فیزیک مالی

پیش‌بینی پیش‌بینی‌ناپذیرها: چگونگی تسلط علم بر وال‌استریت

جیمز اوئن ودرال

ترجمه‌ی
حسین عبده تبریزی

فیزیک مالی

فیزیک مالی

پیش‌بینیِ پیش‌بینی‌ناپذیرها: چگونگی تسلط علم بر وال‌استریت

جیمز اوئن ودرال

ترجمه‌ی

حسین عبده تبریزی

سرشناسه: عبده تبریزی، حسین، ۱۳۳۰ -
عنوان و نام پدیدآورنده: فیزیک مالی (پیش‌بینی پیش‌بینی‌ناپذیرها: چگونگی تسلط علم بر وال استریت) / نوشته‌ی جیمزاوئن ودرال، ترجمه‌ی حسین عبده تبریزی، ویراسته‌ی عبداله کوثری
مشخصات نشر: تهران، نشر نی، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری: ۳۲۵ ص، جدول و نمودار
شابک:
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: این اثر ترجمه‌ی کتاب زیر است:
The Physics Of Finanace, Predicting The Unpredictable: How Science Has Taken Over Wall Street, James Owen Weatherall, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, ۲۱۵ Park Avenue South, New York, NY ۱۰۰۰۳, USA, ۲۰۱۴.
موضوع: مالی، فیزیک، سرمایه‌گذاری و ریاضیات
رده‌بندی کنگره:
رده‌بندی دیویی:
شماره‌ی کتابشناسی ملی:

جیمز اوئن ودرال/ حسین عبده تبریزی
چاپ اول، اسفند ۱۳۹۵، آماده‌سازی و حروف‌نگاری واحد چاپ نشر نی
(حروف‌نگار و صفحه‌آرا: سمیرا سبزی)
لیتوگرافی:
شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه
همه‌ی حقوق چاپ و نشر این کتاب محفوظ است
نشر نی
تهران، خیابان دکتر فاطمی، خیابان رهی معیری، بالاتر از تقاطع فکوری، پلاک ۲۰

این ترجمه تقدیم به خواهرانم محبوبه و مریم

که نمونه‌های والای مهربانی و تعهدند.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

یادداشت مترجم ۸
مقدمه: در مورد مخ‌ها و دیگر شیاطین ۱۰
فصل ۱. بذرهای آغازین ۲۱
فصل۲. شنا بر خلاف جریان‌آب ۵۲
فصل ۳. از خطوط ساحلی تا قیمت پنبه ۸۱
فصل ۴. شکست‌دادن کازینو ۱۱۵
فصل ۵. فیزیک در بازار سرمایه ۱۵۱
فصل ۶. فیزیک، ریاضیات و پول ۲۰۵
منابع ۲۲۷

جیمز اوئن ودرال فیزیک‌دان، فیلسوف و ریاضیدان است. از هاروارد، مدرسه‌ی تکنولوژی استیونز و دانشگاه کالیفرنیا (اروین) مدرک گرفته و در حال حاضر در دانشگاه کالیفرنیا استادیار منطق و فلسفه‌ی علم است. مقاله‌هایش در مجله‌های اسلیت (Slate) و ساینتیفیک آمریکن چاپ شده است.

یادداشت مترجم

در بهار ۱۳۹۴، برای دیدار احسان، پسرم، به دورهام انگلستان رفته بودم که سر از کتاب‌فروشی درآوردیم و *فیزیک مالی* را یافتم. کتاب عنوانی داشت که توجه مرا جلب کرد. در طول سفر دوروزه آن را خواندم و بلافاصله تصمیم به ترجمه‌ی آن گرفتم.

قبل از آن سفر، تصمیم داشتم ریزدرس «تاریخ مالی» را بنویسم و به عنوان سه واحد انتخابی در دانشکده‌ی مدیریت و اقتصاد شریف عرضه کنم. فیزیک مالی می‌توانست متنی مقدماتی برای آن درس نیز باشد.

خوشحالم که با همه‌ی گرفتاری‌ها، توانستم وقت کافی بگذارم و «فیزیک مالی» را ترجمه کنم. ترجمه‌ی تمام آن کتاب را ضروری نیافتم. اما به غیر از دو صفحه «قدردانی»های مؤلف و سه فصل پایانی، بقیه‌ی کتاب ترجمه شده است. در مورد «یادداشت‌ها،» آن‌ها را به آخر هر فصل انتقال دادم، در حالی که در اصل کتاب همه در انتهای کتاب آمده است.

توضیح در مورد دو اصطلاح تکراری در این کتاب را لازم می‌دانم. اصطلاح «مخ‌ها» معادل quants آورده شده است. Quant مخفف quantitative analyst یعنی تحلیل‌گر کمّی است. در اصطلاح مالی، «کوانت» کسی است که در کاربرد الگوهای ریاضی و آماری و فنون عددی و کمی برای حل مشکلات مالی و مدیریت ریسک تخصص دارد. اگر اصطلاح «کوانت» از این فراتر نمی‌رفت، آن را تحلیل‌گران کمّی یا «کمّی‌ها» ترجمه می‌کردم. اما پس از بحران ۲۰۰۸، «کوانت‌ها» را مسئول فروریختن بازارهای مالی قلمداد کردند و اشاره به «کوانت» به نوعی لحن استهزا نیز به خود گرفت. کتاب حاضر نیز پس از سال ۲۰۰۸ نوشته شده است؛ از این‌رو ترجیح دادم معادل «کله‌دارها» یا «مخ‌ها» را برای quants برگزینم. در ایران وقتی خطاب به کسی می‌گویند که فلانی «مخُی» است، ضمن اشاره به باهوش‌بودن و گرایش ریاضی او، کم و بیش از نوعی بیان طعنه‌آمیز نیز استفاده می‌کنند. از این‌رو، نهایتاً از معادل «مخ‌ها» سود جستم.

اصطلاح دوم «مالی» است که معادل finance نهاده‌ام، یعنی به شکل اسم از آن استفاده شده است، در حالی که معمولاً «مالی» را به شکل صفت به کار می‌گیریم؛ مثلاً می‌گوییم «سیاست‌های مالی.» با این همه، اکنون مدت‌هاست که به دلیل دشواری ترکیب‌هایی چون «امور مالی» در زبان فارسی، کلمه‌ی «مالی» را در قالب اسمی آن (به جای مالیه‌ی سابق) هم به کار می‌گیریم و مثلاً

می‌گوییم «علم مالی.» بنابراین، معادل finance در حالت اسمی «مالی» و در حالت فعلی «تأمین مالی» است. عنوان کتاب نیز «فیزیک مالی» ترجمه شده است که بیانگر موقعیت علم فیزیک در سپهر مفاهیم، موضوعات، نظریه‌ها و فرضیه‌هایی است که علم مالی را شکل می‌دهد. البته، این کاربرد را ویراستار کتاب تا امروز نپذیرفته است.

مترجم گرانمایه و دوست ادیبم عبداله کوثری همکار این جانب بوده و متن ترجمه را قبل از چاپ خوانده و اصلاحات ویرایشی جدی در آن لحاظ کرده است. از وی صمیمانه تشکر می‌کنم.

بی‌شک، ترجمه‌ی کتابی با این همه اصطلاحات و ارجاع‌ها عاری از اشتباه نخواهد بود؛ بویژه در گزینش معادل‌ها برای ریاضیات و فیزیک و نیز انتقال مفاهیم در آن دو علم به زبان فارسی حتماً کاستی‌هایی خواهید یافت. پاداش تلاش من ایرادهایی است که می‌گیرید و بزرگوارانه به من گوشزد می‌کنید.

حسین عبده تبریزی
اسفندماه ۱۳۹۵
Abdoh@abdoh.net

مقدمه: در مورد مخ‌ها و دیگر شیاطین

وارن بافت[۱] بهترین مدیر پول دنیا نیست؛ جورج سوروس[۲] یا بیل گراس[۳] هم نیستند. بهترین مدیر پول دنیا که اسمش را، اگر فیزیکدان نباشید، احتمالاً نشنیده‌اید، جیم سیمونز[۴] است. البته اگر فیزیکدان باشید، بلافاصله نامش را به خاطر می‌آورید. جیم سیمونز خالق مشترک نظریه‌ی درخشانی در ریاضیات است که سه وجهی چرن- سیمونز[۵] نامیده می‌شود و یکی از مهم‌ترین اجزای نظریه‌ی ریسمان[۶] می‌باشد؛ موضوعی انتزاعی و حتی می‌شود گفت مبهم و پیچیده و حتی به قول عده‌ای بسیار تجریدی و ذهنی که البته باعث شد سیمونز به اسطوره‌ای زنده در روزگار ما بدل شود. وی از جمله دانشمندانی است که نامش در دانشکده‌های فیزیک هاروارد و پرینستون دهان به دهان می‌چرخد.

سیمونز قیافه‌ای حرفه‌ای با موهای تُنُک سفید و ریشی نامرتب دارد[۱]. در نادر مواردی که در مکان‌های عمومی ظاهر می‌شود، غالباً پیراهنی چروک و کُت اسپرت بر تن دارد- لباسی بس متفاوت با کت و شلوار و کراواتی که پوشش غالب معامله‌گران است. عادت به جوراب پوشیدن هم ندارد. نقش سیمونز در فیزیک و ریاضیات تا به غایت نظری است، و کانون توجه وی طبقه‌بندی ویژگی‌های اشکال هندسی پیچیده است. مشکل بتوان گفت آدمی است که با عدد سروکار دارد، چرا که وقتی به سطح تجرید او می‌رسیم، اعداد و هر چیزی که به ریاضیات سنتی شباهت دارد، کم رنگ می‌شود. خلاصه از کسانی نیست که آدم انتظار داشته باشد خود را گرفتار امواج توفنده‌ی مدیریت صندوق‌های حفظ ارزش[۷] کند.

در هر حال، سیمونز بنیان‌گذار شرکت بسیار موفق رنسانس تکنولوژی[۸] است. وی در سال ۱۹۸۸

---

۱. Warren Buffet
۲. George Soros
۳. Bill Gross
۴. Jim Simons
۵. Chern- Simons ۳-Form
۶. String Theory
۷. hedge fund
۸. Renaissance Technologies

همراه با ریاضیدان دیگری به نام جیمز اکس[۱]، خشت اولیه برای تأسیس صندوق رنساس را گذاشت. آنان اسم این صندوق را «مدال» گذاشتند و وجه تسمیه‌ی آن جوایز ریاضی معتبری بود که اکس و سیمونز در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ قرن بیستم دریافت کرده بودند[۲]. طی ده سال بعد، صندوق بازده غیرقابل تصور ۲ر۴۷۸ درصدی را بدست آورد که فراتر از نرخ بازده هر صندوق حفظ ارزش دیگری در جهان بود[۳]. فوق‌العاده بودن این نرخ بازده، آن‌گاه معلوم می‌شود که بدانیم مقام دوم در دریافت بازده به صندوق کوانتوم[۲] جورج سوروس تعلق می‌گرفت که طی همین دوره ۱ر۷۱۰ درصد بازده دریافت کرده بود. از موفقیت صندوق مدال طی دهه‌ی بعد هم کاسته نشد و در طول عمر آن صندوق، نرخ متوسط بازده تقریباً ۴۰٪ در سال بود؛ این رقم پس از کسر کارمزد مدیران صندوق بدست می‌آمد که دو برابر سایر صندوق‌ها کارمزد می‌گرفتند. (این رقم را با بازده برکشایر هاثووی[۳] مقایسه کنید که از سال ۱۹۶۷ که وارن بافت آن را به شرکت سرمایه‌گذاری تبدیل کرد تا سال ۲۰۱۰، هر سال ۲۰٪ بازده متوسط داشته است) [۴]. امروزه سایمونز یکی از ثروتمندترین مردان جهان است. براساس رتبه‌بندی سال ۲۰۱۱ مجله‌ی فوربز[۴]، ثروت او بالغ بر ۱۰/۶ میلیارد دلار است؛ رقمی که اهمیت اعتباری او را همپای بزرگ‌ترین شرکت‌های سرمایه‌گذاری قرار می‌دهد[۵].

رنسانس دویست نفر در استخدام دارد که بیش‌تر آنان در مقر قلعه‌مانند صندوق در شهر لانگ آیلند[۵] در ستاکت شرقی[۶] استقرار دارند. یک‌سوم این افراد مدرک دکترا دارند؛ اما مدرکشان در مالی نیست، بلکه مثل سیمونز در رشته‌هایی چون فیزیک، ریاضیات و آمار تحصیل کرده‌اند. به نظر ایسادور سینگر[۷]، ریاضیدان دانشگاه ام‌آی‌تی، رنساس بهترین دانشکده‌ی فیزیک و ریاضی در جهان است [۶]؛ علت برتری و شهرت شرکت به نظر سیمونز و دیگران همین است. در واقع، رنسانس از استخدام هر کس که کم‌ترین نشانی از وفاداری به وال‌استریت دارد، پرهیز می‌کند.

---

۱. James Ax
۱. Quantum Fund
۳. Berkshire Hathoway
۴. Forbes
۵. Long Island
۶. East Setauket
۷. Isadore Singer

دکترهای مالی متقاضی کار که هیچ، معامله‌گرانی هم که با بانک‌های سرمایه‌گذاری سنتی شروع به کار کرده‌اند، یا حتی در سایر صندوق‌های حفظ ارزش اشتغال داشته‌اند، بخت استخدام در رنسانس ندارند. رمز موفقیت سیمونز دورماندن از خبره‌های مالی است، و این کار را به درستی انجام می‌دهد. از نظر کارشناسان مالی، آدم‌هایی مثل سیمونز نباید وجود داشته باشند. از حیث نظری، او ناممکن را ممکن کرده است. وی پیش‌بینی‌ناپذیر را پیش‌بینی کرده است، و از این رهگذر ثروت عظیمی اندوخته است.

فرض بر این است که «صندوق‌های حفظ ارزش» با ایجاد سبدهای متوازن‌کننده کار می‌کنند [۷]. به ساده‌ترین بیان، وقتی این صندوق‌ها دارایی‌ای می‌خرند، همزمان دارایی دیگری می‌فروشند که مثل بیمه‌نامه برای دارایی اولی کار کند. غالباً، به یکی از این دارایی‌ها مشتقه[۱] می‌گوییم. مشتقه‌ها قراردادهایی هستند که بر اوراق بهادار دیگر چون سهام، قرضه یا کالاهای اساسی متکی‌اند. برای مثال، یکی از این مشتقه‌ها را قرارداد آتی[۲] می‌نامیم. اگر شما روی مثلاً غلات قرارداد آتی بخرید، معنایش آن است که پذیرفته‌اید در زمان معینی در آینده، به قیمتی که امروز تعیین می‌شود، غلات را خریداری کنید. ارزش قرارداد آتی غلات به ارزش غلات بستگی دارد: اگر قیمت غلات بالا برود، آن‌گاه ارزش قرارداد آتی غلات شما هم بالا می‌رود، چرا که قیمت خرید غلات و نگهداری آن برای مدت زمانی معین نیز بالا می‌رود. اگر قیمت غلات کاهش یابد، مشکل آن است که شما قراردادی در دست دارید که براساس آن متعهدید در زمان انقضای قرارداد آتی، بیش از قیمت بازار غلات، پرداخت کنید. البته، در بیش‌تر موارد (هر چند که نه همیشه) با انقضای قرارداد آتی، غلاتی جابجا و مبادله نمی‌شود؛ در عوض، شما صرفاً پولی را مبادله می‌کنید که برابر تفاوت بین قیمت مورد توافق و قیمت جاری بازار است.

مشتقه‌ها اخیراً و بیشتر از دیدگاه منفی، طرف توجه قرار گرفته‌اند. البته مشتقه‌ها چیز جدیدی نیستند. به شهادت کتیبه‌های گلی کشف شده در بین‌النهرین باستان (عراق فعلی)، قراردادهای آتی اولیه حداقل چهار هزار سال سابقه دارند [۸]. هدف چنین قراردادهایی ساده است. آن‌ها عدم‌قطعیت را کاهش می‌دهند. فرض کنید آنوم پیشا[۳] و نمران شارور[۴]، پسران سینیدی‌یانام[۵]،

---

۱. derivative
۲. future contract
۳. Anum-pisha
۴. Namran- sharur
۵. Siniddianam

کشاورزان غله‌کار سومری هستند. می‌خواهند در مورد کشت جو یا گندم در مزارع خود تصمیم بگیرند. همزمان، کاهنه‌ی ایلتانی[۱] می‌داند که در پاییز آینده جو نیاز دارد، و در عین حال می‌داند که قیمت جو نوسان می‌کند و نمی‌توان آن را پیش‌بینی کرد. با راهنمایی ارزشمند کاسب محلی، آنوم پیشا و نمران شارور با ایلتانی تماس می‌گیرند و به وی پیشنهاد می‌کنند یک قرارداد آتی روی جو از آنان خریداری کند؛ آنان موافقت می‌کنند مقدار معینی جو را به قیمت توافق‌شده و البته بعد از دروی محصول به ایلتانی بفروشند. به این ترتیب، آنوم پیشا و نمران شارور با اطمینان جو می‌کارند، چرا که قبلاً خریداری یافته‌اند. ایلتانی هم می‌داند که مقدار جو لازم را به قیمت ثابت به‌دست می‌آورد. در این مورد، مشتقه ریسک فروشنده را برای فروش محصول خود در وهله‌ی اول کاهش می‌دهد و در عین حال، خریدار را از نوسان قیمت غیرمنتظره در امان نگاه می‌دارد. البته، همیشه این ریسک وجود دارد که فرزندان سینیدی‌یانام نتوانند محصول را تحویل دهند – مثلاً اگر خشکسالی شود یا محصول آفت ببیند. در این موارد، آنان ناچار خواهند بود محصول را از دیگران بخرند و به نرخ از قبل تعیین‌شده، به ایلتانی بفروشند.

صندوق‌های حفظ ارزش کم‌وبیش به روش معمول در بین‌النهرین، از مشتقه استفاده می‌کنند. خرید سهام و فروش آتی سهام شبیه کشت جو و فروش آتی آن است. قراردادهای آینده نوعی پوشش بیمه‌ای در قبال کاهش ارزش سهام ایجاد می‌کند.

صندوق‌های حفظ ارزش که سال‌ها بعد در قرن بیست و یکم شکل گرفت، کاری فراتر از پسران سینیدی‌یانام می‌کردند. این صندوق‌ها را معامله‌گرانی اداره می‌کردند که عنوان مُخ‌های بازار را داشتند، و نسل جدیدی از نخبگان وال‌استریت را تشکیل می‌دادند. بسیاری از آنان دکترای مالی داشتند و نظریه‌های دانشگاهی روزآمدی را فرا گرفته بودند، چیزی که قبل از آن پیش‌شرط کار در وال‌استریت نبود. برخی دیگر که خارج از رشته‌ی مالی بودند، سابقه‌ی آموزش در رشته‌هایی چون ریاضیات یا فیزیک را داشتند. آنان به فرمول‌هایی مسلح بودند که به ایشان می‌آموخت چگونه قیمت مشتقه‌ها را به اوراق بهادار مبنایی مرتبط کنند که از آن‌ها اشتقاق یافته‌اند. آنان سریع‌ترین و پیچیده‌ترین سامانه‌های کامپیوتری دنیا را در اختیار داشتند که برنامه‌ریزی شده بود تا این معادلات را حل کند و محاسبه کند که هر صندوق چه مقدار ریسک برداشته است. بدین‌ترتیب آنان می‌توانستند سبد اوراق بهادار خود را در تعادل کامل نگاه دارند. استراتژی‌های

---

۱. Iltani

معاملاتی صندوق‌ها به گونه‌ای تعیین شده بود که هر اتفاقی می‌افتاد، سود کمی می‌بردند و عملاً زیان عمده‌ای متحمل نمی‌شدند. حداقل می‌توان گفت قرار بود صندوق‌های حفظ ارزش چنین کارکردی داشته باشند.

اما وقتی بازارها در روز دوشنبه ۶ اوت ۲۰۰۷ باز شد، جهنمی برپا شد [۹]. همه‌ی سبدهای صندوق‌های حفظ ارزش که طراحی شده بودند تا پول بسازند، در هم فرو ریختند. همه‌ی موقعیت‌هایی که قرار بود بالا بروند، پایین آمدند. به شکلی غیرمنطقی، تمام موقعیت‌هایی که می‌بایست وقتی همه چیز پایین می‌آمد بالا بروند، خود پایین آمدند. همه‌ی صندوق‌هایی که مُخ‌های بازار اداره می‌کردند، سخت آسیب دیدند. بناگاه، هر استراتژی که به کار گرفته بودند، آسیب‌پذیر شد، چه در مورد سهام، چه در مورد اوراق قرضه و ارز یا کالاهای اساسی. میلیون‌ها دلار دود شد و به هوا رفت.

با گذشت هر روز هفته، اوضاع بحرانی بازار بدتر شد. به‌رغم همه‌ی آموزش‌ها و آمادگی‌ها، هیچ کدام از معامله‌گران صندوق‌هایی که مُخ‌های بازار اداره می‌کردند، نمی‌دانستند چه اتفاقی افتاده است. روز چهارشنبه دیگر کار به استیصال کشید. یکی از صندوق‌های بزرگ مورگان استانلی[۱] به نام پراسس دریون تریدینگ[۲] فقط در همان روز ۳۰۰ میلیون دلار از دست داد. صندوق دیگری به نام «مدیریت سرمایه‌ی تحقیقات کمّی کاربردی»[۳] ۵۰۰ میلیون دلار زیان کرد. صندوق بسیار بزرگ دیگری که سبد اوراق بهادار آن بسیار محرمانه نگاهداری می‌شد و متعلق به گلدمن ساکس[۴] بود و گلوبال آلفا[۵] خوانده می‌شد، ظرف یک ماه ۱/۵ میلیارد دلار از دست داد. البته، شاخص داوجونز[۶] ۱۵۰ واحد افزایش یافت، چرا که همه‌ی سهامی که صندوق‌های حفظ ارزش به کاهش قیمت‌شان امید بسته بودند، افزایش قیمت داشتند. اشکالی در کار بود، اشکالی بزرگ و هولناک در کار بود.

در تمام طول هفته تلاطم بازار ادامه یافت. بالاخره با فرا رسیدن پایان هفته بحران متوقف شد، زیرا

---

۱. Morgan Stanley

۲. Process Driven Trading

۳. Applied Quantitative Research Capital Management

۴. Goldman Sachs

۵. Global Alfa

۶. Dow Jones

گلدمن ساکس توانست با وارد کردن سه میلیارد دلار، صندوق‌های خود را تثبیت کند. این اقدام حداقل تا آخر ماه اوت جلوی خونریزی را تا حدی گرفت و نگذاشت ترس و وحشت فراگیر شود. چیزی نگذشت که خبر زیان‌ها به روزنامه‌نگاران رسید. چند نفری مقالاتی نوشتند تا بتوانند در مورد علت‌های بحرانی که به بحران مُخ‌ها مشهور شد، چیزی بگویند. هر چند تمهیدات گلدمن آرامشی نسبی برقرار کرد، شرح این‌که چه اتفاقی افتاده، کار آسانی نبود. مدیران صندوق‌ها به دنبال کار خود رفتند، و با ترس و لرز به این امید بستند که هفته‌ی جهنمی اتفاقی عجیب‌وغریب بوده باشد و طوفان فرو بنشیند. خیلی‌ها نقل قولی از فیزیک‌دانی پیشین به یاد آورند. آیزاک نیوتون وقتی در سقوط بازار قرن ۱۷ انگلستان خانه خراب شد، با یاس و اندوه گفت، «می‌توانم حرکت ستارگان را محاسبه کنم، اما دیوانگی مردم را نمی‌توانم»[۱۰].

صندوق‌های مُخ‌های وال‌استریت تا پایان سال مسیر خود را خمیده خمیده طی کردند، و دوباره در نوامبر و دسامبر اشباح فاجعه‌ی اوت به آن‌ها حمله‌ور شدند. بعضی، اما نه همه، توانستند تا پایان سال زیان‌های خود را جبران کنند. به طور متوسط، صندوق‌های حفظ ارزش در سال ۲۰۰۷ بازده ۱۰ درصدی داشتند و این کمتر از بازده صندوق‌هایی بود که سرمایه‌گذاری آن‌ها پیچیدگی کمتری داشت[۱۱]. اما برعکس «صندوق مدال» جیم سایمونز ۷۳/۷ درصد بازده داد. به‌رغم این رقم، در آن سال «صندوق مدال» نیز صدمه دیده بود [۱۲]. وقتی سال ۲۰۰۸ به پایان آمد، مُخ‌ها امید داشتند فاجعه را پشت سر گذاشته باشند؛ اما چنین نبود.

من در پاییز ۲۰۰۸ به فکر نوشتن این کتاب افتادم. در یک سالی که از بحران مُخ‌های بازار سرمایه گذشت، اقتصاد آمریکا از مارپیچ مرگباری گذر کرد که در آن بانک‌های سرمایه‌گذاری صدساله‌ای چون بیر استرن[۱] و لیمن برادرز[۲] با سقوط بازار از درون متلاشی شدند. من نیز چون بسیاری دیگر، اسیر اخبار فروپاشی بازار بودم. با وسواس، هرچه درباره‌ی این موضوع به دستم می‌رسید، می‌خواندم. درباره‌ی مقالاتی که بحران را بررسی می‌کرد، به طور خاص موضوعی چشمم را گرفت. در مقالات متعددی که منتشر می‌شد درباره‌ی «مُخ‌های» وال‌استریت افسانه‌سرایی می‌شد: یعنی درباره‌ی فیزیکدانان و ریاضیدانانی که پا به وال‌استریت گذاشتند و آن را برای همیشه تغییر دادند. مفهوم این حرف‌ها روشن بود؛ فیزیک‌دانان وال‌استریت مسؤول سقوط بازار بودند.

---

۱. Bear Stearns

۲. Lehman Brothers

همچون ایکاروس[۲۱]، بالاتر از آنچه بایست پرواز کرده و در نتیجه فرو افتاده بودند.
بال‌های مومین ایشان «مدل‌های ریاضی» پیچیده‌ای بود که از فیزیک به عاریت گرفته بودند – ابزارهایی که در سرسراهای دانشگاهی قول ثروت بیکران می‌داد، اما در فرازونشیب زندگی واقعی والاستریت مومش آب شد. اکنون ما همه تاوان‌آن را می‌پرداختیم.
در آن زمان، داشتم دوره‌ی دکترای فیزیک و ریاضیات خود را تمام می‌کردم، و از این‌رو فکر این‌که فیزیکدان‌ها مسئول بحران باشند، برایم بسیار تکان‌دهنده بود. البته، افرادی را از زمان دبیرستان و کالج می‌شناختم که دیپلم فیزیک یا ریاضیات گرفته بودند و بعد رفته بودند و حالا در بانک‌های سرمایه‌گذاری کار می‌کردند. حتی فارغ‌التحصیلان دانشگاهی را می‌شناختم که با وعده‌ی ثروت بی‌حساب در والاستریت، دانشگاه را رها کرده بودند. اما در عین حال بانکدارانی را می‌شناختم که مدرک کارشناسی فلسفه یا زبان انگلیسی داشتند. تصور من این بود که فارغ‌التحصیلان فیزیک و ریاضیات از این رو به بانک‌های سرمایه‌گذاری جذب می‌شوند که با منطق و عدد خوب کنار می‌آیند. اصلاً به فکرم نمی‌رسید که فیزیکدان‌ها به این دلیل که فیزیک خوانده‌اند، جذب بانک‌های سرمایه‌گذاری می‌شوند.
برایم معما شده بود. فیزیک چه ربطی به مالی داشت؟ هیچ‌کدام از مقالات مربوط به بحران مالی اشاره‌ی جدی به این نداشتند که چرا فیزیک و فیزیکدانان تا آن حد برای اقتصاد دنیا مهم شده‌اند، و نیز توضیح نمی‌دادند که چرا مفاهیم فیزیک تا این حد برای بازارهای مالی اهمیت دارد. حداکثر تا این حد پیش می‌رفتند که بگویند استفاده از مدل‌های پیچیده برای پیش‌بینی بازار احمقانه است– بحثی که نسیم طالب[۳]، مؤلف کتاب پرفروش *قوی سیاه*، و چند طرفدار اقتصاد رفتاری مطرح می‌کردند[۱۳]. آخر مردم که کوارک[۴] نیستند. چنین اظهارنظرهایی فقط باعث آشفتگی و گیجی بیش‌تر من می‌شد. آیا بانک‌های والاستریت همچون مورگان استانلی و گلدمن ساکس گول هزاران آدم ماشین‌حساب به دست را خورده بودند؟ ظاهراً مشکل آن بود که فیزیکدان‌ها و دیگر مُخ‌های بازار سرمایه صندوق‌های ضعیفی را اداره می‌کردند که میلیاردها دلار ارزش داشت. اما

---

۱. در اساطیر یونان، مردی که از بال پرندگان و موم برای خود بال‌هایی ساخت و به آسمان پرواز کرد. اما، چندان بالا رفت که تابش آفتاب Icarus، موم بال‌هایش را آب کرد و به زمین فرو افتاد– م.

۳. Nassim Talab, *The Black Swan*

۴. ذره‌ی اولیه و بنیانی که تشکیل‌دهنده ی ماده است – م.quark.

اگر چنین تلاشی تا این حد احمقانه بوده، پس چرا اصلاً تا این حد به آنان اعتماد کرده بودند؟ بی‌شک آدم‌هایی که از کاسبی درک درستی دارند، متقاعد شده بودند که این مُخ‌های بازار سرمایه کاری هم از دستشان برمی‌آید- و این آن بخشی از داستان بود که در مطبوعات حرفی از آن زده نمی‌شد. می‌خواستم ته‌وتوی قضیه را در بیاورم.

پس شروع به جستجو کردم. در مقام فیزیکدان، به این نتیجه رسیدم که باید از افرادی شروع کنم که اول بار به این فکر افتادند که از فیزیک می‌شود برای درک بازارها استفاده کرد. می‌خواستم بدانم ارتباط بین فیزیک و مالی چه می‌تواند باشد، و البته می‌خواستم بدانم که چه‌گونه انگاره‌ها شکل گرفته است، و چه‌گونه فیزیکدان‌ها در وال‌استریت به نیرویی بدل شده‌اند. داستانی که به دنبال کشف آن بودم، مرا از پاریس اوایل قرن بیستم به آزمایشگاه‌های دولت در طول جنگ دوم جهانی، و از آن‌جا به میزهای بازی ۲۱ لاس‌وگاس و به کمپ جوانان انقلابی در سواحل اقیانوس آرام کشاند. شگفتا که رابطه‌ی بین فیزیک و نظریه‌ی مالی جدید- و فراتر از آن رابطه با کل اقتصاد - بسیار عمیق بود.

این کتاب داستان فیزیک در مالی را بازگو می‌کند. بحران اخیر بخشی از داستان، اما از بسیاری جهات بخش کوچکی ازآن است. این کتابی در مورد بحران سال ۲۰۰۷ نیست. کتاب‌های زیادی در این مورد نوشته شده است؛ حتی در بعضی از آن‌ها بر نقش مُخ‌های بازار اشاره رفته و نشان داده شده که بحران چگونه بر آنان تأثیر گذاشته است. این کتاب به موضوعی وسیع‌تر می‌پردازد.

این کتاب به ما می‌گوید مُخ‌های بازار چگونه پای گرفتند، و نیز چه‌گونه باید «مدل‌های ریاضی پیچیده»ای را بفهیم که برای مالی مدرن ارزش کانونی یافته‌اند. و مهم‌تر از این‌ها، این کتابی پیرامون آینده‌ی مالی است. این کتاب شرح می‌دهد چرا باید به مسائل جدید فیزیک و رشته‌های مربوط به آن برای حل مشکلات اقتصادی مداومی که پیش‌روی کشورها در نقاط مختلف جهان قرار می‌گیرد، توجه کنیم؛ داستانی است که باید نحوه‌ی تفکر ما از سیاست اقتصادی را بکلی تغییر دهد.

داستانی که در این کتاب نقل می‌شود مرا متقاعد کرد - و امیدوارم شما را هم قانع کند- که فیزیک و مدل‌های آن مسئول ناگواری‌های اقتصادی جاری نیستند. البته معنای آنچه گفته شد این نیست که در مورد نقش مدل‌سازی ریاضی در مالی اغراق شود. اندیشه‌هایی که می‌توانست ما را در جلوگیری از بروز بحران مالی سال ۲۰۰۷ کمک کند، سال‌ها قبل از بحران شکل گرفته بود (من چندتایی از آن‌ها را در این کتاب آورده‌ام،) اما فقط معدودی از بانک‌ها، صندوق‌های حفظ

ارزش یا مقامات ناظر دولتی حاضر به شنیدن نظریات فیزیکدانانی بودند که دستاوردهایشان ممکن بود مؤثر باشد و تفاوت‌هایی پدید آرد. حتی پیچیده‌ترین صندوق‌هایی که تحت مدیریت مُخ‌های بازار سرمایه می‌بودند، بر نسل‌های اول یا دوم تکنولوژی تکیه می‌کردند، در حالی که ابزار نسل‌های سوم و چهارم در دسترس بود. اگر قرار است مثل سی سال گذشته در وال‌استریت از فیزیک استفاده کنیم، باید نسبت به این موضوع حساس باشیم که ابزار فعلی کجا ما را با شکست روبرو می‌کند؛ هم‌چنین به ابزارهایی توجه داشته باشیم که می‌تواند در بهبود وضعیت فعلی به ما کمک کند. اگر به مدل‌های مالی به شیوه‌ای بیندیشیم که فیزیکدانان مبتکر آن‌ها، می‌اندیشند، آن‌گاه موضوع راحت‌تر خواهد بود. هرچه باشد، هیچ‌چیز ویژه‌ای در مورد مالی وجود ندارد- همان‌طور که در علوم مهندسی دقت می‌کنیم تا ببینیم کدام الگوها به شکست می‌انجامد، در مالی نیز باید با همان دقت به الگوها نگاه کنیم. مشکل آن‌جا بروز می‌کند که نکاتی از فیزیک به عاریت می‌گیریم، اما مثل فیزیکدانان فکر نمی‌کنیم.

فروشگاهی در نیویورک وجود دارد که ریشه‌های خود را به یاد می‌آورد. نام آن رنسانس است؛ موسسه‌ی مدیریت مالی‌ای که خبرگان مالی را استخدام نمی‌کند. در سال ۲۰۰۸ بر سر بسیاری از بانک‌ها و صندوق‌ها آواری فرو ریخت. غیر از بیر استرن و لیمن برادرز، شرکت بیمه‌ی عظیم ای‌آی‌ج[۱]، و نیز ده‌ها صندوق حفظ ارزش و صدها بانک یا بسته شدند و یا به لب پرتگاه رسیدند؛ در این فهرست، صندوق‌های عظیمی هم که مُخ‌های بازار سرمایه اداره می‌کردند، وجود داشت، صندوق‌های غول‌آسایی چون گروه سرمایه‌گذاری سیتادل[۲] که ده‌ها میلیارد دلار ارزش داشتند. در بحران ۲۰۰۷، حتی سنت‌گرایانی چون شرکت برکشایر هاثووی با بزرگ‌ترین زیان‌های تاریخ حیات خود، برابر ۱۰٪ ارزش دفتری سهام، مواجه شدند و همزمان قیمت سهم‌آن‌ها نصف شد [۱۴]. اما همه در آن سال بازنده نبودند. در این میان، «صندوق مدال» جیمز سیمونز ۸۰٪ بازده سالانه داشت، در حالی که صنعت مالی اطراف وی فرو می‌ریخت. لابد فیزیکدان‌ها کار خود را خوب بلد بودند.

---

۱. AIG

۲. Citadel Investment Group

یادداشت‌ها

۱. سیمونز حاضر نشد برای درج در این کتاب مصاحبه کند. مطالبی که در مورد وی و تاریخ صندوق رنسانس آورده شده از چندین مأخذ گردآوری شده است: پلتز Peltz (۲۰۰۸)، گریر Greer (۱۹۹۶)، مجله‌ی سید Seed magazine (۲۰۰۶)، زوکرمن Zuckerman (۲۰۰۵)، لاکس Lux (۲۰۰۰)، و پترسون Patterson (۲۰۱۰). سیمونز به‌رغم کم‌گویی معمولش، در سخنرانی عمومی خود در سال ۲۰۱۰ در MIT (Simons سال ۲۰۱۰) در مورد این‌که چگونه ریاضیدان شد، و آن‌گاه از ریاضی و فیزیک به مالی روی آورد، بی‌دریغ سخن رانده است. او در کتاب زیمرمن Zimmerman (۲۰۰۹) در مورد نقش آغازین خود در تحول فیزیک ریاضی و هندسه صحبت کرده است.

۲. اکس جایزه‌ی کول (Cole) را در ۱۹۶۷ و سیمونز جایزه‌ی وبلن (Veblen) را در ۱۹۷۶ از آن خود کردند.

۳. ارقام بازده گذشته‌ی صندوق مدال را از مآخذ لاکس (۲۰۰۰) و ذاکرمن (۲۰۰۵) برگرفته‌ایم.

۴. این ارقام از گزارش سالانه‌ی ۲۰۱۰ شرکت برکشایر هاثووی برگرفته شده است. ارقام ۲۰۱۰ آخرین اطلاعات موجود در زمان تهیه‌ی کتاب بوده است.

۵. برای ارقام فوربز رجوع کنید به مجله‌ی فوربز (۲۰۱۱).

۶. سینگر Singer این نظر را در معرفی سخنرانی عمومی سیمونز در MIT در سال ۲۰۱۰ بیان کرد. رجوع کنید به Simons سال ۲۰۱۰.

۷. برای اطلاع بیش‌تر پیرامون تاریخ صندوق‌های حفظ ارزش، از جمله نقش آن‌ها در بحران ۲۰۰۸، رجوع کنید به Mallaby (۲۰۱۰). وسیع‌تر از آن، برای اطلاع از پیشینه‌ی نهادهای مالی به مأخذ Mishkin and Eakins (۲۰۰۹) رجوع کنید.

۸. جزئیات تاریخ آغازین قراردادهای مشتقه را از مرجع Swan (۲۰۰۰) برگرفته‌ایم. اسامی به کار گرفته شده در کتاب همان اسم‌هایی است که در کتیبه‌های بین‌النهرین آمده است.

۹. این تاریخچه‌ی بحران مُخ‌ها در سال ۲۰۰۷ و نیز ارقامی که نقل شده از Patterson (۲۰۱۰)، از مقالات خبری اوت- سپتامبر ۲۰۰۷ (Patterson و Raghavan سال ۲۰۰۷؛

Lahart سال ۲۰۰۷؛ Nocera سال۲۰۰۷؛ Ahrens سال ۲۰۰۷)، و نیز کارهای دانشگاهی مربوط به موضوع (Gorton سال ۲۰۱۰؛ Khandani و Lo سال ۲۰۱۱) برگرفته شده است.

۱۰. هر چند گفته شده نیوتون در حباب دریای جنوب مقداری ضرر کرده، اما در صحت این نقل قول تردید وجود دارد. اول بار Spence در کتابش که در سال ۱۸۲۰ منتشر شد، به این موضوع اشاره کرده است.

۱۱. این ارقام از مأخذ Sourd (۲۰۰۸) برگرفته شده است.

۱۲. نرخ‌های بازده صندوق مدال از Willoughby (۲۰۰۸) برگرفته شده است. لازم به ذکر است که صندوق بزرگ دیگر «رنسانس» به نام صندوق سهام نهادی رنسانس که از استراتژی‌های مشابه صندوق مغزهای بازار استفاده می‌کرد، و سرمایه‌ی به مراتب بالاتری از صندوق مدال داشت، زیانی برابر ۱٪ در سال ۲۰۰۷ متحمل شد. (Burton و Strasburg سال ۲۰۰۸).

۱۳. رجوع کنید به Taleb (۲۰۰۴ و ۲۰۰۷a)

۱۴. ارقام از گزارش سالانه‌ی ۲۰۱۰ شرکت Berkshire Hathaway برگرفته شده است (Buffet).

۱۵. ارقام صندوق مدال از مأخذ Willoughby (۲۰۰۹) برگرفته شده است.

فصل ۱
بذرهای آغازین

پایان قرن، یا همان سال‌های خوش[۱]. پاریس با پیشرفت آمیخته بود. در شرقِ شهر، برج جدید گوستاو ایفل[۲] – که هنوز در چشم پاریسی‌هایی که در سایه‌ی آن زندگی می‌کنند، چیز بدنمای بحث‌برانگیزی است - بر عرصه‌ی نمایشگاه بین‌المللی سال ۱۸۸۹ قد کشیده بود. در شمال، در کوه‌پایه‌ی مون‌مارت[۳]، بتازگی کاباره‌ی جدید مولن روژ[۴] با چنان هیاهویی افتتاح شده بود که ولیعهد انگلستان[۵] را برای دیدن نمایش از بریتانیا به آن‌جا کشانده بود. نزدیک‌تر به مرکز شهر، از حوادث غیرمنتظره‌ای در محل هنوز تازه‌ساز و مجلل اپرای شهر، پاله‌گرنیه[۶] حرف می‌زدند – حوادثی که حداقل به فوت یک نفر منجر شده بود که زیر سقوط چلچراغ کشته شده بود. شایعه می‌گفت ارواح ساختمان را تسخیر کرده‌اند.

فقط چند بلوک ساختمانی آن طرف‌تر در شرق پاله‌گرنیه قلب تپنده‌ی امپراتوری فرانسه واقع

---

[۱] آمده که به تاریخ پاریس برمی‌گردد. در اوایل دهه‌ی ۱۸۷۰، در ماه سپتامبر پروسی‌ها La Belle Epoque , La Fin De Siècle در متن، عبارت فرانسوی ناپلئون سوم را دستگیر کردند. جمهوری سوم با فشار جمهوری‌خواهان تأسیس شد، و ارتش پروس طی زمستان ۷۱-۱۸۷۰ شهر را محاصره کرد. در فوریه، گروهی رادیکال، مشهور به کمونارد‌ها، شهر را تصرف و کمون پاریس را مستقر کردند؛ کمونی که چهار ماه بعد توسط نیروهای مسلح جمهوری واژگون شد. در جریان خروج از قدرت، کمونارد‌ها تعدادی از بناهای تاریخی پاریس را نابود کردند. چند دهه‌ی بعد با شکوفایی هنر و اختراعات همراه بود و پاریس برتری خود را به مثابه‌ی «مرکز پایان قرن شاهد چندین نمایشگاه جهانی، شبکه‌ی حمل‌ونقل "Fin de Siècle" سال‌های خوش در "Belle Epoque"جهانی فرهنگ و لذت» تثبیت کرد. این یا هنر نو)، و استقرار شیوه‌ی جدید خرید کالاها یعنی فروشگاه‌های بزرگ بود. این زمانی Art Nouveauجدید گسترده در کل شهر، جنبش زیباشناختی پیشگام ( ]. MLSاست که پاریس به چیزی تبدیل می‌شود که از آن به کلان‌شهر مدرن تعبیر می‌شود [مترجم؛ برگرفته از واحد ۱۳ تاریخ پاریس

[۲]. Gustave Eiffel

[۳]. Montmartre

[۴]. Moulin Rouge

[۵]. Prince of Wales

[۶]. Palais Garnier

شده بود: بورس پاریس؛ بورس مالی اصلی پایتخت. ساختمان بورس در کوشکی واقع بود که ناپلئون به عنوان معبد پول ساخته بود، پاله برونیا[۱]. پله‌های بیرونی این بنا با مجسمه‌ی بت‌هایش آراسته شده بود: عدالت، تجارت، کشاورزی و صنعت. ستون‌های نئوکلاسیک شاهانه‌ای درهای ورودی را احاطه کرده بود. در داخل بنا، سالن اصلی عریض آن چندان بزرگ بود که صدها کارگزار و کارمند بورس را در خود جای دهد. هر روز به مدت یک ساعت، آنان زیر نقوش حک‌شده‌ی پرزرق و برق و پنجره‌ی سقفی بزرگ این ساختمان اوراق قرضه‌ی دولتی[۲] دائمی معامله می‌کردند که به آن‌ها «مقرری[۳]» می‌گفتند؛ اوراقی که در طول یک قرن جاه‌طلبی‌های جهانی فرانسه را تأمین وجه کرده بود. بنایی با ابهت و شاهانه در مرکز شهر و در عین حال در مرکز جهان. یا حداقل در نخستین دیدار لویی باشلیه[۴] از آن در سال ۱۸۹۲، این ساختمان چنین به نظر رسید[۱].

