نرم افزار آماری که برای تبدیل داده‌های خام به برآورد مدل مورد استفاده مشترک قرار می‌گیرد، واقعیتی ملموس به این دیدگاه می‌دهد: نرم‌افزار آماری «بخش منطقی»^۱ استنباط آماری را انجام می‌دهد. نظر مخالف توسط اسپرنگر (۲۰۰۹) ابراز شده است، و کار او به‌طور خاصی با موضوع مرتبط است. زیرا، نویسنده در مورد موضوعات تخمین پارامتر و انتخاب مدل بحث می‌کند، با این استدلال که جدا کردن القای منطقی از قسمت نظری تصمیم‌گیری استنباط آماری غیرممکن است. این موضوع آمار را به کاری تجربی نزدیک می‌کند تا "یک تئوری رسمی استنباط به‌عنوان منطق استقرایی".

^۱ Logical part

تحقیقات تجربی نشان داده است که کالیبراسیون مدل یک مسئله معکوس بد طرح شده است. چندین مدل به اندازه یکسانی با داده‌های موجود کالیبره می‌شوند، اما وقتی در خارج از نمونه به کار گرفته می‌شوند، نتایج کاملاً متفاوتی ارائه می‌دهند (به‌طورمثال هنگام تخمین صدک ۹۹٫۵ درصد چندان که در مقررات عدم‌اعسار دوم وجود دارد).

همچنین این سوال مطرح است که آیا می‌توان از داده‌های بیشتری استفاده کرد؟ در اصل، اطلاعات مربوط به پویایی عوامل ریسک را می‌توان از داده‌های تاریخی و همچنین از قیمت‌های بازار جمع‌آوری کرد. در عمل، ترکیب این دو منبع اطلاعاتی موارد زیادی را به وجود می‌آورد. برای توجیه این نکته، یک انحراف جزئی فنی لازم است.

به‌طوری که والتر (۲۰۱۵) توصیف نموده است، این دو منبع داده مذکور از هم‌گونی فاصله دارند و به دو نوع کمی‌سازی نظریه مالی اشاره دارند که مربوط به دو مرحله در توسعه مالی کمی است. مرحله اول، مربوط به نظریه سبد اوراق بهادار مارکویتز است. در این چارچوب، ریسک با انحراف معیار بازدهی اندازه‌گیری می‌شود، که به‌عنوان یک متغیر تصادفی گاوسی مدل‌سازی شده است. کمی‌سازی این ریسک براساس داده‌های تاریخی انجام می‌شود: سری زمانی بازده، و بنابراین ریسک با توجه به سنجه احتمال تاریخی اندازه‌گیری می‌شود. مرحله دوم، در کمی‌سازی مالی با توسعه نظریه آربیتراژ اتفاق افتاد. قیمت‌های بازار بدون آربیتراژ نوع دیگری از اندازه‌گیری احتمال را منعکس می‌کند. این سنجه احتمال، که ریسک خنثی^۱ نامیده می‌شود، احتمال واقعی برای وقایع آینده نیست، بلکه این احتمال وجود دارد که یک عامل خنثی ریسک را برای بازیابی قیمت بازار دارایی به رویدادهای آینده اختصاص دهد. واضح است که نمی‌توان به راحتی دو منبع داده، سری زمانی تاریخی و قیمت‌های بازار بدون آربیتراژ را ترکیب کرد.

یک دلیل دیگر نیز وجود دارد که بسیار عملی است و مانع از ترکیب متغیرهای تاریخی و قیمت‌های بازار هنگام کالیبراسیون مدل‌های مالی توسط متولیان بازار می‌شود. مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله برای قیمت‌گذاری ابزارهای مشتقه پیچیده و ساخت و مدیریت سبد اوراق بهاداری ریسک‌پناهی استفاده می‌شود. هنگامی که یک مؤسسه مالی اختیار معامله پیچیده‌ای را می‌فروشد، بلافاصله صرف آن را در یک سبد اوراق بهاداری ریسک‌پناهی سرمایه‌گذاری می‌کند، که معمولاً از مشتقات ساده و درج شده تشکیل شده است. در این معامله، قیمت‌گذاری به‌طور ثابت دارایی (سبد اوراق بهاداری ریسک‌پناهی) و بدهی (اختیار معامله پیچیده) بسیار مهم است. از آنجا که سبد اوراق بهاداری ریسک‌پناهی از ابزارهای درج شده تشکیل شده است که قیمت بازار برای آن‌ها به راحتی در دسترس است، بدهی باید «با توجه به قیمت اختیارهای درج شده» برای مدل

^۱ Risk-neutral

مشخص شود. در عمل، این کار استفاده از اطلاعات تاریخی را در فرآیند کالیبراسیون محدود می‌کند.