یتیمی شهرستانی و در اوان دهه‌ی سوم عمر خود، تازه خدمت سربازی تمام کرده، به پاریس رسیده بود؛ می‌خواست برای ادامه‌ی تحصیل به دانشگاه پاریس برود. مصمم بود به‌رغم همه‌ی مشکلات ریاضیدان یا فیزیکدان بشود، اما خواهر و برادر خردسالی هم داشت که باید از آنان که در شهرستان مانده بودند، حمایت مالی می‌کرد. این اواخر کسب‌وکار خانوادگی را فروخته بود، پولی فراهم کرده بود که فعلاً کفایت ایام می‌کرد، اما می‌دانست که این پول ته خواهد کشید. و به این دلیل بود که وقتی همکلاسانش تمام‌وقت درس می‌خواندند، باشلیه ناچار بود کار کند. خوشبختانه، با آمادگی‌ای که برای محاسبات داشت و نیز تجربه‌ی گران‌قدری که از کاسبی خانوادگی با مشقت اندوخته بود، توانست شغلی در بورس پاریس دست‌وپا کند. به خودش دلداری می‌داد که این کار موقتی است. هرچند «مالی» روزهایش را پر می‌کرد، اما شب‌ها را داشت که روی «فیزیک» کار کند. باشلیه کلافه و عصبی هر روز به خودش فشار می‌آورد تا پله‌ها را به سمت ستون‌های ورودی بورس بالا برود.

درون ساختمان، دیوانه‌خانه‌ی کاملی بود[۲]. در معاملات بورس از روش فریادزدن استفاده می‌شد: معامله‌گران و کارگزاران در سالن اصلی پاله برونیا گردهم می‌آمدند و برای انتقال اطلاعات

---

۱. Palais Brongniart

۲. government bonds

۳. rentes

۴. Louis Bachelier

خرید و فروش بر سر هم فریاد می‌زدند و هر وقت صدا نمی‌رسید، از علائم دست استفاده می‌کردند. سالن‌های ساختمان پر بود از مردانی که این طرف وآن طرف می‌دویدند تا معاملات خود را انجام دهند، قراردادها و اسکناس‌های خود را مبادله کنند، و دستور خرید یا فروش سهام و قرضه‌های دولتی را بدهند. باشلیه مبانی نظام مالی فرانسه و حتی اندکی بیش‌تر را می‌دانست. برای جوان ریاضی‌دان آرامی که روحیه‌ی دانشگاهی داشت، بورس جای مناسبی به نظر نمی‌رسید. اما راه برگشت وجود نداشت. به خود می‌گفت، این فقط نوعی بازی است. باشلیه همواره مسحور نظریه‌ی احتمالات، یعنی ریاضیات شانس (و گام عملی آن، قمارکردن) بود. اگر می‌توانست بازارهای مالی فرانسه را کازینوی باشکوهی تصور کند، که قرار بود قواعد بازی در آن را یاد بگیرد، آن وقت دیگر آن ساختمان چندان ترسناک نبود. همین طور که راه خود را در ازدحام جمعیت باز می‌کرد، این جمله را زیرلب تکرار می‌کرد، «این فقط نوعی بخت‌آزمایی است.»

پل ساموئلسون برای بار دوم طی چند دقیقه از خود می‌پرسید: «این بابا کیست؟» در دفتر خود در دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه ام‌آی‌تی نشسته بود. حدود سال ۱۹۵۵ بود. جلوی او پایان‌نامه‌ی دکترای ۵۰ سال قبل باز بود که فرانسوی‌ای آن را نوشته بود؛ ساموئلسون مطمئن بود اسم او را هرگز نشنیده است، باچلور، باچلر یا چیزی شبیه به آن‌ها [۳]. نگاه دوباره‌ای به صفحه‌ی اول این پایان‌نامه انداخت. لویی باشلیه. کسی به این اسم یادش نمی‌آمد[۴].

فارغ از ناشناس‌ماندن مؤلف، متنی که روی میز ساموئلسون باز بود، متنی شگفت بود. این‌جا ۵۵ سال قبل، باشلیه پایه‌های ریاضیات بازارهای مالی را گذاشته بود. اولین چیزی که به ذهن ساموئلسون می‌آمد آن بود که برای کار خودش در چند سال اخیر – کاری که قرار بود به پایان‌نامه‌ی یکی از دانشجویانش بدل شود – دیگر نباید ادعای اصالت می‌کرد. اما موضوع از آن هم فراتر می‌رفت. قبل از سال ۱۹۰۰، این آقای باشلیه ظاهراً به تنهایی روی بیش‌تر ریاضیاتی کار کرده بود که در ۱۹۵۵ ساموئلسون و دانشجویانش حالا داشتند برای اقتصاد آن‌ها را به کار می‌گرفتند – ریاضیاتی که ساموئلسون فکر می‌کرد در این اواخر توسط ریاضی‌دانانی بسط یافته که اسامی آنان را از بَر بود، چرا

که آنان با مفاهیمی شناخته می‌شدند که ظاهراً اختراع کرده بودند؛ مفاهیمی چون فرایندهای واینر[۱]، معادلات کولموگروف[۲]، و مارتینگل دُوب[۳]. ساموئلسون فکر می‌کرد این‌ها بدیع‌ترین موضوعات‌اند و حداکثر ۲۰ سال از عمرشان می‌گذرد. اما همه‌ی آن مطالب آن‌جا بودند؛ داخل پایان‌نامه‌ی باشلیه. چه طور شده بود که ساموئلسون هرگز این آدم را نشناخته بود؟

ساموئلسون فقط چند روز قبل به باشلیه علاقه‌مند شده بود؛ یعنی وقتی از دوستش لئونارد (جیمی) ساویج[۴] که آن زمان پرفسور آمار در دانشگاه شیکاگو بود، کارت پستالی دریافت کرد. ساویج تازه نوشتن کتاب درسی‌ای را در مورد احتمالات و آمار تمام کرده بود و در حاشیه‌ی آن به تاریخ نظریه‌ی احتمالات علاقه‌مند شده بود. وی سوراخ سمبه‌های کتابخانه‌ی دانشگاه را زیر و رو می‌کرد تا آثار اوایل قرن بیستم در زمینه‌ی احتمالات را پیدا کند؛ در این جستجو کتاب درسی‌ای مربوط به سال ۱۹۱۴ را یافت که تا آن زمان ندیده بود. ساویج وقتی این کتاب را ورق می‌زد، دریافت که غیر از کار پیشرو و بدیعی که درباره‌ی احتمالات شده، چند فصل از کتاب به موضوعی اختصاص یافته که مؤلف آن را «سفته‌بازی»[۵] نامیده؛ یعنی، عملاً کتاب نظریه‌ی احتمالات را برای توصیف سفته‌بازی بازار به کار گرفته بود. ساویج بدرستی اندیشید اگر با این اثر قبلاً آشنا نشده، دوستانش در سایر دانشکده‌های اقتصاد نیز این اثر را نباید بشناسند؛ بنابراین، او چند کارت پستال به آدرس استادان اقتصاد ارسال کرد و از آنان پرسید آیا باشلیه را می‌شناسند.

ساموئلسون هیچ‌وقت این نام را نشنیده بود. اما چون به مالی ریاضی علاقه‌مند بود، و فکر می‌کرد این رشته را پایه‌گذاری کرده است، می‌خواست بداند این مرد فرانسوی چه کارهایی کرده. کتابخانه‌ی دانشکده‌ی ریاضیات ام‌آی‌تی، به‌رغم کتاب‌های فراوانش، از این کتاب درسی شگفت سال ۱۹۱۴ نسخه‌ای نداشت. اما ساموئلسون کار دیگری از باشلیه یافت که کنجکاوی‌اش را تحریک کرد: پایان‌نامه‌ی باشلیه؛ کاری که تحت عنوان «نظریه‌ی سفته‌بازی» منتشر شده بود. آن را از کتابخانه گرفت و به دفتر خود آورد.

البته، باشلیه اولین کسی نبود که علاقه‌ی ریاضی نسبت به بازی تصادف پیدا کند. این افتخار به

---

۱. Weiner process
۲. Kolmogorov's equations
۳. Doob's martingles
۴. Leonard (Jimmie) Savage
۵. speculation

یک ایتالیایی دوره‌ی رنسانس یعنی جرولامو کاردانو[۱] متعلق است. کاردانو در آغاز قرن شانزدهم در میلان متولد شد و در مقام معتبرترین پزشک عصر خود، پاپ‌ها و شاهان مصرانه متقاضی دستورات پزشکی‌اش بودند[۵]. وی مؤلف صدها رساله در موضوعات مختلف از پزشکی گرفته تا ریاضیات و عرفان بود. اما عشق واقعی‌اش قمار بود. دائماً مشغول قمار با تاس، با کارت یا حتی شطرنج بود، تا آن‌جا که در شرح حال خود می‌نویسد سال‌ها کارش این بوده که هر روز قمار کند. قمار در قرون وسطی و در زمان رنسانس حول مفهوم مبهمی از نسبت‌های برد و باخت و پرداخت‌ها تعریف می‌شد که شبیه شرط‌بندی‌های مدرن روی اسب بود. شرکت شرط‌بندی روی اسب که داو[۲] را تعیین می‌کند، باید نسبت برد و باخت[۳] را به شکل ارقام جفت بیان کند؛ ارقامی مثل «۱۰ به ۱»یا «۳ به ۲» که محتمل‌بودن آن‌چه را که رویش شرط می‌بندید، بیان می‌کند («۱۰ به ۱» یعنی اگر ۱ دلار یا پوند شرط‌بندی کنید و برنده شوید، ۱۰ دلار یا پوند غیر از مبلغ داو خود می‌گیرید؛ اگر ببازید، ۱ دلار یا پوند را باخته‌اید.) اما این ارقام «۱۰ به۱» یا «۳ به ۲» را مأمور شرط‌بندی روی حس غریزی در مورد نتیجه‌ی شرط تعیین می‌کرد. کاردانو معتقد بود حداقل برای بازی‌های ساده‌تر، روش دقیق‌تری برای محاسبه‌ی نسبت برد و باخت باید وجود داشته باشد. متناسب با حال و هوای زمانه، می‌خواست ریاضیات را وارد موضوع مورد علاقه‌ی خود کند.

او در سال ۱۵۲۶، زمانی که هنوز بیست‌وچند سال داشت، کتابی نوشت که می‌توان محتوای آن را تلاش اولیه برای ارائه‌ی نظریه‌ی نظام‌مند احتمالات دانست [۶]. کانون توجه وی بازی با تاس بود. فکر اصلی آن بود که اگر کسی جفت تاس را بریزد، و احتمال این‌که یک روی تاس به زمین بنشیند، همان‌قدر باشد که روی دیگر، آن‌گاه می‌توان احتمال واقعی هر ترکیبی از تاس‌ها را، منطقاً با شمردن، محاسبه کرد. بنابراین برای مثال، احتمال ریاضی پنج آوردن با تاس، ۱ از ۶ است. (مربوط به شانس شرط‌بندی ۵ به ۱).

اما اگر دو تاس را بریزید، چه‌گونه به عدد ۱۰ می‌رسید. در کل ۳۶=۶×۶ ترکیب وجود خواهد داشت که از آن فقط ۳ مورد به عدد ۱۰ می‌رسد (مربوط به شانس شرط‌بندی ۳۳ به ۳). این روزها البته این محاسبات ساده به نظر می‌آید، و حتی در قرن شانزدهم، چنین نتیجه‌گیری‌ای جای

---

۱. Gerolamo Cardano
۲. bet
۳. odds

تعجب نداشت – هر کس که به قدر کافی قمار کرده بود، می‌توانست به گونه‌ای حسّی به عدد شانس شرط‌بندی برسد– اما کاردانو اولین کسی بود که برای آن‌چه همگان در مورد شرط‌بندی می‌دانستند، محاسبه‌ی ریاضی بدست داد.

کاردانو هرگز کتاب خود را چاپ نکرد – چه دلیلی داشت بهترین کتاب راهنمای خود را در اختیار دیگران قرار دهد؟ اما پس از مرگ وی، دست‌نوشته‌های او در میان سایر مدارکش پیدا شد و نهایتاً بیش از یک قرن بعد از نگارش در سال ۱۶۶۳، کتاب به چاپ رسید. البته تا آن زمان، دیگران مستقلاً نظریه‌ی احتمالات تمام‌وکمالی ارائه کرده بودند. معروف‌ترین این کتاب‌ها به سفارش قمارباز دیگری فراهم آمد: نویسنده‌ای فرانسوی که نام شوالیه دومره[۱] داشت (به این عنوان تظاهر می‌کرد، چرا که نجیب‌زاده نبود)[۷]. دومره به پرسش‌هایی چند علاقه‌مند بود که مهم‌ترین آن‌ها به استراتژی ریختن تاس معینی مربوط می‌شد که دوست داشت آن را بازی کند. در این بازی تاس چند بار پیاپی انداخته می‌شد. تاس‌باز روی نتایج کار شرط می‌بست. برای مثال، ممکن بود شرط ببندد که اگر تاس را چهار بار بریزد، حداقل یک بار روی ۶ خواهد آمد. درک کلی آن بود که این شرط‌بندی مساوی و عادلانه‌ای است که حاصل آن صرفاً به شانس بستگی دارد. اما دومره احساس می‌کرد اگر شرط بسته شود روی ۶ می‌آید؛ یعنی اگر در هر بار بازی، روی عدد ۶ شرط بسته شود؛ در طول زمان بیش از آن‌که بازنده باشد، برنده می‌شود. این پایه و اساس استراتژی قمار دومره بود، و همین استراتژی پول خوبی برایش به ارمغان آورده بود. در عین حال، دومره با استراتژی دومی هم بازی می‌کرد که معتقد بود مناسب است، اما باعث ناراحتی شده بود. این استراتژی آن بود که همیشه شرط ببندیم اگر دو تاس را ۲۴ بار بریزیم، دست کم یک بار جفت شش خواهد آمد. اما این استراتژی کار نمی‌کرد، و دومره می‌خواست علت را بداند.

دومره نویسنده‌ای بود که حضوری دائمی در سالن‌های (نمایشگاه‌های هنری) پاریس داشت؛ جلساتی که بین طبقه‌ی روشنفکر فرانسوی مد روز شده بود؛ چیزی بینابین میهمانی‌های کوکتل و کنفرانس‌های دانشگاهی. به این سالن‌ها از هر گروه فرهیخته‌ی پاریسی و از جمله ریاضی‌دانان رفت‌وآمد می‌کردند. از این‌رو، دومره از هر ریاضی‌دانی که در این نشست‌های اجتماعی حضور می‌یافت، در مورد مسئله‌ی خود سئوال می‌کرد. هیچ‌کس جواب درست و حسابی نمی‌داد و به

---

[۱] Chevalier de Méré

موضوع هم علاقه‌ای نشان نمی‌داد، تا این‌که دومره مسئله‌ی خود را با بلز پاسکال[۱] مطرح کرد. پاسکال از بچگی اعجوبه بود، و در کودکی با کشیدن تصویر، بخش عمده‌ی هندسه‌ی کلاسیک را یاد گرفته بود. هنوز نوجوان بود که در مهم‌ترین سالن پاریس که کشیشی یسوعی به نام مارین مرسن[۲] آن را اداره می‌کرد، حضور دائمی داشت. این‌جا بود که دومره و پاسکال یکدیگر را ملاقات کردند. پاسکال جواب را نمی‌دانست، اما شیفته‌ی موضوع شد. به‌خصوص، با دومره موافق بود که مسئله راه‌حل ریاضی دارد.

پاسکال کار روی چیستان دومره را شروع کرد. وی از ریاضی‌دان دیگری به نام پیر دو فرما[۳] کمک طلبید. فرما حقوقدان همه‌چیزدانی بود که چندین زبان راحت صحبت می‌کرد و یکی از توانمندترین دانشمندان زمان خود بود. وی ۴۰۰ مایل دورتر در جنوب پاریس یعنی در تولوز[۴] زندگی می‌کرد، و از این‌رو پاسکال او را مستقیم نمی‌شناخت، اما آشنایانش در سالن مرسن نشانی او را به پاسکال داده بودند. در طول سال ۱۶۵۴ طی چندین فقره نامه‌نگاری، پاسکال و فرما راه‌حل مسئله‌ی دومره را یافتند. ضمن این کار، این دو نفر نظریه‌ی جدید احتمالات را هم پایه‌ریزی کردند.

یکی از نتایج نامه‌نگاری پاسکال و فرما، محاسبه‌ی دقیق شانس بُرد تاس‌بازی از آن نوعی بود که برای دومره دردسرساز شده بود. (سیستم کاردانو هم این نوع محاسبات تاس را انجام داده بود، اما زمانی که دومره به این نوع مسائل علاقه‌مند شد، هیچ‌کس از آن محاسبات خبر نداشت.) آنان توانستند نشان دهند که استراتژی اول دومره صحیح بوده، چرا که شانس آمدن عدد ۶ در چهار بار ریختن تاس از ۵۰٪ کمی بالاتر است و به عدد ۵۱/۷۷۴۷٪ نزدیک می‌باشد. اما استراتژی دوم دومره چندان جذاب نبود، زیرا شانس پرتاب ۲۴ بار تاس و آمدن جفت ۶ فقط ۴۹/۱۴٪، یعنی کم‌تر از ۵۰ درصد، بود. این بدان معنا بود که احتمال باخت استراتژی دوم اندکی بیش از احتمال برد آن است، در حالی که شانس برد استراتژی اول اندکی بیش از احتمال باخت آن است. دومره از واردکردن نقطه‌نظر دو ریاضیدان در تصمیمات خود هیجان‌زده بود، و از آن زمان به بعد سفت‌وسخت به استراتژی اول خود چسبید.

---

۱. Blaise Pascal

۲. Marin Mersenne

۳. Pierre de Fermat

۴. Toulouse

تفسیر استدلال پاسکال و فرما، حداقل از نظر دومره، روشن بود. اما این ارقام واقعاً به چه معناست؟ بیش‌تر افراد درک حسّی خوبی از احتمال وقوع هر رویداد دارند، و البته سئوال فلسفی عمیقی در کنار آن مطرح است [۸]. فرض کنید بگوییم وقتی سکه را به هوا پرتاب می‌کنیم، ۵۰٪ شانس آن را دارد که روی «شیر» بیاید و معنای تقریبی آن این است که اگر بارها سکه را پرتاب کنیم، در نیمی از موارد، روی «شیر» بر زمین می‌نشیند. این البته به آن معنا نیست که دقیقاً در ۵۰ درصد موارد «شیر» می‌آید. اگر ۱۰۰ بار سکه‌ای را به هوا بیندازیم، ممکن است ۵۱ بار، ۷۵ بار، و یا حتی در تمام ۱۰۰ بار، روی «شیر» بر زمین نشیند. هر عددی برای «شیر» آوردن محتمل است. بنابراین، چرا دومره به محاسبات پاسکال و فرما توجه می‌کرد؟ آنان حتی ضمانت نمی‌کردند که استراتژی اول او موفق باشد؛ دومره می‌توانست بقیه‌ی عمر خود را روی این شرط ببندد که اگر کسی چهار بار پیاپی تاس بریزد، حتماً شش خواهد آورد، اما به‌رغم محاسبه‌ی احتمالات، یک‌بار هم برنده نشود. احتمال داشت چنین مسئله‌ای دور از واقع به نظر برسد، اما نظریه‌ی احتمالات (یا فیزیک) آن را رد نمی‌کرد.

پس، احتمالات، اگر هیچ چیزی را در مورد احتمال وقوع رویدادی تضمین نمی‌کند، به ما چه می‌گوید؟ اگر دومره به فکرش می‌رسید که چنین سئوالی را مطرح کند، برای دریافت پاسخ آن می‌بایست مدت‌ها صبر می‌کرد، یعنی تقریباً ۵۰ سال. اولین کسی که در مورد رابطه‌ی بین احتمالات و فراوانی رویدادها اندکی قبل از فوت خود در سال ۱۷۰۵ اندیشید، ریاضی‌دانی سوئیسی به نام ژاکوب برنولی[۱] بود. برنولی نشان داد وقتی احتمال «شیرآوردن» در انداختن سکه ۵۰٪ باشد، آن‌گاه احتمال این‌که در عمل درصد «شیر» آوردن غیر از ۵۰٪ باشد، با افزایش تعداد انداختن، کم‌تر و کم‌تر می‌شود.

اگر ۱۰۰ بار سکه را بالا بیندازیم، احتمال این‌که ۵۰٪ شیر بیاید، بسیار بیش‌تر از زمانی است که فقط دوبار سکه را بالا بیندازیم. اما، مسئله اندکی مشکوک به نظر می‌رسد، چون از انگاره‌های احتمالات استفاده می‌کنیم تا بگوییم احتمالات چه معنی دارد. اگر آن‌چه گفته شد باعث سردرگمی است، می‌توان اندکی موضوع را روشن کرد. برنولی این را نفهمیده بود (در واقع، تا قرن بیستم موضوع کاملاً روشن نشد)، اما می‌توان ثابت کرد که اگر شانس «شیر» آوردن در

---

[۱] Jacob Bernoulli

انداختن سکه ۵۰٪ باشد، و شما سکه را بی‌نهایت بار بالا بیندازید، آن‌گاه با اطمینان می‌شود گفت که قاعدتاً در نیمی از موارد، «شیر» می‌آورید. یا در مورد استراتژی دومره، اگر او بازی تاس خود را بی‌نهایت بار تکرار کند و هر بار روی عدد ۶ شرط ببندد، می‌توان به طور دقیق تضمین کرد که وی در ۵۱/۷۴۷۷٪ موارد برنده می‌شود. این نتیجه به قانون اعداد بزرگ معروف است[۹]. این قانون یکی از مهم‌ترین پشتوانه‌های تفسیر احتمالات است.

پاسکال خود هیچ‌وقت قمارباز نبود، اما از عجایب روزگار این‌که ریاضیات وی سهم بزرگی در این عرصه داشته است. غریب‌تر این‌که یکی از مشهورترین شرط‌بندی‌ها نام وی را یدک می‌کشد. در پایان سال ۱۶۵۴، تجربه‌ای درونی زندگی پاسکال را تغییر داد. او از کار روی ریاضیات دست کشید و خود را یکسره وقف یانسنیسم[۱] کرد؛ و این نهضت مسیحی بحث‌برانگیزی بود که در قرن هفدهم در فرانسه جایگاه برجسته‌ای یافت. وی تمام‌وقت خود را وقف نوشتن مطالب دینی کرد. آن‌چه را که امروزه شرط‌بندی پاسکال[۲] نامیده می‌شود، نخست در یادداشتی میان نوشته‌های مذهبی وی یافتند. وی استدلال می‌کرد که می‌توانید به این گزینش که خدا را قبول داشته باشید یا نه، به شکل نوعی شرط‌بندی نگاه کنید: خدای مسیحیت یا وجود دارد، یا وجود ندارد، و اعتقادات هر فردی به مثابه‌ی شرط‌بندی روی یکی از این دو مورد است. اما قبل از این‌که روی یکی از این دو شرط‌بندی کنید، باید بدانید که احتمال هر کدام چه‌قدر است، و چه اتفاقی می‌افتد اگر شرط را ببرید در مقابل این‌که ببازید. آن‌طور که پاسکال استدلال می‌کرد، اگر شرط ببندید که خدا وجود دارد و بر آن پایه زندگی کنید، و حق با شما باشد، برای ابد در بهشت زندگی خواهید کرد. اگر اشتباه کرده باشید، فقط می‌میرید و اتفاقی نمی‌افتد. به همین منوال است اگر علیه وجود خدا شرط ببندید و ببرید. اما اگر علیه خدا شرط ببندید و ببازید، به لعنت خدا در تباهی گرفتار می‌آیید. وقتی وی بدین‌ترتیب به این مسئله اندیشید، پاسکال بدین‌نتیجه رسید که تصمیم به باور خداوند آسان است. طرف باخت روی شرط الحاد بس ترسناک بود.

---

۱. Jansenism

۲. Pascal's Wager

با آن‌که مفتون شانس بود، لویی باشلیه در زندگی شخصی هرگز شانس نیاورد. آثار او بیانگر سهم عمده‌ی وی در فیزیک، مالی و ریاضیات بود، اما وی هرگز برای آثار خود از احترام دانشگاهی برخوردار نشد. هر وقت اندکی بخت و اقبال بر سر راهش قرار گرفت، در لحظه‌ی آخر از انگشتانش لغزید و بی‌نصیب ماند. در سال ۱۸۷۰ در لوهاور[۱]، بندری شلوغ در شمال‌غربی فرانسه، به دنیا آمد؛ لویی جوان دانش‌آموز بااستعدادی بود. در رشته‌ی ریاضی از دبیرستان فارغ‌التحصیل شد و بعد در اکتبر ۱۸۸۸ مدرک *baccalauréatès sciences* گرفت که معادل مدرک سطح A بریتانیا و برابر مدرک این روزهای AP[۲] در آمریکاست. سابقه‌ی آموزش وی آن‌قدر خوب بود که توانست به یکی از مدارس نخبگان[۳] برتر فرانسه، معادل Ivy League در بریتانیا، راه یابد؛ و این مدرسه در ردیف دانشگاه‌هایی است که حضور در آن‌ها شرط برخورداری از زندگی کارمندان دولت یا روشنفکران بود. خانواده‌ی لویی از طبقه‌ی متوسط و تاجر بود و کلی بستگان ادیب و هنرمند آماتور داشت. حضور در مدرسه‌ی نخبگان درهای زندگی روشنفکری و حرفه‌ای را بر وی می‌گشود؛ فرصتی که برای والدینش، یا پدرومادر بزرگش فراهم نشده بود.

اما قبل از این‌که باشلیه حتی درخواست ورود به دانشگاه بدهد، پدرومادرش فوت کردند. آن‌چه برای او باقی ماند مسئوولیت نگاهداری از خواهری بزرگ‌تر و مجرد و نیز برادری سه ساله بود. باشلیه تجارت شراب خانواده را اداره می‌کرد تا در سال ۱۸۹۱ به خدمت سربازی فراخوانده شد. تا یک‌سال بعد که از سربازی مرخص شد، نتوانست به درس و مطالعات خود برگردد. وقتی در سن بیست و چند سالگی به زندگی دانشگاهی بازگشت، خانواده‌ای نداشت که از او حمایت کند و بنابراین مسیرهای محدودی پیش روی او بود. دیگر برای مدرسه‌ی نخبگان پیر بود و بنابراین در دانشگاه پاریس نام‌نویسی کرد؛ گزینه‌ای که اعتبار آن بسیار کم‌تر از مدرسه‌ی نخبگان بود.

با این همه، بعضی از بااستعدادترین آدم‌ها در پاریس هیئت علمی دانشگاه را تشکیل می‌دادند. آن‌جا یکی از معدود دانشگاه‌های فرانسه بود که کادر علمی‌اش می‌توانستند، به جای آن‌که تمام وقت به تدریس بپردازند، وقت خود را صرف تحقیق کنند. شکی نیست که می‌شد در تالارهای

---

۱. Le Havre

۲. شرح درسی در سطح کالج دارد و به دانش‌آموزان دبیرستانی ارائه می‌شود. دانش‌آموزانی که نمره‌ی بالا می‌گیرند، می‌توانند در Advanced Placement یا AP برنامه‌ی درسی برخوردار شوند. برای این منظور، شورای آموزشی کالج باید برنامه‌ی درس دبیرستانی مربوطه را تأیید کند و مطمئن شود که آن برنامه با برنامه‌ی APدرس‌های خود از درجه‌ی مطابقت دارد [مترجم].APتحصیلی

۳. *grandes écoles*

سوربون از آموزش درجه‌ی یکی برخوردار شد. چیزی نگذشت که باشلیه جایگاهی نمایان در میان دانشجویان یافت. البته نمرات او در دانشگاه بهترین نمرات نبود، اما معدود دانشجویانی که از او سبقت گرفتند، همکلاسانی چون پل لانژوان[۱] و آلفرد- ماری لنار[۲]، امروزه، حداقل در میان ریاضی‌دانان، به اندازه‌ی باشلیه شهرت دارند. گروه خوبی بود و عضویت در آن اعتباری داشت. بعد از تکمیل دوره‌ی کارشناسی، باشلیه در دانشگاه پاریس باقی ماند تا دکترا بگیرد. کارهای او طرف توجه نخبگان دانشگاه در آن زمان قرار گرفت، و شروع به کار روی پایاننامه‌ی خود کرد- همانی که بعدها توسط ساموئلسون کشف شد. استاد راهنمایش هانری پوانکاره[۳] بود که شاید معروف‌ترین ریاضیدان و فیزیکدان عصر خود در فرانسه بود.

پوانکاره در مقام مربی باشلیه کمال مطلوب بود[۱۰]. او در هر حوزه‌ای از دانش که وارد شده بود، نقش عمده‌ای یافته بود: ریاضیات محض، ستاره‌شناسی، فیزیک و مهندسی. گرچه دوره‌ی کارشناسی را در یکی از مدارس نخبگان طی کرده بود، اما مثل باشلیه مدرک کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه پاریس تمام کرده بود. وی هم‌چنین به عنوان بازرس معدن تجربه‌ی کار خارج از دانشگاه داشت. در واقع، در بیش‌تر زندگی خود، به عنوان مهندس معدن حرفه‌ای کار کرده بود، و نهایتاً مهندس ارشد انجمن معادن فرانسه[۴] شد، و از این‌رو می‌توانست اهمیت کار روی ریاضیات کاربردی را حتی در رشته‌هایی چون مالی که آن زمان غیرمعمول بود، دریابد. بی‌شک باشلیه بدون نظارت فردی همه‌فن‌حریف و جهانی چون پوانکاره، محال بود بتواند پایان‌نامه‌ی خود را تکمیل کند. به علاوه، موفقیت گسترده‌ی پوانکاره از او چهره‌ای فرهنگی و سیاسی ساخته بود، و او بود که می‌توانست از پایاننامه‌ی دانشجویی حمایت کند که تحقیق‌اش در آن زمان بدشواری در چارچوب دانشگاه می‌گنجید.

و بدین‌ترتیب بود که باشلیه پایان‌نامه‌ی خود را نوشت و آن را در ۱۹۰۰ تمام کرد. فکر اصلی آن تحقیق این بود که نظریه‌ی احتمالات، یعنی آن حوزه‌ای از ریاضیات را که کاردانو، پاسکال و فرما در قرن‌های ۱۶ و ۱۷ ابداع کرده بودند، می‌شد برای رسیدن به درک بهتری از بازارهای مالی به کار

---

۱. Paul Langvin

۲. Alfred-Marie Liénard

۳. Henri Poincaré

۴. Corps de Mines

گرفت. به بیان دیگر، می‌شد بازار را به مثابه‌ی بازی عظیم شانس تصور کرد. البته، الان معمول است که بازارهای سرمایه را به کازینو تشبیه کنند، اما این به برکت اندیشه‌های باشلیه میسر شده است.

با هر معیار دانشگاهی که حساب کنیم، پایان‌نامه‌ی باشلیه موفقیتی عظیم بود، و به‌رغم آن‌چه بعد از آن رُخ داد، باشلیه از این واقعیت خبر داشت. اما کار او از نظر حرفه‌ای فاجعه بود. مُشکل مخاطبان این نوشته بودند. باشلیه پیشرو انقلابی بود که بعدها به‌وقوع پیوست– در واقع او رشته‌ی مالی ریاضی را اختراع کرده بود و در نتیجه هیچ‌کدام از معاصرانش در موقعیتی نبودند که بدرستی از کار او سردرآورند. به جای انجمن محققان همفکرش، باشلیه باید مورد ارزیابی ریاضی‌دانان و فیزیک‌دانان با گرایش ریاضی قرار می‌گرفت. حداقل در سال‌های بعد، این گروه می‌باید مشوق اثر باشلیه می‌شدند. اما در ۱۹۰۰، ریاضی‌دانان اروپا عمیقاً درون‌گرا شده بودند. احساس کلی ریاضی‌دانان آن بود که ریاضیات تازه دارد از بحرانی بیرون می‌آید که حول‌وحوش سال ۱۸۶۰ شکل گرفته بود. در طول این دوره، روشن شد که بسیاری از قضایای معروف اشتباهات متعدد دارد، و این امر ریاضی‌دانان را نگران کرده بود که مبانی علم‌شان در حال فروریختن است. ایشان در پی آن بودند. که روش‌های بسیار دقیق را شناسایی کنند تا مطمئن شوند مقالات جدیدی که به سوی نشریات دانشگاهی سرازیر می‌شود، خود چون قضایای ریاضی گذشته اشتباه‌آمیز نباشد. این جستجوی فراگیر به دنبال مبانی استوار و خدشه‌ناپذیر برای ریاضیات آن‌قدر فضا را آلوده کرد که از آن پس ریاضی‌دانانی که در زمینه‌ی اصلی ریاضیات تحقیق می‌کردند، ریاضیات کاربردی و حتی فیزیک ریاضی را به چشم حقارت می‌نگریستند. فکر ورود ریاضیات به عرصه‌های جدید، و از آن بدتر، خط‌گرفتن از مالی برای توسعه‌ی ریاضیات جدید، مکروه می‌نمود و براستی مایه‌ی هراس بود.

نفوذ پوانکاره برای هدایت باشلیه در گذراندن جلسه‌ی دفاع کفایت می‌کرد. حتی در آن شرایط پوانکاره نیز به این نتیجه رسید که پایان‌نامه‌ی باشلیه خارج از چارچوب اصلی ریاضیات فرانسه است و نمی‌تواند درجه‌ی عالی بگیرد[۱۱]. پایان‌نامه‌ی باشلیه با درجه‌ی خیلی خوب و نه درجه‌ی عالی پذیرفته شد. گزارش کارگروه استادان از جلسه‌ی دفاع را پوانکاره نوشت؛ این گزارش بیانگر قدردانی عمیق وی از پژوهش باشلیه در دو حوزه است: ریاضیات جدید به کار گرفته شده و مفاهیم ژرف مربوط به کارکرد بازارهای مالی. اما محال بود که به پایاننامه‌ی ریاضیاتی که با معیارهای آن روز به موضوع ریاضیات مربوط نمی‌شد، بالاترین نمره را بدهند. بدون نمره‌ی عالی پایان‌نامه، آینده‌ی باشلیه در مقام ریاضی‌دان حرفه‌ای تاریک و مبهم بود. با

توجه به حمایت پوانکاره، باشلیه در پاریس ماند. او با دریافت چند حق‌تحقیق ناچیز از دانشگاه پاریس و چند بنیاد مستقل، هزینه‌های اولیه‌ی زندگی خود را می‌پرداخت. در آغاز سال ۱۹۰۹، به باشلیه اجازه دادند در دانشگاه پاریس بدون دریافت دستمزد درس بدهد.

تغییر جهت ظالمانه‌تری در سال ۱۹۱۴ رخ داد. در اوایل این سال، شورای دانشگاه پاریس به رئیس دانشکده‌ی علوم اجازه داد به باشلیه شغل دائمی بدهد. بالاخره بعد از مدت‌ها، شغلی که همیشه آرزویش را داشت به سراغش آمده بود. اما قبل از این‌که مراحل اداری کار به پایان برسد، سرنوشت ضربه‌ی دیگری به باشلیه زد. در اوت آن سال، آلمان از مرز بلژیک گذشت و وارد فرانسه شد. در پاسخ به این اقدام، فرانسه آماده‌ی جنگ شد. در نهم سپتامبر، ریاضی‌دان چهل و چهار ساله‌ای که دور از چشم این و آن و بی‌بهره از توجه دیگران، در رشته‌ی مالی انقلابی به پا کرده بود، به خدمت سربازی در ارتش فرانسه گسیل شد.

تصور کنید نور خورشید از روزنه‌ای در اتاق غبار گرفته‌ی کوچکی واقع در زیر شیروانی به درون می‌تابد. اگر در مسیر مستقیم نور به آن چشم بدوزید، ذره‌های غبار بسیار ریز را در ستون نور رقصان خواهید یافت. به نظر می‌رسد که در فضا معلق‌اند. اگر با دقت به این ستون نگاه کنید، خواهید دید که گاه ذرات غبار ناگهان به حرکت در می‌آید و جهت خود را تغییر می‌دهند، بالا می‌روند و یا به همان ترتیب پایین می‌آیند. اگر با دقت تمام نگاه کنید، مثلاً از میکروسکوپ استفاده کنید، آن‌گاه می‌توانید ببینید که این ذرات دائماً در لرزش‌اند. این حرکت به ظاهر تصادفی، به قول شاعر رومی تیتوس لوکرتیوس[۱] [۱۲] (که ۶۰ سال قبل از میلاد می‌سرود) بیانگر آن است که بی‌گمان باید ذره‌های ریز نامرئی (که آن‌ها را «ریزه‌های آغازین»[۲] می‌نامید) وجود داشته باشند که از هر سو به ذرات خاک یورش برند و آن‌ها را نخست به این سو و بار دیگر به آن سو برانند.

دو هزار سال بعد، آلبرت اینشتاین با استدلالی مشابه از وجود اتم‌ها سخن به میان آورد. البته، او قدمی از لوکرتیوس فراتر رفت: او چارچوبی ریاضی تدوین کرد که بدقت مسیرهایی را توصیف می‌کرد که ذرات با تکان‌ها و جهش‌های حاصل از برخورد با ذره‌های کوچک‌تر می‌پیمایند. در

---

۱. Titus Lucretius

۲. primordial bits

طول شش سال بعد، فیزیک‌دان فرانسوی ژان باپتیست پِرَن[۱] روشی تجربی تدوین کرد که ذره‌های معلق در مایع را با دقت بسیار دنبال می‌کرد تا نشان دهد که آن ذرات در واقع همان مسیرهایی را شکل می‌دادند که در بررسی‌های اینشتاین توصیف شده بود. این آزمایش‌ها می‌توانست کسانی را که هنوز شک داشتند قانع کند که اتم‌ها در واقع وجود دارند. البته سهم لوکرتیوس در طرح این قضیه نادیده گرفته شد و از یاد رفت [۱۳].

مسیرهایی که اینشتاین به آن‌ها علاقه‌مند بود، نمونه‌هایی از حرکت براونی است که از نام گیاه‌شناس اسکاتلندی رابرت براون[۲] برگرفته شده است[۱۴]؛ وی در سال ۱۸۲۶ حرکت تصادفی دانه‌های گرده‌ی معلق در آب را دریافت. غالباً تلقی ریاضی حرکت براونی را «ولگشت»[۳] یا گاهی به صورت خودمانی «پرسه‌گردی مستانه» می‌نامند [۱۵].

تصور کنید فردی را که از میخانه‌ای بیرون می‌آید، و بطری سربازی در جیب پشت شلوارش دارد که مشروب قطره قطره از آن به زمین می‌چکد. چند قدمی پیش می‌رود و آن‌گاه به احتمال زیاد به این طرف یا آن طرف سکندری می‌خورد. خود را جمع‌وجور می‌کند، یک قدم دیگر برمی‌دارد، و دوباره تلوتلو می‌خورد. جهت لغزش این فرد، حداقل تا آن‌جا که به مقصد معینی مربوط است، بیش‌تر تصادفی است. اگر این فرد در مسیر برگشت به هتل خود (یا در هر جهت دیگری) به دفعات سکندری بخورد، مسیر مایعی که از جیب پشت او روی زمین می‌چکد، بسیار شبیه مسیر ذرات غبار شناور در نور خورشید خواهد بود.

در مجامع فیزیک یا شیمی، این اینشتاین است که برای تشریح ریاضی حرکت براونی اعتبار کسب می‌کند، چرا که مقاله‌ی سال ۱۹۰۵ او بود که توجه پرن را به خود جلب کرد[۱۶]. اما در واقع اینشتاین پنج سال دیر به موضوع رسید. باشلیه قبلاً در سال ۱۹۰۰ ریاضیات ولگشت را در پایان‌نامه‌ی خود توصیف کرده بود. برخلاف اینشتاین، باشلیه توجه زیادی به حرکت تصادفی ذرات غباری نداشت که با اتم‌ها تصادم می‌کردند. باشلیه به حرکت‌های تصادفی قیمت سهام علاقه‌مند بود.

حال تصور کنید که همان آدم مست به هتل بازگشته است. از آسانسور خارج می‌شود و با راهروی درازی مواجه می‌شود که در دو سمت چپ و راست او امتداد یافته. در یک سوی این

---

۱. Jean- Baptiste Perrin

۲. Robert Brown

۳. random walk گام تصادفی یا گشت تصادفی نیز نامند [مترجم]

کریدور اتاق شماره‌ی ۷۰۰ قرار گرفته، و در سوی دیگر آن اتاق ۷۹۹. او در وسط این راهروی طولانی ایستاده، و نمی‌داند که از کدام جهت به سمت اتاق خود برود. او به جلو و عقب تلوتلو می‌خورد، نیمی از زمان را به یک سمت راهرو می‌رود و نیم دیگر را صرف رفتن به سمت مقابل می‌کند. این‌جا به پرسشی برمی‌خوریم که نظریه‌ی ریاضی ولگشت پاسخ آن را به ما می‌دهد: فرض کنید با هر قدم فرد مست، ۵۰٪ احتمال این وجود دارد که او به سمت اتاق شماره‌ی ۷۰۰ در یک طرف این راهروی بلند گام بردارد، و ۵۰٪ هم شانس این وجود دارد که در طرف دیگر به سمت اتاق شماره‌ی ۷۹۹ قدم بردارد. احتمال این چه‌قدر است که بعد از مثلاً ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ گام، او جلوی اتاق مشخصی باشد؟

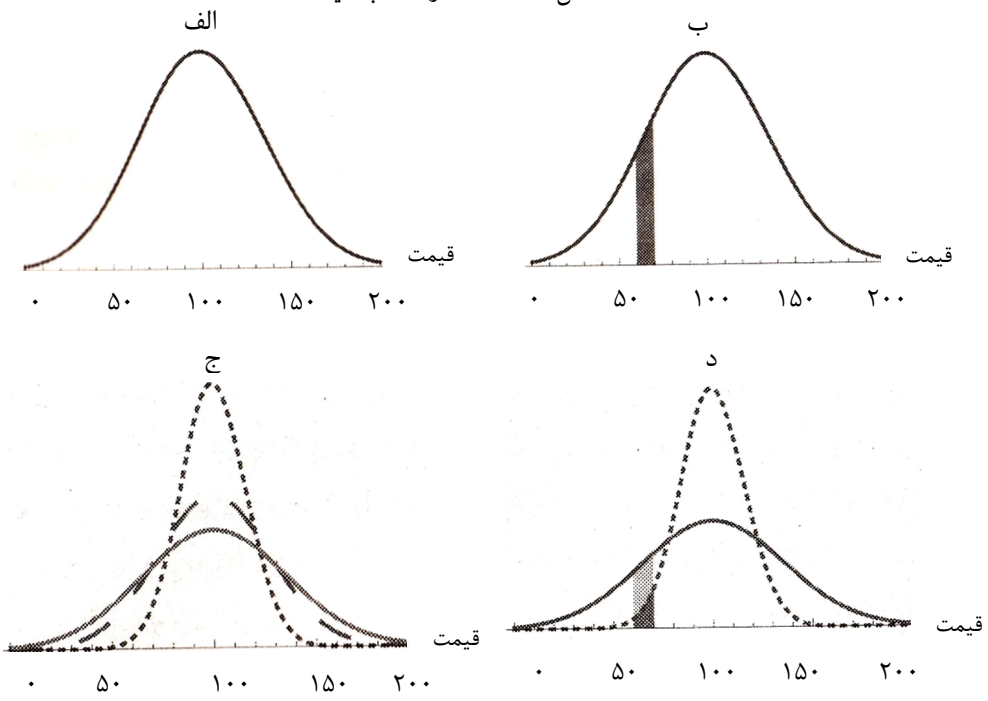
برای درک این‌که چه‌گونه این نوع ریاضیات می‌تواند به شناخت بازارهای مالی کمک کند، باید توجه کنید که قیمت سهام رفتاری همچون این آدم مست دارد. در هر لحظه، احتمال این وجود دارد که قیمت بالا برود و یا پایین بیاید. این دو احتمال خیلی شبیه سکندری‌خوردن آدم مست به سمت اتاق شماره‌ی ۷۰۰ یا به سمت اتاق ۷۹۹ در آن راهروی طولانی است. بنابراین، مسئله‌ای که ریاضیات می‌تواند پاسخ آن را ارائه کند، چنین است: اگر سهام از قیمت خاصی شروع کند، و از ولگشت یا گام تصادفی تبعیت کند، آن‌گاه احتمال این‌که قیمت بعد از زمان معینی به ارزش خاصی برسد، چه‌قدر است؟ به بیان دیگر، قیمت بعد از ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ تیک (تغییر کوچک) تلوتلوخوران جلوِ کدام اتاق می‌ایستد؟

این سؤالی است که باشلیه در پایان‌نامه‌ی خود به آن پاسخ داد. او نشان داد که اگر قیمت سهام از الگوی ولگشت تبعیت کند، احتمال این‌که بعد از مدت زمان معینی ارزش معینی به خود بگیرد، از منحنی‌ای که به توزیع نرمال یا منحنی زنگوله شکل معروف است، قابل‌استنتاج است[۱۷]. همان‌گونه که از نام آن برمی‌آید، این منحنی به شکل زنگوله است، و قسمت بالای آن جمع شده و در پایین پهن می‌شود. بالاترین نقطه‌ی منحنی نقطه‌ی شروع قیمت است و معنای آن این است که محتمل‌ترین سناریو آن است که قیمت جایی نزدیک به قیمت آغازین قرار بگیرد. دورتر از این قله‌ی میانی، منحنی به سرعت پایین می‌افتد، یعنی تغییرات عمده احتمال کم‌تری دارند. وقتی قیمت سهم گام‌های بیشتری روی مسیر ولگشت برمی‌دارد، منحنی دائماً پهن‌تر می‌شود و به طور کلی دیگر آن‌قدر بلند نیست، و این بدان معناست که در طول زمان، احتمال این‌که قیمت از ارزش اولیه فاصله بگیرد، افزایش می‌یابد. در این‌جا تصویر می‌تواند به روشن‌کردن موضوع کمک کند، پس

نگاهی به شکل ۱ بیندازید.

اندیشیدن به حرکات سهام برحسب ولگشت بسیار جدید است، و در واقع نگاه باشلیه به بازار به این صورت بی‌سابقه بوده است [۱۸]. این فکر از نظر خیلی‌ها چیز عجیب‌و غریبی بود (و این توضیح می‌دهد که چرا دیگران به آن نپرداختند). شما ممکن است بگویید بله بی‌شک من به ریاضیات ایمان دارم. اگر قیمت سهام تصادفی حرکت کند، آن وقت نظریه‌ی ولگشت درست و مناسب است. اما چرا باید اصلاً فرض کنید بازارها تصادفی حرکت می‌کنند؟ قیمت‌ها با خبر خوب بالا می‌رود؛ باخبر بد پایین می‌آید. چیزی تصادفی در این میان وجود ندارد. فرض پایه‌ی باشلیه که احتمال حرکت به بالای قیمت در زمان معین همواره مساوی احتمال حرکت به پایین قیمت است، حرف مُفت است.

شکل ۱. احتمال در مُدل باشلیه



باشلیه دریافت که اگر قیمت سهام از الگوی ولگشت تبعیت کند، احتمال این‌که قیمت، در زمانی در آینده ارزش معینی پیدا کند، از منحنی‌ای که به آن توزیع نرمال گویند، قابل محاسبه است. این نمودارها نشان می‌دهد که آن چه گفته شد برای سهامی ۱۰۰ دلاری چه‌گونه کار می‌کند. تصویر الف نمونه‌ای از توزیع نرمال است که قیمت را برای زمانی در آینده، مثلاً ۵ سال بعد، برآورد می‌کند. احتمال این‌که ظرف ۵ سال، قیمت سهام جایی در دامنه‌ی معین باشد، با مساحت سطح زیرمنحنی تعیین می‌شود؛ به عنوان مثال، مساحت ناحیه‌ی سایه‌دار در نمودار ب بیانگر احتمال قیمت سهم بین ۶۰ و

۷۰ دلار در ظرف ۵ سال است. شکل منحنی به این بستگی دارد که برای چه مدت در آینده می‌خواهید پیش‌بینی کنید. در تصویر ج، منحنی خط‌چین پیش‌بینی را برای یک سال نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با طولانی‌شدن زمان، منحنی کوتاه‌تر و پهن‌تر می‌شود. این بدان معناست که احتمال این‌که سهم، قیمتی متفاوت با ۱۰۰ دلار اولیه داشته باشد، آن‌گونه که در تصویر د مشاهده می‌شود، با طولانی‌شدن زمان بیش‌تر می‌شود. توجه شود که در منحنی د، احتمال قیمت سهام بین ۶۰ و ۷۰ دلار در پنج سال به مراتب بزرگ‌تر از منطقه‌ی سایه‌دار زیر منحنی خط‌چین یک‌ساله است.

باشلیه این اندیشه را بعدها رها نکرد. او که از نزدیک با کارکرد بورس پاریس آشنا بود، می‌دانست که اطلاعات چه تأثیر نمایانی بر قیمت‌های اوراق بهادار دارد؛ و اگر در لحظه‌ای از زمان به عقب نگاه کنیم، به آسانی می‌توانیم خبرهای خوب و بد را بیابیم و و از آن‌ها برای تفسیر نوسانات بازار بهره بگیریم. اما، باشلیه علاقه‌مند بود از احتمالات قیمت‌های *آتی* سردرآورد؛ آن‌جاست که شما نمی‌دانید کدام خبر خوب و کدام بد است. بعضی اخبار آینده را می‌توان به اتکای آنچه شناخته شده است، پیش‌بینی کرد. هرچه باشد، قماربازان در تعیین نسبت برد و باخت در چیزهایی مثل رویدادهای ورزشی و انتخابات سیاسی موفق‌اند- این کار را می‌توان پیش‌بینی احتمالِ نتایجِ خروجیِ مختلف در این رویدادهای شانس تلقی کرد. اما چگونه این پیش‌بینی خود را در رفتار بازار نشان می‌دهد؟ باشلیه استدلال می‌کرد که هر رویداد قابل پیش‌بینی قبلاً در قیمت جاری سهم یا قرضه انعکاس یافته است. به بیان دیگر، اگر شما دلایلی در اختیار دارید که اتفاقی در آینده می‌افتد که نهایتاً قیمت سهم مایکروسافت را بالا می‌برد- مثلاً این‌که مایکروسافت نوعی کامپیوتر جدید اختراع می‌کند یا در دعوایی مهم از دادگاه رأی مثبت به نفع خود می‌گیرد- آن‌گاه علاقه‌مند می‌شوید در قیاس با کسانی که به این اطلاعات دسترسی ندارند، برای سهم مایکروسافت رقم بالاتری بپردازید، چرا که دلایلی برای افزایش قیمت مایکروسافت در اختیار دارید. اطلاعاتی که رویدادهای مثبت *آتی* را محتمل می‌داند، قیمت‌های *جاری* سهام را بالا می‌برد؛ اطلاعاتی که رویدادهای منفی *آتی* را محتمل می‌داند، قیمت‌های *جاری* سهام را پایین می‌آورد.

باشلیه نتیجه گرفت که اگر این استدلال درست باشد، آن‌گاه قیمت‌های سهام باید تصادفی باشند. بیایید ببینیم چه اتفاقی می‌افتد وقتی معامله‌ای به قیمت معینی انجام می‌شود. این‌جا کار بازار شروع می‌شود. معامله یعنی دو طرف – یکی خریدار و یکی فروشنده – توانسته‌اند روی قیمت توافق کنند. هم خریدار و هم فروشنده اطلاعات موجود را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که سهم چه ارزشی دارد، اما با این تذکر که خریدار، حداقل با استدلال باشلیه، سهم را به این قیمت می‌خرد، چون فکر می‌کند که قیمت در آینده احتمال رشد دارد. اما فروشنده سهم را به آن قیمت می‌فروشد، چون فکر می‌کند احتمال کاهش قیمت پیش‌تر است. اگر این استدلال را یک قدم جلو

ببریم، و بگوییم بازاری داریم که در آن سرمایه‌گذاران آگاه بسیاری حضور دارند و این سرمایه‌گذاران پیوسته روی قیمت معاملات توافق می‌کنند، آن‌گاه قیمت جاری سهم باید قیمتی تفسیر شود که همه‌ی اطلاعات ممکن را در خود جمع کرده است. این قیمتی است که در آن تعداد افراد مطلع که معتقدند قیمت بالا خواهد رفت به تعداد افرادی است که معتقدند قیمت پایین خواهد رفت. به بیان دیگر، در هر زمان، قیمت جاری آن قیمتی است که در آن همه‌ی اطلاعات موجود حاکی از آن است که احتمال حرکت به بالای قیمت سهام و احتمال حرکت به پایین آن هر دو ۵۰٪ است. اگر بازارها به شکلی کار کنند که باشلیه مطرح می‌کرد، آن‌گاه نظریه‌ی ولگشت احمقانه نیست. برعکس، جزء ضروری کارکرد بازار است.

این شیوه‌ی نگاه به بازار را اکنون فرضیه‌ی بازار کارا می‌نامند. اندیشه‌ی اصلی آن است که قیمت‌ها همواره بیانگر ارزش صحیح چیزهای موردمعامله است، چرا که در آن‌ها همه‌ی اطلاعات موجود بازتاب یافته است. باشلیه اولین کسی بود که به این موضوع اشاره کرد، اما مثل بسیاری از سایر افکار عمیق او در مورد بازارهای مالی، خوانندگان او کم‌تر به اهمیت آن پی بردند. فرضیه‌ی بازار کارا بعدها در سال ۱۹۶۵ توسط اقتصاددان دانشگاه شیکاگو یوجین فاما[۱] با سروصدای بسیار دوباره کشف شد [۱۹].

البته، این روزها این فرضیه بسیار بحث‌انگیز شده است. بعضی اقتصاددانان، بویژه افراد معروف به مکتب شیکاگو، به این فرضیه به مثابه‌ی فرضیه‌ای اساسی و واقعیتی انکارناپذیر چسبیده‌اند. اما لازم نیست خیلی عمیق فکر کنیم تا دریابیم که این فرضیه مورد تردید است. مثلاً یکی از نتایج این فرضیه آن است که حباب‌های سفته‌بازانه محال است به وجود آید، چرا که حباب تنها زمانی رخ می‌دهد که قیمت بازار فلان چیز از ارزش واقعی آن چیز فاصله بگیرد. هر کس که اوج و حضیض سهام‌های دات‌کام[۲] در اواخر دهه‌ی ۹۰ و اوایل هزاره‌ی سوم را به خاطر داشته باشد، یا هر کس که بعد از سال ۲۰۰۶ کوشیده باشد در امریکا خانه‌ای بفروشد، می‌داند که قیمت‌ها آن‌گونه منطقی رفتار نمی‌کنند که مکتب شیکاگو از ما می‌خواهد باور کنیم. در واقع، بیش‌تر معامله‌گران هر روزه‌ی بورس‌ها که من با آنان صحبت کرده‌ام، این فرضیه را خنده‌دار می‌دانند. اما حتی اگر

---

۱. Eugene Fama

۲. dot.com

بازارها کارا نباشند، که در واقع هم نیستند، و حتی اگر در پاره‌ای از زمان‌ها قیمت‌ها از ارزش کالای مورد معامله فاصله گیرند، که بی‌شک فاصله می‌گیرند، فرضیه‌ی کارایی بازار برای هر کسی که می‌خواهد سردرآورد بازارها چگونه کار می‌کنند، نقطه‌ی شروع مناسبی است. این فرض و آرمان جالبی است. آن را با درس فیزیک دبیرستان قیاس کنید؛ مگر نه این که با فیزیک وارد دنیایی شروع می‌شویم که اصطکاک و ثقل و جاذبه در آن نیست. می‌دانیم که چنین دنیایی وجود ندارد. اما، چند فرض ساده‌کننده می‌تواند راه‌حل طولانی مسئله‌ای غامض را کوتاه کند. وقتی با این مفروضات، مسئله‌ی ساده‌شده حل می‌شود، آن‌گاه فرصت آن است که بپرسیم چه صدماتی از رهگذر این مفروضات ساده‌کننده وارد شده است. اگر بخواهیم دریابیم چه اتفاقی می‌افتد وقتی در پیست یخ دو گوی هاکی به هم برخورد می‌کنند، فرض این‌که اصطکاک وجود ندارد، خیلی هم مشکل‌آفرین نیست. اما برعکس، اگر در افتادن از روی دوچرخه فرض کنیم اصطکاک وجود ندارد، خود را زخم و زیلی می‌کنیم. در مدل‌سازی بازارهای مالی هم وضعیت به همین منوال است: باشلیه با فرض چیزی شبیه فرضیه‌ی بازار کارا *شروع* می‌کند، و پیشرفت خالق‌العاده‌ای می‌کند. قدم بعدی که باشلیه برعهده‌ی نسل بعدی آدم‌هایی گذاشت که تلاش می‌کنند مالی را بفهمند، آن است که دریابند چه زمان فرض کارایی بازار شکست می‌خورد، و آن‌گاه راه‌های تازه‌ای برای شناخت بازار پیدا کنند.

ظاهراً ساموئلسون تنها دریافت‌کننده‌ی کارت پستال آقای ساویج بود که حوصله کرد برود و موضوع باشلیه را دنبال کند. اما او آن‌قدر تحت تأثیر قرار گرفته بود، و نیز آن‌قدر هم نفوذ داشت، که یافته‌های خود را اشاعه دهد. نوشته‌های باشلیه درباره‌ی سفته‌بازی به متن درسی اجباری دانشجویان ساموئلسون در ام‌ای‌تی بدل شد، و آنان نیز به نوبه‌ی خود نام باشلیه را در اقصی نقاط جهان پرآوازه کردند. نام باشلیه در سال ۱۹۶۴ رسماً در زمره‌ی بزرگان آمد، آن‌گاه که یکی از همکاران ساموئلسون به نام پل کوتنر[۱] ترجمه‌ی انگلیسی پایان‌نامه‌ی باشلیه را به عنوان مقاله‌ی اول در کتاب مجموعه مقالات *ماهیت تصادفی قیمت‌های بازار سهام* درج کرد [۲۰]. تا زمان انتشار مجموعه‌ی مقالات کوتنر، دیگران نیز مستقلاً فرضیه‌ی ولگشت را مطرح کردند و آن را توسعه دادند. اما، کوتنر در انتساب و اعطای اعتبار آن نظریه به باشلیه هیچ ابهام و تردیدی نداشت. در بیان

---

۱. Paul Cootner

کوتنر، «کار باشلیه آن‌قدر برجسته است که می‌توان گفت لحظه‌ی پرشکوه مطالعه‌ی قیمت‌های سفته‌بازانه درست همان لحظه‌ای است که مفهوم آن درک می‌شود» [۲۱].

از بسیاری نظرها، ساموئلسون فردی ایده‌آل برای کشف باشلیه و اشاعه‌ی مؤثر نظریات او بود. ساموئلسون بی‌شک یکی از پرنفوذترین اقتصاددانان قرن بیستم بود. وی در سال ۱۹۷۰ دومین جایزه‌ی نوبل اقتصاد را از آن خود کرد. کمیسیون نوبل این جایزه را به خاطر، «ارتقای سطح تحلیل در علم اقتصاد، و تبدیل اقتصاد به دانشی ریاضی،» به وی اعطا کرد. در واقع، گرچه وی در مقطع کارشناسی در دانشگاه شیکاگو و در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه هاروارد اقتصاد خوانده بود، اما عمیقاً تحت‌تأثیر فیزیکدان ریاضی و آماری به نام ای بی ویلسون[۱] بود [۲۲]. ساموئلسون وقتی هنوز دانشجوی کارشناسی ارشد بود، ویلسون را ملاقات کرد. در آن هنگام، ویلسون استاد آمار حیاتی در دانشکده‌ی بهداشت عمومی هاروارد بود؛ البته او بیست سال آغازین فعالیت خود را در مقام فیزیکدان و مهندس در ام‌آی‌تی کار کرده بود. ویلسون خود آخرین دانشجوی جی دبلیو گیبس[۲] بود؛ کسی که اولین دانشمند بزرگ فیزیک ریاضی آمریکاست و در واقع اولین دریافت‌کننده‌ی امریکایی درجه‌ی دکترای مهندسی در سال ۱۸۶۳ از دانشگاه ییل بود. شهرت اصلی گیبس به نقشی برمی‌گردد که او در پایه‌گذاری ترمودینامیک و مکانیک آماری ایفا کرد[۲۳]؛ رشته‌هایی که رفتار اشیای معمولی از قبیل طشت آب و موتورهای خودرو را برحسب اجزای بسیار کوچک آن‌ها توضیح می‌دهند.

از طریق ویلسون، ساموئلسون به یکی از مریدان سُنَتِ گیبس بدل شد. پایان‌نامه‌ی وی که در سال ۱۹۴۰ نوشته شده، تلاشی بود تا اقتصاد به زبان ریاضیات بازنویسی شود. وی از بسیاری مفاهیم گیبس در مورد ترمودینامیک آماری یاری گرفت. یکی از اهداف اصلی ترمودینامیک آن است که نشان دهد چگونه از رفتار ذرات، یعنی کوچک‌ترین اجزای اجسام معمولی، می‌توان در مورد اشیای بزرگ‌تر به جمع‌بندی رسید. یکی از مهم‌ترین وجوه چنین تحلیلی آن است که معلوم شود متغیرهایی چون حرارت یا فشار که در رابطه با تک‌تک ذرات معنا و مفهومی ندارند، چگونه بر رفتار جمعی ذرات تأثیر می‌گذارند. ساموئلسون نتیجه گرفت که به اقتصاد نیز کم‌وبیش به همین

---

۱. E.B.Wilson

۲. J.W.Gibbs

شکل می‌توان نگاه کرد: اقتصاد از افرادی شکل گرفته که تصمیمات اقتصادی رایج را می‌گیرند. ترفند کارساز در شناسایی و فهم اقتصاد بزرگ‌مقیاس یا اقتصاد کلان آن است که متغیرهایی را شناسایی کنیم، مثلاً متغیر نرخ تورم، که اقتصاد را در کل شکل می‌دهند، و آن‌گاه رابطه‌ی این متغیرها را با اشخاص – که اقتصاد را می‌سازند – تعیین کنیم. در سال ۱۹۴۷، ساموئلسون کتابی با عنوان *مبانی تحلیل اقتصادی* منتشر کرد که بر پایان‌نامه‌ی او استوار بود[۲۴].

کتاب ساموئلسون به معنایی بسیار فراتر از نوشته‌ی باشلیه پیشگامانه بود. وقتی باشلیه دانشجو بود، اقتصاد هنوز رشته‌ی علمی حرفه‌ای نشده بود. در قرن نوزدهم، اقتصاد هنوز رشته‌ی فرعی از فلسفه‌ی سیاسی تلقی می‌شد. اعداد تا سال ۱۸۸۰ نقش کمی در اقتصاد داشتند و حتی در آن زمان اعداد از آن‌رو وارد اقتصاد شدند که پاره‌ای فیلسوفان علاقه‌مند بودند اقتصادهای دنیا را اندازه بگیرند تا بهتر آن‌ها را مقایسه کنند.

وقتی باشلیه پایان‌نامه‌ی خود را نوشت، اساساً هیچ حوزه‌ای از اقتصاد نبود که بتوان در آن انقلاب کرد و چند اقتصاددانی که وجود داشتند، هیچ‌کدام عملاً نمی‌توانستند ریاضیاتی را که باشلیه به کار می‌گرفت درک کنند.

طی چهل سال بعدی، اقتصاد رشد کرد و به موقعیت علمی رسید [۲۵]. تلاش‌های آغازین برای اندازه‌گیری کمیت‌های اقتصادی راه بر ابزارهای پیچیده‌تری گشود که کمیت‌های اقتصادی مختلف را به یکدیگر پیوند می‌زدند؛ بخش عمده‌ای از این تحولات مدیون ایروینگ فیشر[۱] بود که نخستین اقتصاددان امریکایی و دانشجوی دیگر گیبس در ییل به شمار می‌رفت [۲۶]. در دهه‌های آغازین قرن بیستم، تحقیقات اقتصادی پراکنده‌ای صورت می‌پذیرفت. البته، دولت‌های اروپایی با افزایش نیازها طی جنگ جهانی اول که باعث شد دولت‌ها سیاست‌های مشخصی را برای افزایش تولید قانونی کنند، از تحقیقات اقتصادی حمایت‌هایی کردند. اما، با وقوع بحران بزرگ در اوایل دهه‌ی ۱۹۳۰ بود که این رشته جانی گرفت. رهبران سیاسی در سرتاسر اروپا و ایالات متحد به این اعتقاد رسیدند که اتفاق ناگواری در اقتصاد جهانی رخ داده و به دنبال نظر کارشناسان بودند که اوضاع را سروسامان دهند. یک‌باره، بودجه‌ی تحقیقات اقتصادی چند برابر شد و درون دولت‌ها و در دانشگاه‌ها مشاغل اقتصادی جدیدی پدید آمد. ساموئلسون در اوج این موج جدید علاقه‌مندی به اقتصاد وارد دانشگاه

---

۱. Irving Fisher

هاروارد شد. وقتی کتابش چاپ شد، تعداد قابل‌ملاحظه‌ای از پژوهشگران وجود داشتند که حداقل تا حدی اهمیت این رشته را درک کنند. کتاب ساموئلسون و کتاب درسی بعدی وی که از زمان انتشار تا امروز پرفروش‌ترین کتاب اقتصادی تاریخ بوده است، به دیگران کمک کرد تا آن چیزی را دریابند که باشلیه تقریباً نیم قرن قبل ارائه کرده بود.

به بیان امروزی، باشلیه در پایان‌نامه‌ی خود مدلی در مورد نحوه‌ی تغییر قیمت‌های بازار در طول زمان عرضه کرده بود؛ یعنی همان چیزی که ما امروز آن را مدل ولگشت می‌نامیم. با کارهای فیزیکدان دیگری به نام یان تینبرگن[۱]، که به اقتصاد گراییده بود (ساموئلسون دومین برنده‌ی جایزه‌ی نوبل در اقتصاد و تینبرگن اولین بود)، واژه‌ی *مدل* طی دهه‌ی ۱۹۳۰ سر از کتاب‌های اقتصاد درآورد [۲۷]. آن اصطلاح قبلاً در فیزیک مورد استفاده قرار گرفته بود، و به چیزی گفته می‌شد که یک پله از نظریه‌ی کامل فیزیک پایین‌تر باشد. آن‌گونه که معمولاً در فیزیک انگاشته می‌شود، نظریه تلاشی است برای توصیف کامل و دقیق خصوصیات جهان. اما مدل، تصویری ساده‌شده از نحوه‌ی کار فرایند یا نظامی فیزیکی است. تینبرگن به همین سیاق از اصطلاح مدل در اقتصاد استفاده کرد، هر چند که مدل‌های او به طور خاص به پیش‌بینی رابطه‌ی بین متغیرهای اقتصادی می‌پرداخت؛ مثلاً به رابطه بین نرخ بهره و تورم یا به رابطه میان دستمزدهای مختلف در شرکتی خاص و بهره‌وری کلی در آن شرکت. تینبرگن معتقد بود هر شرکت که در آن درآمد کارکنانِ کلان‌حقوقِ آن بیش از پنج برابر درآمد کارکنانِ کم‌حقوق آن باشد، با کاهش بهره‌وری روبرو خواهد شد؛ قاعده‌ی سرانگشتی معروفی که این روزها دیگر فراموش شده است. برخلاف فیزیک که در آن معمولاً با نظریه‌های تمام عیار کار می‌کنند، اقتصاددانان ریاضی تقریباً منحصراً با مدل‌ها سروکار دارند [۲۸].

تا زمان انتشار کتاب کوتنر در سال ۱۹۶۴، این اندیشه که قیمت‌های بازار از ولگشت تبعیت می‌کنند، فراگیر شد، و اقتصاددانان بسیاری می‌دانستند که باشلیه عرضه‌کننده‌ی این فکر است. اما مدل ولگشت بحث اصلی پایان‌نامه‌ی باشلیه نبود. او به ولگشت به عنوان پیش‌زمینه‌ی کار در جهت هدف اصلی، یعنی توسعه‌ی مُدلی برای قیمت‌گذاری اختیار معامله[۲]، فکر می‌کرد. اختیار معامله نوعی اوراق مشتقه است که به افراد دارنده‌ی آن حق خرید (و گاهی فروش) اوراق بهاداری چون

---

۱. Jan Tinbergen

۲. option

سهام یا قرضه را به قیمت از قبل تعیین‌شده (که به آن قیمتِ اعمال[۱] می‌گویند) در زمانی در آینده (تاریخ انقضا)[۲] می‌دهد. شما وقتی اختیار معامله می‌خرید، دارایی مبنا[۳] را مستقیماً نمی‌خرید. این حق را می‌خرید که سهام را در تاریخ معینی در آینده معامله کنید، آن هم به قیمتی که امروز در مورد آن توافق می‌کنید. بنابراین، قیمت اختیار معامله باید با ارزش حق‌خرید چیزی در زمانی در آینده مطابقت داشته باشد.

حتی در سال ۱۹۰۰، برای علاقه‌مندان به معامله روشن بود که ارزش اختیار معامله به ارزش اوراق بهادار مبنا و نیز به ارزش اعمال آن مرتبط است. اگر سهم گوگل به ۱۰۰ دلار معامله می‌شود، و من قراردادی دارم که به من اجازه می‌دهد سهم را به ۱۵۰ دلار بخرم، آن اختیار معامله برای من فایده‌ای ندارد – مگر این‌که قیمت سهم گوگل جهش کند و به بالاتر از ۱۵۰ دلار برسد. اما، تعیین دقیق این رابطه معمایی بود. ارزش حق انجام کاری در آینده، امروز چه‌قدر است؟

پاسخ باشلیه بر اندیشه‌ی شرط عادلانه استوار بود. در نظریه‌ی احتمالات، شرط آن‌گاه عادلانه است که متوسط درآمد برای دو طرف آن شرط رقم صفر باشد. این یعنی به طور میانگین و در طی شرط‌بندی‌های بسیار، هر دو طرف شرط سربه‌سر شوند. اما شرط ناعادلانه زمانی است که یک بازیگر در بلندمدت انتظار می‌رود زیان کند. باشلیه می‌گفت اختیار معامله خود نوعی شرط‌بندی است. کسی که اختیار معامله را می‌فروشد شرط می‌بندد که در طول فاصله‌ی زمانی بین معامله‌ی اختیار و زمان انقضای آن، قیمت اوراق بهادار مبنا به زیر قیمتِ اعمال برسد. اگر این وضع بوقوع بپیوندد، فروشنده شرط را می‌برد، یعنی روی اختیار معامله سود می‌کند. در مقابل، خریدار اختیار معامله شرط می‌بندد که در زمانی قیمت اوراق بهادار مبنا از قیمتِ اعمال اختیار آن فراتر رود، که در آن صورت با اعمال اختیار معامله و بلافاصله فروش اوراق بهادار مبنا، *خریدار* سود می‌کند. پس، قیمت اختیار معامله چه باید باشد؟ باشلیه نتیجه گرفت که قیمت عادلانه‌ی اختیار معامله آن قیمتی است که این شرط‌بندی را عادلانه می‌کند.

در کل، برای تعیین عادلانه‌بودن شرط شما باید احتمال هر رویداد معین را بدانید، و باید بدانید که با

---

۱. striking price

۲. expiration date

۳. underlying asset

وقوع هر رویداد، چه‌قدر سود یا زیان می‌کنید. بحث دوم یعنی محاسبه‌ی میزان سود یا زیان کار آسانی است، چرا که فقط به تفاوت بین قیمتِ اعمال اختیار معامله و قیمت بازار اوراق بهادار مبنا برمی‌گردد. اما برای محاسبه‌ی اول نیز باشلیه راه‌حل داشت: با در اختیار بودن مُدل ولگشت، باشلیه می‌دانست چگونه این احتمال را که قیمت سهمی خاص در چارچوب زمانی معین از قیمتِ اعمال بالاتر می‌رفت (یا نمی‌توانست بالاتر برود) محاسبه کند. با روی هم گذاشتن این دو مجموعه اعداد، باشلیه نشان داد چگونه می‌توان قیمت عادلانه‌ی اختیار معامله را محاسبه کرد. مشکل حل شد.

در این‌جا باید بر نکته‌ای مهم تأکید کنیم. غالباً می‌شنویم که می‌گویند بازارها پیش‌بینی‌ناپذیرند چون تصادفی‌اند. به یک معنی این گفته صحیح است و باشلیه آن را می‌دانست. مُدل ولگشت باشلیه می‌گوید شما نمی‌توانید پیش‌بینی کنید که قیمت سهمی بالا می‌رود یا پایین می‌آید، و یا سبد سهام شما به سود می‌رسد یا نمی‌رسد. اما به معنایی دیگر پاره‌ای از ویژگی‌های بازارها پیش‌بینی‌پذیرند، دقیقاً بدین علت که تصادفی‌اند. درست به این دلیل که بازارها تصادفی‌اند شما می‌توانید از مُدل باشلیه برای پیش‌بینی‌های احتمالاتی استفاده کنید، و چون قانون اعداد بزرگ – کشف ریاضی برنولی– احتمالات را به بسامد[1] پیوند می‌زند، اطلاعاتی به دست می‌آورید که چگونه بازارها در بلندمدت رفتار خواهند کرد. این نوع از پیش‌بینی برای کسی که عملاً در بازارها سفته‌بازی می‌کند، بی‌ارزش است، چرا که سفته‌باز نمی‌تواند براساس آن دریابد کدام سهام برنده و کدام سهام بازنده است. اما این بدآن معنا نیست که پیش‌بینی‌های آماری به سرمایه‌گذاران کمک نمی‌کند. به همین قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ی باشلیه توجه کنید که در آن فرض تصادفی‌بودن بازارهای دارایی‌های مبنا خود کلید موفقیت بوده است.

به‌رغم آن‌چه گفته شد، حتی فرمول قیمت‌گذاری اختیار معامله مسیر تضمین‌شده‌ای برای رسیدن به پول نیست. باید راهی پیدا کنیم تا با اطلاعات منتج از فرمول، مسیر تصمیمات سرمایه‌گذاری را اصلاح کنیم و در بازار امتیازی بیابیم. باشلیه راه‌حل روشنی ارائه نداد که چگونه مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ی او را در استراتژی معاملاتی وارد کنیم. این یکی از دلایلی بود که مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ی باشلیه توجه کم‌تری از مدل ولگشت وی جلب کرد، حتی بعد از آن‌که اقتصاددانان، پایان‌نامه‌ی او را کشف کردند. دلیل دوم آن‌که اختیار معامله طی دوره‌ای طولانی پس از نگارش

---

[1]. frequency

پایان‌نامه‌ی او راهی به بازار نداشت، و از این‌رو حتی وقتی اقتصاددانان در دهه‌های پنجاه و شصت به مدل ولگشت علاقه‌مند شدند، مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله به نظر عجیب و بی‌ربط می‌نمود. مثلاً در امریکا اغلب معاملات اختیار معامله در بیش‌تر سال‌های قرن بیستم غیرقانونی بود. این وضعیت در پایان دهه‌ی ۶۰ و دوباره در اوایل دهه‌ی ۷۰ تغییر کرد. طرح‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ی به سبک باشلیه، با دخالت دیگران، زمینه‌های موفقیت بسیاری را بنیان نهاد.

باشلیه از جنگ جهانی اول جان سالم به در برد. او در آخرین روز سال ۱۹۱۸ از خدمت نظام مرخص شد. وقتی به پاریس برگشت، دریافت که عنوان شغلی او در دانشگاه پاریس حذف شده است. البته، در کل اوضاع باشلیه بعد از جنگ بهتر شد. بسیاری از ریاضیدانان جوان مستعد در میدان‌های نبرد هلاک شده بودند، و جایشان در دانشگاه خالی شده بود. باشلیه در سال‌های آغازین بعد از جنگ از ۱۹۱۹ تا ۱۹۲۷ استاد مدعو دانشگاه‌های بزانسون[۱]، دیژون[۲] و نهایتاً رِن[۳] شد. هیچ‌کدام از این دانشگاه‌ها موقعیت ممتاز ویژه‌ای نداشت، اما بالاخره موقعیت‌های آموزشی همراه با پرداخت حقوق بود که آن روزها در فرانسه نادر بود. سرانجام در ۱۹۲۷، باشلیه در دانشگاه بزانسون به مقام استاد تمامی رسید و تا سال ۱۹۳۷ که بازنشسته شد، در آن‌جا به تدریس پرداخت. او نه سال دیگر عمر کرد و طی این مدت به اصلاح و چاپ مجدد آثار قبلی خود پرداخت. اما کار تازه و اصیلی نکرد. در فاصله‌ی زمانی بین بازنشستگی و مرگ، باشلیه فقط یک مقاله‌ی تازه منتشر کرد.

حادثه‌ای نزدیک به پایان دوره‌ی کاری باشلیه در سال ۱۹۲۶ (یک‌سال قبل از دستیابی به شغل دائمی) سال‌های نهایی تدریس او را تلخ کرد و شاید توضیحی باشد برای این‌که چرا دیگر او اثری منتشر نکرد. در آن سال باشلیه برای شغل دائمی در دانشگاه دیژون که در آن‌جا چندین سال کار کرده بود، تقاضا داد. یکی از همکارانش که کارهای او را بررسی می‌کرد، درست از نشانه‌گذاری باشلیه در یکی از نوشته‌های او سر درنیاورد. به گمان این‌که اشتباهی در کار او یافته بود، نوشته‌ی

---

۱. Besançon

۲. Dijon

۳. Rennes

باشلیه را برای پل لـووی[۱] فرسـتاد. لـووی اسـتادی جـوان‌تـر امـا بـه مراتـب مشـهورتر از باشـلیه در نظریه‌پردازی احتمالات در فرانسه بود. او فقط همـان صـفحه‌ای را کـه ظـاهراً حـاوی اشـتباه بـود، بررسی کرد و بر گمان اشتباه ریاضی‌دان دیـژون مهـر تأییـد نهـاد. باشـلیه در لیسـت سـیاه دانشـگاه دیژون قرار گرفت. بعدها او از نقش لووی در این افتضاح باخبر، و به‌شدت خشگمین شـد. نامـه‌ای نوشت و مدعی شد که لووی از قصد و بدون فهم نوشته‌ی او، وی را از ادامه‌ی کار بازداشته است [۲۹]. یک‌سال بعد، باشلیه در دانشگاه بزانسون شغل خود را پس گرفت، اما صدمات وارد شـده، و شک و تردید نسبت به مشروعیت آثـار باشـلیه دامـن گسـترده بـود. از قضـا در سـال ۱۹۴۱ لـووی مقاله‌ی باشلیه را کامل خواند [۳۰]. مقاله به حرکت براونی مربوط می‌شد کـه لـووی هـم روی آن کار می‌کرد. لووی کار باشلیه را عالی ارزیابی کرد. به باشلیه نامه نوشت، کارهـای قبلـی باشـلیه را خواند و دریافت که در مورد آن نوشته اشتباه از خودش بوده نه از باشـلیه؛ نشـانه‌گـذاری باشـلیه و شیوه‌ی غیررسمی او کار خواندن و فهمیدن آن متن را دشوار کرده بود، اما مطالب آن مقاله اساسـاً صحیح بود. لووی با باشلیه نامه‌نگاری کرد و آن دو شاید در حدود سال ۱۹۴۳ بـا یکـدیگر آشـتی کردند.

در اوایل قرن بیستم، چند ریاضیدان بلندپایه که در نظریه‌ی احتمالات کار می‌کردند، به کار باشلیه ارجاع دادند. اما، آن‌طور که مکاتبه با لووی نشان می‌دهد، بسیاری از افراد مهم کـه در طـول عمـر باشلیه در فرانسه کار می‌کردند، و از جمله افرادی که روی موضوعاتی مشابه با تخصص باشلیه کار می‌کردند، یا از کار وی بی‌خبر بودند و یـا آن را بـه عنـوان کـاری بـی‌اهمیـت و خطـاآمیز نادیـده می‌گرفتند. با توجه به اهمیت امروزین اندیشه‌های مشابه با او، ناچار باید نتیجـه بگیـریم کـه باشـلیه صرفاً از زمانه‌ی خود بسیار جلوتر بود. البته اندکی پس از مرگ وی، اندیشه‌های او در نوشـته‌هـای ساموئلسون و دانشجویانش انعکاس یافت؛ و نیز در آثار دیگرانی چون بنوا مندلبروت ریاضـیدان و ام اف ام آزبورن[۲] فیزیکدان نجومی جای گرفت که خود چون باشلیه از رشته‌های دیگر به اقتصـاد وارد شده بودند. تغییراتی در فضای دانشگاهی و مالی در جریان بود تـا بـرای ایـن پیـامبران متـأخر تشخص و شهرتی به همراه آورد که باشلیه تا زنده بود از آن محروم ماند.

---

۱. Paul Lévy

۲. M.F.M. Osborne

یادداشت‌ها

۱. داستانی که در شروع کتاب نقل شد البته دقت روایتی کمی دارد، چرا که برخی جزئیات زندگی باشلیه روشن نیست. من در بیان این موضوع بالاخص از شرح تاریخدان آمار فرانسوی برنار برو Bernard Bru استفاده می‌کنم که می‌گفت باشلیه بی‌گمان در طول تحصیل خود در دانشگاه پاریس در بورس کار می‌کرده تا مخارجش را تأمین کند؛ این از سال ۱۸۹۲ شروع شده و در طول سال‌هایی که باشلیه بعد از اخذ دکترا در پاریس زندگی می‌کرده و هنوز در دانشگاه استخدام نشده بوده، ادامه داشته. (Taqqu در ۲۰۰۱). با این همه، برو هم می‌پذیرد که شواهد متقنی از استخدام باشلیه در بورس در اختیار نداریم. واقعیت هرچه باشد، روشن است که باشلیه وقتی در سال ۱۹۰۰ پایان‌نامه‌ی خود را می‌نوشت، بیش از یک دانشجوی معمولی با نظام مالی فرانسه آشنایی داشت. مورد دومی که در شرح آن تخیل را به کار گرفته‌ایم، این موضوع است که باشلیه وقتی به طرف بورس می‌رفت، خود را با این فکر آرام می‌کرد که به سمت کازینوی غول‌پیکری می‌رود. دیگر جزئیات مورد اشاره در این‌جا- سن باشلیه، سال ورود او به پاریس، موقعیت خانوادگیش- همه کاملاً مستند است. اطلاعات مربوط به شرح حال وی که در این فصل و دیگر فصول آمده عمدتاً از Courtault and Kabanov (۲۰۰۲) و سایر منابع زیر برگرفته شده است:

Dimand and Ben-El-Mechaiekh(۲۰۰۶), Sullivan and Weithers (۱۹۹۱), Javanovic (۲۰۰۰), Davis and Etheridge (۲۰۰۶), Mandelbrot (۱۹۸۲), Mandelbrot and Hudson (۲۰۰۴), MacKenzie (۲۰۰۶), and Patterson (۲۰۱۰).

۲. نظام معاملاتی بورس بر چند شیوه‌ی حراج از طریق جارزدن مبتنی بود، و به نظر می‌رسد که در دوره‌های زمانی کوتاهی که کارگزاران در داخل ساختمان برای انجام معامله گرد می‌آمدند، صحنه بسیار بی‌نظم می‌شد. بورس‌های مدرنی هم که با فریاد حراج‌های معاملاتی خود را انجام می‌دهند، به تیمارستان کامل شبیه‌اند. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد تاریخچه‌ی بورس و از جمله تصاویر گوناگونی از این‌که آن بازارها چه‌گونه کار می‌کردند، به Walker سال ۲۰۰۱ و Lehmann سال ۱۹۹۱ و ۱۹۹۷ رجوع کنید.

۳. این همان پایان‌نامه‌ی باشلیه است (باشلیه، سال ۱۹۰۰) که به دو زبان فرانسه و انگلیسی در مأخذ Davis و Etheridge (سال ۲۰۰۶) آمده است.

۴. ساموئلسون داستان کشف متن باشلیه را در جاهای مختلف نقل کرده است، از جمله در مقدمه‌ی مارک دیویس وآلیسون اتریج (۲۰۰۶) و در کتاب ساموئلسون (۲۰۰۰). در این آخری، ساموئلسون می‌گوید که وی لابد حداقل یک‌بار قبل از دریافت کارت پستال آقای ساویج، نام باشلیه را از کسی شنیده بود. یادآوری می‌کنم آن روایت از داستان که من در کتاب آورده‌ام، و در آن باشلیه تا زمانی که ساویج به کتاب درسی ۱۹۱۴ وی دست می‌یابد، فراموش شده است، روایت شایع و فراگیری است. هستند افرادی که معتقدند باشلیه هرگز حتی در دنیای انگلیسی زبان آن‌چنان ناشناخته نبوده که روایت‌ها به آن اشاره دارد. مراجعه کنید به جوانوویچ در سال ۲۰۰۰.

۵. بیش‌تر آن‌چه در مورد کاردانو می‌دانیم از خودزندگینامه‌ی او برگرفته‌ایم Cardano (۱۵۷۶). زندگینامه‌های دیگری هم در مورد وی نوشته شده است؛ از جمله Morley (۱۸۵۴)، Ore (۱۹۵۳) و Siraisi (۱۹۹۷) که می‌کوشند آثار وی در ریاضیات یا پزشکی را پوشش دهند. اما در مورد تاریخ احتمالات به طور کلی، مراجعه کنید به Bernstein (۱۹۹۸)، Hacking (۱۹۹۰ و ۱۹۷۵)، David (۱۹۶۲)، Stigler (۱۹۸۶) و Hald (۲۰۰۳).

۶. «کتابی» که من در ذهن دارم، همان چیزی است که بعدها پس از فوت کاردانو تحت عنوان Liber de ludo aleac یا کتابی پیرامون بازی شانس (کاردانو ۱۹۶۱[۱۵۶۵]) شکل گرفت.

۷. برای مطالعه‌ی بیش‌تر در مورد دومره، پاسکال و فرما به Devlin (۲۰۰۸) مراجعه کنید؛ هم‌چنین به کتاب‌هایی رجوع کنید که در مورد تاریخ احتمالات در یادداشت ۵ به آن‌ها اشاره شد.

۸. برای بررسی‌های عمیق و در عین حال خواندنی پیرامون دشواری‌های فلسفی مربوط به تفسیر نظریه‌ی احتمالات به Hájek (۲۰۱۲)، Skyrms (۱۹۹۹) یا Hacking (۱۹۷۵) رجوع کنید.

۹. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد قانون اعداد بزرگ رجوع کنید به Berger و Casella (۲۰۰۲) و Billingsley (۱۹۹۵). هم‌چنین مراجعه کنید به باشلیه (۱۹۳۷).

۱۰. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد پوانکاره به Mahwin (۲۰۰۵) یا Galison (۲۰۰۳) و نیز ارجاعاتی که آنان داده‌اند، رجوع کنید.

۱۱. یادداشت‌های پوانکاره روی پایاننامه‌ی باشلیه را می‌توان در ژان میشل کورتو (Courtault) و یوری کابانوف (۲۰۰۲) به زبان فرانسه یافت. ترجمه‌ی آن متن را در مأخذ مارک دیویس (Davis) و آلیسون اتریج (۲۰۰۶) بیابید.

۱۲. رجوع کنید به لوکرتیوس (Lucretius) منتشره در سال ۲۰۰۸ [۶۰ قبل از میلاد]، صفحه‌ی ۲۵.

۱۳. تاریخ «نظریه‌ی اتمی» و مخالفان آن از آغاز قرن بیستم بس جذاب است و نقش مهمی در مناظرات جاری پیرامون این موضوع دارد که چه‌گونه نظریه‌های ریاضی و فیزیکی می‌تواند در معرفی جهان غیرقابل‌مشاهده مؤثر باشد. برای مثال، رجوع کنید به Maddy (۱۹۹۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷)، Chalmers (۲۰۰۹ و ۲۰۱۱)، و van Fraassen (۲۰۰۹). هر چند بحث از این موضوعات از حوصله‌ی این کتاب خارج است، اما لازم به یادآوری است که استدلال‌هایی که در این کتاب عرضه می‌شود و می‌خواهد نشان دهد که افراد چه‌گونه باید در مورد وضعیت مدل‌های ریاضی در مالی بیندیشند، از نزدیک به بحث‌های عام‌تری پیرامون موقعیت نظریه‌های ریاضی و فیزیک در کل مربوط است.

۱۴. مشاهدات براون (Brown) در مقاله‌ی وی در سال ۱۸۲۸ چاپ شد.

۱۵. در مفهوم عام‌تر، حرکت براونی مثالی از فرایند تصادفی یا اتفاقی (random) یا (stochastic) است. برای مرور ریاضیات فرایندهای تصادفی، رجوع کنید به Karlin و Taylor (۱۹۷۵ و ۱۹۸۱).

۱۶. اینشتاین در سال ۱۹۰۵، چهار مقاله انتشار داد. یکی از آن‌ها همانی است که بدآن در این‌جا اشاره دارم (اینشتاین، ۱۹۰۵b)، اما سه مقاله‌ی دیگر هم به همان اندازه درخشان بودند. در مقاله‌ی اینشتاین (۱۹۰۵a)، او نخست اشاره دارد که نور در بسته‌های گسسته می‌آید که حالا به آن‌ها کوانتوم یا فوتون می‌گوییم؛ در مقاله‌ای دیگر (۱۹۰۵c)، او نظریه‌ی ویژه‌ی نسبیت را ارائه می‌دهد؛ و بالاخره در آن سال اینشتاین (۱۹۰۵d) معادله‌ی معروف $e=mc^2$ را عرضه می‌کند.

۱۷. برای اطلاع بیش‌تر از توزیع‌های احتمالات، و به‌ویژه توزیع نرمال، به Casella و

Berger (۲۰۰۲)، Billingsley (۱۹۹۵) و Forbes و همکاران (۲۰۱۱) رجوع کنید.