اتکاء به‌طور عمیقی در آزمون‌های آماری اعتبار مدل در مقررات گنجانده شده است. چنین اتکایی باید حداقل در دو مورد زیر سوال باشد: اول این‌که، به‌عنوان مثال، آزمون‌های اعتبارسنجی VaR از نظر فنی «خارج از نمونه»^۱ انجام می‌شود، یعنی داده‌هایی که برای تخمین مدل‌ها استفاده نشده است. این روش قرار است از آریبی برآزش بیش از حد^۲ جلوگیری کند، اما این یک آزمون واقعی خارج از نمونه نیست، زیرا داده‌های استفاده شده «خارج از نمونه» از قبل توسط آمارگر شناخته شده است. برخلاف فیزیک، جایی که داده‌های جدید می‌تواند بنا به میل خود تولید شود، باید سال‌ها یا حتی دهه‌ها صبر کنیم تا یک آزمون واقعی خارج از نمونه یک مدل مالی انجام دهیم.

مسئله دوم مربوط به این واقعیت است که اکثر مؤسسات مالی ریسک مدل را براساس مدل‌های داخلی گزارش می‌کنند. نتایج گزارش شده به‌گونه‌ای ارزیابی می‌شود که گویی یک مدل واحد توسط مؤسسه مالی ساخته شده است. با این وجود منطقی است که انتظار داشته باشیم تیم‌های تحقیق و توسعه این مؤسسات چندین مدل را آزمون و از مطلوب‌ترین مدل سازگار با دستورالعمل‌های رسمی برای گزارش ریسک مدل استفاده نمودند. این انتخاب یک آریبی را در آماره‌های آزمون معرفی می‌کند که به‌عنوان سوگیری مقایسه چندگانه^۳ شناخته می‌شود. برای جبران این سوگیری باید از آزمون‌های دقیق‌تری استفاده شود (هالم، ۱۹۷۹؛ بنجامینی و هاپرگ، ۱۹۹۵)، اما به‌نظر نمی‌رسد که این موضوع در مقررات فعلی دیده شده باشد. بنابراین این احتمال وجود دارد که نتایج آماری، هنگامی که از مدل‌های داخلی (احتمالاً بهینه شده) گرفته شده باشد، از قدرت کمی کمتر از آن چیزی که گزارش شده است برخوردار باشد. در غیر این-صورت، با توجه به روند انتخاب مدل، احتمالاً ریسک مدل گزارش شده با استفاده از مدل‌های داخلی دست کم گرفته می‌شود. باید توجه داشت که این موضوع یک مسئله گسترده در مالی تجربی است. در مقاله اخیر (هاروی و دیگران، ۲۰۱۶) به استناد سوگیری آزمون چندگانه، رئیس انجمن دارایی آمریکا در اظهارنظر جسورانه‌ای می‌گوید: "استدلال ما این است که بیشتر یافته-های تحقیق ادعا شده در اقتصاد مالی احتمالاً نادرست است."

^۱ Out of sample

^۲ Overfitting bias

^۳ Multiple comparison bias

در کل می‌توان گفت، دیدگاه احتمالاتی از یک سری ارزیابی‌ها رنج می‌برد که به‌نظر نمی‌رسد به-طور کامل امکان اندازه‌گیری داشته باشد. وابستگی شدید به آزمون‌های آماری، در دامنه‌ای که در دسترس اطلاعات محدود است، احتمالاً یک حس کاذبی از درستی را ایجاد می‌کند.

مدل‌های ممکن

صرف‌نظر از دیدگاه احتمالاتی، رویکرد دوم ارزیابی ریسک مدل در سنت فکری ابطال‌پذیری پوپر قرار گرفته است (پوپر، ۱۹۵۹): همه مدل‌هایی که توسط الگوی داده‌ها نامعتبر سنجیده نمی‌شوند، موارد انتخاب بالقوه محسوب می‌شوند. معادله (۲) مدل کانت دقیقاً آزمون ابطال‌پذیری پوپر را تقویت و تأیید می‌کند. با این حال، بررسی‌های تجربی از مدل کانت نشان می‌دهد که مجموعه بسیار بزرگی از مدل‌ها معادله اخیر را برآورده می‌کنند، تا جایی که به دلخواه و فقط با افزایش تعداد مدل‌های قابل انتخاب ریسک مدل را می‌توان بزرگ کرد.