۱۸. از نظر پیچیدگی موضوع مطروحه و از نظر درجه‌ی نفوذ آن، باشلیه بی‌همتاست. اما در واقع دیگرانی هم بوده‌اند که یا کار باشلیه را به گونه‌ای پیش‌بینی می‌کردند (بیش از همه Jules Regnault) و یا چند سال بعد از باشلیه کار مشابهی انجام دادند (برای مثال Vinzenz Bronzin). برای اطلاعات در مورد دیگر پیشگامان در مالی، رجوع کنید به Poitras (۲۰۰۶) (به‌ویژه Jovanovic (۲۰۰۶) و Zimmermann و Hafner (۲۰۰۶) و Girlich (۲۰۰۲).

۱۹. ر.ک. به فاما (۱۹۶۵). فرضیه‌ی بازار کارا اکنون بخش محوری اندیشه‌ی اقتصادی جدید است؛ در هر کتاب درسی معروف از قبیل Mankiw (۲۰۱۲) یا Krugman و Wells (۲۰۰۹) شرح مفصل آن آمده است. تاریخچه‌ی فرضیه‌ی بازار کارا را در مأخذ Sewell (۲۰۱۱) و Lim (۲۰۰۶) بیابید. به ده‌ها کتاب و مقاله‌ی مؤخر هم می‌توانید رجوع کنید که اندیشه‌ی کارایی بازارها را به چالش می‌کشند؛ منابعی چون Taleb (۲۰۰۴ و ۲۰۰۷a)، Fox (۲۰۰۹)، Cassidy (۲۰۱۰a, b)، Stiglitz (۲۰۱۰)، و Krugman (۲۰۰۹).

۲۰. ر.ک. Cootner (۱۹۶۴).

۲۱. این نقل قول از کوتنر است. Cootner (۱۹۶۴)، صفحه‌ی ۳.

۲۲. ویلسون بحر العلومی بود که در تحول رشته‌های مختلف علم از جمله آمار، فیزیک، مهندسی، اقتصاد، و بهداشت عمومی نقش بارزی داشت. نقش ماندگار ویلسون بیش‌تر در حوزه‌ی آموزش بود؛ کتاب درسی او پیرامون تحلیل برداری (ویلسون ۱۹۰۱) و حساب دیفرانسیل و انتگرال پیشرفته (ویلسون ۱۹۱۲) متن معیار نسل‌هایی از دانشمندان و مهندسان آمریکایی شد. جزئیات زندگی‌نامه‌ی فکری او را در کتاب Hunsaker و MacLane (۱۹۷۳) می‌توانید بیابید.

۲۳. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد گیبس و آثار او، به Hastings (۱۹۰۹)، Rukeyser (۱۹۸۸)، یا Wheeler (۱۹۸۸) مراجعه کنید. دانشجوی او E.B.Wilson که در بالا به او اشاره شد نیز شرح حالی در مورد تعاملات خود با گیبس نگاشته است (ویلسون، ۱۹۳۱).

۲۴. این ساموئلسون است (۱۹۴۷). کتاب درسی ساموئلسون با عنوان *اقتصاد* (ساموئلسون ۱۹۴۸) نفوذ وی را بر اندیشه‌ی اقتصادی امریکا گسترش بیش‌تری داد.

۲۵. تصویری را که از تاریخ و به‌ویژه ریاضی‌سازی اقتصاد در این‌جا ارائه شد، تا حد زیادی مدیون Morgan (۲۰۰۳) هستم.

۲۶. برای اطلاعات بیش‌تر درباره‌ی زندگی و آثار ایروینگ فیشر مراجعه کنید به Allen (۱۹۹۳).

۲۷. ادعای نحوه‌ی پیدایی اصطلاح به Morgan (۲۰۰۳) برمی‌گردد. برای شرح حال مختصر تینبرگن به Hendry و Morgan (۱۹۹۶) رجوع کنید؛ برای بحث مفصل‌تر آثار وی به Morgan (۱۹۹۰) مراجعه کنید.

۲۸. رابطه‌ی بین مدل‌ها و نظریه‌ها و به‌ویژه تفاوت بین مدل‌ها در اقتصاد و نظریه‌ها در فیزیک موضوعی است که Derman (۲۰۱۱b) به آن پرداخته است.

۲۹. این نامه در مأخذ Courtault و Kabanov (۲۰۰۲) آمده است.

۳۰. این متن همان نوشته‌ی ۱۹۴۱ باشلیه است. آن روایت از داستان که این‌جا آورده‌ام از تقیو (۲۰۰۱) است، و بر یادداشت‌هایی متکی است که لووی در حاشیه‌ی کتاب باشلیه (۱۹۴۱) در آن زمان نگاشته است. لووی خود در نامه‌ای که بعدها به بنوا مندلبروت نوشته، داستان را اندکی متفاوت نقل می‌کند. می‌گوید در مقاله‌ی کولموگروف (۱۹۳۱) در سال ۱۹۳۱ اشاره‌ای به کار باشلیه یافته و بلافاصله به کتاب باشلیه رجوع کرده است. اما، وجود نوشته‌ی ۱۹۴۱ باشلیه با حاشیه‌نویسی لووی و اشاره به آشتی دو نفر، نشان می‌دهد لووی موضوع را به‌درستی در خاطر نداشته است. برای اطلاع بیش‌تر در مورد لووی، به یادداشت شرح زندگی او در مندلبروت (۱۹۸۲) رجوع کنید.

فصل۲
شنا بر خلاف جریان‌آب

امی آزبورن مادر موری آزبورن[۱] به باغبانی علاقه‌ی وافر داشت و زنی کاردان بود[۱]. به جای این‌که کود شیمیایی بخرد، به چراگاه اسب‌ها در نزدیکی خانه‌اش در نورفولک ویرجینا[۲] می‌رفت و برای باغ خود پشگل جمع می‌کرد. او با کاهلی میانه‌ای نداشت. هر وقت می‌دید یکی از پسرانش بیکار نشسته، بلافاصله کاری برایش جور می‌کرد: ایوان خانه را رنگ کن، علف‌ها را بزن، برای مخلوط‌کردن خاک چاله بکن. وقتی آزبورن جوان بود، این کارها را دوست داشت. رنگ‌کاری و چاله‌کندن جالب بود، و کارهای دیگر مثل علف‌چینی تعریفی نداشت، اما از بیکار نشستن بهتر بود. هر وقت حوصله‌اش سرمی‌رفت، نزد مادرش می‌رفت و سراغ کاری را می‌گرفت و مادرش هم به او کاری می‌داد.

روزی مادرش به او گفت گاری یخ‌فروش تازه از آن‌جا عبور کرده. این گاری را به اسبی بسته بودند، و در نتیجه پشگل زیادی در مسیر جاده ریخته بود. مادرش به او گفت، «برو پشگل اسب را جمع کن، بعد هم خوب با آب مخلوط کن تا بشود کود مایع و بریزش و پای گل‌های داودی من»[۲]. آزبورن از این کار اصلاً خوشش نمی‌آمد. وسط روز بود و همه‌ی دوستانش همان اطراف بودند، و وقتی او را مشغول به این کار می‌دیدند، با جاروجنجال دستش می‌انداختند. او خیلی جدی کودها را توی سطل بزرگی ریخت، و با چهره‌ای برافروخته از فرط خشم به خانه برگشت. شیلنگ آب را بیرون کشید، سطل را از آب پر کرد، و به له‌کردن پشگل مشغول شد. کار سختی

---

۱. Maury and Amy Osborne

۲. Norfolk, Virginia

بود، همراه با بوی گند فراوان، و آزبورن از کاری که به گردنش انداخته بودند، شرمسار و آزرده بود. همین‌طور که مایع را هم می‌زد، به ناگهان کود مایع از سطل بیرون جُست و او را خیس کرد. این حادثه نقطه‌ی عطفی برای او بود. آزبورن آن‌جا نشسته و آلوده به مدفوع تازه‌ی اسب، با خود عهد کرد دیگر هرگز از کسی نپرسد که چه باید بکند؛ باید خودش درمی‌یافت سراغ چه کاری برود و به همان کار بچسبد.

تا آن‌جا که به کار علمی او مربوط می‌شد، آزبورن این عهد را نشکست. نخست درس ستاره‌شناسی خواند و به محاسبه‌ی چیزهایی چون مدار سیارات و ستاره‌های دنباله‌دار پرداخت. اما هرگز خود را به محدوده‌ی علمی در دانشگاه محدود نکرد. کمی قبل از ورود ایالات متحد به جنگ جهانی دوم، آزبورن کارشناسی ارشد را رها کرد تا به آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی[۱] بپیوندد و درباره‌ی موضوعاتی چون صدا و انفجار زیرآب تحقیق کند [۳]. این کار چندان با مشاهدات ستاره‌شناسی ربطی نداشت، اما آزبورن فکر می‌کرد موضوع جالبی است. در واقع، تا قبل از پایان جنگ، او روی پروژه‌های مختلفی کار کرد. مثلاً در سال ۱۹۴۴، مقاله‌ای درباره‌ی آیرودینامیک بال پرندگان نوشت. در دهه‌ی ۱۹۴۰، حشره‌شناسان اصلاً نمی‌دانستند چرا حشرات می‌توانند پرواز کنند. به نظر می‌رسید بال‌زدن آن‌ها برای بلندکردن جثه‌شان از زمین، کفایت نمی‌کند. خوب، آزبورن مقداری وقت داشت، و به جای این‌که از نیروی دریایی بپرسد چه کار کند، تصمیم گرفت وقت خود را صرف حل معمای پرواز حشرات کند. و البته موفق شد: برای نخستین بار نشان داد که اگر قدرت بالابردن و قدرت کشش بال‌ها در بلندکردن جثه با هم در نظر گرفته شود، آن‌گاه می‌توان توصیف مناسبی از نحوه‌ی پرواز حشرات و نحوه‌ی کنترل حرکت آن‌ها ارائه داد[۴].

پس از جنگ جهانی دوم، آزبورن باز هم جلوتر رفت. هنوز در همان آزمایشگاه کار می‌کرد، و با رئیس بخش صدای آن تماس گرفت، و اظهار داشت که هر کس برای دولت کار می‌کند، می‌تواند کارش را ظرف دو ساعت در روز تمام کند. بی‌شک حرف بی‌پروایی بود که مرئوسی به رئیس خود می‌زد. اما آزبورن از آن هم فراتر رفت و گفت حتی کار دو ساعت در روز او هم برای دولت زیادی است. او خود علاقه‌مند به موضوعی بود که می‌خواست درباره‌ی آن کار کند. شرح

---

۱. Naval Research Lab (NRL)

داد که پروژه‌ی جدیدش هیچ ربطی به علایق نیروی دریایی ندارد، اما به هر حال می‌خواست روی آن کار کند. در کمال شگفتی، رئیسش گفت «برو و کارت را بکن.»

آزبرون تقریباً سی سال دیگر در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی به کار خود ادامه داد، اما بعد از صحبت آن روز، او فقط روی پروژه‌هایی که دلش می‌خواست کار می‌کرد[۵]. در اکثر موارد، این پروژه‌ها ربطی به کار نیروی دریایی نداشت، با این همه آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی همواره در طول خدمت آزبورن در آن‌جا، از او حمایت کرد. تنوع کارهای او از موضوعات بنیادین مکانیک کوانتوم و نسبیت عام گرفته تا مطالعه‌ی جریان‌های عمیق در اقیانوس‌ها را شامل می‌شد. اما مهم‌ترین کار او، موضوعی که این روزها بیش‌تر به خاطر آن مشهور است، کلاً روی امری متفاوت بود. در سال ۱۹۵۹، آزبورن مقاله‌ای با عنوان «حرکت براونی در بازار سهام» منتشر کرد. هر چند باشلیه شصت سال قبل به همین موضوع پرداخته بود، اما اثر او هنوز کلاً برای فیزیکدانان و دانشمندان مالی (غیر از چند نفری در حلقه‌ی ساموئلسون) ناشناخته باقی مانده بود. برای خوانندگان مقاله‌ی آزبورن، این توضیح که فیزیک در مورد مالی حرفی برای گفتن دارد، بسیار بدیع بود. و چندان طول نکشید که دانشگاهی‌ها و فعالان وال‌استریت به این موضوع توجه نشان دادند.

از هر دیدگاهی که به موضوع نگاه کنیم، نتیجه می‌گیریم که کار باشلیه بسیار نبوغ‌آمیز بود. در مقام فیزیکدان، وی بسیاری از کارهای مهم اولیه‌ی اینشتاین را پیش‌بینی کرد – مطالعاتی که بعداً به کار گرفته شد تا به طور قطعی وجود اتم را ثابت کند و به عصر جدیدی از علم و فن‌آوری منتهی شود. در مقام ریاضی‌دان، او نظریه‌ی احتمالات و نظریه‌ی فرایندهای تصادفی را در آن‌چنان سطح بالایی تدوین کرد که سه دهه طول کشید تا ریاضیدانان دیگر به آن سطح برسند. به عنوان تحلیلگر ریاضی بازارهای مالی، بی‌شک باشلیه بی‌رقیب بود. در هر رشته‌ای از علم، احتمال این‌که کسی با مثال‌هایی اندک، نظریه‌ی پخته‌ای را ارائه دهد، آن‌قدر نادر است که باید کار باشلیه را استثنایی بدانیم. در دنیایی عادلانه‌تر، باید قضاوت می‌شد که باشلیه با مالی همان کاری را کرده که نیوتون با فیزیک کرده است. اما زندگی باشلیه سراپا آشفته بود، از آن روی که دانشگاهیان نتوانستند اهمیت چنین متفکر اصیلی را درک کنند.

البته، فقط چند دهه بعد، فضا طوری بود که موری آزبورن در آزمایشگاهی دولتی روی هر موضوعی که دوست داشت و به هر شکلی که می‌خواست کار می‌کرد، بدون مواجهه با آن مقاومت‌های سازمانی‌ای که باشلیه را در سراسر عمرش فلج کرده بود. باشلیه و آزبورن نکات

مشترک فراوانی داشتند: هر دو بسیار خلاق بودند؛ هر دو اصالت آن را داشتند که پرسش‌هایی را بیابند که محققان قبلی مطرح نکرده بودند و از آن‌چنان مهارت فنی برخوردار بودند که آن پرسش‌ها را دنبال کنند. اما وقتی آزبورن به همان موضوعی رسید که باشلیه در پایان‌نامه‌ی خود شرح داده بود – موضوع پیش‌بینی قیمت‌های سهام – و راه‌حل مشابهی نیز برای آن پیدا کرد، محیط دیگر کاملاً عوض شده بود. مقاله‌ی «حرکت براونی در بازار سهام» نوشته‌ای غیرمعمول بود. اما در ایالات متحد سال ۱۹۵۹، از فیزیکدانی در جایگاه آزبورن پذیرفته می‌شد که روی چنین موضوعاتی کار کند و حتی از وی *تمجید* می‌شد. آن‌طور که آزبورن خود بدان اشاره دارد: «فیزیکدانان اساساً نمی‌توانند کاری اشتباه مرتکب شوند.» چرا اوضاع این چنین عوض شده بود؟

نایلون [۶]. در سال ۱۹۳۹ و در نمایشگاه جهانی نیویورک، زنان امریکایی برای اولین‌بار با نایلون آشنا شدند و به آن دل باختند. یک‌سال بعد، در ۱۵ مه سال ۱۹۴۰، وقتی جوراب‌های نایلونی برای فروش در نیویورک عرضه شد، در روز اول ۷۸۰٫۰۰۰ و تا پایان هفته ۴۰ میلیون جفت آن به فروش رسید. در پایان آن سال، شرکت دوپون[۱] که نایلون را اختراع و تولید کرده بود، فقط در ایالات متحد ۶۴ میلیون جفت آن را فروخته بود. نایلون محکم و سبک بود. برخلاف ابریشم که ماده‌ی اصلی بافت جوراب قبل از موفقیت نایلون بود، گردوخاک نمی‌گرفت و آب در آن نفوذ نمی‌کرد. به علاوه، از ابریشم و پشم بسیار ارزان‌تر بود. به قول روزنامه‌ی *فیلادلفیا رکورد*[۲]، نایلون از حمله‌ی مریخی‌ها[۳] انقلابی‌تر بود [۷].

اما نایلون نتایجی انقلابی فراتر از مد زنان یا رونق بخشیدن به تماشاگه چشم‌چران‌ها داشت. ابتکار دوپون در اختراع نایلون همراه با چند برنامه‌ی تحقیقاتی که در دهه‌ی ۱۹۳۰ به همت شرکت‌هایی چون ساوترن کالیفرنیا ادیسون[۴]، جنرال الکتریک و شرکت اسپری ژیروسکوپ[۱]، و دانشگاه‌هایی چون استنفورد[۲] و

---

۱. Du Pont

۲. Philadelphia Record

۳. در ۳۰ اکتبر ۱۹۳۸، شبکه‌ی رادیویی کلمبیا در برنامه‌ی خبری خود دروغ هالوین را براساس رمان *جنگ دنیاها نوشته‌ی* اچ ج. ولز (H.G.Wells.م–) پخش کرد که می‌گفت «مریخی‌ها به ما حمله کرده‌اند.» این دروغ باعث هراس همگانی شد.

۴. Southern California Edison

برکلی[۳] شروع شد، به‌تدریج به صورت فرهنگ پژوهشی جدیدی در سراسر ایالات متحد درآمد.
در اواسط دهه‌ی ۱۹۲۰، دوپون سازمانی غیرمتمرکز بود، چندین بخش مستقل از هم داشت، و هر کدام از این بخش‌ها واحد تحقیقاتی بزرگ خود را داشتند. به علاوه، این شرکت واحد تحقیقاتی مرکزی کوچکی داشت که از دوره‌ی پیشین تاریخ دوپون به یادگار مانده بود، و شخصی به نام چارلز استاین[۴] آن را مدیریت می‌کرد. با آن همه گروه‌های تحقیقاتی بزرگ و متمرکز که هر کدام به کار سفارشی بخش خود مشغول بودند، علت وجودی واحد تحقیقاتی اضافی روشن نبود. اگر قرار بود واحد تحقیقاتی مرکزی به حیات خود ادامه دهد، و علاوه بر این رشد هم بکند، استاین می‌باید مأموریتی برای آن تعریف می‌کرد تا ادامه‌ی کار آن را توجیه کند. راه‌حلی که نهایتاً در سال ۱۹۲۷ به ذهنش رسید و آن را اجرایی کرد، ایجاد یک گروه تحقیقات بنیادین نخبه درون واحد تحقیقات مرکزی بود. بحث این بود که هر چند بسیاری از بخش‌های صنعتی دوپون بر حوزه‌ی خاصی از علوم پایه تکیه می‌کردند، تیم‌های تحقیقاتی در این بخش‌ها آن‌قدر درگیر نیازهای تحقیقاتی کسب‌وکار خاص خود بودند که از تحقیقات بنیادین غافل می‌ماندند. تیمِ استاین در بلندمدت می‌بایست روی این چالش‌های علمی فراموش‌شده کار می‌کرد، و بنیانی برای کارهای صنعتی کاربردی آتی فراهم می‌آورد. استاین برای سرپرستی این حرکت جدید شیمی‌دانی به نام والاس کاروترز[۵] را از دانشگاه هاروارد برگزید.
کاروترز و تیم جوانان دارای دکترای او سه سال بعد درباره‌ی خاصیت پولیمرهای مختلف مطالعه کردند و آن خواص را با شواهد دقیق ثبت کردند. پولیمرها ترکیب‌های شیمیایی مرکب از تعداد بسیار زیادی از بافت‌های مشابه کوچک (مشهور به مونومر یا تک‌پار) هستند که مثل زنجیری به هم بافته شده‌اند. در این سال‌های اولیه، این مطالعات مستقل از ملاحظات تجاری ادامه یافت. واحد تحقیقات مرکزی دوپون مثل هر آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاهی محض کار می‌کرد. اما بعدها، در

---

۱. Sperry Gyroscope
۲. Stanford
۳. Berkeley
۴. Charles Stine
۵. Wallace Carothers

سال ۱۹۳۰، تیم کاروترز دو دستاورد عمده داشت.

نخست، کشف نئوپرن[۱] که نوعی لاستیک مصنوعی بود. به دنبال آن در همان ماه آنان اولین نخ تمام مصنوعی دنیا را کشف کردند. به یکباره تیم تحقیقات بنیادی استاین توان آن را یافت که شرکت را با سرعت تمام به پولی هنگفت برساند. رهبری دوپون به موضوع توجه کرد. استاین به عضویت در کمیته‌ی اجرایی ارتقا یافت و فرد جدیدی به نام المر بولتون[۲] به جای او به ریاست واحد منصوب شد. بولتون قبل از این منصب، رئیس تحقیقات در واحد شیمی آلی بود، و برخلاف استاین، حوصله‌ی زیادی برای تحقیقات بدون کاربرد مشخص نداشت. به‌سرعت پژوهش‌های مربوط به نئوپرن را به واحد قدیمی خود منتقل کرد، چون آن واحد تجارب قابل‌ملاحظه‌ای در تولید لاستیک داشت، و تیم کاروترز را واداشت تا بر پژوهش‌های نخ مصنوعی تمرکز کنند. اولین نمونه‌ی نخ‌ها برحسب اتفاق خاصیت‌های ضعیفی داشتند: در آب حل و با کم‌ترین حرارت ذوب می‌شدند. اما کاروترز بالاخره تا سال ۱۹۳۴، زیرفشار رئیس جدید خود، به پلیمر جدیدی دست یافت که در تبدیل به نخ، وضعیت باثباتی داشت. پنج هفته بعد، دستیاران آزمایشگاه اولین نایلون را تولید کردند.

در طول پنج سال بعد، دوپون برنامه‌ای فوری را برای تولید و تجاری‌سازی نخ جدید به اجرا گذاشت. نایلون اختراعی بود که در آزمایشگاه تحقیقاتی محض پدید آمد (هر چند، تحت هدایت بولتون، کاروترز به دنبال چنین الیافی بود). این الیاف آخرین سطح فناوری را نشان می‌داد، و بر پیشرفته‌ترین دانش شیمی زمان متکی بود. اما طولی نکشید که این الیاف به محصولی بدل شد که صنعتی تولید می‌شد و موفقیت تجاری داشت. این فرایند ذاتاً جدید بود: یعنی، همان‌قدر که نایلون موفقیتی ممتاز در شیمی پلیمری به شمار می‌رفت، برنامه‌ی تجاری‌سازی دوپون هم نوآوری مهمی در صنعتی‌کردن تحقیقات بنیادین تلقی می‌شد. چند ویژگی خاص این فرایند را از فرایندهای مشابه جدا می‌کرد.

نخست، بیانگر همکاری نزدیک میان دانشمندان دانشگاهیِ واحد پژوهش‌های مرکزی، دانشمندان صنعتی بخش‌های تحقیقاتی واحدهای مختلف، و مهندسان شیمی متولی ساخت کارخانه‌ی جدید و در واقع تولید نایلون بود. چون تیم‌های مختلفی دور هم جمع شدند که پشت سر هم مسئله‌های

---

۱. Neoprene

۲. Elmer Bolton

متفاوت را حل کنند، مرزهای سنتی بین تحقیقات پایه و کاربردی و بین پژوهش و مهندسی از میان برداشته شد.

دوم، دوپون همه‌ی مراحل تولیدی پولیمر را به طور موازی طراحی کرد. بدین‌معنا که به جای این‌که صبر کنند تا تیم تحقیقاتی مرحله‌ی اول فرایند (مثلاً واکنش شیمیایی‌ای را که عامل اصلی تولید پولیمر بود) کاملاً دریابند و بعد به مرحله‌ی بعدی (مثلاً، طراحی روشی برای ریسندگی پولیمر و تبدیل آن به نخ)، گام بگذارند تیم‌های مختلف همزمان روی همه‌ی این مسائل کار کردند، و هر تیم کار تیم دیگر را جعبه سیاهی فرض کرد که خروجی معینی خواهد داشت، و این خروجی هم هنوز معلوم نبود که از کدام الگو و روشی حاصل می‌شود. این نوع از کارکردن مشوق همکاری بین دانشمندان و مهندسان مختلف بود، چرا که نمی‌شد بین مرحله‌ی پژوهش‌های بنیادین اولیه و مرحله‌ی کاربردی و پیاده‌سازی تفکیک قائل شد. همه‌ی این‌ها با یکدیگر اتفاق می‌افتاد. و بالاخره دوپون با تمرکز بر محصولی واحد، یعنی جوراب زنانه، کار را شروع کرد. کاربردهای دیگر نخ جدید، مثلاً برای تولید لباس زیر زنانه یا فرش، برای آینده کنار گذاشته شد. این باعث شد که هر کس در هر سطحی از سازمان عمیقاً روی موضوعی خاص متمرکز شود. دوپون آماده بود تا در سال ۱۹۳۹ از محصول جدید رونمایی کند و در سال ۱۹۴۰ آن‌قدر تولید کرد که فروش را شروع کند.

داستان نایلون نشان می‌دهد چگونه تا پایان دهه‌ی ۱۹۳۰، نخست آرام آرام و سپس به گونه‌ای شتابان، حال و هوای علمی در دوپون در جهت هم‌ترازی کامل کار علوم محض و علوم کاربردی تغییر کرد، و ارزش هر دو شناخته شد.

اما این‌ها همه چه تأثیری بر آزبورن داشت که اصلاً در دوپون کار نمی‌کرد؟ وقتی نایلون به قفسه‌ی فروشگاه‌های امریکا رسید، اروپا درگیر جنگی فزاینده شده بود، و دولت ایالت متحد درمی‌یافت که نمی‌تواند در این جنگ بی‌طرف بماند. در سال ۱۹۳۹، اینشتاین نامه‌ای به روزولت نوشت و هشدار داد که آلمان به دنبال سلاح اتمی است، و روزولت را برانگیخت تا ابتکار عمل به خرج دهد و گروه تحقیقی را با همکاری بریتانیا راه‌اندازی کند که درباره‌ی کاربردهای نظامی اورانیوم کار کنند[۸].

بعد از حمله‌ی ژاپنی‌ها به پرل هاربر[۱] در ۷ دسامبر ۱۹۴۱، و اعلام جنگ آلمان علیه امریکا در چهار روز پس از آن، پژوهش درباره‌ی تسلیحات هسته‌ای شتاب بسیار گرفت. کار روی اورانیوم ادامه یافت، اما در این فاصله، گروهی از فیزیکدانان برکلی عنصر جدیدی به نام پلوتونیوم را کشف کرده بودند که آن هم به کار تولید تسلیحات هسته‌ای می‌آمد، و به نظر می‌رسید تولید انبوه آن بسیار آسان‌تر از اورانیوم باشد. در اوایل سال ۱۹۴۲، آرتور کامپتون[۲] مخفیانه گروهی از فیزیکدانان دانشگاه شیکاگو را تحت پوشش «آزمایشگاه متالورژی»[۳] دور هم جمع کرد تا به مطالعه‌ی این عنصر بپردازند و نحوه‌ی استفاده از آن را در تولید بمب هسته‌ای بررسی کنند[۹].

تا اوت ۱۹۴۲، مِت‌لب چند میلی‌گرم پلوتونیوم تولید کرده بود. ماه بعد پروژه‌ی منتهن به طور جدی کار خود را شروع کرد: ژنرال لسلی گراوز[۴] از رسته‌ی مهندسی ارتش به فرماندهی پروژه‌ی تسهیلات هسته‌ای منصوب شد؛ گراوز به سرعت فیزیکدان برکلی جی رابرت اوپنهایمر[۵] را که نقش اصلی در مهمترین محاسبات مِت‌لب داشت، به سمت ریاست گروه مطالعه برگمارد. پروژه‌ی منهتن بزرگ‌ترین تلاش علمی واحدی بود که در تاریخ شکل گرفته بود: در اوج فعالیت، ۱۳۰٫۰۰۰ نفر روی این پروژه کار می‌کردند، و دو میلیارد دلار صرف آن شد (حدود ۲۲ میلیارد دلار به قیمت سال ۲۰۱۳). چیزی نگذشته اعضای مجمع فیزیکدانان امریکا برای جنگ بسیج شدند، همه‌ی واحدهای تحقیقاتی در بیش‌تر دانشگاه‌های معتبر به شکلی در این پروژه وارد شدند، و بسیاری از فیزیکدانان به این تأسیسات پژوهشی مخفی در لاس‌آلاموس[۶] انتقال یافتند.

گراوز مشکلات فراوانی بر سر راه داشت، اما یکی از دشوارترین آن‌ها افزایش میزان تولید پلوتونیوم از چند میلی‌گرم تولید شده در مِت‌لب به مقدار انبوه کافی برای تولید بمب‌های اتمی بود. دشوار بتوان عظمت این چالش پیش‌روی را دریافت. نهایتاً ۶۰٫۰۰۰ نفر یعنی تقریباً نصف افرادی که در پروژه‌ی منهتن کار می‌کردند، روی تولید پلوتونیوم متمرکز شدند. وقتی گراوز در

---

۱. Pearl Harbor

۲. Arthur Compton

۳. آزمایشگاه متالورژی (Metallurgical Laboratory . را به اختصار Met Lab) مِت‌لب می‌خواندند.

۴. Leslie Groves

۵. J.Robert Oppenheimer

۶. Los Alamos

سپتامبر ۱۹۴۲ بر سرکار آمد، شرکت مهندسی استون و وبستر[۱] از قبل برای ساخت کارخانه‌ی بزرگ غنی‌سازی پلوتونیوم در هنفورد[۲] واشینگتن قرارداد داشت، اما کامپتون که هنوز مِت‌لب را اداره می‌کرد، امیدی نداشت که این شرکت مهندسی بتواند کار را به انجام برساند. کامپتون نگرانی خود را ابراز کرد، و گراوز پذیرفت که استون و وبستر تجربه‌ی لازم برای انجام کار را ندارد. اما کجا می‌شد شرکتی را یافت که چند میلی‌گرم مواد جدید با تکنولوژی پیشرفته را بگیرد و تأسیسات تولیدی‌ای ایجاد کند که بتواند هرچه سریع‌تر چند تن از آن مواد تولید کند.

در پایان سپتامبر ۱۹۴۲، گراوز از دوپون خواست به پروژه بپیوندد و به استون و وبستر مشاوره دهد. دو هفته بعد، شرکت دوپون پذیرفت بیش‌تر درگیر شود، و مسئولیت کامل طراحی، ساخت، و اداره‌ی کارخانه‌ی هنفورد را برعهده بگیرد. راهبرد پیشنهادی دوپون چه بود؟ برای پلوتونیوم هم دوپونت باید دقیقاً از همان استراتژی تولید نایلون استفاده می‌کرد. از آغاز کار، المر بولتون که در مقام سرپرستی واحد تحقیقات مرکزی، تازه هدایت پروژه‌ی تولید نایلون را به مقصد رسانده بود، به همراه چندین نفر از همکاران نزدیکش، اداره‌ی پروژه‌ی پلوتونیوم را برعهده گرفت. درست مثل تولید نایلون، صنعتی‌سازی پلوتونیوم موفقیتی شگرف بود: طی دو سال و اندی، تیم تولید نایلون میزان تولید پلوتونیوم را به یک میلیون برابر رساند.

پیاده‌سازی استراتژی تولید نایلون برای تولید پلوتونیوم کار ساده‌ای نبود، و آسان پیش نرفت. برای تولید بزرگ‌مقیاس پلوتونیوم، به راکتور اتمی کاملی نیاز بود که در سال ۱۹۴۲ اصولاً ساخته نشده بود (هر چند طرح‌هایی در دست اقدام بود). حالا دیگر خیلی بیش از تولید نایلون، فن‌آوری جدید و علوم پایه در توسعه‌ی سایت هنفورد اهمیت داشت. فیزیکدانان مِت‌لب بر این عقیده بودند که در پروژه نقش عمده دارند، و سهم دوپون را «صرفاً» کار مهندسی می‌دانستند. بر این باور بودند که در مقام دانشمندان هسته‌ای، در اوج دانش بشری جای دارند. در قیاس با خودشان، عالمان و مهندسان صنعتی را در جایگاه پایین‌تری قرار می‌دادند. و لازم به ذکر نیست که به سلسله مراتب جدید هم کم‌تر بها می‌دادند.

مشکل اصلی آن بود که فیزیکدانان نقشی را که مهندسان باید در ساخت سایت برعهده می‌گرفتند،

---

۱. Stone and Webster Engineering Corporation

۲. Hanford

خیلی کم‌رنگ گرفته بودند. معتقد بودند دوپون با تأکید بر فرایند و سازماندهی، موانع غیرضروری بر سر راه تحقیقات گذاشته است. جالب است که این مشکل با اعطای اختیارات بیش‌تر به فیزیکدانان در برابر مهندسان حل شد: کامپتون با دوپون مذاکره کرد و از شرکت خواست به فیزیکدانان شیکاگو اجازه‌ی بررسی و تصویب نقشه‌های مهندسی را بدهد. اما فیزیکدانان وقتی از مقیاس عظیم پروژه سردرآوردند، فهمیدند کار مهندسی چقدر پیچیده است؛ و بسیاری از آنان از نقش مهندسان در پروژه تقدیر کردند، و حتی بعضی به جنبه‌های پیچیده‌تری از کار علاقه‌مند شدند.

چیزی نگذشت که دانشمندان و مهندسان به همکاری فعالی با یکدیگر پرداختند. و همان‌طور که فرهنگ کار در دوپون در طول اجرای پروژه‌ی نایلون تغییر کرده بود، و دیوار بلند بین علم و مهندسی فرو ریخته بود، همکاری بین فیزیکدانان و مهندسان در سایت هنفورد نیز بسرعت موانع کهن میان‌رشته‌ای را از میان برداشت. در ساخت تأسیسات پلوتونیوم، دوپون فرهنگ پژوهشی خود را به نحو مؤثری به گروه ذی‌نفوذی از فیزیکدانان نظری و تجربی انتقال داد که قبل و بعد از جنگ آنان در دانشگاه کار می‌کردند و با صنعت سروکاری نداشتند. این تغییر در فرهنگ به حیات خود ادامه داد. پس از جنگ، فیزیکدانان به رابطه‌ی متفاوتی بین کار نظری و تجربی خو گرفتند. حتی برای فیزیکدانان درجه‌ی یک نظری کاملاً پذیرفتنی شد که درباره‌ی مسائل زندگی واقعی هم کار کنند. و به همین ترتیب برای این‌که پژوهش‌های پایه جذاب شود، فیزیکدانان می‌بایست کاربردهای احتمالی کارهای خود را به همکارانشان معرفی می‌کردند.

پروژه‌ی نایلون دوپونت تنها جایی نبود که در دهه‌ی ۱۹۳۰ فرهنگ پژوهشی جدیدی در آن متولد شد، و سایت هنفورد و مِت‌لب تنها آزمایشگاه‌های دولتی نبودند که در طول جنگ جهانی دوم فیزیکدانان و مهندسان را به همکاری و کار مشترک عادت دادند. به دلایل مشابه، تغییرات مشابهی در لاس آلاموس، آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی، آزمایشگاه‌های تشعشع در برکلی و ام‌آی‌تی، و در بسیاری از جاها در کشور رخ داد. نیازهای صنعت و پس از آن ارتش تغییر دیدگاه فیزیکدانان را ایجاب کرد. تا پایان جنگ، این حوزه کاملاً زیرورو شده بود. دیگر آقایان علمای اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ در این توهم نبودند که کارشان فراتر از ملاحظات روزمره است. فیزیک حالا دیگر خیلی بزرگ و پرهزینه شده بود. دیوار بین فیزیک محض و فیزیک کاربردی خراب شده بود.

آزبورن، متولد ۱۹۱۶، فوق‌العاده باهوش بود. در ۱۵ سالگی مدرسه را تمام کرد، اما والدینش اجازه

ندادند در این سن به کالج برود، و او یک‌سالی را قبل از حضور در دانشگاه ویرجینیا و اخذ مدرک کارشناسی فیزیک نجومی در مدرسه‌ی آمادگی‌ای گذراند که از آن متنفر بود [۱۰]. ظاهراً استقلال فکری و کنجکاوی عمیق و ذاتی‌اش که بعدها حیات علمی او را شکل داد، به روزهای جوانی آزبورن برمی‌گشت. به عنوان مثال، پس از اولین سال کالج، آزبورن به این نتیجه رسید که مطالعه کافی است. بنابراین یکی از روزهای همان تابستان، بعد از پایان کارش در رصدخانه‌ی مک کورمیک[۱] در شارلوتزویل[۲] ویرجینیا، تصمیم گرفت مدرسه را ترک کند. به جای این‌که به دانشگاه ویرجینیا برگردد، مدت زمانی را به انجام کارهای بدنی صرف کرد. او به والدینش گفت که چه می‌خواهد بکند، و ظاهراً آنان به جای منصرف‌کردن وی از این کار، از طریق دوست خانوادگی که مزرعه‌ای در غرب ویرجینیا داشت، کاری برای آزبورن دست‌وپا کردند که یک سالی به آن‌جا برود. اما کریسمس که رسید مالک مزرعه او را به خانه پس فرستاد، و یادداشتی هم ارسال کرد که دیگر تاب تحمل او را ندارد.

آزبورن بقیه‌ی آن سال با چرخ دستی در اطراف نورفولک می‌چرخید و به معلم ورزش مدارس منطقه‌ی نورفولک کمک می‌کرد تا کیفیت زمین‌های بازی را ارتقا دهد. یک‌سال کار بدنی دشوار آزبورن را به این باور رساند که کار دانشگاهی چندان هم چیز بدی نیست. سپتامبر بعد به دانشگاه برگشت.

پس از کالج، آزبورن در جهت غرب به دانشگاه برکلی رفت تا دوره‌ی کارشناسی ارشد ستاره‌شناسی را بگذراند. آن‌جا با شخصیت‌های تابناک در دانشکده‌ی فیزیک و از جمله با اوپنهایمر آشنا شد و با آنان از نزدیک کار کرد. در سال ۱۹۳۹ که جنگ در اروپا آغاز شد،آزبورن در آن دانشکده بود. با فرارسیدن بهار ۱۹۴۱، فیزیکدانان بسیاری از جمله اوپنهایمر به مسائل جنگ فکر می‌کردند و از جمله کاربرد احتمالی تسلیحات هسته‌ای را در نظر داشتند. آزبورن اعلانات مربوط به جنگ را بر در و دیوار دید، و به امید این‌که انتخاب شود، تلاش کرد تا برای خدمت نظام ثبت‌نام کند. اما، او را نپذیرفتند، چرا که عینک ضخیمی بر چشم داشت (در آغاز جنگ، استخدام‌کنندگان در ارتش هنوز حق انتخاب داشتند و هر سربازی را نمی‌پذیرفتند). بنابراین، تقاضانامه‌ای برای آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی فرستاد و در واحد صدا در آن

---

۱. McCormick

۲. Charlottesville

آزمایشگاه مشغول به کار شد. چمدان‌های خود را بست و به سمت ویرجینیا رفت تا در هنگامه‌ای که دولت آماده بود از پژوهش‌های میان‌رشته‌ای خلاق حمایت کند، در آزمایشگاهی دولتی کار کند.

آزبورن مقاله‌ی «حرکت براونی در بازار سهام» را با تجربه‌ای فکری آغاز کرد [۱۱]، و نوشت، «بیایید آمارشناسی را در نظر بگیریم که مثلاً ستاره‌شناسی خوانده و اصلاً رشته‌ی مالی را نمی‌شناسد.» آن وقت صفحه‌ای از *وال‌استریت ژورنال* را به او می‌دهند که معاملات بورس سهام نیویورک را برای روز خاصی نشان می‌دهد.» آزبورن تفکر در مورد بازار سرمایه را حول‌وحوش سال ۱۹۵۶، پس از زایمان دوقلوی‌های دوم همسرش دوریس[۱] (که او هم ستاره‌شناس بود) شروع کرد، یعنی بعد از فرزندان هشتم و نهم‌شان. آن زمان وقتی بود که آزبورن برای تأمین معاش آینده می‌باید فکری می‌کرد. بنابراین، می‌توان تصور کرد که روزی آزبورن به مغازه‌ای برود و نسخه‌ای از *وال استریت ژورنال* آن روز را بخرد. لابد آن را به خانه می‌برد، روی میز آشپزخانه پهن می‌کند، و به دنبال صفحه‌هایی می‌گردد که معاملات روز قبل را نشان می‌دهند. در این صفحه‌ها آزبورن صدها و شاید هزاران داده‌ی عددی می‌یابد که عناوین تعریف‌نشده و عجیب‌وغریبی دارند.

آمارشناس ستاره‌شناسی‌خوانده علی‌الاصول نمی‌دانست آن عنوان‌ها چه معنایی دارند و چگونه باید آن‌ها را تفسیر کند، اما در عین حال مشکلی هم نبود. داده‌های عددی در دل او وحشتی ایجاد نمی‌کرد. به هر حال، وی صفحه‌هایی پر از اطلاعات مربوط به حرکات شبانه در آسمان را دیده بود. مشکل آن بود که رابطه‌ی اعداد با یکدیگر استخراج شود، و تعیین شود کدام اعداد به او اطلاعاتی در مورد سایر اعداد می‌دهد، و آیا وی می‌تواند پیش‌بینی‌ای بکند. در واقع، او مدلی از داده‌های تجربه‌شده می‌ساخت، و این کار را در گذشته ده‌ها بار انجام داده بود. پس، احتمالاً آزبورن عینک خود را جابه‌جا می‌کرد، آستین‌های خود را بالا می‌زد، و در اعداد غرق می‌شد. در کمال ناباوری، آزبورن الگوی معینی را کشف کرد: اعداد مربوط به قیمت درست مثل مجموعه‌ای از ذرات بودند که به شکلی تصادفی در مایعی حرکت می‌کردند. تا آن‌جا که آزبورن می‌فهمید، این اعداد می‌باید از مجموعه‌ای می‌آمدند که بیانگر حرکت براونی بودند.

از بسیاری جهات، اولین و مهم‌ترین سهم آزبورن در نظریه‌ی رفتار بازار سهام، تکرار فرضیه‌ی

---

۱. Doris

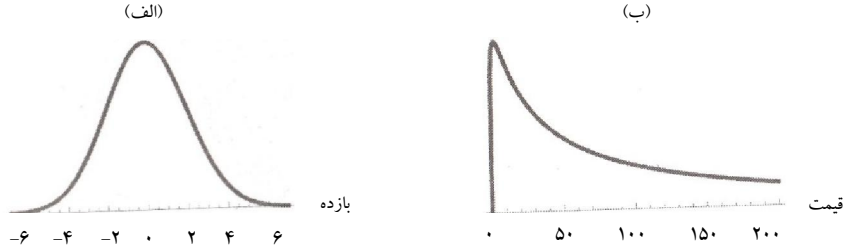
باشلیه بود. البته، تفاوت عمده‌ای وجود داشت. باشلیه می‌گفت از لحظه‌ای تا لحظه‌ی دیگر، محتمل است قیمت‌های سهام مقدار کمی بالا برود و همان مقدار پایین بیاید. وی از این نکته نتیجه می‌گرفت که قیمت سهام توزیع نرمال دارد. اما آزبورن بلافاصله با این نظر مخالفت کرد (ساموئلسون هم این نظر را رد کرد و در واقع این جنبه از کار باشلیه را مضحک می‌دانست). روش ساده‌ای برای آزمون این فرضیه که قیمت‌های سهام در آینده توزیع نرمال دارند یا ندارند، آن بود که مجموعه‌ی تصادفی از سهام را انتخاب و حرکات قیمت آن‌ها را ترسیم کند. اگر فرضیه‌ی باشلیه درست می‌بود، انتظار می‌رفت قیمت سهام منحنی تقریباً زنگوله شکلی را بسازند. اما وقتی آزبورن به این آزمون دست زد، دریافت که قیمت‌ها به هیچ‌وجه توزیع نرمال ندارند. در واقع، اگر به داده‌ها نگاه می‌کردی، فرضیه‌ی باشلیه بلافاصله رد می‌شد. از حق نگذریم، باشلیه هم داده‌های تجربی را وارسی کرده بود، اما ویژگی نامعمول خاصی از بازار اوراق بهادار دولت فرانسه — به‌ویژه که قیمت آن‌ها بسیار آرام تغییر می‌کرد و هیچ وقت تغییر نمایانی نداشت - باعث شد مدل باشلیه کارآمدتر از آن‌چه بود به نظر برسد.