علاوه بر این، باید توجه نمود در این که، از یک طرف، تشخیص دهیم که کسی از نظر انتخاب مدل با عدم اطمینان مواجه است و از سوی دیگر، صرفاً اصرار بر در نظر گرفتن مدل‌هایی دارند که با قیمت‌های مشاهده شده در بازار مطابقت دارند و در این خصوص آیا تناقضی وجود ندارد؟ برای بررسی این سوال، بهتر است که تفاوت بین عدم اطمینان «اپیستمولوژیکی» و «هستی-شناختی» را در نظر بگیریم (برونک، ۲۰۱۱). به می‌رسد که عدم اطمینان اپیستمولوژیکی به پیچیدگی فرآیند شناسایی و کالیبراسیون مربوط می‌شود. با توجه به این که «پیچیدگی» به معنای غیرفنی آن قابل درک است و به این واقعیت اشاره دارد که مسئله کالیبراسیون مدل یک مسئله معکوس بد طرح شده می‌باشد.

اما نباید از عدم اطمینان هستی‌شناختی غافل شد، چرا که به گفته برونک آن، "به معنای عدم-امکان شناخت حتی مقوله‌ها و ماهیت ممکن آن‌چه که هنوز ایجاد نشده یا تکامل نیافته می-باشد". با توجه به بازارهای اختیار معامله، چندین نمونه از تغییرات بنیادی در گذشته دیده شده است که بازارها و روندهای شکل‌گیری قیمت را به شدت تغییر داده است. برای ذکر نمونه‌هایی از آن، سقوط بازار در سال ۱۹۸۷ با به خاطر آوردن معامله‌گرانی است که با داشتن امکان انجام معاملات بسیار بزرگ نزولی باعث تغییر دائمی قیمت اختیارهای فروش شدند. هم‌چنین، بحران مالی سال ۲۰۰۸ شاهد افزایش قابل توجهی در همبستگی بازده در بخش‌های بازار بود. علاوه بر این، همان‌طور که توسط کانتسی و دیگران (۲۰۱۳) اشاره شده است:

... بحران باعث شده است که دامنگ‌ها^۱ بسیار بیشتر از آن‌چه که قبلاً بودند باهم مرتبط باشند. این شواهد به‌ویژه برای دامنگ‌های مربوط به نقدینگی و ریسک‌های نکول، دامنگ‌های بلندمدت و دامنگ‌هایی که به احتمال زیاد مستقیماً تحت تأثیر مداخلات سیاسی قرار گرفته‌اند، قوی هستند.

این تغییر نظام با همبستگی موجود میان دارایی‌ها، تأثیر زیادی بر قیمت‌گذاری محصولات دارد که به تنوع بخشی در طبقات دارایی متکی هستند. اگر امکان وقوع حوادث مخرب در آینده که می‌تواند یک بار دیگر منطق قیمت‌گذاری دارایی‌های مالی را تغییر دهد، تشخیص داده شود، بنابراین باید از حفظ قیمت‌های فعلی بازار بر روی مدل‌هایی که ممکن به نظر می‌رسند، به طور کاملاً قطعی و ارتقاء این قیمت‌ها در وضعیت یک قانون سفت و سخت که محدودیت‌هایی را ایجاد می‌نماید امتناع گردد.

ریسک مدل و اثربخشی عملیاتی

رویکرد سوم، بر کیفیت قوانین مدیریت ریسک اجرا شده توسط مدل‌های مالی متمرکز است. این روش جذابیت طبیعی دارد. به طوری که جهان شمولی ریسک مدل را در نظر می‌گیرد و صرفاً عدم اطمینان در قیمت اولیه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، و با این مشاهدات تجربی سازگار است که ممکن است بهترین برازش مدل بهترین مدل برای مدیریت ریسک نباشد. آخرین اما مهم‌ترین موضوع بیان‌گر این واقعیت است که ریسک محصول مالی تا زمان سررسید آن باقی می‌ماند.