پس، توزیع قیمت‌های آزبورن به چه شکل بود؟ آن منحنی کوهان داشت؛ در یک طرف دُم بلندی داشت و در طرف دیگر اصلاً دُم نداشت. شکل منحنی قیمت چندان شبیه زنگوله نبود، بلکه به منحنی آزبورن شباهت داشت. پس می‌شد نتیجه گرفت که خود قیمت‌ها توزیع نرمال ندارد، بلکه این *نرخ‌های بازده است* که توزیع نرمال دارد. منظور از نرخ بازده سهام، میانگین درصد تغییرات قیمت در هر زمان است. فرض کنید ۲۰۰ دلار دارید، ۱۰۰ دلار آن را در حساب سپرده سرمایه‌گذاری می‌کنید، و با ۱۰۰ دلار بقیه سهام می‌خرید. یک‌سال بعد، شما احتمالاً دیگر ۲۰۰ دلار ندارید؛ بیش‌تر یا کم‌تر از این مبلغ دارید. تفاوت مربوط به بهره‌ای است که روی سپرده گرفته‌اید یا مربوط به تغییراتی است که قیمت سهام کرده است. نرخ بازده سهام را می‌توان نرخ بهره‌ای پنداشت که بانک می‌باید بپردازد (یا دریافت کند) تا مانده‌های دو حساب شما مساوی شود. این روشی برای درک تغییر قیمت سهم نسبت به قیمت اولیه‌ی آن است.

نرخ بازده هر سهم با رشته‌ای از عملیات ریاضی که لگاریتم نام دارد، به تغییرات قیمت مربوط می‌شود [۱۲]. به این دلیل، اگر نرخ‌های بازده توزیع نرمال داشته باشد، توزیع احتمالات قیمت سهام به شکل توزیعی است که لگاریتم نرمال یا لگ‌نرمال نامیده می‌شود [۱۳]. (به شکل ۲ مراجعه کنید تا ببینید شکل منحنی چگونه است.) توزیع لگ‌نرمال آن شکل کوهان‌دار مضحک دم‌دار است که آزبورن

با درج اعداد قیمت‌های واقعی سهام بدان رسید. نتیجه‌ی این تحلیل آن بود که این نرخ بازده است که از ولگشت تبعیت می‌کند، نه قیمت سهام. این ملاحظه بلافاصله مشکل ناجور مدل باشلیه را برطرف می‌کند. اگر قیمت‌های سهام توزیع نرمال داشته باشند، و عرض توزیع را زمان تعیین کند، پیش‌بینی مدل باشلیه آن است که پس از گذشت مدت زمان طولانی، همواره این امکان وجود دارد که هر سهم خاص قیمت منفی به خود بگیرد. اما می‌دانیم که این ممکن نیست، و محال است سهامدار بیش از قیمتی که برای سهام پرداخته، چیزی از دست دهد. مُدل آزبورن این مشکل را ندارد. هر چقدر هم که نرخ بازده سهم منفی شود، خود قیمت منفی نمی‌شود - بلکه بیش‌تر و بیش‌تر به صفر نزدیک می‌شود.

احتمال در مدل آزبورن



شکل ۲. استدلال آزبورن این بود که نرخ بازده و نه قیمت سهام، توزیع نرمال دارد. چون قیمت و نرخ بازده رابطه‌ی لگاریتمی دارند، مدل آزبورن می‌گوید قیمت می‌باید *توزیع لگ‌نرمال* داشته باشد. این دو منحنی نشان می‌دهد برای سهمی که امروز قیمت آن ۱۰ دلار است، این دو توزیع در آینده به چه شکل خواهد بود. منحنی (الف) مثالی از توزیع نرمال نرخ‌های بازده است، و منحنی (ب) با توجه به این احتمالات نرخ بازده، توزیع قیمت لگ‌نرمال وابسته به آن است. توجه شود که در این مدل، نرخ بازده می‌تواند منفی شود، اما قیمت سهام هرگز منفی نمی‌شود.

آزبورن دلیل دیگری هم داشت تا باور کند چیزی که تابع ولگشت است، نرخ بازده است و نه قیمت سهام. وی استدلال کرد که سرمایه‌گذاران چندان به حرکت مطلق سهام توجه ندارند، بلکه برایشان تغییر درصدها مهم است. فرض کنید سهمی دارید که ۱۰ دلار می‌ارزد و یک دلار افزایش قیمت پیدا می‌کند. بدین‌ترتیب ۱۰٪ گیرتان آمده. اگر قیمت سهم ۱۰۰ دلار بود و یک دلار بالا

می‌رفت، اگر هم خوشحال می‌شدید، به اندازه‌ی مورد قبلی نبود، چرا که سهم شما فقط یک درصد افزایش قیمت یافته بود. قیمت باید در این مورد به ۱۱۰ دلار برسد تا سهامدار به اندازه‌ی فرد قبلی که قیمت سهمش از ۱۰ به ۱۱ دلار رسیده، خرسند باشد. لگاریتم این ارزیابی نسبی‌شده را در نظر می‌گیرد: لگاریتم این ویژگی مناسب را دارد که تفاوت بین (۱۰) Log با (۱۱)Log مساوی تفاوت بین (۱۰۰)Log با (۱۱۰)Log است. به بیان دیگر، نرخ بازده برای سهمی که قیمت آن از ۱۰ شروع می‌کند و به ۱۱ می‌رسد، مساوی سهمی است که از ۱۰۰ شروع می‌شود و به ۱۱۰ می‌رسد. آمارشناسان می‌گویند لگاریتمِ قیمت ویژگی فاصله‌ی مساوی[۱] را دارد: تفاوت بین لگاریتم دو قیمت به تفاوت رضایت روانشناختی سود یا زیان مرتبط با آن دو قیمت برمی‌گردد.

شاید توجه کرده باشید که استدلال پاراگراف بالا، که درست همان استدلالی است که آزبورن در مقاله‌ی «حرکت براونی در بازار سهام» ارائه می‌کند، کم‌وبیش غافلگیرمان می‌کند. او می‌گوید ما به لگاریتم قیمت‌های سهام علاقه‌مندیم، چون لگاریتم قیمت‌ها *به نحو بهتری احساس سرمایه‌گذار را نسبت به سود و زیانش منعکس* می‌کند. به بیان دیگر، ارزش عینی تغییر قیمت سهام به خودی خود اهمیتی ندارد، بلکه مهم عکس‌العملی است که سرمایه‌گذار نسبت به تغییر قیمت دارد. در واقع، انگیزه‌ی آزبورن برای انتخاب لگاریتم قیمت به عنوان متغیر اصلی توجه به اصل روانشناختی معروف به قانون وبر – فچنر[۲] است [۱۴]. ارنست وبر و گوستاو فچنر، روانشناسان قرن ۱۹، این قانون را برای توضیح این موضوع وضع کردند که افراد چگونه نسبت به محرک‌های فیزیکی مختلف عکس‌العمل نشان می‌دهند. در یک رشته آزمون‌های تجربی، وبر از افراد با چشم بسته خواست تا وزنه‌هایی را نگاه دارند. او به تدریج به وزن این وزنه‌ها اضافه می‌کرد تا آنجا که افراد بگویند وزنه سنگین‌تر شده است. نتیجه این می‌شد: افرادی که با وزنه‌های چندگرمی شروع کرده بودند، وقتی اندک وزنی چندگرمی به وزنه‌ی آن‌ها اضافه می‌شد، تفاوت را احساس می‌کردند، اما اگر فرد با وزنه‌ی سنگینی شروع کرده بود، چند گرم اضافی را احساس *نمی‌کرد*. نتیجه این که کوچک‌ترین مقدار قابل‌ادراک متناسب با وزن اولیه است.

به بیان دیگر، اثر روانشناختی تغییری بر هر محرک را براساس اندازه‌ی مطلق تغییر تعیین نمی‌کنند،

---

۱. equal interval

۲. Weber – Fechner Law

بلکه تغییر نسبت به نقطه‌ی آغازین است که اهمیت دارد.

بنابراین، همان‌طور که آزبورن مشاهده کرد، این واقعیت که به نظر می‌رسد سرمایه‌گذاران بیش‌تر نگران درصد تغییراند تا قدر مطلق آن، بیانگر واقعیت روانشناختی عمومی است. اخیراً عده‌ای مدل‌سازی ریاضی بازارهای سرمایه را با استفاده از روش‌های فیزیک مورد انتقاد قرار داده‌اند، و گفته‌اند که بازار سرمایه مرکب از مردم است و نه کوارک یا اشیاء. فیزیک برای توضیح توپ بیلیارد و سطح شیب‌دار خوب است، حتی برای مسافرت فضایی یا راکتورهای هسته‌ای، اما همان‌طور که نیوتون گفت، فیزیک نمی‌تواند دیوانگی آدمیان را تبیین کند. این نوع انتقادها تا حد زیادی از عقاید اندیشمندان رشته‌ی اقتصاد رفتاری نشأت می‌گیرد که می‌کوشند اقتصاد را با تکیه بر روانشناسی و جامعه‌شناسی دریابند. از این نظرگاه، بازارها همه بازگوکننده‌ی نقاط ضعف آدم‌هاست - آن‌ها را نمی‌شود به فرمول‌های فیزیک و ریاضیات تقلیل داد.

بنا بر همین یک دلیل بحث آزبورن از نظر تاریخی جالب است و فکر می‌کنم خیلی مسائل را آشکار می‌کند. یعنی نشان می‌دهد که مدل‌سازی ریاضی بازارهای مالی نه تنها با تفکر درباره‌ی بازارها برحسب روانشناسی سرمایه‌گذاران منطبق است، بلکه بهترین مدل‌های ریاضی آن‌هایی است که مثل مُدل آزبورن و برخلاف باشلیه، روانشناسی را در نظر می‌گیرد. البته، روانشناسی آزبورن حتی با معیارهای سال ۱۹۵۹ خام و اولیه بود. (در آن زمان که آزبورن از آن استفاده کرد، صد سال از عمر قانون وبر-فچنر می‌گذشت، و تحقیقات جدیدتری در این باره وجود داشت که افراد انسانی چگونه در برابر تغییر عکس‌العمل نشان می‌دهند.) اقتصاد مدرن نظریه‌های پیچیده‌تری از قانون وبر- فچنر از روانشناسی برگرفته است، و بعدها در این کتاب مثال‌هایی از آن را خواهیم دید. اما، نظریات جدیدی که از روانشناسی و رشته‌های وابسته به آن می‌گیریم، در عین حال توان ما را برای استفاده از ریاضیاتی بالا می‌برد که بازارهای مالی را به شکل مورد اعتمادتری مدل‌سازی می‌کنند، ما را به سمت مفروضاتی واقع‌گرایانه‌تر هدایت می‌کنند، و به ما اجازه می‌دهند شرایطی را بشناسیم که در آن انبوهی از مدل‌های موجود پاسخگوی آن شرایط نیستند.

آزبورن به کار با بهترین فیزیکدانان زمانه‌ی خود عادت داشت، و مقهور شهرت و اعتبار کسی نمی‌شد. اگر راه‌حلی برای مشکل می‌یافت، و یا اگر مطمئن می‌شد چیزی را دریافته است، با حرارت و شدت از آن دفاع می‌کرد. برای نمونه، در اوایل ۱۹۴۶، به نظریه‌ی نسبیت علاقه‌مند شد. برای این‌که این نظریه را کاملاً دریابد، کتابی از اینشتاین، *مفهوم نسبیت*، را انتخاب کرد که در آن

اینشتاین این بحث را مطرح کرده بود که چقدر مادهٔ تاریک[۱] در کیهان وجود دارد [۱۵]. در واقع، بحث‌های مربوط به مادهٔ تاریک در کیهان یعنی ماده‌ای که نور را از خود عبور نمی‌دهد و منتشر نمی‌کند، نخست در دههٔ ۳۰ قرن نوزدهم از روی اثرات آن بر گردش کهکشان‌ها کشف شده بود. دوستداران فیزیک می‌دانند که امروزه مادهٔ تاریک یکی از گیج‌کننده‌ترین رمزورازها در کیهان‌شناسی است. مشاهدات ما در سایر کهکشان‌ها نشان می‌دهد که بخش عمدهٔ ماده‌ها در جهان غیرقابل مشاهده‌اند؛ و این امری است که بهترین نظریه‌های فیزیک ما هم نمی‌تواند آن را توضیح دهد.

اینشتاین روش ساده‌ای برای پی‌بردن به حداقل میزان کل مادهٔ تاریک در کیهان ارائه کرد. وی استدلال کرد که به طور کلی چگالی مادهٔ تاریک در جهان حداقل به اندازهٔ تراکم آن درون یک کهکشان است (یا در گروهی از کهکشان‌ها که به آن خوشهٔ کهکشانی می‌گویند). آزبورن به این نتیجه رسید که این استدلال درست نیست. اولاً به نظر می‌رسید اینشتاین رشته مفروضات نامناسبی دارد. علاوه بر این، شواهد گویایی که در سال ۱۹۴۶ در اختیار دانشمندان بود نشان می‌داد که بیش‌ترین میزان مادهٔ تاریک به بخش‌های خاصی از هر کهکشان محدود می‌شود و اصولاً مادهٔ تاریک در فضای خالی وجود ندارد (هنوز به نظر می‌رسد این استدلال صحیح باشد). پس بنا بر هر استدلال می‌توان گفت تراکم مادهٔ تاریک در هر کهکشان به طور کلی بیش‌تر از تراکم آن در فضاست.

تا سال ۱۹۴۶، بیش‌تر افراد اگر با استدلال اینشتاین در مورد نسبیت یا فیزیک نجومی مخالف بودند، فرض را بر این می‌گذاشتند که چیزی را درست نفهمیده‌اند. اینشتاین دیگر بدل به بتی در عرصهٔ فرهنگ شده بود. اما آزبورن به این چیزها توجه نداشت. وقتی چیزی را می‌فهمید، آن را فهمیده بود، و شهرت و اعتبار هر اندازه که بود نمی‌توانست او را خاموش کند. پس نامه‌ای به اینشتاین نوشت و در آن مؤدبانه استدلال اینشتاین را غیرقابل قبول دانست. اینشتاین با تکرار عباراتی از کتاب خود به نامهٔ وی پاسخ داد. آزبورن دوباره نامه‌ای نوشت. اینشتاین پذیرفت که استدلالش مشکل دارد، اما تأکید کرد که نتیجه‌گیری‌هایش کماکان صحیح است، و از این‌رو استدلال دیگری ارائه کرد. بار دیگر آزبورن آن استدلال را رد کرد. پس از بارها نامه‌نگاری، روشن بود اینشتاین نظر آزبورن را نپذیرفته است. اما برای آزبورن هم روشن بود که استدلال کتاب درست نیست و اینشتاین هیچ استدلال مناسب دیگری در

---

۱. dark matter

آستین ندارد.[۱]

آزبورن با همان روحیه کار خود را در اقتصاد دنبال کرد. او بی‌توجه به نداشتن سابقه در حوزه‌ی اقتصاد یا مالی، تحقیقات خود را مثل مهندسی مطمئن از کار خود ارائه داد. در مجله‌ای به نام *تحقیقات عملیاتی*[۲] مقاله‌ی «حرکت براونی در بازار سهام» را چاپ کرد. این نشریه‌ای اقتصادی نبود، اما طولی نکشید که اقتصاددانان و ریاضی‌دانان علاقه‌مند به اقتصاد آن را خواندند و پژوهش آزبورن به‌سرعت توجه زیادی را جلب کرد. بعضی از نقدها مثبت بود، اما مقاله بدون حرف و حدیث هم نبود. در واقع، وقتی آزبورن نخستین مقاله‌ی مالی خود را چاپ کرد، اطلاعاتی از مطالعات باشلیه، ساموئلسون یا شمار دیگری از اقتصاددانان نداشت که هر کدام به روشی گفته بودند قیمت‌های سهام تصادفی است. اقتصاددانان بسیاری به عدم‌اصالت مقاله اشاره داشتند تا آن‌جا که آزبورن مجبور شد چند ماه بعد مقاله‌ی دومی بنویسد و در آن تاریخچه‌ی کوتاهی از نظریه‌ی تصادفی‌بودن بازارها ارائه کند، و اعتبار نظریه را از آن باشلیه بداند که نخستین‌بار آن را مطرح کرده بود، اما هم‌چنان از روشی که در تدوین موضوع به کار برده بود، دفاع کرد.

آزبورن بر سر مواضع خودش به‌درستی ایستاد. به‌رغم ارتباط کار او با آثار متأخر، مقاله‌ی تصادفی‌بودن بازار سهام او آن‌قدر اصیل بود که بعدها ساموئلسون ناچار شد به پیشگامی آزبورن در توسعه‌ی نسخه‌ی جدیدی از فرضیه‌ی ولگشت، همزمان با ایامی که او و دانشجویانش روی موضوع کار می‌کردند، اعتراف کند. اما نکته‌ی مهم‌تر این بود که رویکرد آزبورن در طراحی مدلش از موضع دانشمند تجربی محضی بود که با داده‌ها سروکار داشت. وی رشته‌ای از آزمون‌های آماری را طراحی کرده و به کار گرفته بود که با نسخه‌ی مدل حرکت براونی او تأیید می‌شد. پژوهشگران دیگری چون موریس کندال[۳] آمارشناس - که در سال **۱۹۵۳** نشان داد قیمت سهام همان‌قدر که احتمال بالارفتن دارد، احتمال پایین‌آمدن نیز دارد — درباره‌ی تصادفی‌بودن قیمت سهام کار تجربی کرده بودند. اما آزبورن اولین کسی بود که اهمیت توزیع لگ‌نرمال بازار

---

۱. فکر می‌کنم بیش‌تر فیزیکدان‌هایی که آن نامه‌ها را بخوانند، خواهند گفت که در این مجادله‌ی علمی، آزبورن دست بالا را داشت.

۲. *Operational Research*

۳. Maurice Kendall

را نشان داد [۱۷]. همچنین، او اولین کسی بود که به‌وضوح مدلی طراحی کرد که نشان داد تصادفی‌بودن بازار چگونه کار می‌کند و چگونه می‌توان احتمالات قیمت‌های آتی (و نرخ‌های بازده) را از آن استخراج کرد. همچنین، داده‌های پذیرفتنی برای مدل بازار خود ارائه کرد که نحوه‌ی کارکرد واقعی بازارها را نشان می‌داد. به‌رغم تردیدهایی که پیرامون اصالت کار آزبورن وجود داشت، اقتصاددانان به زودی دریافتند که وی نظریه و شواهد را با هم به‌گونه‌ای گردآورده که قبلاً دیده نشده بود. وقتی پل کوتنر در ام‌آی‌تی مهم‌ترین نوشته‌های نظریه‌ی ولگشت را برای چاپ سال ۱۹۶۴ کتاب خود گرد می‌آورد – همان چاپی از کتاب که نخستین ترجمه‌ی انگلیسی پایان‌نامه‌ی باشلیه را ارائه کرد - دو مقاله‌ی آزبورن را بدان افزود: یکی مقاله‌ی ۱۹۵۴ روی حرکت براونی و دومی مقاله‌ای که کارهای قبلی را توسعه و تعمیم داده بود.

قبل از این‌که آزبورن شروع به تفکر در مورد بازارها کند، ۱۵ مقاله در مورد فیزیک و موضوعات مربوطه منتشر کرده بود، و ۱۵ سال بود که شغل ثابتی در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی داشت و با بهترین فیزیکدانان نیمه‌ی قرن بیستم به عنوان همکار و طرف بحث دست و پنجه نرم کرده بود. با این همه، هنوز دکترای فیزیک یا رشته‌ی دیگری نداشت. او در سال ۱۹۴۱ مدرسه‌ی تحصیلات تکمیلی را رها کرده بود تا به آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی بپیوندد. از یک طرف، برای فردی چون آزبورن، گرفتن دکترا چندان معنا نداشت، و بدون دکترا هم زندگی پروپیمانی داشت، و هیچ‌کس در اعتبار او به عنوان پژوهشگر، تردید نمی‌کرد. کار او خود مُعَرِف او بود. با همه‌ی این احوال، در نیمه‌ی دهه‌ی ۱۹۵۰ تصمیم گرفت مدرک دکترا را دنبال کند تا حداقل در آزمایشگاه نیروی دریایی ترفیعی بگیرد. بدین‌ترتیب مثل بسیاری از همکاران خود در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی، به دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه مریلند رفت. در آن‌جا بدون ترک کار خود در آزمایشگاه، می‌توانست دکترا هم بگیرد.

در مرحله‌ی اول، آزبورن تصمیم گرفت پایان‌نامه‌ی خود را به موضوع ستاره‌شناسی اختصاص دهد (معمولاً، دانشجویان ارشد و دکترا اول طرح پیشنهاد عنوان پایان‌نامه را می‌نویسند، اما آزبورن کاری با این ترتیبات نداشت و کل پایان‌نامه را نوشت). او پایان‌نامه را نزد رئیس دانشکده‌ی فیزیک برد، اما وی آن را بلافاصله رد کرد و گفت که خیلی‌ها روی این موضوع کار کرده‌اند، و پژوهش آزبورن کار اصیلی نبود. پس آزبورن پایان‌نامه‌ی دومی برپایه‌ی مطالعات خود در بازار سرمایه نوشت. دانشکده این پایان‌نامه را هم به دلیل مربوط‌نبودن آن به فیزیک رد کرد. آزبورن

بعدها می‌گفت: «از تو می‌خواهند که پایاننامه‌ات اصالت داشته باشد، اما اگر کار واقعاً اصیلی بکنی، از کار تو سردرنمی‌آورند.» تحقیقات بازار سهام را به عنوان کاری در حوزه‌ی فیزیک شاید در جامعه‌ی تحقیقاتی دولت قبول می‌کردند، یعنی در جایی که هر نوع تحقیق کاربردی با ارزش تلقی می‌شد. اما از نگاه بخش دانشگاهی سنتی، چنین کاری فیزیک تلقی نمی‌شد. البته هر چند با کار آزبورن، در قیاس با زمان باشلیه به مراتب بهتر برخورد کردند، اما کماکان پژوهش وی روی مدل‌سازی مالی تعجب بسیاری را برانگیخته بود.

آزبورن اهل این نبود که حتی پس از رد شدن دو پایان‌نامه‌اش، موضوع را رها کند. او مقاله‌ی «حرکت براونی بازار سهام» را برای *مجله‌ی تحقیقات عملیاتی* فرستاد، و به نوشتن پایان‌نامه‌ی سوم مشغول شد. در این پژوهش، توجه وی به موضوعی معطوف شد که قبل از فکرکردن به بازار سرمایه، درباره‌ی آن کار کرده بود. موضوع سوم به کارایی سفر ماهی آزاد مربوط بود [۱۹]. ماهی آزاد بیش‌تر عمر خود را در اقیانوس می‌گذراند. اما وقتی زمان تولید مثل فرامی‌رسد، به محل تولد خود برمی‌گرد، و این محل غالباً هزار مایل در جهت مخالف جریان آب اقیانوس است؛ آن‌جا تخم‌ریزی می‌کند و می‌میرد. اما وقتی اقیانوس را ترک می‌کند، دیگر چیزی نمی‌خورد. آزبورن دریافت که معنای این حرکت آن است که می‌شود کارایی شنای ماهی آزاد را با بررسی فاصله‌ای که سفر کرده و مقدار چربی‌ای که از دست داده، برآورد کرد. اندیشه‌ی اصلی آن بود که ماهی آزاد قایقی پنداشته شود که مسافت معینی را بدون تجدیدسوخت طی می‌کند.

وقتی او این پایان‌نامه‌ی سوم را به پایان رساند و عرضه کرد، مجدداً با واکنش سرد دانشگاه روبرو شد. روشن نبود که این پایان‌نامه‌ی سوم بیش از پایان‌نامه‌ی دوم به فیزیک مربوط باشد. اما بالاخره این پایاننامه پذیرفته شد. دانشگاه می‌خواست بودجه‌ی تحقیقاتی بزرگی در بیوفیزیک بگیرد (مطالعه‌ی فیزیک سیستم‌های بیولوژیکی)، و مدیریت دانشگاه می‌خواست توان علمی خود را در این حوزه نشان دهد. این چنین بود که در سال ۱۹۵۹، تقریباً ۲۰سال پس از ورود به آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی، و در همان سالی که مقاله‌ی «حرکت براونی در بازار سهام» به چاپ رسید، آزبورن بالاخره دکترای خود را دریافت کرد (و به ترفیعی که شایسته‌اش بود، در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی دست یافت).

مطالعه درباره‌ی ماهی آزاد مهاجر تشابه جالب‌توجهی با کارهای آزبورن در بازارهای مالی داشت. مدل او در مورد چگونگی شنای ماهی برخلاف جهت جریان آب تحلیلی را شامل می‌شد که

مقیاس‌های زمانی متعدد داشت. این تحلیل به اثرات مربوط به نحوه‌ی شنای ماهی در فواصل زمانی کوتاه مربوط می‌شد؛ این خود به مواردی چون قدرت جریان آب در رودخانه در هر لحظه‌ی زمانی ارتباط می‌یافت. همچنین، نتایجی یافته شد که اگر شنای ماهی آزاد در چند متر تعقیب می‌شد، به روشنی به چشم نمی‌آمد، اما هنگامی دیده می‌شد که ماهی مسافت درازی چون هزار مایل را می‌پیمود. اثر نوع اول را حرکات «تند» و نوع دوم را حرکات «کند» در ارزیابی کارایی شنای ماهی آزاد به حساب می‌آوریم. مشکل آن بود که داده‌های مربوط به حرکات کند به مراتب بیش‌تر بود. به‌آسانی می‌توان ثبت کرد که تقریباً چند ماهی آزاد در زمانی خاص به نقطه‌ای معین می‌رسند؛ اما مشکل می‌توان ثبت کرد که با تغییرات جریان آب، چگونه یک ماهی خاص به جلو حرکت می‌کند.

آزبورن مدلی نظری طراحی کرده بود که هم جریان‌های تند و هم جریان‌های کند را توضیح می‌داد، و همچنین نشان می‌داد چگونه این دو جریان به یکدیگر مربوط می‌شوند. او به دنبال روشی بود که مدل خود را آزمون کند. یک راه برای انجام این کار آن بود که درباره‌ی هر ماهی اطلاعات بهتری جداگانه گردآوری شود، اما این کار مشکل بود و آزبورن نمی‌دانست از کجا شروع کند. گزینه‌ی دوم آن بود که سیستم دیگری بیابد که حرکت‌های تند و کندی را نشان دهد که خود می‌خواست مطالعه کند تا دریابد آیا همان مدل در مورد هر دوِ آن‌ها جواب می‌دهد. آزبورن وقتی به بررسی ارقام قیمت‌های سهام وال‌استریت پرداخت، چیزی نگذشته دریافت که در بازارها هم مقیاس‌های مختلف نوسان وجود دارد. بعضی نیروهای بازار، مثل جزئیات نحوه‌ی کار بازار یا روابط متقابل معامله‌گران در طول روز، بر نحوه‌ی تغییر قیمت‌ها اثر می‌گذارد. این‌ها شباهت بسیاری به حرکات تندی دارد که ماهی آزاد از یک پیچ رودخانه تا پیچ دیگر تجربه می‌کند. اما، نیروهای دیگری هم بر بازار اثر می‌گذارند، چیزهایی چون چرخه‌های کسب‌وکار و نرخ‌های بهره‌ی دولت؛ و این‌ها زمانی روشن می‌شود که به عقب نظر انداخته و به دوره‌ی زمانی طولانی‌ای نگاه کنیم. این‌ها همان حرکات کند هستند. بدین‌ترتیب، بازار مالی بهترین جایی بود که برای بدست‌آوردن داده به آن‌جا رجوع کنند تا نظریات آزبورن در مورد این‌که چگونه حرکات مختلف بر یکدیگر اثر می‌گذارند، به بوته‌ی آزمایش درآید.

این فرایند از جهت دیگر نیز کار می‌کرد. بعد از بسط مدل مهاجرت ماهی آزاد در چارچوب قیمت‌های بازار سهام، و بعد از تعدیل مُدل متناسب با داده‌هایی که برای آزمون آن‌ها گردآوری

شده بود، وی این مدل را برای حل مشکلی در فیزیک برگزید. آزبورن مدل جدیدی برای جریان‌های عمق اقیانوس ارائه کرد [۲۰]. او به خصوص، توانست توضیح دهد چگونه حرکت تصادفی مولکول‌های آب (حرکات سریع در اصطلاح مقاله‌ی ماهی آزاد) باعث حرکات در پدیده‌ی بزرگ - مقیاس نظام‌مندی چون جریان‌های آب (نوسان‌های کُند) می‌شود. به نظر آزبورن، کار فیزیک و مالی از درون درهم تنیده بود.

در مورد استقبال از کار آزبورن و تأثیر مستقیم آن نباید مبالغه کنیم، هر چند چنان که خواهیم دید، افکار او در نهایت انقلابی در بازارهای مالی برپا کرد. واقعیت این است که تأثیر کار آزبورن بر والاستریت در قیاس با نسخه‌های کامل‌تری از مدل او که بعدها به دست دیگران پرداخته شد، چندان قابل توجه نبود. آزبورن موقعیتی بینابینی میان علوم مختلف داشت. کارهای او را بسیاری از دانشگاهیان و نیز حرفه‌ای‌های علاقه‌مند به تئوری می‌خواندند، اما والاستریت هنوز آماده نبود در جهتی حرکت کند که آثار آزبورن توصیه می‌کرد. بخشی از مشکل ناشی از این بود که آزبورن خیال می‌کرد مُدل تصادفی‌بودن بازارهای او بدین معناست که نمی‌توان قیمت‌های تک‌تک سهام را در طول زمان پیش‌بینی کرد، چون آن قیمت‌ها تغییر می‌کردند [۲۱]. برخلاف باشلیه، آزبورن مطالعات خود را به اختیار معامله پیوند نمی‌زد تا دریابد که ویژگی‌های آماری بازارها به ما کمک می‌کنند تا تعیین کنیم اختیار معاملات چه وقت قیمت‌های درستی دارند. در واقع، با مطالعه‌ی «حرکات براونی در بازار سهام» و کارهای بعدی آزبورن هر کس به این فکر می‌آفتد که هیچ *راهی* برای سودبردن از بازار سهام وجود ندارد؛ قیمت‌ها غیرقابل پیش‌بینی‌اند؛ میانگین عایدی سفته‌باز صفر است، و سرمایه‌گذاری صرفاً همراه با باخت است.

بعدها، دیگران کارهای آزبورن را مطالعه کردند، و نتیجه گرفتند که نتایج خوشبینانه در آن کم نیست. اگر بدانید که قیمت‌های سهام در اصل تصادفی است، آن‌گاه همان‌گونه که باشلیه به آن اشاره داشت، می‌توانید ارزش اختیار معامله یا مشتقه‌های دیگر را براساس قیمت سهام محاسبه کنید. آزبورن کار خود را حداقل تا اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰، در این راستا قرار نداد؛ یعنی تا زمانی که دیگران در آن مسیر دست به کار شدند. برعکس، او بیش‌تر باقی‌مانده‌ی وقت خود را صرف یافتن راه‌هایی کرد که در آن‌ها قیمت‌های سهام تصادفی نباشند. به بیان دیگر، پس از اصرار بر ادعای بسیار بحث‌برانگیز خود در اثبات این‌که قیمت‌های سهام بیانگر «دیوانه‌خانه‌ای تمام و کمال» (اصطلاحی که خود در مقالاتش بسیار تکرار کرد) است، به شکلی نظام‌مند و همه‌جانبه برای

اثبات نظم و پیش‌بینی‌پذیری قیمت‌ها سهام دست به پژوهش زد [۲۲].

موفقیت‌های محدودی در این زمینه داشت. نشان داد که حجم معاملات - تعداد معاملاتی که در هر فاصله‌ی زمانی انجام می‌شود - ثابت نیست؛ درست برخلاف فرض ساده‌انگارانه‌ی مدل حرکت براونی [۲۳]. بلکه در آغاز و پایان روز معاملاتی، حجم معاملات به اوج می‌رسد، و در طول یک هفته‌ی متوسط و طی گذشت یک ماه نیز همین اتفاق می‌افتد. (همه‌ی این نوسان‌ها ضمناً همان «نوسان‌های کندی» است که آزبورن در سفر ماهی آزاد شناسایی کرد - البته، نه در مورد قیمت‌ها، بلکه در مورد تعداد معاملات.) آزبورن این تغییرات را به اصل دیگری از روانشناسی بازار ربط می‌داد، و آن این‌که سرمایه‌گذاران «دامنه‌ی توجه» محدودی دارند. آنان به سهمی علاقه‌مند می‌شوند، کلی معامله می‌کنند، و باعث می‌شوند که حجم معاملات اوج بگیرد، و بعد به تدریج توجه آنان از آن سهم منحرف می‌شود، و حجم کاهش می‌یابد. اگر نوسان در حجم را بپذیریم، آن وقت باید فرض زیرین مدل ولگشت را تغییر دهیم، و به مدل جدید و دقیق‌تری از شکل‌گیری قیمت‌ها برسیم که آزبورن آن را مدل «حرکت براونی توسعه‌یافته» نامید.

در اواسط دهه‌ی ۶۰ قرن بیستم، آزبورن و یکی از همکارانش نشان دادند که شانس این‌که در هر لحظه قیمت *سهمی بالا* رود، با شانس سقوط قیمت برابر نیست [۲۴]. به یاد داریم که این فرض پایه‌ی اصلی مدل حرکت براونی بود، و می‌گفت که هر گام در یک جهت، درست همان‌قدر محتمل است که گامی در جهت دیگر. آزبورن نشان داد که اگر قیمت *سهمی اندکی* بالا برود، احتمالِ بیش‌تر آن است که در حرکت بعدی *پایین* بیاید، نه این‌که دوباره بالا برود. به همان شکل، اگر قیمت سهمی *پایین* برود، احتمال بیش‌تری وجود دارد که در تغییر بعدی *بالا* برود. یعنی، از هر لحظه به لحظه‌ی بعد، احتمال این‌که بازار در مسیر *عکس* بیفتد بیش‌تر از آن است که مسیر قبلی را دنبال کند. اما این سکه روی دیگری هم داشت. اگر قیمت سهمی دوبار در جهتی حرکت کند، احتمال بیش‌تری دارد که در مقایسه با یک بار حرکت، همان مسیر را ادامه دهد. آزبورن استدلال می‌کرد که زیرساخت‌های تالار معاملاتی باعث غیرتصادفی‌بودن می‌شود. آزبورن موضوع را با ارائه‌ی مدلی ادامه داد که در آن نحوه‌ی تغییرات قیمت با توجه به این نوع رفتار تبیین‌شده بود.

این یکی از پژوهش‌های ستودنی آزبورن است، و نشان می‌دهد چرا آزبورن در داستان پیونددادن فیزیک و مالی تا این حد اهمیت داشته است. این اندیشه که قیمت‌ها احتمال مساوی برای بالا و پایین رفتن دارند، هسته‌ی اصلی روایت آزبورن از فرضیه‌ی بازار کارا بود، و فرض محوری مدل

اولیه‌ی وی را شکل می‌داد. اما وقتی دریافت این فرض قابل‌اتکا نیست، به دنبال مدلی گشت که با اتکا به آن‌چه از بازارهای واقعی دریافته بود، آن مدل بر فرض‌های واقع‌بینانه‌تری استوار باشد.

از همان آغاز کار، آزبورن روشن کرد که منطبق با کار نظری‌ای که در ستاره‌شناسی و دینامیک سیالات تجربه کرده، این شیوه‌ی تحقیق، روش اوست. در آن رشته‌ها، مشکل می‌توانیم به یکباره همه‌ی مشکلات را حل کنیم. برعکس، با مطالعه‌ی داده‌ها کار شروع می‌شود، و آن‌گاه فرض‌های ساده‌ای می‌کنیم تا به مدل‌های ساده‌ای برسیم. اما این فقط قدم اول است. بعد، با دقت بررسی می‌شود که در کجاهای کار مفروضات ساده‌شده جواب نمی‌دهند، و دوباره با تکیه بر اطلاعات، برآورد می‌کنیم که مفروضات غلط چه‌قدر به پیش‌بینی‌های مدل آسیب رسانده است.

وقتی آزبورن مدل اولیه‌ی حرکت براونی را توضیح داد، دقیقاً به مفروضات آن مدل اشاره کرد. وی تصریح کرد که اگر مفروضات نادرست باشد، ضمانتی نیست که مدل هم کارآمد باشد. آن‌چه آزبورن و دیگر فیزیکدانان دریافته بودند این بود که اگر مفروضات زیربنایی مدل درست نباشد، مدل اشتباه نمی‌شود. بلکه این بدآن معناست که محقق باید بیش‌تر کار کند. وقتی مدلی را ارائه می‌کنید، قدم بعدی آن است که بگویید در چه صورتی مفروضات درست درنمی‌آیند و چه‌قدر نادرست هستند. و اگر دریابید که مفروضات دائماً قابل‌اتکا نیستند، و یا در شرایط خاصی صادق نیستند، باید بیابید که در چه شرایطی مفروضات نادرست‌اند و علت این‌که مفروضات غلط‌اند کدام است (برای مثال، آزبورن نشان داد که تغییرات قیمت از یکدیگر مستقل نیستند. این فرض به‌ویژه در هنگام بروز بحران‌ها بیش‌تر صدق می‌کند؛ در این شرایط، یک رشته حرکت‌های کاهشی قیمت سهام، بسیار محتمل است که باعث شود قیمت‌ها به سقوط ادامه دهند. وقتی این نوع رفتار گله‌وار[۱] بروز می‌کند، دیگر حتی مدل حرکت براونی تعمیم‌یافته‌ی آزبورن هم جواب درستی نمی‌دهد.) فرایند مدل‌سازی ایجاب می‌کند به طور دائمی بهترین مدل و نظریه‌های خود را در پرتو اطلاعات جدید ارتقاء دهید و بروزرسانی کنید. هر چه بیش‌تر به تدریج در مورد موضوع مطالعه اعم از این‌که سلول، طوفان یا قیمت‌های سهام باشد می‌فهمید، می‌باید بتوانید خود را به مدل و نظریه‌ی بهتری برسانید.

همه‌ی کسانی که با مدل‌های ریاضی در مالی کار می‌کنند به اندازه‌ی آزبورن نسبت به اهمیت این

---

۱. herding

روشن‌شناسی حساس نیستند. به خاطر همین هم هست که گاه مدل‌سازی ریاضی مالی ملازم با بحران‌ها و فاجعه‌های مالی است. اگر به انجام معامله طبق مدلی ادامه دهیم که مفروضاتش دیگر در بازار کار نمی‌کند، و در نتیجه پولمان را ببازیم، این به شکست مدل مربوط نیست. مثل این است که موتور اتوموبیل را به هواپیما ببندیم، و وقتی پرواز نکرد، عصبانی بشویم.

آزبورن به‌رغم الگوهایی از قیمت سهام که توانست کشف کند، به‌طور کلی به این باور رسید که روش مورد اعتمادی وجود ندارد که به اتکای آن بشود پیش‌بینی‌های درستی از رفتار آتی بازار ارائه کرد و سود بدست آورد. با این همه، فقط یک استثناء وجود داشت که از قضا هیچ ربطی با مدل‌های پیچیده‌ای نداشت که آزبورن در دهه‌ی ۶۰ طراحی کرده بود. در عوض، خوشبینی او در این جهت به خواندن ذهن بازار از طریق مطالعه‌ی رفتار معامله‌گران برمی‌گشت.

آزبورن متوجه شد که درصد بالایی از سرمایه‌گذاران عادی بورس روی اعداد کامل، مثلاً ۱۰ یا ۱۱ دلار، سفارش می‌گذارند، در حالی که سهام در بورس در واحدهای $\frac{1}{8}$ دلار ارزش می‌خورد. معنی این وضعیت آن است که معامله‌گر می‌تواند به دفاتر خود مراجعه کند و ببیند که عده‌ی زیادی از مردم می‌خواهند سهمی را مثلاً به ۱۰ دلار بخرند. او در آن صورت می‌تواند سهم را به $10\frac{1}{8}$ دلار بخرد، چرا که می‌داند در پایان روز سهم زیر ۱۰ دلار نمی‌رود، چرا که افراد زیادی هستند که در آن آستانه‌ی قیمت حاضرند سهم را بخرند. بنابراین، در بدترین وضعیت، معامله‌گر $\frac{1}{8}$ دلار ضرر می‌کند؛ در بهترین وضع اگر سهم بالا رود، او سود عمده‌ای نصیبش می‌شود. برعکس، اگر عده‌ی زیادی فروشنده‌ی سهم به ۱۱ دلار وجود داشته باشند، او با اطمینان می‌تواند سهم را به $10\frac{۷}{8}$ دلار بفروشد، چرا که بیش‌ترین میزان زیانش اگر قیمت سهام به جای پایین رفتن، بالا رود، می‌تواند $\frac{1}{8}$ دلار باشد. معنای این نوع سفارش خرید و فروش آن است که اگر در طول روز معاملاتی به ارقام معامله‌گرانی که $\frac{1}{8}$ دلار قیمت بالاتر یا پایین‌تر از ارقام کامل داده‌اند نگاه کنید، می‌توانید بفهمید که کارشناسان بازار در آن روز کدام یک از سهام بازار را سهم داغ می‌دانند از آن روی که عده‌ی زیادی در بازار به آن دل بسته‌اند.

این نکته مشخص شد که هر سهمی که نخبگان بازار، سهم داغ بازار فرض کنند، بهترین نشانه برای رفتار سهام است، یعنی نشانه‌ای بهتر از هر نشانه‌ی دیگر که آزبورن به دنبال آن می‌گشت. براساس این مشاهدات، آزبورن اولین برنامه‌ی معاملاتی را طراحی کرد؛ برنامه‌ای که می‌شد آن را روی

کامپیوتر آورد و با دادن اطلاعات، اجرا کرد [۲۵]. اما در ۱۹۶۶، وقتی او به این فکر رسید، کسی برای تصمیم‌گیری از کامپیوتر استفاده نکرد. دهه‌ها طول کشید تا اندیشه‌های آزبورن و افرادی چون او در جهان واقعی به آزمون درآید.

یادداشت‌ها

۱. تقریباً هیچ نوشته‌ای در مورد ام اف ام آزبورن وجود ندارد، در حالی که همگان نقش او را در مطالعات اولیه‌ی تصادفی‌بودن بازار قبول دارند. در نوشته‌ی برنشتاین (۱۹۹۳) اشاره‌ای گذرا به نام او می‌یابیم. آن‌چه در مورد شرح حال وی در این فصل آمده؛ حاصل چند مصاحبه با دو فرزند وی اُولی (Holly و پیتر Peter) آزبورن، مصاحبه‌ای با یکی از همکاران اصلی وی یعنی آقای جو مورفی (Joe Murphy)، و نیز عمدتاً برگرفته از اسنادی است که خانواده‌ی او در اختیار من گذاشتند. در میان این اسناد دو شرح حال وجود داشت که وی در سال ۱۹۸۷ (آزبورن ۱۹۸۷a و b ۱۹۸۷) برای اعضای خانواده‌ی خود تهیه دیده بود. اُولی، پیتر و خواهرشان ملیتا (Melita) آزبورن کارتر با بزرگواری نسخه‌ی اولیه‌ی این فصل را مطالعه و صحت مطالب آن را تأیید کردند.

۲. این نقل قول را از زندگی‌نامه‌ی کوتاه‌تری آوردم. که آزبورن قبل از مرگش، تقریر کرده و دیگران نوشته بودند (آزبورن b ۱۹۸۷).

۳. برای اطلاع بیش‌تر از تاریخچه‌ی آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی در قبل و بعد از جنگ جهانی دوم به آلیسون (۱۹۸۵) و گبهارد (۱۹۷۹) رجوع کنید.

۴. این مقاله‌ی آزبورن (۱۹۵۱)، ۶ سال دیرتر به چاپ رسید، زیرا هر چند آزبورن برای آن‌چه می‌خواست انجام دهد، مجوز و توافق داشت، اما یافتن نشریاتی که آثار بین‌رشته‌ای را چاپ کنند، دشوار بود. مقاله‌ی «پرواز حشرات» نهایتاً در *نشریه‌ی زیست‌شناسی تجربی* منتشر شد.

۵. وی همچنین مشاور داخلی شرکت نیز بود. دیگر دانشمندان نیروی دریایی می‌توانستند به دفتر او بیایند و سؤالات خود را مطرح کنند. آزبورن آن‌قدر سریع‌الانتقال و خلاق بود که در آزمایشگاه نقش منبع اطلاعات را بازی کند، هر چند مستقیماً در برنامه‌های تحقیقاتی

آزمایشگاه شرکت نمی‌کرد. همچنین، وی در زمان عملیات جست‌وجو برای کشتی U.S.S. Thresher، به این عملیات کمک کرد؛ تِرشِر زیر دریایی اتمی‌ای بود که در جریان آزمایش در آب‌های عمیق در سال ۱۹۶۳ گم شد.

۶. داستان پیدایش نایلون و مشارکت دوپون در پروژه‌ی پلوتونیوم را از هان‌شل و اسمیث (۱۹۸۸)، هان‌شل (۱۹۹۲) و ان‌دایه (۲۰۰۷) به ودیعه گرفته‌ام. جزئیات بیش‌تر درباره‌ی استقبال اولیه از نایلون را از نوشته‌ی هندلی (۲۰۰۰) استخراج کرده‌ام؛ برای اطلاع از سوابق پروژه‌ی منهتن (Manhattan) به آثار بگوت (۲۰۰۹)، رودز (۱۹۹۵)، جونز (۱۹۸۵) و گرووز (۱۹۶۲) رجوع کنید. برای درک بهتر شروع و توسعه‌ی «علم بزرگ»، به نوشته‌های گالیسون و هَولی (۱۹۹۲) یا گالیسون (۱۹۹۷) مراجعه شود. [«علم بزرگ» یا Big Science اصطلاحی است که دانشمدان و تاریخدانان علوم در توصیف تغییراتی به کار می‌گیرند که در حوزه‌ی علم در کشورهای صنعتی پس از جنگ جهانی دوم بوقوع پیوست. در این دوره، تحقیقات علمی بیش‌تر روی پروژه‌های بزرگی تمرکز یافت که دولت‌ها پول آن را می‌دادند– م.]

۷. *نشریه‌ی فیلادلفیا ریپورت*، ۱۰ نوامبر ۱۹۳۸ (هندلی ۲۰۰۰).

۸. به رودز (۱۹۹۵) رجوع کنید.

۹. غیر از منابعی که در بالا پیرامون پروژه‌ی منهتن ارائه شد، به کامپتون (۱۹۵۶) هم رجوع کنید.

۱۰. گرچه این موضوع واقعیت داشت، اما آزبورن داستان را اندکی متفاوت نقل می‌کند: وقتی از دبیرستان فارغ‌التحصیل شد، بلافاصله می‌خواست به دانشگاه ویرجینیا برود، اما پدرومادرش گفتند که کتاب راهنمای دانشگاه می‌گوید چنین دانشجوی کم سن‌وسالی را نمی‌پذیرند. وقتی سال بعد برای مصاحبه به دانشگاه رفت، مصاحبه‌کننده به وی گفت که دانشگاه با آغوش باز وی را در ۱۵ سالگی می‌پذیرفت. بعدها آزبورن بارها داستان کتاب راهنمای دانشگاه را (که ظاهراً والدینش ساخته بودند) نقل می‌کرد که آدمی نباید همیشه

آن‌چه را می‌خواند، باور کند. این استقلال روحیه ویژگی دائمی زندگی فکری آزبورن بود.

۱۱. مراجعه کنید به آزبورن (۱۹۵۹، صفحه‌های ۱۴۷-۱۴۶). می‌دانیم صحنه‌ای را که وی توصیف می‌کند، بسیار اتفاق می‌افتد.

۱۲. کسانی که در حوزه‌ی مالی کار می‌کنند، نرخ بازده را اغلب بازده و گاهی هم لگاریتم بازده می‌خوانند. توجه شما را به تفاوت آن با مطلق بازده، یعنی آن‌چه کلاً روی سرمایه‌گذاری بدست می‌آید، جلب می‌کنم. خیلی‌ها که حرفه‌ای نیستند، بازده را برابر کل آن‌چه حاصل می‌شود، می‌پندارند. چیزی که توزیع نرمال دارد. لگاریتم است نه ارقام مطلق بازده.

۱۳. برای آشنایی با توزیع احتمالات، و از جمله توزیع‌های لگ‌نرمال، رجوع کنید به کازلا و برگر (۲۰۰۲) و فوربس و دیگران (۲۰۱۱).

۱۴. رجوع کنید به آزبورن (۱۹۵۹).

۱۵. این کتاب از اینشتاین است (۱۹۴۶).

۱۶. اصل نامه‌ها در آرشیو اینشتاین در دانشگاه عبری اورشلیم نگاهداری می‌شود. خانواده‌ی آزبورن فتوکپی آن‌ها را در اختیار من گذاشتند (آزبورن و اینشتاین، ۱۹۴۶).

۱۷. به‌ویژه رجوع کنید به کندال (۱۹۵۳). آثار کندال در مورد تصادفی‌بودن قیمت‌های سهام به تفصیل در برنشتاین (۱۹۹۳) آمده است.

۱۸. این نقل قول از آزبورن است (۱۹۸۷a، صفحه‌ی ۱۳۷).

۱۹. این اثر نهایتاً چاپ شد، آزبورن (۱۹۶۱).

۲۰. این اثر در آزبورن (۱۹۷۳) چاپ شده است.

۲۱. آزبورن به این نکته در چند جا در کتابش (آزبورن، ۱۹۷۷، صفحه‌های ۱۰۰-۹۶) اشاره دارد، اما درباره‌ی آن (و سؤال مرتبط با آن‌که چگونه این قبیل تحلیل‌ها را می‌توان در عمل به کار گرفت) چندان با جزئیات سخن نمی‌راند.

۲۲. به عنوان مثال به آزبورن (۱۹۶۲، صفحه‌ی ۳۷۸) رجوع کنید. اگر می‌خواهید مثال روشنی بیابید از این‌که آزبورن بی‌وقفه به دنبال شواهد تجربی علیه فرضیه‌های خود می‌گشت، به آزبورن (۱۹۶۷) رجوع کنید.

۲۳. به آزبورن (۱۹۶۲) رجوع کنید. توجه کنید که این اثر فقط یک سال پس از چاپ مقاله‌ی مهاجرت ماهی آزاد در اختیار عموم قرار گرفت.

۲۴. مقاله‌ای که من در ذهن دارم نیدر هوفر و آزبورن (۱۹۶۶) است؛ همکار مقاله ویکتور نیدر هوفر بود که حالا کسی او را به عنوان مدیر صندوق حفظ ارزش نمی‌شناسد. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد نیدر هوفر، به زندگینامه‌ی خود نوشت وی، نیدر هوفر (۱۹۹۸)، رجوع کنید یا به شرح حالی که بعدها *نیویورکر* منتشر کرده است (کَسیدی ۲۰۰۷).

۲۵. به بیان دیگر، نخستین استراتژی معاملاتی نظام‌مند و کاملاً قاطع که می‌شد همه‌ی آن را با کامپیوتر برنامه‌ریزی کرد؛ سامانه‌ای که این روزها آن را سامانه‌ی الگوریتم معاملاتی می‌نامند. این پیشنهاد در نیدرهوفر و آزبورن (۱۹۶۶) آمده است.

فصل ۳
از خطوط ساحلی تا قیمت پنبه

زولوم[۱] مندلبروت نمونه‌ی کاملی از ریاضیدانان مدرن بود [۱]. این متخصص در آنالیز (آن عرصه از ریاضیات محض که از جمله شامل درس حسابان معمول دبیرستانی می‌شود) با بهترین همتایان خود در پاریس درس خوانده بود، یعنی افرادی چون امیل پیکارد[۲] و هانری لوبسک[۳]. وی یکی از پایه‌گذاران گروه ریاضیدانان فرانسوی بود که با نام مستعار نیکلا بورباکی[۴] تلاش می‌کردند بالاترین سطح ممکن دقت و انتزاع را به این علم وارد کنند. کار جمعی این گروه خط فعالیت اصلی دو نسل از ریاضیدانان را تعیین کرد. وقتی مربی و مشوقش ژاک آدامارد[۵]، یکی از مهم‌ترین ریاضیدانان اواخر قرن نوزدهم، از سمتش در مؤسسه‌ی معتبر کالج فرانسه[۶] بازنشسته شد، آن کالج مندلبروت را برای جانشینی وی دعوت کرد. او مردی جدی بود و کارش نیز جدی.

یا دست‌کم می‌توان گفت کارهای جدی می‌کرد اگر برادرزاده‌اش دائماً پاپی او نمی‌شد. در سال ۱۹۵۰، بنوا مندلبروت دانشجوی دکترای دانشگاه پاریس بود، جایی که زولوم آن‌جا درس خوانده بود، و به تصور زولوم، بنوا سعی می‌کرد جا پای عموی والامقامش بگذارد [۲]. وقتی برای اول بار زولوم شنید که بنوا می‌خواهد ریاضیات بخواند، خیلی خوشحال شد، اما به‌تدریج در جدی‌بودن او

---

۱. Szolem
۲. Emile Picard
۳. Henri Lebesgue
۴. Nicolas Bourbaki
۵. Jacques Hadamard
۶. Collège de France

در این مسیر به تردید افتاد. بنوا برخلاف نظر عمویش، هیچ علاقه‌ای به تعقیب مسائل روز ریاضیات نداشت. مطالعات وی از آن دقت نظری برخوردار نبود که برای عمویش موفقیت بسیار بـه همـراه آورده بود. بدتر این‌که بنوا به روش‌های *هندسی* تمایل داشت، و هر ریاضیدان معتبری مـی‌دانسـت که یک قرن پیش، این روش‌ها ترک شده، چرا که خیلی افراد از آن طریق به بیراهـه رفتـه بودنـد. ریاضیات واقعی را نمی‌شد با کشیدن تصویر دنبال کرد.

پدر بنوا، بـزرگ‌تـرین بـرادر زولـوم، در پـرورش زولـوم نقـش داشـت. از او در ادامـه‌ی تحصـیل دانشگاهی حمایت کرده بود، و فرصت‌هایی برای زولوم فراهم آورده بود که بدون حمایت بـرادر در اختیار نمی‌داشت. از این‌رو، بنوا برای زولوم بیش‌تر یک برادر بود تـا بـرادرزاده، و خـود را بـه حمایت دائمی از بنوا و بردباری با وی متعهد می‌دانست. اما زولوم در وضع بـدی گیـر کـرده بـود، چون بنوا نمی‌فهمید که به بیراهه می‌رود. اشـتهای سـیری‌ناپـذیری بـرای ریاضـیات داشـت، امـا در انتخاب پروژه‌هایش، یکسره نومیدکننده بود.

روزی هنگامی که بنوا در دفتر زولوم از اندیشه‌های عجیب‌وغریبش برای پایان‌نامه سخن می‌گفت، او از کوره در رفت. به طرف سطل آشغال رفت و مقاله‌ای را از کاغذ باطلـه‌هـا بیـرون کشـید. اگـر بنـوا می‌خواست روی آشغال کار کند، زولوم کلی آشغال داشت که در اختیارش بگذارد – سطل پـر بـود از مقاله‌های بیخود و به‌دردنخور. با دلخوری گفت، «این‌هـا مـال تـو، ایـن‌هـا چیزهـایی اسـت کـه تـو دوست داری» [۳].

لابد زولوم امیدوار بود که با این حرف‌ها و اداهای نمایشی، عقل به کله‌ی بـرادرزاده‌اش برگـردد. امـا برنامه‌اش نتیجه‌ی کاملاً معکوس داشت. بنـوا مقالـه را گرفـت و در راه منـزل بـه دقـت آن را خوانـد؛ نقدی بود بر زبانشناس دانشگاه هـاروارد بـه نـام جـورج کینگزلـی زیـف[۱] [۴]. زیـف شخصـیتی بـود معروف به نامتعارف‌بودن که کم‌تر جدی گرفته می‌شد. او عمری را با این ادعا سرکرده بود که قانون جامعی برای توضیح پدیده‌ی فیزیکی، اجتماعی و زبانشناختی وجود دارد. قانون زیف می‌گفـت اگـر فهرستی از اشیاء طبیعی درست کنیم، مثلاً از شهرهای در فرانسه یـا از کتابخانـه‌هـای دنیـا، و آن‌هـا را برحسب اندازه مرتب کنیم – شهرها را برحسـب جمعیـت و کتابخانـه‌هـا را برحسـب تعـداد کتـاب – همواره می‌بینید که اندازه‌ی هر چیـز در فهرسـت تنظـیم‌شـده بـا مرتبـه‌ی آن در فهرسـت رابطـه دارد.

---

۱. George Kingsley Zipf

به‌ویژه آنچه در فهرست در رتبه‌ی دوم است، همواره به اندازه‌ی نصف چیزی است که در رتبه‌ی اول است؛ آن‌چه در رتبه‌ی سوم است، برابر با یک‌سوم معادل آن در رتبه‌ی اول است، الخ.

متنی که بنوا مطالعه کرد به بررسی مورد خاصی در این قانون اختصاص داشت. زیف شمرده بود که واژه‌های مختلف چند بار در متن‌های متفاوت تکرار شده، و نشان داده بود اگر کلمات را برحسب تکرار آن‌ها در نوشته‌ای معین مرتب کنیم، تعداد کلمه‌ای که بیش از همه تکرار شده، دو برابر کلمه‌ای است که در رتبه‌ی دوم می‌ایستد، و تقریباً سه برابر کلمه‌ای که بنابر تکرار در آن متن، رتبه‌ی سوم را دارد و ... .

زولوم صحیح فهمیده بود که کار زیف درست از نوع مطالعاتی بود که برادرزاده‌اش به آن‌ها علاقه داشت. اما اشتباهش این بود که آن کارها را وقت تلف‌کردن می‌دانست، و یا دست‌کم، همه‌ی آن‌ها را به دردنخور می‌شمرد. قانون زیف ترکیبی غریب از «برآورد» و «معانی رمزی اعداد» بود، و زیف روی این موضوع بیش از حد تعصب داشت. اما واقعیتی در لایه‌های مخفی نوشته‌ی او یافت می‌شد: زیف فرمولی یافته بود که با آن می‌شد محاسبه کرد لغتی خاص با توجه به مرتبه‌ی آن در فهرست و تعداد کل کلمات موجود در متنی معین، چند بار در کتابی تکرار شده است.

مندلبروت بسرعت دریافت که این فرمول قابل‌اصلاح است، و فراتر از آن، ویژگی‌های ریاضی جالب و غیرمترقبه‌ای دارد. به‌رغم مقاومت درخشان‌ترین مغزها در تشکیلات ریاضی، و از جمله عمویش، مندلبروت پایاننامه‌ای پیرامون قانون زیف و کاربردهای آن نوشت. این کار را بدون استفاده از راهنما و مشاور پایان‌نامه به انجام رساند، و بعد از گذراندن پایان‌نامه‌ی خود از هفت‌خوان اداری دانشگاه، مدرک خود را دریافت کرد و این کاری بی‌سابقه بود.

در واقع، مندلبروت عمری را به امور غیرمعمول پرداخت، چه در موضوعاتی که برای مطالعه برمی‌گزید و چه در رد بی‌پروای نظریات جمع ریاضیدانان عصر خود. در حالی که اکثریت ریاضیدانان روی شکل‌های «صاف و صیقلی» از قبیل آنچه با خمیر بازی ساخته می‌شود، تمرکز می‌کردند بزرگ‌ترین کشف مندلبروت که خود آن را «هندسه‌ی فراکتالی» نامیده بود[۵]، حاصل مطالعه‌ی اشکال مضرس و منکسر بود، شکل‌هایی مثل سطح کوه یا خرده شیشه‌های لیوان شکسته. از این شکل‌های فراکتال مندلبروت دریافت که در طبیعت انواع مختلفی از تصادفی‌بودن وجود دارد که به مراتب فراتر از نوع تصادفی‌بودن حاصل از پرتاب سکه است. این دریافت عملاً برای همه‌ی علوم ریاضی و از جمله مالی نتایجی به همراه داشت.

مندلبروت فردی انقلابی بود. حتی امروز، چند دهه پس از انتشار مقاله‌های مهم‌تر او، اندیشه‌هایش رادیکال تلقی می‌شود و دانشمندان جریان اصلی علوم در همه‌ی رشته‌ها هنوز در مورد آن نظریات بحث می‌کنند. در رشته‌ی اقتصاد وضعیت به‌ویژه بحث‌انگیز است، چرا که اندیشه‌های اصلی مندلبروت در این رشته مثل داروی تلخی خورده شده است. اگرحرف‌های او درست باشد، هر آن‌چه اقتصاددانان سنتی در مورد بازارها می‌گویند، از بنیان خدشه‌دار می‌شود. در این میان، موضع‌گیری‌های سرسختانه‌ی مندلبروت، که تسلیم فشار دانشگاهی‌ها نمی‌شد، کمکی به اوضاع نمی‌کرد؛ او همواره اعتبار و منزلت خود را متزلزل می‌دید: محترم بود، اما نه آن‌قدر که شایستگی‌اش را داشت؛ و از طرف دیگر به خاطر شیوه‌ی عمل و غیرمتعارف‌بودن کارهایش آماج انتقاد و انکار بود. با این همه در طول چهار دهه با بروز چالش‌های جدید والاستریت و جامعه‌ی علمی که حل ناشدنی می‌نمود، دیدگاه‌های مندلبروت در مورد تصادفی‌بودن بیش از پیش جنبه‌ی پیشگویانه یافته بود و شناخت آن ضروری شمرده می‌شد.

بنوا مندلبروت در سال ۱۹۲۴ از پدر و مادری لیتوانیایی که در ورشوی لهستان زندگی می‌کردند، به دنیا آمد. هر چند پدرش تاجر بود، اما دو عمویش (از جمله زولوم) دانشگاهی بودند. مندلبروت می‌گفت بسیاری از بستگان پدرش آدم‌های معقولی بودند که شغل مشخصی هم نداشتند، اما در اطراف خود مریدانی داشتند که برای گرفتن مشورت یا یادگیری از آنان، حاضر بودند نقدی یا جنسی پرداخت کنند. مادرش هم تحصیل‌کرده و فیزیک‌خوانده بود. از همان زمان بچگی، مندلبروت می‌دانست که از او توقع دارند نوعی زندگی دانشگاهی را دنبال کند، هر چند پدرش او را تشویق می‌کرد که رشته‌ی تحصیلی عملی از قبیل مهندسی یا علوم کاربردی را دنبال کند.

به‌رغم توجه خانواده به امور تحصیلی، مندلبروت جوان آموزش متعارفی نداشت. اولین فرزند خانواده، دختری بود که در سنین بسیار جوان در جریان بیماری مسّری و همه‌گیری در شهر ورشو از دنیا رفته بود. از این‌رو، مادر بنوا از بیماری کودکان هراس داشت و می‌کوشید دو پسر باقی‌مانده را از سرنوشت خواهرشان دور نگاه دارد. پس به جای فرستادن بنوا به مدرسه، مادر یکی از دایی‌هایش را به عنوان معلم سرخانه استخدام کرد.

این دایی هر چند رابطه‌ی سببی داشت، اما از جنس خانواده‌ی پدری مندلبروت بود: بسیار باسواد، در عین حال بیکار و با علایق مختص به خود. از آموزش مطالب تکراری متنفر بود، و از این‌رو حوصله‌ی تدریس مطالبی چون حساب یا الفبا را نداشت (در واقع، مندلبروت در سخنرانی دریافت

جایزه‌ی فیزیک وولف[۱]، اعتراف کرد که هنوز در ضرب‌کردن مشکل دارد، چون هرگز جدول ضرب را فرا نگرفته است[۶]. برعکس، دایی به دنبال تشویق کودک به تفکر خلاق و اشتیاق به مطالعه بود. مندلبروت بیش‌تر وقت خود را صرف شطرنج و نقشه‌خوانی می‌کرد.

ورشو سخت گرفتار رکود بود و وضعی بدتر از اروپای غربی و ایالات متحده داشت؛ تولید پوشاک پدر مندلبروت در سال ۱۹۳۱ عملاً از بین رفته بود. پس، پدر به فرانسه مهاجرت کرد به این امید که در وضعیت اقتصادی اندکی روشن‌تر آنجا بتواند از دور، زن و دو پسرش را بهتر حمایت کند. البته، به دلیل فامیل بزرگ و گسترده‌ی مستقر در ورشو، مندلبروت به این شهر سخت وابسته بود. امید می‌رفت پدر مندلبروت بالاخره به لهستان برگردد، و کسب‌وکار خود را دوباره آنجا برپا کند. اما با گذشت دهه‌ی ۱۹۳۰ رکود وخیم‌تر شده و لهستان بیش از پیش به آشوب افتاد. خشونت‌های قومی و سیاسی شدت گرفت. خانواده‌ی مندلبروت دریافت که ورشو جای خطرناکی برای یهودیان شده است. مادر بنوا مال و منالش را جمع کرد، و به دنبال شوهر خود مسیر فرانسه را پیش گرفت. هر چند این تصمیم در آن زمان بس دشوار بود، اما رفتن به فرانسه باعث شد که خانواده جان سالم به در برد: از بیش از سه میلیون یهودی که قبل از جنگ جهانی در لهستان زندگی می‌کردند، تنها چند صد هزار نفر از هولوکاست جان سالم به در بردند[۷].

زلوم قبل از رسیدن پدر بنوا در پاریس بود. او که در ۱۹۱۹ به فرانسه نقل مکان کرده بود؛ مهاجری با جَنَمی کاملاً متفاوت بود. بلافاصله پس از جنگ جهانی دوم، ریاضیات لهستان تحت سلطه‌ی ریاضیدان جوان بسیار بااستعدادی به نام واتسلاو شربینسکی[۲] بود. شربینسکی درباره‌ی موضوعی کار می‌کرد که به آن نظریه‌ی مجموعه‌ها می‌گفتند. او در مورد شیوه‌ی ریاضیات مورد نظر خود تعصب می‌ورزید و آن‌قدر اعتبار داشت که شروط موفقیت هر دانشجوی تحصیلات عالی در ورشو را به وی تحمیل می‌کرد. زولوم بعدها در طول عمر خود، به مندلبروتِ هندسی‌اندیش بسیار سخت می‌گرفت، اما شربینسکی حتی نسبت به زولوم هم رسمی‌تر و سخت‌گیرتر بود. زولوم چون حاضر نبود درباره‌ی موضوعاتی کار کند که شربینسکی می‌گفت، به ناچار از ورشو به پاریس فرار کرد؛ آنجا، در فرانسه،

---

[۱]. جایزه‌ی فیزیک وولف همه ساله توسط بنیاد وولف اسرائیل اعطا می‌شود. این بنیاد هر سال شش جایزه در رشته‌های کشاورزی، شیمی، ریاضیات، پزشکی، هنر و فیزیک اعطا می‌کند.

[۲]. Waclaw Sierpiński

ایدئولوژی ریاضی حاکم با خط فکری او همخوان بود. از قضا شربینسکی در عین حال کاشف پدیده‌ی هندسی غیرمعمولی بود که مثلث شربینسکی نامیده می‌شد، و این همانا مثال اولیه‌ی فراکتال بود.
تا زمانی که پای مندلبروت به پاریس نرسیده بود، فرصت تعامل با عموی ریاضیدان مشهورش را نیافت. آن زمان مندلبروت یازده سال داشت. هر چند این دو نفر تفاوت‌های زیادی با هم داشتند، اما رابطه‌ی آغازین آنان اثر سازنده‌ای روی بنوا داشت. چون مندلبروت فرانسه را خوب حرف نمی‌زد، او را در کلاسی پذیرفتند که دو سال با سن او تفاوت داشت. زولوم کمی ریاضیات به خورد او داد تا به تحصیل علاقه‌مند بماند و استعدادش شکوفا شود. طی این دوره، تا حد زیادی تحت تأثیر زولوم بود که مندلبروت به سمت ریاضیات کشیده شد. به‌رغم شرایط دشوار اقتصادی و سیاسی، تحت سرپرستی زولوم، بنووا راهی یافت که در وطن جدید خود رشد کند.
متأسفانه، این وضع زیاد طول نکشید. در سال ۱۹۴۰، آلمان به فرانسه حمله کرد، و بار دیگر مندلبروت‌ها ناچار به فرار شدند.

★★★★

طول خطوط ساحلی بریتانیا چه‌قدر است [۸]؟ این سؤال به نظر ساده می‌رسد، و گویی تیمی مرکب از نقشه‌برداران کارکشته می‌توانند به‌آسانی به آن پاسخ دهند. اما در واقع این پرسش به مراتب دشوارتر از آن است که در نگاه اول به نظر می‌رسد. معمای پیچیده‌ای در این سؤال نهفته است که گاهی به آن پارادوکس خط ساحلی می‌گویند. برای اندازه‌گیری طول خط ساحلی، نیاز به وسیله‌ی اندازه‌گیری دارید که ظاهراً باید نوعی خط‌کش باشد. معما این است که طول خط‌کش شما چقدر باید باشد؟ فرض کنید با یک خط‌کش بسیار عظیمی شروع می‌کنید که از کیپ راث[۱]، در شمالی‌ترین نقطه‌ی اسکاتلند، تا پنزانس[۲]، در انتهای جنوب غربی کورن‌وال[۳]، امتداد دارد. این خط‌کش برآوردی از طول خط ساحلی را بدست می‌دهد.
اما این برآورد خیلی خوبی نیست. خط ساحلی اصلاً خطی مستقیم نیست. ساحل بریتانیا در کانال

---

۱. Cape Wrath
۲. Penzance
۳. Cornwall

بریستول[۱] و دریای ایرلند دارای فرورفتگی است و در نزدیکی ویلز برآمدگی دارد؛ بنابراین، برای اندازه‌گیری دقیق، از خط‌کش بسیار بلند کاری ساخته نیست. بدین‌منظور باید خط‌کش کوتاه‌تر باشد که به‌راحتی طول اضافی شبه‌جزیره‌ها و خلیج‌ها را به طول ساحل اضافه کند. شاید بکوشید فاصله‌های مثلاً پنزانس تا بریستول، و بعد از بریستول تا سنت دیویدز در ویلز، و سپس فاصله از سنت دیویدز[۲] تا رأس کارمل‌هد[۳]، در منتهی‌الیه شمال غربی ویلز و به همین ترتیب تمام خط ساحلی را اندازه بگیرید و با هم جمع بزنید. این رقم فاصله‌ی کل بسیار طولانی‌تر از فاصله‌ی اولی است که محاسبه کرده‌اید، و البته دقیق‌تر هم هست.

حالا بالاخره الگویی پدیدار می‌شود. خط‌کش کوچک‌تر درست مثل خط‌کش بلند اول، طول را کمتر از واقع برآورد می‌کند. با خط‌کش کوچک‌تر، خلیج کاردیگان[۴] یکسره فراموش می‌شود، بگذریم که ده‌ها بندرگاه و خُور در طول ساحل کورنیش و ویلز نیز نادیده گرفته شده است. برای احتساب این ویژگی‌های جغرافیایی، که مقدار زیادی فاصله به محاسبه اضافه می‌کند، خط‌کش باز هم کوچک‌تری لازم است. اما دوباره همان مشکل بروز می‌کند. در واقع، هر قدر هم که خط‌کش شما کوچک باشد، طول خط ساحلی‌ای که محاسبه می‌شود همواره خیلی کوچک‌تر از واقعیت است. به بیان دیگر، هر چه خط‌کش شما کوچک‌تر باشد، پاسخ بزرگ‌تری برای محاسبه‌ی خود می‌گیرید.

این‌جاست که پارادوکس بروز می‌کند. درست است که انتخاب ابزارهای دقیق‌تر، امکان اندازه‌گیری بهتری به ما می‌دهد. مثلاً، اگر انگشت خود را در ظرف آب فرو کنید، می‌توانید بفهمید چه‌قدر گرم است. اگر حرارت‌سنج الکلی داشته باشید، این سنجش بهتر انجام می‌شود، و اگر حرارت‌سنج دیجیتال با فناوری جدید داشته باشید، دقت سنجش به دهم درجه می‌رسد. همه قبول دارند که ابزارهای غیردقیق به *خطای* اندازه‌گیری می‌افزاید، و هرچه ابزارها بهتر باشد، به محاسبه‌ی درجه‌ی حرارت واقعی نزدیک می‌شویم. اما در مورد خط ساحلی، ابزار شما هر قدر هم که دقیق باشد – یعنی هر قدر خط‌کش اندازه‌گیری کوچک‌تر بشود – محاسبه‌ی شما همیشه خیلی کوچک خواهد بود.

---

۱. Bristol Channel

۲. St. David's

۳. Carmel Head

۴. Cardigan Bay

به بیان دیگر، خط ساحلی *طول ندارد*، یا حداقل به اشکال ساده‌ای چون خط یا دایره، طول ندارد [۹]. مندلبروت پارادوکس خط ساحلی را در سال ۱۹۶۷ موضوع مقاله‌ی پیشگامانه‌ای کرد. این از اولین تلاش‌های وی برای توضیح شکل‌های فراکتال بود؛ هر چند که مندلبروت تا سال ۱۹۷۵ از این اصطلاح استفاده نکرد، اما در واقع خط ساحلی چنین شکلی داشت [۱۰]. خط ساحلی (و دیگر فراکتال‌ها) از نظر ریاضی بسیار جالب توجهند، چرا که ویژگی خودهمانندی[۱] دارند. وقتی می‌گوییم چیزی خاصیت خودهمانندی دارد، یعنی از اجزایی تشکیل شده که آن اجزا بسیار شبیه کل هستند؛ این اجزا خود از قطعات ریزتری تشکیل شده‌اند که آن‌ها هم شبیه کل‌اند، و به همین سیاق تا بی‌نهایت می‌رود. اگر ساحل غربی بریتانیا را بگیریم، و آن را به چند بخش تقسیم کنیم، درمی‌یابیم که هر کدام از این اجزا خود شبیه خط ساحلی است؛ یعنی شبیه کل خط ساحلی است؛ اجزای کوچک‌تر خط ساحلی همگی خورها و شبه‌جزیره‌های خود را دارند. و حال اگر یکی از این بخش‌های ساحلی را به اجزای کوچک‌تر تقسیم کنیم، خواهیم دید که ویژگی‌های آن همچون بخش‌های بزرگ‌تر است.

اگر به جستجوی خود همانندی‌ها برآییم، درمی‌یابیم که این ویژگی در همه‌جای طبیعت به چشم می‌خورد. قله‌ی کوه شبیه مینیاتور کل کوه است؛ شاخه‌ی درخت همانند درخت کوچکی است که شاخه‌های خود را دارد؛ شبکه‌ی رودخانه از رودخانه‌ها و مصب‌های کوچک‌تر شکل گرفته است. به نظر می‌رسد این اصل حتی به جهان اجتماعی نیز قابل‌تعمیم است. همان‌طور که مندلبروت بعدها اشاره کرد، هر نبرد از درگیری‌های کوچک‌تر شکل گرفته است، و جنگ‌ها مرکب از نبردهایی است که هر کدام در مقیاس کوچک‌تری درست مثل کل جنگ است.

★★★★

وقتی جنگ جهانی دوم آغاز شد، مندلبروت از پاریس فرار کرد، چرا که فکر می‌کرد در آن‌جا جنگ بالا بگیرد، و از این‌رو در شهر کوچکی به نام تُول[۲] در ناحیه‌ی کورز[۳] فرانسه سکونت گزید. خانواده‌ی مندلبروت، جدا از بخت بلندی که داشتند، بار دیگر بصیرت خود را نشان دادند.

---

۱. self – similarity

۲. Tulle

۳. Corrèze

آنان پاریس را در اواخر ۱۹۳۹ ترک کردند، یعنی فقط چند ماه قبل از حمله‌ی نازی‌ها به فرانسه. گزینش شهر تُول انتخابی بی‌نهایت مناسب بود، چرا که آن شهر در منتهی‌الیه جنوب فرانسه بود؛ جنوبی که طولی نکشید تا به بخش اشغال‌نشده‌ی فرانسه (ویشی)[۱] بدل شود.

دولت ویشی با آلمان‌ها همکاری می‌کرد، اما یهودستیزی جنوب به‌اندازه‌ی مناطق اشغال‌شده کینه‌توزانه نبود [۱۱]. حداقل برای چند سالی، مندلبروت توانست در تُول به دبیرستان برود. حالا دیگر زبان فرانسه را روان صحبت می‌کرد، و با سرعت رده‌های آموزشی را در مدرسه طی کرده و قبل از این‌که آلمان‌ها در ۱۹۴۲ کنترل را به دست گیرند، به سطح همکلاسی‌هایش در کلاس رسیده بود. با این همه مندلبروت‌ها همواره از تبعید هراس داشتند. در سال ۱۹۴۰، دولت ویشی بررسی موقعیت همه‌ی پناهندگانی را آغاز کرد که بعد از سال ۱۹۲۷ تبعه‌ی فرانسه شده بودند، و از این طریق حق شهروندی پانزده هزار نفر را که بیش‌تر یهودی بودند از آنان سلب کرد تا مقدمه‌ای برای گسیل ایشان به اردوگاه‌های کار اجباری شود. هر چند مندلبروت‌ها در شهر کوچک تُول از این بَلا جُسته بودند، اما این خطر همواره تهدیدشان می‌کرد.

اوضاع در سال ۱۹۴۲ بدتر شد. در ۸ نوامبر، نیروهای بریتانیایی و امریکایی به افریقای شمالی که تحت سلطه‌ی فرانسه بود حمله کردند. آلمان‌ها که پیش‌بینی می‌کردند اروپای قاره مورد حمله قرار گیرد، جنوب فرانسه را اشغال کردند. گشتاپو به همراه ارتش آلمان به جنوب فرانسه آمد، و هنگامی که جنوب فرانسه آوردگاه واحدهای زرهی دفاعی ارتش آلمان شد، حتی شهر کوچک تُول هم به منطقه‌ی جنگی کم‌اهمیت‌تری تبدیل شد. هر چند در شهر تُول فقط چند هزار نفر زندگی می‌کردند، اما این شهر مرکز تاریخی منطقه بود. با افزایش حضور آلمان‌ها در جنوب فرانسه، تُول به منطقه‌ای استراتژیک بدل شد که هم بقایای دولت ویشی و هم رهبران نهضت مقاومت فرانسه به آن توجه داشتند. مندلبروت‌ها دیگر نمی‌توانستند مطمئن باشند که این شهر کوچک برای آنان محل امنی تواند بود.

مندلبروت در مصاحبه‌ها و نوشته‌هایش، فراوان از تأثیر جنگ بر تحصیلات خود می‌نویسد. پس از پایان دبیرستان در سال ۱۹۴۲، او دریافت که نمی‌تواند به مدارس نخبگان منتقل شود، چون رفت‌وآمدهای او بشدت محدود شده بود. (در این‌جا تحصیلات او خیلی شبیه باشلیه است چرا که او هم نتوانست به مدرسه‌ی نخبگان برود.) اما مندلبروت هرگز در مورد تجربه‌های خود طی این

---

۱. Vichy

دوره وارد جزئیات نشده، جز این‌که بگوید یک‌سال‌ونیم پس از دوره‌ی مدرسه، دوران «بسیار بسیار دشواری» بوده و او «بارها و بارها به فاجعه نزدیک شده است» [۱۲].

از آن‌جا که دیگر امکان درس خواندن نبود، و مندلبروت می‌باید کم‌تر جایی آفتابی می‌شد، از رفتن به شهرها امتناع می‌کرد، و به‌ندرت سفر می‌کرد. او با اعضای گروه مقاومت زندگی می‌کرد، و آنان وی را پذیرفته بودند و تلاش می‌کردند مخفی نگاه دارندش. در این فاصله مندلبروت مشاغل عجیب‌وغریبی را برعهده گرفت؛ می‌کوشید طوری رفتار کند که در قالب فردی فرانسوی و شهرستانی درآید. چند ماه به عنوان مِهتر اسب کار کرد، و پس از آن شاگرد ابزارساز راه‌آهن فرانسه بود. اما هیچ‌وقت پیشه‌ور قابل‌قبولی نشد. از آن‌جا که زندگی دانشگاهی نداشت، به تعداد محدود کتاب‌هایی چسبید که طی این دوره بدست آورد؛ این کتاب‌ها را با خود حمل می‌کرد، و هر جا فرصتی پیش می‌آمد، آن‌ها را می‌خواند. البته، این کار هم برای کسی که وانمود می‌کرد مهتر اسب است، چندان عاقلانه نبود.

حداقل در یک مورد مندلبروت به تبعید و احتمالاً اعدام بسیار نزدیک شد. اما در اغلب موارد توانست از تیررأس نیروهای آلمان دور بماند. پدر وی اما به فاجعه نزدیک‌تر شد. آن‌طور که مندلبروت بعدها گزارش می‌کند، پدرش طی این دوره دستگیر شد و به زندانی در آن نزدیکی‌ها فرستاده شد. طولی نکشید که نیروهای مقاومت به آن زندان حمله کردند؛ زندانبانان خلع سلاح و زندانیان آزاد شدند. چون نیروهای مقاومت آمادگی لازم برای دفاع از ساختمان زندان را نداشتند، زندانیان را به فرار تشویق کردند تا گرفتار قوای کمکی آلمانی نشوند.

از آن‌جا که زندانیان برنامه یا نقشه‌ی روشنی برای مسیر خود نداشتند که به محل امنی برسند، همگی به‌طور دسته‌جمعی جاده‌ی لیموژ[۱] را پیش گرفتند که نزدیک‌ترین شهر عمده در مسیر بود. هنوز چندان مسافتی طی نکرده بودند که مندلبروتِ پدر دریافت این کار بسیار خطرناکی است، چرا که آنان در ستون بزرگی در روشنایی روز و در جاده‌ی اصلی حرکت می‌کردند، و از این‌رو دشمن بسادگی می‌توانست آنان را تعقیب کند.

چون نمی‌شد بقیه را به این کار ترغیب کرد، پدر مندلبروت گروه را رها کرد و خود به‌تنهایی در مسیری متفاوت راه افتاد. به سمت جنگلی در آن نزدیک‌ها رفت، و تصمیم گرفت به‌آرامی به

---

۱. Limoges

سمت محلی برود که خانواده‌ی او قبل از دستگیری وی، آن‌جا مخفی شده بودنـد. آن‌گـاه کـه در مسیر تازه‌اش پیش می‌رفت، در پشت او، از جاده‌ی اصلی، صدای مهیبی به گوش رسید؛ هواپیمای بمب‌افکن آلمانی آن زندانیان را یافته بود.

زندگی در زمان جنگ با خیلی چیزهای غیرقابل پیش‌بینی همراه است. در رمان *رنگین‌کمانِ جاذبه* توماس پینچون[۱] می‌خوانیم که یکی از شخصیت‌های داستان، راجر مکزیکو[۲] آمارشناسی است کـه در آخرین روزهای رایش سوم، بررسی مـی‌کنـد موشـک‌هـای وی ۲[۳] در شـهر لنـدن کجـا فـرود می‌آیند [۱۳]. او درمی‌یابد که موشک‌ها طبق توزیع آماری خاصی فرود می‌آینـد- تـوزیعی مبتنـی بر این فرض که احتمال فـروریختن آن‌هـا بـه هـر نقطـه‌ای از شـهر لنـدن مسـاوی اسـت. دور و بـر مکزیکو را آدم‌هایی گرفته بودند که نومیدانه تلاش می‌کردند زندگی خود را نجات دهند؛ و ایـن یعنی فرار از موشک‌هـای سـرگردان و پـیش‌بینـی‌ناپـذیر. بـرای ایـن تماشـاچیان صـحنه‌ی جنـگ، چارت‌ها و نمودارهای مکزیکو برخی الگوهای اصلی را نشان می‌داد؛ این‌ها ابزاری بود که به کـار می‌گرفتند تا پیش‌بینی کنند موشک بعدی در کجا فرود می‌آید.

به نظر می‌رسد بعضی از مناطق شهر غالباً بمباران می‌شود؛ جاهای دیگر شهر این‌گونه نیست. اما این فرض که این الگوها به ما می‌گوید موشک *بعدی* کجا فرود می‌آید، همـان‌قـدر آمیختـه بـه خطاست که فردی در بازی رُولت متقاعد شود در دور بعدی حتماً نوبـت عـدد خاصـی خواهـد بود. اما داده‌ها برای چنین آدمی هنوز هم اغواگر است، گویی تصادفی‌بودن این الگو همانا کلید قدرت آن است. و چنین هم هست، حداقل برای کسانی که در خیابان، آن‌جا که موشک بعدی فرومی‌افتد، ایستاده‌اند.

اما از نظر ریاضی، این نوع از تصادفی‌بودن نوع معتدلی بود. موشک‌های وی - ۲ چندین نوبـت در روز شلیک می‌شدند، و شهر لندن را به گونه‌ای تقریبی هدف می‌گرفتند. محاسبه‌ی احتمال این‌که چند موشک به کلیسای جامع سنت‌پل[۴] یا منطقه‌ی همراسمیث[۵] لندن می‌خورد مشـابه ایـن محاسـبه

---

۱. Thomas Phnchon, *Gravity's Rainbow*.

۲. Rojer Mexico

۳. V- ۲

۴. St. Paul's Cathedral

۵. Hammersmith

بود که چند بار گوی رُولت داخل خانه‌ی قرمز ۲۵ می‌افتد. در واقع، بسیاری از شروطی که فکر می‌کنیم تصادفی است، به این وضعیت شباهت دارد. این وضعیت آن‌قدر فراوان است که آدمی به این تصور می‌افتد که همه‌ی رویدادهای تصادفی شبیه پرتاب سکه یا بازی‌های ساده‌ی قمارخانه‌هاست.

این فرض اغلب نظریه‌های مالی مدرن را بی‌اعتبار می‌کند. برگردیم به این‌که باشلیه به دنبال این فکر بود که اگر قیمت‌های سهام تابع ولگشت باشند، این قیمت‌ها در طول زمان چگونه تغییر می‌کنند. هر چند لحظه، قیمت به میزان بسیار کمی به سمت پایین یا بالا حرکت می‌کند، گویی خداوند سکه‌ای را به هوا پرتاب می‌کند. باشلیه دریافت که این تقریب مناسبی از آن چیزی است که اتفاق می‌افتد؛ یعنی توزیع قیمت‌ها مثل منحنی زنگوله شکلی است که به آن توزیع نرمال می‌گویند. البته آزبورن تصریح کرد که این مساله درست نیست؛ در واقع انتظار می‌رود که هر بار خداوند سکه‌ای را به هوا پرتاب می‌کند، به جای این‌که قیمت‌ها به مقدار ثابتی تغییر کند، *به درصد ثابتی* تغییر می‌کند. تعدیل این مسأله به این نتیجه‌گیری انجامید که نرخ‌های بازده باید توزیع نرمال داشته باشند، و توزیع قیمت‌ها لگ‌نرمال است.

توزیع نرمال را در همه جای طبیعت می‌توان یافت [۱۴]. اگر قد مردم را در جایی از دنیا در نظر بگیرید و روی نمودار بیاورید که چند نفر آنان ۵ فوت و ۶ اینچ‌اند، چند نفر ۵ فوت و ۷ اینچ‌اند و غیره، آن‌گاه به توزیع نرمالی دست می‌یابید. اگر با هزار حرارت‌سنج جداگانه گرمای بدن خود را اندازه بگیرید و آن را روی نمودار ترسیم کنید، توزیع نرمالی خواهید یافت. اگر بازی شیروخطی را آغاز کنید که هر بار که شیر می‌آید یک دلار ببرید و هر بار خط بیاید، یک دلار ببازید، احتمال کسب سود شما پس از بارها و بارها پرتاب سکه، شبیه توزیع نرمال می‌شود. این کار راحت و کم‌دردسری است. توزیع نرمال به‌آسانی فهمیده می‌شود و با آن به‌سادگی می‌توان کار کرد. برای مثال، اگر چیزی توزیع نرمال داشته باشد، و نمونه‌ی شما به مقدار لازم بزرگ باشد، ارزش میانگین نمونه‌ی شما حول‌وحوش عدد خاصی میل می‌کند؛ مردان سفیدپوست به طور متوسط قدی حدود ۵ فوت و ۹ اینچ دارند، و اگر بیمار نباشید، با هزار بار اندازه‌گیری حرارت بدن‌تان با حرارت‌سنج، به متوسط درجه حرارت ۹۸/۶ درجه‌ی فارنهایت می‌رسید. سود متوسط شما در بازی پرتاب سکه به سمت صفر میل می‌کند.

این قاعده را می‌توان قانون اعداد بزرگ برای توزیع احتمال به شمار آورد —این تعمیم اصلی بود که

برنولی[۱] آن را کشف کرد، و احتمالات را به فراوانی بلندمدت وقوع رویدادها مربوط کرد [۱۵]. این قاعده می‌گوید اگر چیزی تابع توزیع احتمالات خاصی است، یعنی مثل قد مردان آن متغیر از توزیع نرمال تبعیت می‌کند، آن‌گاه اگر اندازه‌ی نمونه‌ی شما چندان که بایست بزرگ باشد، نمونه‌های جدید چندان روی ارزش میانگین تأثیر نمی‌گذارد. وقتی اندازه‌ی قد تعداد زیادی از مردان را در نقطه‌ای از دنیا محاسبه کردید، آن‌گاه دیگر محاسبه‌ی قد یک مرد بیش‌تر تأثیر چندانی روی میانگین محاسبه‌شده ندارد.