این روش مبتنی بر شواهد^۲، در مورد رئالیسم فرضیه مدل قضاوت نمی‌کند و به این ترتیب در سنت فکری نظریه مالی اثباتی جای می‌گیرد، موضعی که فریدمن (۱۹۵۳) ارزیابی می‌کند که یک نظریه نباید با توجه به صحت فرضیات آن، بلکه با در نظر گرفتن این که "آیا نظریه مؤثر است"، به این معنی که "آیا به اندازه کافی دقیق پیش‌بینی می‌کند" ارزیابی شود. فریدمن این نکته را با عبارت زیر توضیح بیشتری می‌دهد:

اقتصاد اثباتی اصولاً مستقل از هرگونه موقعیت اخلاقی خاص یا قضاوت هنجاری است. همان‌طور که کینز می‌گوید، این کار با «آن‌چه هست» سروکار دارد، نه با «آن‌چه باید باشد» ... عملکرد آن با توجه به دقت، دامنه و انطباق با تجربه پیش‌بینی‌های آن ارزیابی می‌شود. به‌طور خلاصه، اقتصاد اثباتی یک علم «عینی» است، یا دقیقاً به‌همان مفهوم هر یک از علوم طبیعی می‌تواند باشد.

^۱ Spreads

^۲ Evidence-based

در این مورد که آیا ترویج یک علوم اجتماعی آزمون محور واقع بینانه است؟ بسیاری از صاحب- نظران چنین طرحی را به عنوان «رشک فیزیک^۱» (لو و مولر، ۲۰۱۰) تنزل داده‌اند. آنان سعی در برجسته کردن این واقعیت دارند که رویکردی که در فیزیک اثبات شده است لزوماً حکمی برای موفقیت در علوم اجتماعی نیست.

با رجوع به اندازه‌گیری ریسک مدل، ارزیابی مبتنی بر کیفیت پیش‌بینی‌ها (یعنی کیفیت سیاست مدیریت ریسک ناشی از مدل) باید بر دو مانع فائق آید، که انتقادات گسترده‌ای را نسبت به موضع فریدمن انعکاس می‌دهد (راپاپورت، ۱۹۸۶): اولاً، معیار واضحی از کیفیت مدل هنوز تعریف نشده است. در مقابل با رویکرد اول، جایی که اندازه‌گیری کیفیت مدل کاملاً در نظریه آماری درگیر بوده و یا به‌نوعی دچار سوگیری لنگرانداختن است، هیچ چارچوب نظری قابل مقایسه‌ای برای ارزیابی چیزی به اندازه «اثربخشی عملیاتی» یک مدل مالی در دسترس نیست. ثانیاً، در منبع اصلی برای «رشک فیزیک»، قواعد رسمی تجربی جدیدی باید تعریف شود. یک چارچوب مبتنی بر داده‌های تاریخی که با استفاده از ابزارهای آمار سری‌های زمانی علیه خود مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌همین ترتیب، یک چارچوب شبیه‌سازی مبتنی بر مدل‌های آماری تخمینی، سوگیری‌ها غیرقابل جبران را در این روش جای می‌دهد. به‌هرحال، محققان مالی یک مزیت مشخص نسبت به فیزیک‌دانان دارند. آن‌ها سازندگان سیستم‌های مالی مورد مطالعه هستند و مجبور نیستند طراحی عظیم طبیعت را حدس بزنند. همان‌طور که توسط لویز دی پرادو (۲۰۱۵) بیان شده است:

تحقیقات تجربی در مالی می‌تواند عمدتاً مربوط به کمیّت‌سنجی پارامترهای نظریه‌های از پیش خوب اندیشیده شده است که از نظر ریاضی کاملاً فرمول-بندی شده‌اند.

با این اوصاف، یک زمینه کاربردی امیدوارکننده برای نظریه‌های ریزساختارهای بازار^۲ وجود دارد که به‌عنوان روشی برای ساخت چارچوب‌های تجربی، مبتنی بر تئوری است و تنها به اطلاعات محدود استخراج شده از داده‌های تاریخی، متکی نیست.

ریسک مدل و بازدهی

موضوع دیگری را که در بررسی و کمی‌سازی ریسک مدل باید در کنار و یا هم‌زمان با رویکردهای مطرح شده به آن توجه داشت این است که اساساً با قبول باور هم‌زادی ریسک با