البته، همه‌ی توزیع‌های احتمال از قانون اعداد بزرگ تبعیت نمی‌کنند [۱۶]. محل استقرار فلان گردشگر مست در کنکون[۲] از این قانون تبعیت می‌کند، چرا که او ول می‌گردد، و بنابراین به‌طور متوسط، به همان جایی برمی‌گردد و می‌ایستد که از آن‌جا شروع کرده؛ میانگین سود بازی پرتاب سکه نیز به سمت صفر گرایش دارد و از این قانون تبعیت می‌کند. اما اگر به جای مستی که به سمت هتل خود می‌رود، جوخه‌ی آتشی را در نظر بگیرید که همگی مست هستند، چه می‌شود؟ هر عضو این جوخه‌ی تفنگ به‌دست روبروی دیوار ایستاده است. (برای روشن‌شدن بحث فرض کنید طول دیوار بی‌نهایت است.) همچون فرد پیاده‌ی مست، افراد مست جوخه‌ی آتش هم این طرف و آن طرف تلوتلو می‌خورند. وقتی هر کدام خود را جمع‌وجور می‌کنند تا شلیک کنند، در هر جهت ممکنی گلوله شلیک می‌شود. ممکن است گلوله مستقیم به دیوار روبرو بخورد، یا با فاصله‌ی ۱۰۰ فوت در سمت راست به دیوار اصابت کند (یا ممکن است درست در جهت معکوس شلیک شود، و اصلاً به دیوار روبرو نخورد).

فرض کنید در جریان هدف‌گیری، جوخه‌ی یادشده هزاران گلوله شلیک کند. اگر محل هر گلوله‌ای را که به دیوار اصابت کرده، ثبت کنیم (و فقط همان‌هایی را که به دیوار برخورد کرده به حساب آوریم)، از اطلاعات گردآوری‌شده می‌توان توزیعی ساخت که احتمال برخورد هر گلوله‌ی خاص را به نقطه‌ای خاص از دیوار نشان می‌دهد. وقتی این توزیع را با توزیع ساده‌ی نرمال خودمان مقایسه می‌کنیم، می‌بینیم که کاملاً با یکدیگر متفاوت‌اند. گلوله‌های اعضای مست جوخه‌ی آتش در اغلب موارد بیش‌تر به وسط دیوار اصابت کرده است – در واقع اغلب بیش از آن‌چه نمودار توزیع نرمال پیش‌بینی می‌کرد. در عین حال، خیلی از گلوله‌ها هم به محل‌های پرت

---

۱. Bernoulli

۲. Cancun

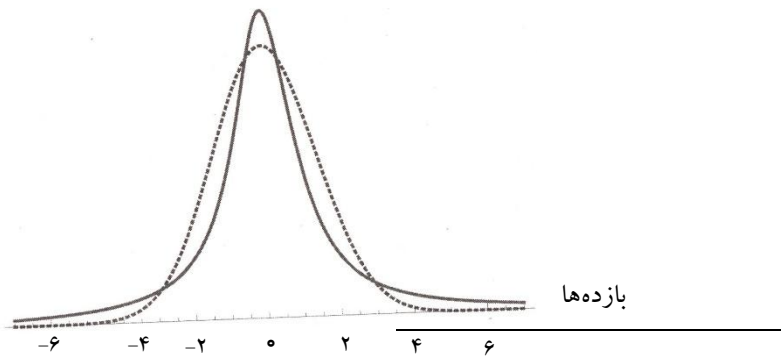
و دور از مرکز و اغلب دور از انتظار برخورد کرده است – باز هم خیلی بیش از آن‌چه توزیع نرمال پیش‌بینی می‌کرد.

این توزیع احتمالات جدید را توزیع کوشی[۱] می‌نامند. از آن‌جا که طرف‌های راست و چپ این توزیع برخلاف توزیع نرمال با سرعت به سمت صفر میل نمی‌کنند (چون گلوله‌ها در اغلب موارد به گوشه‌های دور دیوار اصابت می‌کنند) می‌گویند توزیع «دم‌های کلفت» دارد. (در شکل ۳ می‌بینید که توزیع کوشی چه وضعی دارد.)

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های توزیع کوشی آن است که از قانون اعداد بزرگ تبعیت نمی‌کند. میانگین محل اصابت گلوله‌های جوخه‌ی آتش حول عدد ثابتی گرد نمی‌آید. اگر جوخه‌ی آتش شما هزار بار آتش کند، می‌توانید همه‌ی محل‌های اصابت گلوله‌های آنان را ثبت کنید، و ارزش میانگینی برای آن‌ها محاسبه کنید – همان‌طور که می‌توانید میانگین بردهای خود را در پرتاب سکه بیابید. اما رقم میانگین اولی بسیار ناپایدار است. ممکن است یکی از اعضای جوخه‌ی آتش آن‌قدر از خود بی‌خود شود که وقتی گلوله‌ی بعدی را شلیک می‌کند، آن گلوله به موازات دیوار حرکت کند.

گلوله ممکن است صدها مایل جلو برود (این تفنگ‌ها *بسیار* سخت و پرقدرت است) و آن‌قدر دور برود که وقتی طول مسافت آن را حساب می‌کنید و به جمع اعداد می‌افزایید و متوسط می‌گیرید، میانگین جدید با میانگین قبلی اختلاف بسیار پیدا کند. به دلیل دم‌های کلفت این توزیع، حتی میانگین بلندمدت محل‌های اصابت گلوله‌های جوخه‌ی آتش افراد مست قابل‌پیش‌بینی نیست.

توزیع کوشی



۱. Cauchy

شکل ۳: موقعیت مکانی گردشگر مستی که می‌کوشد اتاق هتل خود را در دالان بلندی بیابد از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. اما همه‌ی فرایندهای تصادفی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. این‌که گلوله‌های شلیک‌شده توسط جوخه‌ی آتش افراد مست به کجا اصابت می‌کند توزیع متفاوتی را شکل می‌دهد که به آن توزیع کوشی می‌گویند (توجه کنید که زوایای شلیک افراد از توزیع نرمال تبعیت می‌کند؛ اما محل فرودآمدن گلوله‌ها روی دیواری که می‌کوشند به سمت آن آتش کنند از توزیع کوشی پیروی می‌کند!) توزیع‌های کوشی (خط پر در شکل بالا) جمع‌وجورتر و بلندتر از توزیع‌های نرمال (منحنی خط‌چین) حول ارزش‌های مرکزی‌اند، اما دُم آن‌ها بیش‌تر به سمت دو طرف کشیده است؛ معنای این کشیدگی آن است که احتمال وقوع رویدادهای دور از مرکز توزیع بیش از آن چیزی است که توزیع نرمال پیش‌بینی می‌کند. به این دلیل، توزیع‌های کوشی را توزیع‌های «دم‌کلفت» می‌نامند. مندلبروت پدیده‌ی قابل‌توضیح با توزیع‌های دم کلفت را «بسیار تصادفی یا تصادفی دیوانه‌وار» می‌نامد، چرا که این پدیده‌ها در بسیاری از موارد به رویدادهایی بسیار افراطی یا فرین می‌انجامند.

آن‌طور که مندلبروت توصیف می‌کند، به‌ویژه در طول دو سال اول جنگ تحت حکومت ویشی، برای مدتی طولانی بخش‌های بزرگی از فرانسه دست‌نخورده باقی ماند، اما وقتی طوفانی به پا می‌شد، ویرانی به همراه می‌آورد، و به دنبال آن دوره‌ی آرامشی حکمفرما می‌شد [۱۷]. بنابراین، شاید جای تعجب نباشد که مندلبروت مسحور این دوره‌های انفجاری شد؛ مفتون فرایندهای تصادفی‌ای که نمی‌شد آن‌ها را چون بازی‌های قمارخانه‌ها اهلی کنی. او این رویدادهای پیرو توزیع کوشی را تصادفی دیوانه‌وار نامید تا آن‌ها را از فرایندهای تصادفی ساده و معتدل ولگشت متمایز کند، و بیش‌تر عمر خود را وقف مطالعه‌ی این فرایندها کرد. وقتی مندلبروت کار خود را شروع کرد، بیش‌تر آمارشناسان بر این تصور بودند که جهان پر از رویدادهایِ با توزیع نرمال است؛ هر چند گاه‌وبیگاه با توزیع‌های دم‌کلفت در دنیا مواجه شده بودند، اما آن‌ها را استثنا می‌پنداشتند. مندلبروت بیش از هر کس دیگر نشان داد که دامنه‌ی این استثناها تا به کجا می‌کشد.

حالا دوباره به خط‌ساحلی بریتانیا برگردیم و به آن فکر کنیم. فرض کنید می‌خواهید اندازه‌ی متوسط دماغه یا هر نوع پیش‌رفتگی زمین را پیدا کنید. در این صورت، احتمالاً به دنبال گردالـه‌ها (تخته سنگ‌های صیقل‌خورده) و موج‌شکن‌ها خواهید گشت؛ چیزهایی که اندازه‌گیری آن‌ها ممکن باشد. بعد تلاش می‌کنید *اندازه‌ی متوسط* این‌ها را محاسبه کنید. اما کار شما تمام نشده، چرا که به‌زودی درمی‌یابید هر موج‌شکن و برآمدگی خود به اجزای شبه‌جزیره‌مانند کوچک‌تری قابل‌تقسیم است. حالا دیگر وسایل اندازه‌گیری خود را جمع‌وجور می‌کنید، و تلاش می‌کنید که اندازه‌ی این شبه‌جزیره‌های کوچک را پیدا کنید، و در عین حال احساس می‌کنید آرام‌آرام دارید به تله می‌افتید.

این شبه‌جزیره‌مانندهای کوچک چندان فراوان هم نیستند، اما تعداد آن‌ها *خیلی بیش از* گردالـه‌هـا و موج‌شکن‌هاست که قبلاً احصاء کرده‌اید، و اکنون میانگین جدیـد شـما بـا میـانگینی کـه در دور اول اندازه‌گیری محاسبه کرده‌اید، بسیار متفاوت است. و مهم‌تر از این‌ها، این‌که هنوز به مسافت‌های بسیار طولانی‌تر، همچون کورن‌وال نپرداخته‌ایـد. یـا اصـلاً کـل سـاحل غربـی بریتانیـا، چـرا کـه از دیـدگاه جغرافیایی، این ساحل خود برآمدگی‌ای از سرزمین اصلی اوراسیاست. اما وقتی به محاسبه می‌نشـینید، احتمالاً مجبورید که به سازه‌های کوچک‌تر بپردازید. چرا فاصـله‌ی گردالـه‌هـا را انـدازه بگیـریم کـه چندین فوت با هم فاصله دارند، و فاصله‌ی صخره‌ها را اندازه نگیریم که بیش از چند اینچ نیست.

هر بار که تور خود را بیش‌تر باز می‌کنید، میانگین تغییرات عمده‌تری می‌کند. به نظر نمی‌رسد کـه بتوانید آن را حول عدد واحدی جمع‌وجور کنید. فارغ از این کـه مسّـاح خسـتگی‌ناپـذیر چـه‌قـدر آزرده خاطر می‌شود، هیچ ارزش قابل‌پیش‌بینی برای اندازه‌ی میـانگین یکـی از ویژگـی‌هـای خـط ساحلی وجود ندارد. این یکی از خاصیت‌های عمومی فراکتـال‌هاسـت کـه از خودهماننـدی آن‌هـا نشأت می‌گیرد [۱۸]. از یک نظر، فراکتال‌ها. نظـم و قاعـده‌ی دلنشـینی دارنـد؛ از سـوی دیگـر، بـه گونه‌ای دیوانه‌وار تصادفی‌اند. و اگر فراکتال‌ها آن‌طور که مندلبروت معتقد است، همـه‌جـا وجـود دارند، جهان جایی است در غلبه‌ی نهایت‌ها و فرین‌هـا، و در چنـین جهـانی تصـورات شـهودی در مورد میانگین‌ها و نرمال‌بودن، تنها ما را به بیراهه می‌برد.

مندلبروت گرچه وارد جزئیات نمی‌شد، اما غالباً به تجربه‌ی بسیار دلخراشـی در اواخـر سـال ۱۹۴۳ اشاره می‌کرد؛ یعنی در زمانی که با اعضای نهضت مقاومت فرانسه زندگی مخفـی داشـت. بعـدها، محافظان او دریافتند که وی را دیگر نمی‌توان در شهر تُول نگاه داشت، و موفق شـدند بـرای او بـه عنوان دانشجوی تحصیلات تکمیلی، جایی در مدرسه‌ی آمادگی لیون دست‌وپا کنند.

انتقال مندلبروت تصمیمی پرخطر بود. لیون یکی از خطرناک‌ترین شهرها برای یهودیـان و حامیـان مقاومت در جنوب فرانسه بود. مندلبروت هم این بـود و هـم آن. نیکـولاس بـاربی[۱]، افسـر اس‌اس، گشتاپوی مستقر در لیون را از هتلی نزدیک به مرکز شهر هدایت می‌کرد. وی که قصاب لیـون نـام گرفته بود، بعدها به جرم تبعید حدود یک هزار یهودی منطقه به ارتکاب به جنایات جنگی محکوم شد [۱۹]. مندلبروت نمی‌توانست در طول سفر نقش مسافری روستایی را بـه‌درسـتی بـازی کنـد، و

---

۱. Nikolaus Barbie

مبارزان مقاومت که نگران او بودند، جایی برای استقرار او دست‌وپا می‌کردند که در آن، چندان توی چشم نباشد. مدرسه انتخابی طبیعی بود. مندلبروت در سن مناسبی بود و به رفتارش می‌خورد که محقق باشد. تحت نام و هویت جعلی، عمدتاً در خوابگاه‌ها زندگی می‌کرد. هر چند که پوشش مناسبی برایش در نظر گرفته شده بود، اما مندلبروت خطر نمی‌کرد که خیلی از محل مدرسه دور شود. در عین دانشجویی، زندانی مدرسه‌ی خود بود.

او برای فریب دیگران، در همه‌ی کلاس‌ها شرکت می‌کرد. اما کسی توقع نداشت چیزی یاد بگیرد. آن مدرسه تأسیس شده بود تا درخشان‌ترین استعدادها را برای گذراندن امتحانات دشوار ورود به مدارس نخبگان فرانسه آماده کند. فضای کلاس‌ها غالباً رقابتی بود و درس‌ها با سرعت آموزش داده می‌شد. از آن‌جا که مندلبروت از بهار ۱۹۴۲تا اوایل ۱۹۴۴ به هیچ درس و مشق دانشگاهی نپرداخته بود، با ثبت‌نام در این مدرسه‌ی آمادگی، بار دیگر پذیرفت که از همکلاسی‌هایش عقب بماند. عملاً ناممکن بود که به دیگران برسد؛ همکلاسی‌هایش همه از توان زیادی برخوردار بودند و مدت‌ها قبل از او، آموزش را شروع کرده بودند.

در آغاز، همه چیز به خوبی پیش می‌رفت. مندلبروت آرام در کلاس‌ها می‌نشست و ادای دانشجویان را درمی‌آورد. چیزی از کلاس‌ها نمی‌فهمید. هفته‌ها سپری می‌شد و مندلبروت به درسی گوش می‌سپرد و می‌دید که معلمان از دانشجویان در مورد مسائل جبر مجرد آزمون می‌گیرند، و به آنان فشار می‌آورند که پاسخ‌ها را باسرعت و با سبقت از یکدیگر پیدا کنند و برای امتحانات دانشگاهی آماده شوند. هنوز مندلبروت چیز زیادی نمی‌فهمید. حدس می‌زد معنای مسئله‌ها چیست، اما راه‌حل‌ها به ذهنش خطور نمی‌کرد، و بحث درباره‌ی راه‌حل‌های مختلف بر وی نامکشوف بود. سرانجام روزی اتفاق جالب‌توجهی افتاد. در آن روز، پس از این‌که معلم مسأله‌ای برای حل‌کردن به کلاس داد، فکری در ذهن مندلبروت جرقه زد. بدون فکر، دست خود را بالا برد. معلم که تعجب کرده بود، او را به پای تخته صدا زد. مندلبروت با توضیح دو شکلی که روی تخته می‌کشید، پرسید «آیا این مثل آن نیست که بپرسیم آیا این دو سطح یکدیگر را قطع می‌کنند یا نه؟» معلم پذیرفت که دو مسئله مشابه هم هستند، اما توضیح داد که هدف، حل سریع مسئله است، نه این‌که آن‌ها را به روش هندسی تفسیر کنیم.

مندلبروت آزرده از طعنه‌ی معلم برگشت و روی صندلی خود نشست. اما وقتی معلم مسئله‌ی بعدی را قرائت کرد، دوباره تلاش کرد که در مفهوم فضایی به آن بیندیشد. این تصاویر خیلی زود در

ذهن او شکل می‌گرفت؛ پس دریافت که می‌تواند این کار را با اطمینان خاطر در مورد هر مسئله‌ای که طرح می‌شود، انجام دهد.

بدین‌گونه بود که به گفته‌ی خودش، استعداد «عجیبی» در تجسم مسائل جبر مجرد یافته بود. اما چون معلمش به او گفته بود که صِرف تفسیر هندسی مسائل به او کمک نمی‌کند که در امتحاناتش موفق شود، مندلبروت تلاش می‌کرد دریابد چگونه از استعداد خود در عمل استفاده کند. برای حل مسئله‌ها با استفاده از فراست هندسی خود، حداقل آن‌گونه که معلم خود را راضی کند، راهی پیدا نمی‌کرد. اما خیلی زود حدس می‌زد که راه‌حل مسئله‌ها چه باید باشد، و معمولاً هم حدس او درست درمی‌آمد. چیزی نگذشت که به‌رغم آمادگی ضعیف و موقعیت نامعمولش، مدرسه به مندلبروت روی خوش نشان داد.

در سال ۱۹۴۴، زمان آزادی فرا رسید. ماه اوت پایان نیافته بود که مندلبروت‌ها به پاریس برگشتند. هر چند مندلبروت برای شش ماه، یعنی در طول فقط یک ترم تحصیلی، در لیون بود، تجاربش در آن‌جا مسیر زندگی وی را تغییر داد. خیلی چیزها یاد گرفت، و استعداد فوق‌العاده‌ی خود در هندسه را کشف کرد؛ فراتر از همه، دوباره به زندگی تحصیلی برگشت. تصمیم گرفت برای امتحانات ورودی مدارس نخبگان آماده شود، و در سال ۱۹۴۴ در یکی از معتبرترین مدارس آمادگی در پاریس پذیرفته شد. وقتی امتحانات خود را با موفقیت گذراند، مجوز ورود به چندین مدرسه‌ی نخبگان را دریافت کرد، و از جمله در مهم‌ترین آن‌ها، یعنی در اکول نرمال سوپریور[۱] پذیرفته شد.

دو روزی از ورودش به این مدرسه‌ی نخبگان نگذشته بود که به این نتیجه رسید که در برج عاج نمی‌تواند دوام بیاورد. دوره‌ای که از محیط دانشگاهی دور بود، او را از مشکلات دنیای واقعی آگاه کرده بود. مندلبروت بسرعت خود را به جایی که علمی و عملی‌تر بود، یعنی به اکول پلی‌تکنیک[۲]، منتقل کرد. این انتخاب زندگی دانشگاهی مندلبروت را در جهت درست هدایت کرد: هر وقت بین مطالعات علمی محض و مطالعات کاربردی بر سر دو راهی انتخاب قرار می‌گرفت، مطالعات کاربردی را برمی‌گزید. در این کار، وی استعداد «عجیب» هندسی خود را

---

۱. École Normale Supérieure

۲. École Polytechnique

برای حل مسأله‌ای کاربردی به کار می‌بست؛ مسأله‌ای که در گذشته نادیده انگاشته شده بود، و یا آن‌قدر دشوار بود که به نظر می‌رسید راه‌حل ندارد. مندلبروت همچون باشلیه، پرسش‌هایی داشت که قبل از وی کسی با توانایی‌های ریاضی مشابه، آن‌ها را طرح نکرده بود و پاسخ‌هایی یافت که نحوه‌ی نگاه علم به جهان را تغییر داد.

مدت‌ها بعد، مندلبروت فعالیت درخشان خود را به دو چیز نسبت داد. نخست تحصیلات نامتعارف و غالباً گسیخته و منقطع‌اش بود. مندلبروت بالاخره سر از یکی از مدارس نخبگان درآورد و دکترا گرفت، اما این مسیر را به‌آسانی طی نکرد. اگر مندلبروت مسیر آموزشی سنتی و معمول‌تری را طی کرده بود، به آن اندازه زیر فشار قرار نمی‌گرفت که چنین کاردان و مستقل باشد. دوم، رشته‌ای از کشف‌های غیرمترقبه بود که باعث شد او قطعات تازه‌ای از پازل فکری را تکمیل کند. یکی از این کشف‌ها، فرمول زیف بود که نقدی بر مقاله‌ی او را اول بار عمویش به سمت او پرتاب کرده بود. یکی دیگر از این کشف‌ها بعدها، وقتی مندلبروت تحصیلات عالیه‌اش را تکمیل کرد، محقق شد.

در آن زمان او در آی‌بی‌ام کار می‌کرد؛ شرکتی که یکی دیگر از میراث‌خواران صنعتی‌شدن فیزیک بود. اگرچه او از این‌که دکترای خود را بدون راهنما و مشاور دریافت کرده بود، به خود می‌بالید، اما وقتی می‌خواست کار پیدا کند، این امتیاز زیاد به کارش نمی‌آمد. در مقام پژوهشگر فوق دکترا در موسسه‌ی مطالعات پیشرفته‌ی پرینستون[۱]، کار کوچکی به او واگذار شد و پس از آن مدتی را دوباره در اروپا گذراند، و در یک مرکز تحقیقاتی دولت فرانسه به نام سی‌ان‌آراس[۲] روی ترمودینامیک کار کرد. با این همه، به دنبال پست دانشگاهی تمام‌وقت نبود و سرخوردگی رو به رشد مندلبروت از سپهر ریاضی عمیق‌تر شد. وقتی بالاخره در سال ۱۹۵۸ از آی‌بی‌ام پیشنهاد کار گرفت که به عنوان کارشناس علمی برای مرکز تحقیقات آن‌ها کار کند، از این فرصت استقبال کرد، هر چند که به قول خودش «کار گرفتن از آی‌بی‌ام چندان افتخاری نبود» [۲۰].

یکی از اهداف بخش پژوهشی آی‌بی‌ام آن بود که کاربردهایی برای جدیدترین کامپیوترهای خود پیدا کند. وظیفه‌ی مندلبروت آن بود که روی داده‌های اقتصادی کار کند. رؤسای او امیدوار بودند مندلبروت بتواند نشان دهد کامپیوترها برای اقتصاد بسیار مفیداند تا بانک‌ها و شرکت‌های

---

۱. Princeton’s Institute for Advanced Study

۲. CNRS

سرمایه‌گذاری متقاعد شوند یک دستگاه رایانه‌ی بزرگ آی‌بی‌ام برای مؤسسات‌شان بخرند. به‌ویژه، او به داده‌هایی توجه داشت که توزیع درآمد در سرتاسر جامعه را نشان می‌دادند. (بانک‌ها لزوماً به این موضوع خاص توجه نداشتند؛ بلکه هدف آن بود که با تحقیقات مندلبروت این موضوع به اثبات برسد که تا چه حد کامپیوترها برای کار با انبوهی از داده‌های مالی اهمیت دارند.) توزیع درآمد قبلاً هم، به‌ویژه توسط مهندس، صنعتگر و اقتصاددان قرن ۱۹ ایتالیا به نام ویلفردو پارتو[۱]، مورد بررسی قرار گرفته بود [۲۱]. او که از هواداران اقتصاد لسی‌فر بود، سخت دل‌مشغول موضوع کارکرد بازار آزاد و انباشت سرمایه بود. می‌خواست بداند مردم چگونه ثروتمند می‌شوند، چه کسی ثروت را کنترل می‌کند، و منابع چگونه توسط نیروهای بازار توزیع می‌شود. برای دستیابی به این هدف، مقدار بسیار زیادی اطلاعات در مورد ثروت و درآمد گردآوری کرد، و برای این کار به منابع گسترده‌ای چون معاملات املاک و مستغلات، داده‌های درآمدی افراد در سرتاسر اروپا، و آمار تاریخی مالیات‌ها رجوع کرد. برای تحلیل این داده‌ها، پارتو شکل‌های دقیقی کشید که سطح درآمدها و ثروت را روی یک محور و تعداد مردمی را که به آن ثروت دسترسی داشتند، روی محور دیگر نشان می‌داد.

به‌رغم تنوع منابع اطلاعاتی پارتو، وی بارها و بارها الگوی واحدی در اعداد می‌یافت. همان‌طور که وی خود توضیح می‌دهد، ۸۰٪ ثروت در هر کشور و در هر زمان توسط ۲۰٪ مردم کنترل می‌شد. این الگو اکنون به اصل پارتو یا قاعده‌ی ۲۰–۸۰ معروف است.

در آن زمان پارتو این نتایج را مثل زیف تفسیر و تعبیر می‌کرد، و آن‌ها را شاهدی برای «قانونی اجتماعی» به حساب می‌آورد و نشان می‌داد که ثروت توزیع تصادفی ندارد، بلکه نیروی مرموزی وجود دارد که بازارها و جوامع را شکل می‌دهد. از نظر پارتو، این قانون در مورد همه چیز صدق می‌کرد. ۸۰٪ فروش شرکت‌ها معمولاً به ۲۰٪ مشتریان مربوط می‌شود. ۸۰٪ جنایات را می‌توان به ۲۰٪ جانیان ربط داد، والخ. (این روزها، اصل پارتو گویی در بسیاری از جاها به طور تقریبی صادق است، مثلاً در مورد نسبت هزینه‌های حفظ سلامتی به تعداد بیماران در ایالات متحد.)

مهم‌ترین مسئله در مورد کار پارتو، حداقل از دیدگاه مندلبروت، این نبود که داده‌های پارتو نوعی قانون اجتماعی ریاضی را بیان می‌کرد. به جای این موضوع، مندلبروت به رابطه‌ی ویژه‌ی بین

---

۱. Vilfredo Pareto

توزیع درآمد برای تمام کشور و برای بخش کوچکی از آن کشور علاقه‌مند بود. پارتو نشان داد که قاعده‌ی ۲۰-۸۰، حداقل تا حدودی در مورد کل کشور صدق می‌کند. اما اگر سؤال را اندکی متفاوت بپرسیم چطور؟ درآمد میان همان ۲۰٪ از جمعیت که اکثریت قابل‌ملاحظه‌ای از ثروت را کنترل می‌کنند چگونه توزیع می‌شود؟ عجیب آن‌که همان الگو این‌جا هم صادق بود. اگر فقط به ثروتمندترین مردم هر کشور توجه کنیم، ۸۰٪ ثروت این قشر فقط در اختیار ۲۰٪ آنان است. ابرتوانگران همان ترکیب نامتوازن از ثروت را دارند که آن ثروتمندان ساده‌ی قبلی نسبت به کل جمعیت داشتند. و در واقع همان الگوی قبلی این‌جا هم صادق است. ۸۰٪ از منابع در اختیار ابرتوانگران در اختیار ابرابرتوانگران است، والخ.

این نوع الگو حالا دیگر برای همه شناخته شده است. توزیع ثروت میان افراد جامعه نوعی خودهمانندی، یا الگوی فراکتال را نشان می‌دهد. در واقع، توزیعی که پارتو آن را کشف کرد، و به آن توزیع پارتویی می‌گویند، نوعی توزیع با دم‌کلفت است. این توزیع بیانگر شکلی از تصادفی‌بودن سرکشی در توزیع درآمد است، هر چند که به اندازه‌ی رگبار جوخه‌ی آتش افراد مست، سرکشی نیست. وقتی مندلبروت داده‌ها را برای آی‌بی‌ام بررسی می‌کرد، هنوز فراکتال را اختراع نکرده بود. اثر درخشان وی در مورد پارادوکس خط ساحلی یک دهه بعد منتشر شد. اما مندلبروت نیز مثل پارتو در نیم قرن قبل از خود، این الگو را سخت مورد توجه قرار داد. به یاد پایان‌نامه‌ی دکترای خود افتاد که روی نظریات زیف کار کرده بود. زیف هم مثل او خودهمانندی غریبی در نحوه‌ی توزیع تکرار واژه‌ها یافته بود.

اگر چه مندلبروت دنیای دانشگاهی را رها کرده بود، اما کار او در آی‌بی‌ام درباره‌ی توزیع ثروت مورد علاقه‌ی اقتصاددانان جریان غالب اقتصاد بود، و گاه‌وبیگاه به محافل علمی برای سخنرانی دعوت می‌شد. در سال ۱۹۶۱، درست قبل از شرکت در یکی از این سخنرانی‌ها بود که مندلبروت به دومین کشف غیرمترقبه‌ی خود رسید.

قرار بود در دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه هاروارد سخنرانی کند. درست قبل از شروع سخنرانی، مندلبروت یکی از اعضای هیأت علمی را ملاقات کرد؛ اقتصاددانی به نام هندریک هوتکر[۱]. وقتی وارد دفتر او شد، تصویری روی تخته سیاه اتاق توجه مندلبروت را به خود جلب کرد. این شکل

---

[۱]. Hendrik Houthakker

بسیار شبیه نموداری بود که منـدلبروت مـی‌خواسـت در بحـث از توزیـع درآمـد و اصـل پـارتو در سخنرانی خود نشان دهد. حدس منـدلبروت آن بـود کـه هـوتکر هـم روی موضـوع مشـابهی کـار می‌کرده است، و از این‌رو در مورد حوزه‌های مشترک مورد علاقه صحبت کـرد. هـوتکر فقـط بـا نگاهی خیره به توضیح او پاسخ داد.

به دنبال یک یا دو اظهارنظر ناشیانه‌ی دیگر، مندلبروت دریافت که در این میان چیزی اشتباه است. حرف خود را پس گرفت و به شکل هندسی روی تخت اشاره کرد. «آیا این نمودار توزیع ثـروت نیست؟» هوتکر که گیج شده بود، در مورد شـکل روی تختـه توضـیح داد و گفـت کـه آن شـکل مربوط به جلسه‌ای است که صبح با یکی از دانشـجویان داشـته و در آن جلسـه پیرامـون اطلاعـات تاریخی قیمت پنبه بحث کرده‌اند. شکل روی تخته نمودار بـازده‌هـای روزانـه از بازارهـای پنبـه را نشان می‌داد.

هوتکر در ادامه شرح داد که مدتی است روی بازارهای پنبه کار می‌کند، اما داده‌ها با نظریـه جـور در نمی‌آید. در آن زمان دیگر کارهای باشلیه کشف مجدد شده بود و اقتصاددانان پذیرفتـه بودنـد که بازارها از ولگشت، همان‌طور که باشلیه و آزبورن می‌گفتند، تبعیت می‌کنند. هوتکر علاقـه‌منـد بود صحت این فرضیه را با داده‌های تاریخی بسنجد. اگر تز ولگشت درست بود، می‌بایـد در طـول روز، هفته یـا مـاه، شـاهد تغییـرات قیمـت کوچـک بسـیار و تغییـرات قیمـت بـزرگ بسـیار کمـی می‌بودیم. اما داده‌های هوتکر بیانگر آن بود که این نظریه کار نمی‌کند: او تغییرات قیمت کوچک بسیار زیاد را می‌دید، اما در عین حال تغییرات قیمت بزرگ بسیار زیادی هم بـه چشـم مـی‌خـورد. بدتر این‌که می‌کوشید ارزشی برای تغییر قیمت میانگین، آن‌گونـه کـه نظریـه‌ی باشـلیه مـی‌گفـت، بیابد. هر وقت هوتکر به مجموعه‌ی جدیدی از اطلاعات نگاه می‌کرد، میانگین تغییـر یافتـه بـود، و غالباً این تغییر قابل‌ملاحظه بود. به بیان دیگر، به نظر می‌رسید قیمت پنبه مثل جوخـه‌ی آتـش افـراد مست و نه همچون گردشگری مست، رفتار می‌کند.

مندلبروت شیفته‌ی این نتایج شده بود. از هوتکر پرسید آیا می‌تواند دقیق‌تر این اطلاعات را وارسی کند، و هوتکر با این امر موافقت کرد؛ در واقع، هوتکر به مندلبروت گفـت کـه مـی‌توانـد همـه‌ی اطلاعات را با خود ببرد، چرا که وی می‌خواست این پژوهش را رها کند.

مندلبروت در بازگشت به شرکت آی‌بی‌ام، تیم کوچکی از برنامه‌ریزان کامپیوتر را گـردآورد کـه همه‌ی اطلاعات هوتکر در مورد قیمت پنبه را به کامپیوتر بریزند، و با توجه به جزئیات همه چیز را

تحلیل کنند. مندلبروت بسرعت به همان نتایجی رسید که باعث دردسر هوتکر شده بود؛ به نظر می‌رسید که نرخ بازده «میانگینی» وجود ندارد [۲۲]. قیمت‌ها تصادفی بودند، اما با ابزار آماری استاندارد نظریه‌های باشلیه و آزبورن قابل‌توضیح نبودند. چیزی مرموز در جریان بود.

مندلبروت در گذشته توزیع‌های غیرمعمول زیاد دیده بود. غیر از مطالعه‌ی آثار زیف و پارتو، او با نوع سومی از توزیع‌ها هم آشنا شده بود که یکی از استادانش در پاریس، یعنی پل لووی، کشف کرده بود [۲۳]. این لووی بود که با مرور بخش کوچکی از نوشته‌های باشلیه نتیجه گرفته بود که اثر او خطاهایی دارد. خیلی بعدها، لووی دریافت که اشتباه کرده و از باشلیه عذر خواست. بخشی از علت مراجعه‌ی مجدد لووی به اثر باشلیه علاقه‌ی تازه‌ای او به فرایندهای ولگشت و توزیع‌های احتمالات بود. از قضا، این کار بعدی لووی کم‌تر از آثار اولیه‌ی او طرف توجه واقع شد، و باعث شد که او در مسیر پایانی عمر کاری خود، منزوی و ناشناخته باقی بماند.

مطالعات لووی روی فرایندهای تصادفی وی را به بررسی گروهی از توزیع‌های احتمالات رهنمون شد که حالا به آن‌ها توزیع‌های پایدار لووی می‌گویند [۲۴]. توزیع‌های نرمال و کوشی هر دو نمونه‌هایی از توزیع‌های پایدار لووی است، اما لووی نشان داد که طیفی از تصادفی‌بودن وجود دارد که بین این دو نوسان می‌کند. (در واقع، انواع تصادفی‌بودن سرکشی‌تری از توزیع کوشی وجود دارد.) سرکشی‌بودن توزیع را معمولاً با عدد آلفا می‌توان نشان داد که دم‌های توزیع پایدار لووی را مشخص می‌کند (نگاه کنید به شکل ۴). آلفای توزیع‌های نرمال عدد ۲ است؛ توزیع‌های کوشی آلفای ۱ دارند. هر چه عدد پایین‌تر باشد، فرایند تصادفی سرکشی‌تر است (و دم‌های توزیع کلفت‌تر است). توزیع‌هایی که آلفای ۱ یا کم‌تر دارند، از قانون اعداد بزرگ تبعیت نمی‌کنند – در واقع، حتی غیرممکن است که بشود ارزش متوسط کمیت سرکشی را تعریف کرد. توزیع‌هایی که آلفای آن‌ها بین ۱ و ۲ است، البته ارزش‌های متوسط دارند، اما نوسان حول این متوسط تعریف درستی ندارد – یعنی این توزیع‌ها فاقد چیزی هستند که آمارشناسان آن را تلاطم یا واریانس می‌نامند – و این همه به آن معناست که محاسبه‌ی ارزش متوسط از داده‌های تجربی بسیار مشکل است، حتی آن‌جا که متوسطی وجود دارد.

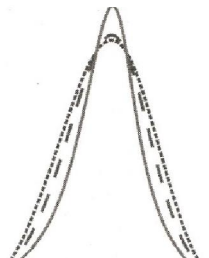
هوتکر که پرورش اقتصادی داشت، احتمالاً چیز زیادی در مورد مطالعات اخیرتر لووی نمی‌دانست، اما مندلبروت از مریدان لووی بود. و وقتی جزئیات داده‌های هوتکر را دید، چیزی در ذهنش نقش بست. هوتکر درست می‌گفت که قیمت‌های پنبه از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند –

اما، نکته آن بود که این داده‌ها توزیع کوشی هم نداشت. این داده‌ها جایی بین دو توزیع می‌ایستاد و آلفای آن‌ها عدد ۱/۷ بود. قیمت‌های پنبه البته تصادفی بودند، اما تصادفیِ خیلی سرکشی‌تری از آن‌چه به مخیله‌ی باشلیه یا آزبورن خطور می‌کرد.

قیمت‌های پنبه اولین جایی بود که مندلبروت شواهدی برای توزیع‌های پایدار لووی یافت. مندلبروت آن‌گاه به این فکر افتاد که اگر قیمت‌های پنبه تغییرات سرکشی داشت، پس چرا دیگر بازارها می‌باید متفاوت باشد؟ وی بسرعت به گردآوری داده‌های سایر بازارهای اقدام کرد: سایر کالاهای اساسی (مثل طلا یا نفت)، سهام، و اوراق قرضه. در همه‌ی این موارد او به همان نتیجه رسید: آلفاهای مربوط به این بازارها کم‌تر از ۲، و اغلب خیلی کم‌تر بودند. معنای آن این بود که نظریه‌های ولگشت و توزیع نرمال باشلیه و آزبورن با مشکل عمده‌ای مواجه است.

مندلبروت بین توزیع‌های پارتو و توزیع‌های پایدار لووی در سال ۱۹۶۰، یعنی سالی پس از انتشار گزارش اول آزبورن، ارتباط برقرار کرد؛ وی ادامه‌ی کار خود را روی قیمت‌های پنبه در سال ۱۹۶۳ منتشر کرد. این تاریخ آن‌قدر به موقع بود که پل کوتنر، اقتصاددان ام‌آی‌تی که کارهای باشلیه و آزبورن را در مجموعه مقالاتی با ویراستاری خود منعکس کرده بود، بتواند مقاله‌ای از مندلبروت را هم به عنوان نظریه‌ی بدیل در کتاب خود بگنجاند [۲۵]. این بدان معنا بود که کتاب کوتنر که آثار باشلیه و آزبورن را به گروه بزرگ‌تری از اقتصاددانان و نظریه‌پردازان مالی معرفی می‌کرد، ضمناً حاوی این نظر بود که مدل‌های ولگشت ساده تمامی داستان نیستند. حول‌وحوش سال ۱۹۶۵، نظریه‌پردازان مالی حق انتخاب داشتند، گرچه بی‌شک در آن زمان این‌گونه به مسئله نمی‌اندیشیدند: آنان می‌توانستند آزبورن و دیگران را دنبال کنند که نشان می‌دادند می‌توان از روش‌های آماری سنتی که عمدتاً در سنت فیزیک توسعه یافته بودند، برای تحلیل و مدل‌سازی بازده‌های بازار سهام استفاده کرد، یا می‌توانستند از نظریات مندلبروت پیروی کنند که می‌گفت به‌رغم این قدرت جالب‌توجه روش‌های سنتی، دلایلی وجود دارد که بگوییم این روش‌ها کاستی‌های جدی دارد. آن‌چه به نظریات سنتی اهمیت می‌بخشید، این واقعیت بود که مدل‌های قدیمی ساده‌تر و قابل‌فهم‌تر بودند. در عین حال، مندلبروت داده‌هایی داشت که نمی‌شد آن‌ها را نادیده انگاشت.

توزیع پایدار لووی



شکل ۴: توزیع‌های نرمال و توزیع‌های کوشی دو مورد حد غایی یا فرین از گروهی از توزیع‌هاست که توزیع‌های پایدار لـووی خوانـده مـی‌شـوند. توزیع‌های پایدار لووی با پارامتری تعیین می‌شوند که به آن آلفا می‌گویند. اگر آلفا = ۲ باشد، آن توزیع نرمال است؛ اگر آلفا =۱ باشـد، آن توزیـع کوشی است. استدلال مندلبروت آن بود که بازده‌های بازارهای واقعی از توزیع‌های پایدار لووی تبعیت می‌کنند که آلفای بـین ۱ و ۲ دارنـد؛ یعنـی بازده‌های تصادفی فراتر از تصور آزبورن سرکش هستند، و البته نه به درجه‌ای که در مثال جوخه‌ی آتش افراد مست می‌یابیم. این شکل سـه توزیـع پایدار لووی را نشان می‌دهد. مثل شکل ۳، خط پر به توزیع کوشی و خط نقطه‌چین به توزیع نرمال مربوط است. اما نمودار سوم توزیع پایدار لـووی با آلفای $=\frac{3}{2}$ است. این نمودار اندکی بلندتر و اندکی باریک‌تر از توزیع نرمال است، و دُم‌های آن کلفت‌تر است، اما این توزیع به حد غایت توزیـع کوشی نمی‌رسد.

رشته‌ی اقتصاد حق را به آزبورن می‌داد و وی را برگزید. در اجلاس اقتصادسنجی[1] در سال ۱۹۶۲، کوتنر در پاسخ به اثر مندلبروت درباره‌ی قیمت‌های پنبه چنین گفت [۲۶]:

> مندلبروت، مثل نخست‌وزیر چرچیل در زمانی پیش از او، به مـا قـول آرمانشـهر نمـی‌دهـد، بلکـه از خون، عرق جبین، رنج و اشک سخن می‌گویـد. اگـر درسـت گفتـه باشـد، تقریبـاً همـه‌ی ابزارهـای آماری ما منسوخ می‌شود... . بی‌شک همه‌ی کارهای اقتصادسنجی گذشته فاقد معنا مـی‌شـود. البتـه، قبل از این‌کـه قـرن‌هـا کـار تحقیقـی را دور بریـزیم، بایـد اطمینـان‌خـاطر حاصـل کنـیم کـه همـه‌ی کارهایمان واقعاً به دردنخور است.

بیش‌تر فعالان این بخش عقاید مشابهی داشتند. در این نقطه، فرضیه‌ی ولگشت (معتدل) هنوز جوان بود، اما تعداد فزاینده‌ای از محققان و از جمله کوتنر عمر خود را روی آن گذاشـته بودنـد. دشـوار نیست از اظهارات کوتنر این را بفهمیم که متقابلاً تلاش می‌کند حمله‌ی پژوهشـگر جـوانی را دفـع کند که به خطاهای گذشتگان نزدیک خود اشاره می‌کند. بی‌شک مندلبروت موضوع را این‌گونـه مـی‌دیـد، و شـاید هـم اکنـون همـه‌ی مـا بایـد موضـوع را بـه ایـن شـکل ببینـیم کـه بسـیاری از

[1]. اقتصادسنجی مطالعه‌ی آماری داده‌های اقتصادی است، و شامل موضوعات مالی هم می‌شود.

دست‌اندرکاران و نظریه‌پردازان مشترکاً بر اهمیت توزیع‌های دم‌کلفت تأکید دارند. برای مثال، بعضی افراد اخیراً استدلال کرده‌اند که رشته‌ی مالی در سال ۱۹۶۵ مسیر غلطی را پیش گرفت، چرا که فرض تصادفی‌بودن معتدل را ادامه داد، در حالی که بازارهای مالی در واقع تصادفی سرکش‌اند. از جمله معروف‌ترین این افراد نسیم طالب است؛ مدیر صندوق حفظ ارزش و استاد پلی‌تکنیک دانشگاه نیویورک که کتاب نافذ *قوی سیاه* را نوشته است [۲۷]؛ خود مندلبروت هم از جمله‌ی این افراد است.

اما آن بحث نکته‌ی مهمی در مورد نحوه‌ی توسعه‌ی علم مالی را در نظر نمی‌گیرد. در سال‌های دهه‌ی ۶۰، آمار سنتی رشته‌ی جاافتاده‌ای بود که ابزارهای بسیاری در اختیار داشت. اما مندلبروت با ادعاهای خشک‌وخالی و چند تصویر به میدان آمده بود. بدون تجهیز به ابزارهای سنتی، امکان نداشت بتوان نوع آثاری را پدید آورد که آزبورن، ساموئلسون، و بسیاری دیگر در عرصه‌ی مالی و اقتصادسنجی طی این دوره عرضه کرده بودند. پروژه‌ی مندلبروت واقعاً بدرستی درک نشده بود. این بدان می‌مانست که به نجاری بگوییم پیچ‌کردن از میخ‌زدن محکم‌تر است، ولی در دست نجار فقط چکشی باشد و هنوز کسی پیچ‌گوشتی را اختراع نکرده باشد. گرچه خانه‌ی محکم‌تری با پیچ و مهره ساخته می‌شد، اما کارها حداقل برای مدتی خیلی بیش‌تر پیش می‌رفت اگر با چکش و میخ کار می‌شد.

بنابراین، در شرایطی که مندلبروت و پیروان جدیدش نتایج کارهای او را درباره‌ی فراکتال‌ها و خودهمانندی بررسی می‌کردند، پیش‌بردن کارها با ابزارهای ساده موجود تنها انتخاب معنادار و ممکن بود. به طور ضمنی پذیرفته شده بود که باید با ساده‌ترین نظریه‌ای که در دسترس هست، کار را شروع کرد، تا آن‌جا که ممکن است پیش‌رفت، و بعد پرسید کجای نظریه‌ای که ساخته شده، غلط بوده است. در این مورد، وقتی اثبات شد که قیمت‌های سهام در بازار حداقل در مفهومی معین تصادفی است، گام بعدی آن است که فرض شود آن‌ها در ساده‌ترین روش ممکن، تصادفی‌اند: یعنی که درست از ولگشت تبعیت می‌کنند. این کاری است که باشلیه کرده بود. بعد آزبورن بود که گفت این درست نیست، چرا که مفروض است قیمت‌های سهام می‌توانند منفی شوند، و از این‌رو مدل را اندکی پیچیده‌تر کرد و گفت این نرخ‌های بازده‌ی سهام‌اند که از ولگشت تبعیت می‌کنند. آن‌گاه نشان داد که پیشنهاد او بهتر از مدل باشلیه با داده‌های واقعی انطباق دارد.