^۱ Physics envy

^۲ Market micro-structures

بازدهی تفاوت ارزیابی‌ها و خطاها در مدل‌های مالی ضمن ایجاد ریسک در یک سو، در سوی دیگر فرصت سودآوری نیز ایجاد می‌کند و به‌طور عام می‌توان گفت این خطاهایی که علاوه در نقص ذاتی ماهیت و خود مدل، توأم با سوگیری‌های شناختی یا خطای در ادراک که چندان هم در ماهیت با دیگر عوامل ریسک مدل قابل تمایز و تفکیک نیست زمینۀ بالقوۀ ایجاد سود در کلیت بازار و نه صرفاً برای طراح و استفاده‌کننده مدل است. به‌عبارت دیگر، تفاوت در ارزیابی‌های ناشی از استفاده از مدل‌ها انگیزه‌های عرضه‌ها و تقاضاها در بازار است و وجود خطای مدل شاید به‌عنوان واقعیتی در شکل‌گیری بازارها و عمل مبادله باشد. چنان‌که جهل و عدم‌آگاهی نسبت به ریسک زمینۀ کسب سود برای بخش دیگری از بازار را در چرخه‌ای مداوم میان بازیگران و در زمان‌های مختلف خواهد بود. این موضوع شاید مصداق عامیانه‌ای از این ضرب‌المثل باشد که "تا احمق در جهان است مفلس در نمی‌ماند". ضمن آن‌که در طرف طراحان و استفاده‌کنندگان مدل‌های جدایی‌ناپذیر از ریسک مدل با تحمیل ریسک به‌دلیل عدم‌وقوف و تصمیم و عمل از روی جهل یا همان ریسک و عدم‌حذف آن بازدهی متناسبی را برای آنان در پی خواهد داشت. از این منظر، فرض و تلاش در حذف کامل این خطاها و مطلق‌سازی مدل به‌نوعی با ماهیت بازار و مبادله در تعارض است چه برسد به آن‌که اگر در محض نمودن مدل‌های مالی نیز سعی شود که امری ناشدنی است، لذا با فرض محال ممکن برای آن، در قیمت‌های مطلق انگیزه‌ای برای مبادله و در نهایت بازاری نیز در مفهوم مدرن آن در دنیای مالی و تجارت وجود نخواهد داشت.

شیوه‌های کاربرد صحیح مدل‌ها

با توجه به این‌که بهترین ابزارهای مالی، مدل‌هایی متزلزل هستند، بهترین استراتژی این است که سعی شود تا حدّ ممکن و جهت جایگزین‌سازی پیش‌فرض‌های کمتری نیز از مدل‌ها بتوان استفاده کرد. هم‌چنین، قواعد دیگری وجود دارد و به آن‌ها اشاره می‌شود که از دید صاب‌ظران و اهالی فن می‌تواند مفید باشد.

اجتناب از بدیهی‌سازی زیاد

ایجاد اصول موضوعی و بدیهی‌سازی^۱ برای ریاضیات مناسب است. مالی مربوط به دنیای واقعی است. می‌توان گفت که هر بدیهی مالی تقریباً اشتباه است. سوالی که در عمل پیش می‌آید این است که چقدر اشتباه است و آیا هنوز هم می‌توان از آن‌ها استفاده نمود؟ چنان‌چه پاسخی برای

^۱ Axiomatization

این سوال داده شود، این پاسخ خواهند توانست چشم‌انداز کلی را با توجه به اپیستمولوژی ریسک برای کاربرد مدل‌های کمی مشخص سازد.

ابتدال مدل‌های خوب به شیوه‌ای پیشرفته

در فیزیک رفتن در عمق، چندین سطح زیر آن چه قابل مشاهده است (با توجه به نظریات نیوتن و ماکسول) ارزشمند است و یک اصل ظریف تدوین می‌شود و جهت تدبیر^۱ پی‌آمدهای قابل مشاهده دوباره به سطح برگشته می‌شود. در ارزیابی مالی، که فاقد اصول علمی عمیقی است، بهتر است کم عمق ماند و از مدل‌هایی استفاده کرد که تا جایی که ممکن است مسیری بین مشاهده شباهت و پی‌آمدهای آن وجود داشته باشد.

بازارها، بنا به تعریف در ماهیت خود پیش‌پا افتاده هستند، و به همین ترتیب مفیدترین مدل‌ها نیز بیان عالمانه پیش‌پا افتاده‌ای هستند و از متغیرهایی استفاده می‌کنند که مانند قیمت هر مترمربع برای توصیف پدیده‌هایی که مشاهده می‌کنند کاربردهای جمعی دارند. مدل‌های مبتدل^۲ به روشی پیچیده ایجاد می‌شوند. البته، با گذشت زمان، جمعیت و بازار هوشمندتر می‌شوند و تعریف ابتدال تغییر می‌کند تا مفاهیم پیچیده و فزاینده‌ای را شامل شود.

توضیح در کاربرد ریاضیات

بیشتر اوقات کاربرد مدل‌ها پیچیده مانند جارو نمودن آشغال زیر فرش است، اما به‌رغم سوگیری و تمایلاتی که طراحان مدل دارند، باید به کاربران اجازه داده شود تا از زوایای پنهان و نقایص آن مطلع شوند و نسخهٔ اکمل و بدون تغییری در استفاده از آن‌ها پیچیده نشود. در استفاده از ریاضیات در بازار باید بسیار متواضع بود و هم‌چنین، می‌بایست نسبت به نظریه‌های بلندپروازانه در مواجهه با واقعیت و سعی در الگوبرداری از رفتار انسان و نمونه‌های بیولوژیک و غیربیولوژیک طبیعی بسیار محتاط بود. هر وقت از چیزی که مربوط به انسان است مدلی تهیه می‌شود، سعی می‌شود دمپایی بلورین زیبای سیندرلا پای خواهر ناتنی زشت شود. بدون قطع برخی از قطعات اساسی در ایجاد مدل مناسب نیست. مدل‌ها به‌طور حتم با بُعدگاهی و ساده‌سازی از واقعیت دورتر شده و ریسک را پنهان می‌کنند و با این کار ما را در معرض ریسک قرار می‌دهند. بررسی و تحلیل ریسک، ابتدا باید با مدل‌ها شروع و سپس آن‌ها با عقل سلیم و تجربه منطبق شود. دنیای بازارها دقیقاً با شرایط ایدئالی که یک مدل فرض می‌کند مطابقت ندارد، اما یک مدل قوی به

^۱ Work out

^۲ Vulgar model

یک کاربر فهمیم اجازه می‌دهد تا از نظر کیفی برای این موارد ناسازگار هماهنگ شود. کاربر هنگام استفاده از مدل، آنچه را که فرض شده است باید بداند و همچنین، باید دقیقاً بداند که چه چیزی از معرض دید و توجه خارج شده است.

کاربرد مدل‌ها به عنوان آزمون‌های گذنکن

ساختن یک مدل مالی صحیح غیرممکن است. بنابراین، بهتر است مدل‌های مالی را به عنوان آزمون‌های گذنکن^۱ در نظر گرفت، مانند نمونه‌هایی که انیشتین هنگام تصویربرداری خود در موج نوری یا شرودینگر هنگام تصویربرداری از گربه ماکروسکوپی تحت تأثیر کوانتوم انجام داده است. روش صحیح استفاده از مدل‌های ریاضی در مالی روشی است که متخصصان باتجربه از آن‌ها استفاده می‌کنند. مدل‌ها فقط مدل هستند، نه خود شیء. بنابراین، نمی‌توانیم انتظار داشته باشیم که آن‌ها واقعاً درست و صحیح باشند. مدل‌ها بهتر است به عنوان مجموعه‌ای از جهان فکری موازی شناخته شوند که می‌تواند کاوش شود. هر جهان باید سازگار باشد، اما دنیای واقعی مالی و انسانی، برخلاف دنیای ماده، بی‌نهایت پیچیده‌تر از هر مدل ساخته شده است. عموماً سعی می‌شود دنیای واقعی در یکی از مدل‌ها پیچیده شود تا این‌که دیده شود، حال آن‌که باید دید این تقریب چقدر می‌تواند مفید باشد.

اجتناب از تقدیس مدل

بزرگ‌ترین خطر مفهومی در کاربرد مدل‌ها و روش‌ها، تقدیس و منزّه دانستن آن‌ها و این تصور است که کسی بتواند نظریه‌ای بنویسد که شامل رفتار انسان باشد و بشر را از سختی تفکر مداوم رها کند. یک مدل ممکن است جذاب باشد، اما هرچقدر هم تلاش شود، نمی‌توان برای زندگی واقعی در آن و در فضای غیرواقعی مدل نفس کشید. اشتباه گرفتن مدل با نظریه، قبول و استقبال از یک فاجعه در آینده، ناشی از این باور است که انسان‌ها از قوانین ریاضی پیروی می‌کنند. بنابراین مدلسازان مالی باید بپذیرند که باید قاطعانه تصمیم بگیرند کدام بخش کوچکی از دنیای مالی بیشترین توجه را به خود جلب می‌کند و در مورد ویژگی‌های کلیدی آن تصمیم‌گیری کنند و فقط از آن‌ها نمونه‌های کوچکی را بسازند. یک مدل نمی‌تواند همه چیز را شامل شود. اگر تمایل بیش از حدی برای مدل‌سازی همه‌چیز هست باید این خواسته تعدیل شود. یک مدل مالی موفق باید دامنه محدودی داشته باشد. برای ایجاد مدل باید قیاس‌های ساده استفاده شود. نهایتاً این‌که، با کاربرد مدل سعی می‌شود اجسام پیچیده با نمود آن‌ها در مقیاسی در ابعاد

^۱ Gedanken

پایین رتبه‌بندی شود. در فیزیک ممکن است روزی نظریه^۱ وجود داشته باشد. اما، در مالی و علوم اجتماعی، باید بسیار تلاش شود تا بتوان مدلی را داشت که کمابیش قابل استفاده برای هرچیز^۲ باشد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مباحث تجربی مطرح شده درباره این که ریسک مدل چیست و چگونه می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد، منعکس کننده یک بحث اپیستمولوژیکی عمیق‌تر در مورد ماهیت شواهد و اثرات آن است. سه دیدگاه متعارض در این زمینه مطرح شد. به ترتیب زمانی، ابتدا یک دیدگاه احتمالاتی، با الهام از علوم فیزیکی است که سعی می‌کند فاصله اطمینان را برای ریسک مدل محاسبه کند. سپس، دیدگاه نایتی ارائه شد که ریسک مدل را به‌عنوان طیف وسیعی از نتایج احتمالی اندازه‌گیری می‌کند. در نهایت، دیدگاهی در سنت اقتصاد اثباتی فریدمن ذکر شد که بر اندازه‌گیری کیفیت پیش-بینی‌های ایجاد شده توسط مدل تمرکز می‌کند. با حرکت از رویکرد اول به آخرین دیدگاه، فرضیه‌های مدل تعدیل می‌شوند، اما معیاری برای ارزیابی ریسک مدل کمتر قابل تعیین است. با وجود دقت نظرهای انجام شده و با بررسی تحقیق تجربی و اپیستمولوژی ریسک مدل به این واقعیت می‌رسیم که جستجوی مدل "واقعی" ممکن است یک پروژه به خطا توصیه شده^۳ باشد. بنابراین یک رویکرد احتمالاتی برای ارزیابی ریسک مدل ممکن است احساس غلطی از دقت و درستی را ایجاد نماید. توجه به این مهم، باید مشوق سومین و جدیدترین سمت و سوی تحقیق تحقیق باشد که در آن سعی بر اندازه‌گیری اثربخشی ریسک مدل می‌باشد (یعنی ارزیابی پیامدهای مشخصی که از مدل استنباط می‌شود). استفاده از شیوه‌هایی برای کاربرد صحیح‌تر مدل‌های کمی در مالی و تعدیل اثرات ذاتی آن‌ها بنا بر اپیستمولوژی ریسک مدل ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، برای تحقیقات بعدی توصیه می‌شود به نظریه‌های ریزساختار بازار^۴ توجه شود که می‌تواند چارچوبی نظری را برای تعریف چارچوب‌های تجربی مورد نیاز این رویکرد ارائه دهد.

References

- (۲۰۱۴). Model Risk Management: Quantitative and qualitative aspects. *Technical report*, Management Solutions.

^۱ Theory of Everything

^۲ Model of Anything

^۳ Ill-advised

^۴ Market micro-structure

- Akaike, Hirotugu (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Alexander, C. & Kaeck, A. (2010). Does model fit matter for hedging? Evidence from FTSE 100 options. *Technical report*, ICMA Centre.
- Alexander, C. & Sarabia, J. M. (2012). Quantile uncertainty and value-at-risk model risk. *Risk analysis: An International Journal*, 32 (A), 1293-308.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., & Heath, D. (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9 (3), 203-228.
- Bakshi, G., Cao, C., & Chen, Z. (1997). Empirical Performance of Alternative Option Pricing Models. *The Journal of Finance*, 52 (5), 2003-2029.
- Bao, Y., Lee, T. H., & Saltoglu, B. (2007). Comparing density forecast models. *Journal of Forecasting*, 26 (3), 232-250.
- Beiglböck, M., Henry-Labordère, P., & Penkner, F. (2013). Modelindependent bounds for option prices-a mass transport approach. *Finance and Stochastics*, 17 (3), 477-501.
- Benjamini, Y. & Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 57 (1), 289-300.
- BIS (2009). Revisions to the Basel II market risk framework. *Technical Report July*, Bank for International Settlements.
- Bronk, R. (2011). *Epistemological difficulties with neoclassical economics*. In *Southern Economic Association* 2011, Washington, D.C.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., & Huyvaert, K. P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: Some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60 (1), 23-30.
- Carnap, R. (1962). *Logical Foundations of Probability*. Chicago: The University of Chicago Press.
- CEIOPS (2009). CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II. *Technical Report October*, Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
- Cont, R. (2006). Model uncertainty and its impact on the pricing of derivative instruments. *Mathematical Finance*, 16, 519-542.

- Contessi, S., De Pace, P., & Guidolin, M. (2013). How Did the Financial Crisis Alter the Correlations of US Yield Spreads? *Technical report*, Federal Reserve Bank of St. Louis, St Louis.
- De Scheemaekere, X. (2009). The epistemology of modern finance. *The Journal of Philosophical Economics*, II (2), 99–120.
- Derman, E. (2010), Metaphors, Models & Theories. *Quarterly Journal of Finance*. Vol. 1, No. 1 (2011) 109–126
- Diebold, Francis X. (2012). *100+ Years of Financial Risk Measurement and Management*. University of Pennsylvania and NBER, 28-29
- EBA (2010). EBA FINAL draft Regulatory Technical Standards. *Technical report*, European Banking Authority.
- Friedman, M. (1953). *The Methodology of Positive Economics*. In *Essays in Positive Economics* (pp. 3–25). University of Chicago Press.
- Goethe, J., 1999, *Maxims and Reflections*, Penguin Classics, London.
- Harvey, C. R., Liu, Y., & Zhu, H. (2016). ...and the Cross-Section of Expected Returns. *Review of Financial Studies*, 29 (1), 0–78.
- Hénaff, P. (2016), *Epistemology of Model Risk in Quantitative Finance*, Université Paris I Panthéon Sorbonne, Paris, France
- Herrigel, E., (1999), *Zen in the Art of Archery*, Vintage, New York.
- Holm, S. (1979). A simple sequential rejective multiple test procedure. Scandinavian, *Journal of Statistics*, 6 (2), 70–71.
- Kerkhof, J., Melenberg, B., & Schumacher, H. (2010). Model risk and capital reserves. *Journal of Banking & Finance*, 34 (1), 267–279.
- Knight, F. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Lee, T. D., and C. N. Yang, 1956, Question of Parity Conservation in Weak Interactions, *Physical Review* 104, 254–258.
- Lo, A. W. & Mueller, M. T. (2010). WARNING: Physics Envy May Be Hazardous to Your Wealth! *arXiv*: 1003.2688, 1–74.
- Lopez de Prado, M. (2010). The future of empirical finance. *Journal of Portfolio Management*, 31 (2), 140–144.
- McGoun, E. G. (2003). Finance models as metaphors. *International Review of Financial Analysis*, 12 (2), 211–233.

- Merton, R. C., Scholes, M. S., & Gladstein, M. L. (1978). The Returns and Risk of Alternative Call Option Portfolio Investment Strategies. *The Journal of Business*, 51 (2), 183.
- Mina, J. & Xiao, J. Y. (2001). Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard. *Technical report, Risk Metrics Group*.
- Popper, K. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson.
- Rappaport, S. (1986). What is really wrong with Milton Friedman's methodology of economics. *Reason Papers*, 11, 33-62.
- Romeyn, J.-w. (2006). Theory Change and Bayesian Statistical Inference. *Philosophy of Science*, 72 (December 2006), 1144-1186.
- Sprenger, J. (2006). Statistics between inductive logic and empirical science. *Journal of Applied Logic*, 4 (2), 239-250.
- Taleb, N. (2008), *The Fourth Quadrant: A Map of the Limits of Statistics*, *Edg.org*

Studying the Epistemology of Model Risk in Quantitative Finance

Abstract: There are several reasons for the model risk in finance and, in particular, its limitation in quantification. The purpose of this study is to emphasize the epistemological aspect of model risk along with its predominant technical aspect. Attention to the epistemology of model risk can be effective by changing and modifying the approach in the application of quantitative models in finance to identify and reduce model risk. This research is conducted by qualitative research method. For this purpose, research results and articles published in journals and specialized sites in the field of financial risk, audio and video content of lectures, as well as books related to theoretical research topics have been used. According to the study conducted in this research, the the model risk is due to several reasons, including mainly due to erroneous assumptions, misuse and model error. The nature of model risk has been explained from various aspects by explaining the basic approaches from the perspective of model risk epistemology. Risk modeling, regulatory, and quantification constraints are identified in risk models. Appropriate application methods of quantitative models are presented according to the epistemology of model risk. Despite the wide application of quantitative models in finance and risk, while paying attention to the technical aspect of creating and using models, it is necessary to address the epistemology of model risk. Also, different approaches to model risk, along with regulatory requirements and quantification constraints for models, can complement technical measures in achieving the best practice with the epistemology of model risk.

Keywords: Epistemology of Risk, Model risk, Quantitative finance, Risk quantification