آن‌گاه نوبت مندلبروت بود که بیاید و بگوید نظر آزبورن هم درست نیست، چون اگر به جزئیات داده‌های قیمت توجه کنیم، الگویی می‌یابیم که با یافته‌های آزبورن مغایر است. البته، از بیخ و بن

مغایر نیست؛ الگویی که مندلبروت شناسایی کرد نمی‌گوید قیمت‌ها تصادفی نیستند، بلکه می‌گوید قیمت‌ها اندکی متفاوت با تصور آزبورن تصادفی‌اند. تفاوت‌های بین مدل آزبورن با مندلبروت را نمی‌شود نادیده گرفت، اما تفاوت در حوزه‌ی رویدادهای افراطی (فرین) خود را ظاهر می‌کند. از آن‌جا که در یک روز عادی، رویدادهای خیلی نادر (طبق هر یک از نظریه‌ها) به وقوع نمی‌پیوندد، بنابراین معمولاً تفاوت بین دو مُدل چندان احساس نمی‌شود [۲۸].

بدین دلیل - آن‌گونه که در چند فصل بعدی این کتاب خواهیم دید – وقتی زمان آن رسید که اقتصاددانان علاقه‌مند به بازار مالی بکوشند اندیشه‌های منعکس در کتاب کوتنر را بسط دهند، و با استفاده از آمار برای پیش‌بینی قیمت مشتقه‌ها یا محاسبه‌ی میزان ریسک سبد اوراق بهادار، تصادفی‌بودن قیمت‌های بازار سهام را به تصویر کشند، ناچار بودند بین نظریه‌ی ساده‌ای که نتایج خوبی در اغلب موارد به دست می‌داد و نظریه‌ی وزین‌تری که بیش‌تر پاسخگوی رویدادهای فرین خاصی بود، یکی را انتخاب کنند. کاملاً قابل‌فهم بود که با نظریه‌ی ساده‌تر شروع کنند و ببینند چه اتفاقی می‌افتد. اگر مفروضات خوبی داشته باشید، اگر صورت آرمانی مؤثری در نظر گرفته باشید، اغلب می‌توانید مسائلی را حل کنید که در غیر آن صورت، حل نمی‌شد. و پاسخی بگیرید که بسیار به صحت قرین است، حتی اگر بعضی از جزئیات آن غلط باشد. البته، در تمام طول مسیر مفروضاتی داشته‌اید که می‌دانید کاملاً درست نیستند (بازارها کاملاً کارا نیستند؛ بازده‌ها و نه قیمت‌ها از ولگشت ساده تبعیت می‌کنند). اما این شروع کار است.

همچنین ساده‌انگاری است اگر صرفاً بگوییم مندلبروت در دهه‌های پس از انتشار مقاله‌های آغازینش در مورد پنبه نادیده انگاشته شد [۲۹]. اغلب اقتصاددانان در فرض تصادفی‌بودن بازارها برای مطالعه‌ی موضوع‌های مرتبط، مسیر آزبورن را برگزیدند. البته، حلقه‌ی معدودی از ریاضیدانان، آمارشناسان و اقتصاددانان نظریات مندلبروت را با داده‌های به مراتب بیش‌تر و جزئی‌تر و با ابزارهای ریاضی بسیار پیچیده‌تر به آزمون گذاشتند. بیش‌تر این ابزارها مشخصاً برای این آزمون‌ها طراحی شد، و هدف آن‌ها درک بهتر این موضوع بود که اگر جهان واقعاً آن‌گونه که مندلبروت می‌گوید به شکل سرکش تصادفی باشد، نتایج کار چه خواهد بود. این تلاش‌ها در تأیید تز اصلی مندلبروت بود که توزیع‌های نرمال و لگ‌نرمال نمی‌تواند ویژگی‌های آماری بازارها را به‌درستی توصیف کند و نرخ‌های بازده دم‌های کلفت دارند.

این را ناگفته نگذاریم که یک جای این داستان ایراد دارد. مندلبروت در نوشته‌های ۱۹۶۳ خود

ادعای خیلی خاصی دارد. مدعی است بازارها تابع توزیع پایدار لووی‌اند. و به استثنای توزیع نرمال، تلاطم توزیع‌های پایدار لووی نامتناهی است، یعنی بیش‌تر ابزارهای آماری استاندارد به درد تحلیل این توزیع‌ها نمی‌خورند (این همان نکته‌ای است که کوتنر به آن اشاره می‌کند، آن‌جا که می‌گوید اگر حق با مندلبروت باشد، آن‌گاه ابزارهای آماری استاندارد به کلی منسوخ‌اند). امروزه بهترین شواهد موجود بیانگر آن است که این ادعای خاص – در مورد نوسان‌پذیری نامتناهی و غیرقابل استفاده‌بودن ابزارهای آماری استاندارد – نادرست است [۳۰]. بعد از تقریباً ۵۰ سال پژوهش، اجماع نظریات آن است که نرخ‌های بازده، توزیع با دم‌کلفت دارند، اما توزیع آن‌ها پایدار لووی نیست. اگر این حرف قرین به صحت باشد، که البته هست، چون اغلب اقتصاددانان و فیزیکدانانی که روی این موضوع کار می‌کنند، معتقد به صحت آن هستند، آن‌گاه ابزارهای آماری استاندارد *به در می‌خورند*، هر چند که ساده‌ترین مفروضات آن‌ها که توزیع‌های نرمال و لگ‌نرمال است، دیگر به کار نمی‌آیند. اما، اثبات صحت‌وسقم ادعاهای مندلبروت کار بسیار بسیار دشواری است، چرا که تفاوت‌های عمده‌ای بین نظریات او و نظریاتی که خیلی به او نزدیک است، فقط در موارد فرین و افراطی خود را نشان می‌دهد، و از این‌رو داده‌های آن‌ها سخت گردآوری می‌شود. و حتی همین امروز هم نحوه‌ی تفسیر داده‌هایی که در اختیار داریم، مورد منازعه است [۳۱].

این واقعیت که اظهارات مندلبروت شاید خیلی تهاجمی باشد، باعث می‌شود که قضاوت در مورد میراث او دشوار گردد. برخی نویسندگان بر این باورند که در مورد مندلبروت هرگز حق مطلب ادا نشده است، و فهم درست اندیشه‌های او همه‌ی مشکلات دنیا را حل می‌کند. هر چند که این ادعا دربست درست نیست، اما حاوی نکات درست چندی است. رویدادهای فرین خیلی بیش از آن‌چه باشلیه و آزبورن فکر می‌کردند، اتفاق می‌افتد؛ و بازارها بسیار سرکش‌تر از آن است که با توزیع‌های نرمال به توصیف درآید. برای درک کامل بازارها، و مدل‌سازی دقیق و درست آن‌ها، این واقعیات می‌باید مدنظر قرار گیرند. مندلبروت خود به تنهایی کاستی‌های رویکرد باشلیه – آزبورن را کشف کرد، و ریاضیات لازم برای مطالعه‌ی آن‌ها را تدوین کرد. رسیدن کامل به جزئیات البته پروژه‌ای ادامه‌دار است. ما نباید انتظار داشته باشیم که فرایند تکراری ارتقای مدل‌های ریاضی زمانی به اتمام برسد، اما جای شک نیست که مندلبروت در این مسیر گام بلندی به جلو برداشت.

پس از یک دهه علاقه به آمار بازارها، مندلبروت جهاد جایگزینی توزیع‌های نرمال با توزیع‌های

پایدار لووی را رها کرد. طی این زمان، اندیشه‌های وی در مورد تصادفی‌بودن و بی‌نظمی دیگر در طیف گسترده‌ای از رشته‌های علمی، از کیهان‌شناسی گرفته تا هواشناسی، کاربردهایی یافته است. این حوزه‌های علمی به نقطه‌ی شروع مطالعات وی یعنی ریاضیات کاربردی و فیزیک ریاضی نزدیک‌تر بوده است. او در طول تمام عمر کاری خود، رابطه‌ی با آی‌بی‌ام را حفظ کرد؛ در سال ۱۹۷۴، همکار دائمی آی‌بی‌ام شد، و این موقعیت به وی آزادی عمل داد که پروژه‌های مطالعاتی خود را درست مثل پژوهشگری دانشگاهی انتخاب کند.

به‌تدریج که اندیشه‌های مندلبروت در رشته‌های مختلف علمی نفوذ کرد، وی به خاطر آثارش تا حدی به رسمیت شناخته شد. کتابی که اصطلاح *فراکتال* را به دنیای بیرون معرفی کرد، از اوایل ۱۹۷۵ ویرایش‌های مختلف داشت تا در سال ۱۹۸۲ در کتاب *هندسه‌ی فراکتال طبیعت* به اوج رسید. گویی آن اندیشه‌ها به حسّی فرقه‌ای دامن زده بود، و مندلبروت را به شخصیتی کم‌وبیش ملی تبدیل کرده بود. تا اوایل دهه‌ی ۹۰، وی فهرست بلندبالایی از جوایز و مقام‌های افتخاری را بدست آورد، و از جمله نشان افتخار لژیون فرانسه در سال ۱۹۹۰ و جایزه‌ی فیزیک وولف در سال ۱۹۹۳ به وی اعطا شد. در سال ۱۹۸۷، در دانشگاه یل پاره‌وقت به تدریس ریاضیات پرداخت و نهایتاً در سال ۱۹۹۹ در سن هفتاد و پنج سالگی، نخستین پست دانشگاهی تمام‌وقت خود را بدست آورد. وی تا هنگام مرگ در ۱۴ اکتبر ۲۰۱۰ به تدریس و پژوهش‌های اصیل و تازه ادامه داد.

در اوایل دهه‌ی ۹۰، مندلبروت دریافت که زمان آن فرا رسیده که به رشته‌ی مالی برگردد، و این بار موفقیت بیش‌تری داشت. در سه دهه‌ی قبل از آن، اندیشه‌های او توسعه یافته و رشد کرده بود، و عمدتاً از کاربرد آن اندیشه‌ها در سایر رشته‌ها سود برده بود. پس، وقتی به تفکر درباره‌ی اقتصاد برگشت، ابزارهای ریاضی پیش‌تری در اختیار داشت تا از آن‌ها استفاده کند. در این اثنا، بازارها هم آن‌قدر تغییر کرده بود که دست‌اندرکاران وال‌استریت و جاهای دیگر آماده‌ی درک ایده‌های مندلبروت و توجه به آن‌ها باشند. در این زمان بود که شناخت و کاربست توزیع‌های دم‌کلفت به حوزه‌ی عمل مسیر اصلی مالی وارد شد. اما، من دارم از داستان جلو می‌زنم. آنچه موردنیاز بود، حرکتی قاطع بود و نیز یک فیزیکدان سابق غیرحرفه‌ای تا رشته‌ی مالی را به جایی برساند که از اندیشه‌های باشلیه، آزبورن و نهایتاً مندلبروت بهره‌برداری شود.

یادداشت‌ها

۱. اطلاعات ما در مورد مندلبروت از مرجع O'Connor and Robertson (۲۰۰۵) برگرفته شده، و نیز از زندگی‌نامه‌ی بنوا مندلبروت که آن را در بند ۲ زیر می‌یابید.

۲. متأسفانه مندلبروت در سال ۲۰۱۰ درگذشت، قبل از این‌که فرصت مصاحبه با او در رابطه با این کتاب را داشته باشم؛ مطالب مربوط به زندگی‌نامه‌ی او در این فصل از مأخذ Mandelbrot & Hudson (۲۰۰۴)، مندلبروت (a ۲۰۰۴ و ۱۹۸۷)، Gleick (۱۹۸۷)، Barcellos (۱۹۸۵)، و Davis (۱۹۸۴) برگرفته شده است. به‌علاوه، چند مصاحبه اندکی قبل از فوت مندلبروت انجام شده که به آن‌ها رجوع کردم، به‌ویژه مندلبروت (۲۰۱۰ و ۱۹۹۸).

۳. این داستان و نقل آن عیناً از مندلبروت و هادسون (۲۰۰۴) برگرفته شده است.

۴. برای آشنایی بیش‌تر با عقاید زیف، به یادداشت‌های زندگی‌نامه‌ی مندلبروت در پایان متن مندلبروت (۱۹۸۲) مراجعه کنید. برای مطالب بروزتر پیرامون ریاضیات قانون زیف، مراجعه کنید به Saichev و دیگران (۲۰۱۰)؛ این کتاب مشترک با Didier Sornette نوشته شده؛ کسی که در فصل ۷ این کتاب به او می‌پردازیم.

۵. برای اطلاعات بیش‌تر پیرامون هندسه‌ی فراکتالی، برای مثال ر.ک. فالکه‌نر Falconer (۲۰۰۳).

۶. این از مأخذ مندلبروت (۲۰۰۴a) اخذ شده است.

۷. مطالب مربوط به جنگ جهانی دوم و به‌ویژه هولوکاست از مآخذ Dwork & van Pelt (۲۰۰۲)، Fischel (۱۹۹۸)، Rossel (۱۹۹۲) و Yahil (۱۹۸۷) برگرفته شده است.

۸. مندلبروت به این سؤال در مأخذ مندلبروت (۱۹۶۷) پاسخ می‌دهد.

۹. بیان دقیق‌تر این ادعا آن است که خط‌ساحلی را باید در ابعاد عدد غیرصحیح هاسدورف Hausdorff درک کرد؛ معنی آن این است که «سنجه‌ی» دقیق خط‌ساحلی به شکل طول قابل‌بیان نیست.

۱۰. مندلبروت اصطلاح فراکتال را در مأخذ مندلبروت (۱۹۷۵) باب کرد؛ ترجمه‌ی انگلیسی این کتاب را در مندلبروت (۱۹۷۷) می‌یابید. اما مندلبروت (۱۹۶۷) اولین نوشته‌ای است

که در آن اشیای هندسی‌ای را توصیف می‌کند که ویژگی ابعاد عدد غیرصحیح هاسدورف را دارد و خودهمانند است.

۱۱. هر چند این ادعا به طور نسبی درست است، اما نباید فکر کرد که در فرانسه‌ی ویشی یهودستیزی شایع نبوده است. برای مطالعه‌ی حکومت فرانسه‌ی ویشی در طول جنگ جهانی دوم، از جمله یهودستیزی فرانسوی‌ها در طول جنگ، مراجعه کنید به پکستون (Paxton. ۹۷۲)، مَروس (Marrus) و پکستون (۱۹۹۵)، و پوزنانسکی (Poznanski. ۲۰۰۱).

۱۲. این نقل قول از مصاحبه‌ی مندلبروت با وبگاه Web of Stories برگرفته شده است. ر.ک. به مندلبروت (۱۹۹۸).

۱۳. ر.ک. توماس پینچون (۱۹۷۳).

۱۴. در واقع، یکی از نتایج مهم آمار ریاضی، قضیه‌ی حد مرکزی است که می‌گوید اگر شما بتوانید مدلی از متغیرهای تصادفی بسازید که مجموع تعدادِ به قدر کافی بزرگی از متغیرهای تصادفی مستقل و با توزیع مشابه داشته باشد، جایی که توزیع متغیرهای تصادفی در آن مجموعه میانگین (متوسط) و واریانس (تلاطم) متناهی دارا باشد، آن‌گاه آن متغیر تصادفی باید توزیع نرمال داشته باشد، حتی اگر متغیرهای آن مجموعه تک‌تک توزیع نرمال نداشته باشد. این بدآن معناست که توزیع‌های نرمال در همه جا وجود دارد. همان‌طور که خواهیم دید، مندلبروت مدعی است در بازارهای مالی، یکی از مفروضات قضیه‌ی حد مرکزی برقرار نیست؛ وی استدلال می‌کند که توزیع بازده‌های بازار، واریانس متناهی ندارد. برای اطلاع بیش‌تر پیرامون قضیه‌ی حد مرکزی، ر.ک. بیلینگزلی Billingsley (۱۹۹۵)، جورج کازلا (Casella) و راجر ال برگر (۲۰۰۲)، کاترین فوربس (Forbes) و دیگران (۲۰۱۱). برای اطلاع از آن‌چه مندلبروت می‌گوید، به مندلبروت (۱۹۹۷) و مندلبروت و هادسون (۲۰۰۴) رجوع کنید.

۱۵. این در واقع عام‌تر از روایت دیگری از اعداد بزرگ است که می‌گوید چگونه برای بازی‌های ساده‌ای چون پرتاب سکه، احتمالات به فراوانی مرتبط می‌شود. از قانون اعداد بزرگ برای توزیع احتمالات می‌توان استفاده کرد و روایت دیگری را به اثبات رساند؛ وقتی به مثال پرتاب سکه فکر می‌کنیم، این روایت دیگر از آن قانون را خواهیم یافت.

۱۶. روایت دقیق‌تری از این ادعا آن است که همه‌ی توزیع‌ها میانگین متناهی ندارند – و در

واقع توزیع‌های کوشی (Cauchy) میانگین متناهی ندارند. برای اطلاع بیش‌تر از توزیع‌های کوشی و قانون اعداد بزرگ، مراجعه کنید به کازلا و برگر (۲۰۰۲)، بیلینگزلی (۱۹۹۵)، و فوربس و دیگران (۲۰۱۱).

۱۷. مندلبروت این وجه از تجربه‌ی دوران جنگ خود را در مأخذ مندلبروت (۱۹۹۸) نقل می‌کند.

۱۸. ارتباط بسیاری بین فراکتال‌ها و توزیع‌های دم کلفت وجود دارد. یکی از این ارتباط‌ها به ویژگی‌های خاص خود فراکتال‌ها برمی‌گردد که بیانگر دم‌های کلفت است؛ رابطه‌ی دوم آن است که (بعضی) توزیع‌های دم‌کلفت، به شکل رابطه‌ی مقیاس‌پذیری قانون توان[۱] در دُم‌های آن‌ها نشان‌دهنده‌ی خودهمانندی است. مندلبروت چهره‌ی اصلی در شناسایی و کشف این روابط بود. ر.ک. مندلبروت (۱۹۹۷).

۱۹. برای اطلاع بیش‌تر در مورد این افسر به مأخذ باوئر Bower (۱۹۸۴) و مک‌کیل McKALE (۲۰۱۲) مراجعه کنید.

۲۰. این نقل قول از مندلبروت (۱۹۹۸) برگرفته شده است.

۲۱. مجموعه‌ی کامل پیرامون پارتو و آثاری که پژوهش‌های او داشته را می‌توانید در کتاب سه جلدی وود و مک‌کلور Wood & McClure (۱۹۹۹) بیابید. همچنین به مرجع سیریل Cirillo (۱۹۷۹) رجوع کنید.

۲۲. به بیان دیگر، به نظر می‌رسید که نه میانگین و نه واریانس برای توزیع قیمت‌های پنبه تعریف می‌شد. همان‌طور که در زیر شرح آن آمده، مندلبروت بعدها مدعی شد که توزیع نرخ‌های بازده بازارهای مالی میانگین‌های متناهی *دارد*، اما واریانس‌های متناهی ندارد. البته، غالباً دشوار می‌توان میانگین توزیع پایدار لووی (Lévy - stable) را محاسبه کرد. در مواردی که واریانس تعریف نشده است، ارزش متوسط محاسبه شده برای هر مجموعه‌ای از داده‌های متناهی، مدت‌ها طول می‌کشد تا حول میانگینی همگرا شود؛ به همین دلیل هم بوده که مندلبروت و هاوساکر در آغاز معتقد بودند که میانگین وجود ندارد.

۲۳. مندلبروت نکات چندی پیرامون زندگینامه‌ی لووی در مندلبروت (۱۹۸۲) می‌آورد و به

---

۱. Power – Law Scaling

رابطه‌ی متقابل خود با وی در مندلبروت و هادسون (۲۰۰۴) اشاره می‌کند.

۲۴. به این توزیع‌ها هم‌چنین توزیع‌های پایدار آلفا (α-stable) هم می‌گویند. در سرتاسر نوشته (و در نوشته‌ی معروف مندلبروت) «سرکشی» توزیعی است که «۲>α» دارد. در مورد توزیع‌های پایدار لووی ۲>α>۱ است، میانگین متناهی است، اما واریانس متناهی نیست؛ اگر ۲≥α باشد، نه میانگین و نه واریانس متناهی است. یعنی فرضیه‌ی حد مرکزی در مورد توزیع‌های پایدار لووی کار نمی‌کند، یا بلکه بهتر است گفته شود، فرضیه‌ی تعمیم‌یافته‌تر زیر صادق است: متغیر تصادفی‌ای را که بتوان به عنوان مجموع به قدر کافی بزرگی از متغیرهای مستقل و مشابه متغیرهای با توزیع پایدار لووی مدل‌سازی کرد، می‌باید خود همچنین متغیرهای با توزیع پایدار لووی باشد. برای مطالعه‌ی بیش‌تر ریاضیات توزیع‌های پایدار لووی به منتگنا Mantegna و استنلی (۲۰۰۰)و زولوتارف (۱۹۸۶) مراجعه کنید.

۲۵. رجوع کنید به مندلبروت (۱۹۶۴) و کوتنر (۱۹۶۴).

۲۶. این نقل قول رادر مندلبروت و هادسون (۲۰۰۴a)، صفحه‌ی ۲۳ مقدمه می‌یابید.

۲۷. مراجعه کنید به طالب (۲۰۰۴ و ۲۰۰۷a). مندلبروت بحث‌های مشابهی در مندلبروت و هادسون (۲۰۰۴) دارد. در مأخذ طالب (۲۰۰۷b) تفسیر بسیار متعادل‌تری از طالب ۲۰۰۴ را خواهید یافت – تفسیری که با مباحث اصلی این کتاب همخوان‌تر است، هر چند بحث در سال ۱۹۶۲ در مسیر این تفسیر هم پیش نرفته است.

۲۸. اگرچه این بیان درست است، اما نکات مهمی را نادیده می‌انگارد که غالباً مندلبروت به آن‌ها اشاره داشت. اول این‌که ابزارهای آماریی که در چارچوب توزیع‌های نرمال و لگ‌نرمال از آن استفاده می‌شد، غالباً در قالب متغیرهای توزیع پایدار لووی معنایی نداشت، و قطعاً هم کار نمی‌کرد. بدین دلیل، استفاده از فرض توزیع‌های نرمال و لگ‌نرمال می‌تواند به نتایج بسیار گمراه‌کننده‌ای منجر شود، و به علاوه نوعی اطمینان نادرست در مورد احتمال وقوع برخی رویدادهای غایی و فرین ایجاد کند. دوم، به‌رغم این‌که رویدادهای فرین در هر دو مدل نامکرر بوقوع می‌پیوندد، در مُدل‌های بازارهای مالی مندلبروت، این رویدادها آن‌قدر تکرار می‌شود که در بلندمدت بر رفتار بازار همین رویدادهای نادر غالب می‌شود. و بنابراین، حتی اگر تشابهی در پیش‌بینی این مدل‌ها

برای روزهای عادی وجود دارد، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در نحوه‌ی نگرش آن‌ها به نقش «روزهای عادی» در تعریف رفتار بلندمدت بازار وجود دارد.

۲۹. برای مثال، رجوع کنید به فاما (۱۹۶۴).

۳۰. برای نمونه نگاه کنید به Cont کانت (۲۰۰۱) و مآخذی که آن‌جا ذکر شده است. این نکته در بحث با دیدیه سورنت مورد تأکید قرار گرفته؛ در مورد آثار او در فصل ۷ مفصل می‌خوانیم.

۳۱. به‌ویژه، بسیار دشوار است بگوییم آیا داده‌های تجربی توزیعی خاص از توزیع پایدار لووی تبعیت می‌کند یا دم کلفت است و پایدار لووی نیست. علت آن است که تفاوت‌ها به بسامدی رویدادهای فرین مربوط‌اند که خیلی کم بوقوع می‌پیوندند. برای مثال، به Weron وِرن (۲۰۰۱) رجوع کنید.

فصل ۴
شکست‌دادن کازینو

زمان سال ۱۹۶۱ است [۱] و محل لاس‌وگاس. شنبه شبی در اواسط ماه ژوئن است. با این‌که خورشید غروب کرده، هوا دوروبَر ۱۰۰ درجه بالا و پایین می‌رود. در داخل کازینو، کسی نگران هوا نیست. وگاس در اوج عصر طلایی خود در سال‌های پس از جنگ است. صدها تفرجگاه بی‌نظیر در باریکه‌ی نورونقی، از صحرا در شمال تا مناطق گرم و مرطوبِ جنوب در طول ساحل صف کشیده‌اند. فضای شلوغ و دودگرفته‌ی کازینو پر از گردشگرانی است که از همه جای امریکا آمده‌اند تا بخت خود را روی میزهای قمار امتحان کنند یا دست‌کم ستارگان معروف را دید بزنند. این وگاس فیلم جنایی *یازده یار اوشن*[۱]، وگاس مایکل کورلئونه[۲]، وگاسی است که جیمزباند در فیلم *الماس‌ها ابدی‌اند*[۳] سیاحت کرد. وگاس الویس[۴] و گروه موزیک رت‌پک[۵]، لیبراچی[۶] و برادران مارکس[۷].

مردی زیر سی سال، بلند و باریک با موی آلمانی، در پای یکی از میزهای رولت نشسته. خیره به روبرو، صورت بی‌احساسش پنهان پشت عینکی با قاب شاخی. جمعیتی که دور او ازدحام

---

۱. *Ocean's Eleven*

۲. Michael Corleone. شخصیت اول فیلم پدرخوانده.

۳. *Diamonds Are Forever*

۴. Elvis. مراد الویس پریسلی خواننده‌ی مشهور و مبدع راک اندرول است.

۵. Rat Pack

۶. Liberace پیانیست امریکایی

۷. Marx Brothers

کرده‌اند، با سروصدا ژتون‌های خود را روی میز رولت پرت می‌کنند. اما، او همه را نادیده می‌گیرد، مصمم نشسته و به چیزی نامعلوم فکر می‌کند. لحظه‌ها سپری می‌شود، و جمعیت متعجب‌اند که آیا این مرد فراموش کرده که پای بازی رولت نشسته. اما در آخرین لحظه، او در انتخابی ظاهراً تصادفی، ژتون‌های خود را درخانه‌هایی از میز رولت می‌گذارد. یک‌بار روی خانه‌ی سیاه ۲۹، بار دیگر قرمز ۲۵، سیاه ۱۰، و قرمز ۲۷. بار دیگر روی خانه‌ی سیاه ۱۵، قرمز ۳۴، سیاه ۲۲ و قرمز ۵. آدم‌هایی که اطراف او نشسته‌اند چنان نگاهش می‌کنند که انگار دیوانه است. رولت‌بازهای حرفه‌ای، مثل لاتاری‌بازها، معمولاً نظمی دارند و ثابت قدم طرحی را ادامه می‌دهند: مثلاً روی تاریخ تولدشان یا شماره‌ی تلفن دوست دخترشان شرط می‌بندند. یا اگر بخواهند کم‌تر ریسک کنند، روی رنگ خاصی دائماً شرط‌بندی می‌کنند. اما این مرد دائماً شرط‌بندی‌اش را تغییر می‌دهد؛ گویی کسی آینده را در گوشش نجوا می‌کند. به هر حال، به نظر نمی‌آید درست بازی کند، اما پشت هم برنده می‌شود.

نام او ادوارد تورپ[۱] است، و امروز یکی از موفق‌ترین مدیران صندوق‌های حفظ ارزش[۲] تاریخ به‌شمار می‌رود. در ژوئن ۱۹۶۱، فقط چند سالی بود که از دانشکده فارغ‌التحصیل شده بود، و در دانشگاه ایالتی نیومکزیکو با سمت استادیار ریاضیات تدریس می‌کرد. تورپ در دانشکده در رشته‌ی ریاضیات فیزیک کوانتوم مدرک گرفته بود. اما عاشق قمار بود؛ به‌ویژه به بازی‌های استراتژیک علاقه داشت؛ بازی‌هایی چون بیست‌ویک، پوکر، باکارا و حتی بازی چینی قدیمی گو. اما در آن شب سوزان وگاس در ۱۹۶۱، او رولت بازی می‌کرد. این عجیب بود، چون نتایج چرخش رولت باید کاملاً تصادفی باشد. هر چرخشی از چرخش قبلی و بعدی مستقل است. این بازی استراتژی‌بردار نیست.

به میز رولت برگردیم؛ زن و مردی در حالی که جرعه‌جرعه ویسکی می‌نوشند، از کنار تورپ می‌گذرند. از میز بعدی هلهله‌ای برمی‌خیزد؛ کسی از اهالی دموین[۳]، مبلغ بزرگی برده است. تورپ که به خود آمده، نگاهی به بالا می‌اندازد؛ نگاهی به‌موقع تا سایه‌ی وحشت را بر صورت زنی که در

---

۱. Edward Thorp

۲. hedge fund

۳. Des Moines

کنارش ایستاده ببیند. دست تورپ به سمت گوشش می‌رود. توجه چند نفری که دور و بر او هستند با این حرکت تورپ به سمت او جلب می‌شود و چشمشان به آن سمت می‌رود... این دیگر چیست؟ گوشی؟ حالا تورپ بلند می‌شود، ژتون‌های خود را جمع می‌کند و با یک دست داخل جیبش می‌ریزد، و دست دیگرش هنوز به گوشش چسبیده. راه خود را از میان جمعیت باز می‌کند و شتابان به سمت خیابان می‌رود.

★★★★

پیش از این نشان داده‌ایم چگونه باشلیه و آزبورن فکرهایی از رشته‌ی فیزیک را وام گرفتند، و توضیح دادند که بازارها طبق نظریه‌ی ولگشت قابل‌تفسیرند، و مندلبروت آن نظریه را اصلاح کرد. وقتی اقتصاددانان فهمیدند مطالعات‌شان چه نتایجی دارد، انقلابی در بررسی بازارهای مالی روی داد. البته، همه‌ی این مطالعات در چهاردیواری دانشگاه محبوس ماند. باشلیه در بورس کار می‌کرد، اما هیچ‌وقت اندیشه‌های خود را به درون بورس نبرد، و هیچ‌وقت هم پولی در نیاورد. آزبورن شاید برای تأمین خانواده به رشته‌ی مالی روی آورد، اما سرانجام به این نتیجه رسید که با سفته‌بازی در دیوانه‌خانه‌ی بازارهای مالی نمی‌شود پول درآورد. بنابراین، او هم از معاملات مالی دور ماند.

تردیدی نیست که نظریات باشلیه، آزبورن و مندلبروت از دانشکده‌های اقتصاد سردرآورد و بر نگاه معامله‌گران نسبت به بازار سرمایه تأثیر گذاشت. نمونه‌ی آن کتاب **۱۹۷۳** برتُن مل‌کیل[۱] اقتصاددان دانشگاه پرینستون با عنوان *ولگشتی حول‌وحوش وال‌استریت* است که متن کلاسیک مورد استفاده‌ی طیف‌های مختلف سرمایه‌گذاران است؛ این کتاب به‌ویژه وامدار اندیشه‌های آزبورن است، هر چند قدر آن به درستی شناخته نشده است [۲].

اما رواج و پیشرفت‌های بعدی نظریه‌ی ولگشت صرفاً بخشی از داستان حضور و تأثیرگذاری فیزیکدانان بر مالی مدرن است. شاید به همان میزان یا بیش‌تر، فیزیکدانان در میدان عمل بر مالی تأثیر گذاشته‌اند. ادوارد تورپ نمونه‌ی بارز این فیزیکدانان است. او کارهایی در رشته‌ی مالی کرد که از باشلیه و آزبورن هرگز ساخته نبود. او نشان داد که می‌توان از فیزیک و ریاضیات برای پول درآوردن در بازارهای مالی استفاده کرد. تورپ با تکمیل کارهای باشلیه و آزبورن و با تکیه بر تجارب خود درباره‌ی نظام‌های قمار، صندوق‌های مدرن حفظ ارزش را اختراع کرد؛ در این مسیر

---

۱. Burton Malkiel

تورپ از رشته‌ی علمی جدیدی بهره گرفت که فیزیک ریاضی را با مهندسی برق تلفیق می‌کرد. نظریه‌ی اطلاعات[۱] همان‌قدر به دهه‌ی شصت تعلق داشت که قمارخانه‌های وگاس. و به ابتکار تورپ، نظریه‌ی اطلاعات به حلقه‌ی گمشده‌ی بین آمار قیمت‌های بازار و استراتژی برنده‌شدن در وال‌استریت بدل شد.

تورپ در اوج رکود اقتصادی بزرگ در ۱۴ اوت سال ۱۹۳۲ متولد شد. پدرش افسر بازنشسته‌ی ارتش بود که در جنگ جهانی دوم شرکت کرده بود. وقتی تورپ به دنیا آمد، پدرش بخت آن را داشت که نگهبان بانک شود، اما خانواده هنوز در تنگنای مالی بود و تورپ جوان صرفه‌جویی را یاد گرفت و عقل معاش پیدا کرد. او دریافت که می‌توان یک بسته پودر کول‌ایـد[۲] را به ۵ سنت خرید و با آن شش لیوان شربت درست کرد. او هر شربت را به یک سنت به کارگران ساختمانی می‌فروخت. با مغازه‌داری شرط بست که می‌تواند سریع‌تر از ماشین‌حساب او جدول اجناس خریداری‌شده را جمع بزند و با این کار برنده‌ی بستنی قیفی شد. یکی از پسرعموهای مسّن‌تر از او به تورپ یاد داد که در پمپ بنزین محل، دستگاه اتوماتیک فروش سیگاری نصب است که اگر دسته‌ی آن را درست تکان بدهد، از آن پول می‌ریزد.

وقتی جنگ جهانی دوم شروع شد، خانواده‌ی تورپ به طرف غرب رفتند تا کاری در صنایع دفاعی پیدا کنند. در شهر لومیتای[۳] کالیفرنیا، درست در جنوب لس‌آنجلس، اقامت گزیدند. زن و شوهر مشغول کار شدند، و تورپ را به حال خود رها کردند تا خودش را اداره کند. در همین ایام بود که تورپ دریافت می‌تواند مهیج‌تر از شرط‌بندی روی سرعت ذهنی خود، اشیاء را منفجر کند. کار را با هدیه‌ی پدر و مادرش یعنی یک دست لوازم آزمایشگاهی کودکانه شروع کرد و بالاخره نمونه‌ی کوچک آزمایشگاه دانشمند دیوانه را در گاراژ منزل‌شان راه انداخت. وقتی والدینش داشتند به جنگ کمک می‌کردند، تورپ بمب‌های صوتی می‌ساخت و در پیاده‌روها با بمب‌های نیتروسلولز خانگی حفره‌های انفجاری درست می‌کرد. بعدها ابتکارات فنی‌اش بیش‌تر شد و با تلسکوپ و وسایل الکترونیک، از جمله رادیوهای آماتوری سروکار داشت. میل وافر تورپ خردسال به مواد منفجره

---

۱. information theory

۲. Kool - Aid

۳. Lomita

باعث شد اشتیاق عمیق او به علم پشت این تجربه‌ها مخفی شود؛ همراه این تجربه‌ها بود که مطالب فراوانی از شیمی و فیزیک فرا گرفت. در سال ۱۹۴۸، در پایان سال دوم دبیرستان، تورپ در مسابقات سراسری جنوب کالیفرنیا در رشته‌ی شیمی شرکت کرد تا بورس تحصیلی ورود به دانشگاه کالیفرنیا را بدست آورد. وقتی معلم شیمی خود را از این موضوع باخبر کرد، وی در درستی این کار ابراز تردید کرد. تورپ یک‌سال جوان‌تر از بقیه‌ی رقبایش بود که برای کالج آماده می‌شدند. اما وقتی معلمش از او آزمون گرفت، اطمینان خاطر یافت. تورپ چندان چیزی نمی‌دانست، اما اشتیاق یادگیری بالایی داشت. معلم تورپ سه کتاب و تعداد زیادی نمونه‌های آزمون به او داد که در طول تابستان با آن‌ها کار کند.

وقتی نتایج امتحان اعلام شد، تورپ دید که بین همه‌ی شرکت‌کنندگان در آزمون نفر چهارم شده. نتایج درخشان بود، اما می‌دانست که می‌تواند بهتر هم باشد. خط‌کشی که تورپ سر جلسه‌ی امتحان برده بود ده سانتیمتری بود؛ کوچک بود و خوب هم ساخته نشده بود. اعداد درست روی خط‌کش ردیف نمی‌شد، و محاسبات تورپ را پراشتباه می‌کرد. تورپ معتقد بود اگر خط‌کش درستی داشت، در آزمون نفر اول می‌شد. مشکل آن بود که نمی‌توانست دوباره امتحان شیمی بدهد. بنابراین، سال بعد برای آزمون مشابه در رشته‌ی فیزیک ثبت‌نام کرد؛ این‌بار اول شد و بورس تحصیلی را برد، و بدین‌ترتیب راه برای ورودش به یوسی‌ال‌ای[۱] هموار شد. او با فروش موجودی مواد منفجره‌ی خود شهریه‌ی دانشگاه را تأمین کرد.

چون از طریق رشته‌ی فیزیک و نه شیمی به یوسی‌ال‌ای وارد شده بود، رشته‌ی فیزیک را به عنوان رشته‌ی تحصیلی برگزید. چهار سال بعد، برای دوره‌ی کارشناسی ارشد هم ثبت‌نام کرد. تورپ عاشق مطالعات خود بود، اما به دلیل فقدان منابع مالی، کارشناسی ارشد را جای مناسبی برای خود نمی‌یافت. اگر به مدد بورس تحصیلی نبود، حتی از عهده‌ی مخارج دوره‌ی کارشناسی خود هم برنمی‌آمد. حالا که ۲۱ سال داشت، پول از همیشه برایش مهم‌تر شده بود. تورپ بودجه‌ای حدود ۱۰۰ دلار در ماه دست‌وپا کرده بود (حدود ۸۵۰ دلار به قیمت‌های سال ۲۰۱۲) که نصف آن بلافاصله صرف اجاره می‌شد [۳]. در تنگنای بی‌پولی، تورپ به دنبال طرح‌هایی بود که کمی پول بیش از بودجه‌ی ۱۰۰ دلاری خود کسب کند، مثل پول‌های ناچیزی که در بچگی درمی‌آورد.

---

۱. UCLA (University of California, Los Angeles)

بحث روی همین موضوع «کسب اندکی پول بدون کار زیاد» بود که تورپ را به فکر بازی رولت انداخت و این بحث در اتاق ناهارخوری اتحادیه‌ی تعاونی مسکن یوسی‌ال‌ای در بهار ۱۹۵۵ شروع شد، یعنی در روزهایی که تورپ داشت دوره‌ی کارشناسی ارشد فیزیک را به اتمام می‌رساند. اولین کازینوهای لاس‌وگاس تازه داشت افتتاح می‌شد، و در آن روزها، قمار موضوع داغ روز بود. یکی از دوستان تورپ این موضوع را طرح کرد که قمار راه ساده‌ای برای بسرعت ثروتمندشدن است. دیگری بلافاصله جواب داد مشکل آن است که آدم اغلب می‌بازد. بعد از بحث در مورد این‌که در کدام یک از بازی‌های مختلف می‌شود برتری (یعنی بخت این‌که بیشتر ببریم و کم‌تر ببازیم) ایجاد کرد، اسم رولت هم به میان آمد. بیش‌تر رفقای تورپ معتقد بودند که بازی رولت به درد پول‌دارشدن سریع نمی‌خورد. اگر چرخ رولت قدری خراب باشد، احتمال این‌که اعداد خاصی بیش‌تر تکرار شود، وجود دارد. اما چرخ رولت کازینوهای بزرگ، و از جمله آن‌ها که در لاس‌وگاس یا رنو[۱] نصب شده‌اند، آن‌قدر دقیق ساخته شده‌اند که نمی‌شود در کارشان اخلال مشاهده کرد. دورهای رولت به اعداد تصادفی خیلی نزدیک بود، و بدون نوعی دستکاری خاص، نمی‌توانستی اغلب در بازی برنده شوی.

تورپ با این موضوع مخالف نبود، اما نتیجه‌گیری را غلط می‌دانست. استدلال وی این بود که بالاخره فیزیک به این درد می‌خورد که بگوید چرخ چگونه حرکت می‌کند. اگر چرخ دستگاه رولت واقعاً بی‌نقص کار بکند، آن‌گاه آیا فیزیک معمول دبیرستانی برای پیش‌بینی این‌که گوی رولت از کجا شروع به حرکت می‌کند، با چه سرعتی روی چرخ در حال گردش می‌افتد و کجا می‌نشیند، کافی نیست؟ برای محاسبه‌ی این‌که گوی چگونه دور می‌چرخد، به فیزیک کوانتوم یا علوم موشکی نیاز نداریم. این واقعیت که چرخ رولت کاملاً کارا طراحی‌شده، به حل مسئله کمک می‌کند: کارآمدنبودن چرخش دستگاه رولت که ممکن است محاسبات را باطل کند، محتمل نیست؛ هر چرخی بسیار شبیه چرخ‌های دیگر است.

برای آزمون این فرضیه، تورپ دست به آزمایش زد. چند محاسبه انجام داد، و بعد چرخی ارزان‌قیمت فراهم کرد که نصف اندازه‌ی چرخ رولت معمول بود. آن‌گاه از پرتاب گوی به دور چرخ رولت فیلم گرفت تا بتواند کادر به کادر فیلم حرکات گوی را تماشا کند، و ببیند چه

---

[۱]. Reno. منطقه‌ای در ۲۰ کیلومتری کالیفرنیا در ایالت نوادای ایالات متحد.

رفتاری دارد. ضمناً به دنبال این بود که چگونه فکرهای خود را به عرصه‌ی عمل درآورد. بسیاری از کازینوها شرط‌بندی بعد از شروع حرکت گوی روی میز رولت را قبول دارند. بنابراین، در اصل امکان آن است که از سرعت اولیه و موقعیت چرخ و گوی آگاه شویم، و قبل از شرط‌بندی با این اطلاعات محاسبه کنیم که گوی در کدام خانه‌ی رولت جای می‌گیرد. او در مورد ساخت ماشینی که بتواند این محاسبات را باسرعت انجام دهد، خیال‌پردازی می‌کرد. با این همه، کار آزمایش‌ها خیلی جلو نرفت. ممکن است چرخ‌های رولت وگاس بی‌نقص باشد، اما چرخ‌های اسباب‌بازی که او برای آزمایش می‌خرید، به درد نمی‌خورد. با تماشای فیلم حرکات گوی، به این نتیجه رسید که چرخ رولت او به درد آزمایش نمی‌خورد. اما چرخ رولت حرفه‌ای ۱٫۰۰۰ دلار قیمت داشت، و پرداخت این مبلغ برای دانشجوی مفلسی چون او میّسر نبود.

پس تورپ برای مدتی رولت را رها کرد. بعد از خاتمه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد، بار دیگر برای اخذ مدرک دکترا در حوزه‌ی فیزیک تلاش کرد. چیزی نگذشت دریافت که تجربه‌ی ریاضیات او برای پرداختن به مباحث جدید کافی نیست. فهرستی از دروسی را تهیه کرد که لازم بود بگذراند، و بیش‌تر آن فهرست به موضوع مطرح آن روزها یعنی آنالیز تابعی[۱] مربوط می‌شد. او دریافت اگر همه‌ی این دروس را بخواند و آزمون را بگذراند، برای گرفتن دکترای ریاضیات کافی خواهد بود، در حالی که برای گرفتن دکترای فیزیک باید از نو شروع کند. از این‌رو، رشته عوض کرد و ریاضیات را برگزید. در تمام این مدت، فکر چرخیدن گوی رولت را در سر می‌پرود. مطمئن بود که با منابع کافی یعنی با رولت حرفه‌ای و دانش کامپیوتری، می‌تواند به‌درستی آزمایش و نتیجه‌گیری کند.

تورپ اندک زمانی پس از اخذ مدرک دکترا توانست کرسی پراعتبار تدریس ریاضی سی‌ال‌ای مور[۲] را در دانشگاه ام‌آی‌تی[۳] بدست آورد که ۱۰ سال قبل، از آن جان نش[۴] بود؛ جان‌نش ریاضیدان پیشگامی است که در کتاب *ذهن زیبا* نوشته‌ی سیلویا ناسار[۵] تصویر شده است [۴].

---

۱. functional analysis

۲. C.L.E. Moore

۳. MIT (Massachusetts Institute of Technology)

۴. John Nash

۵. Sylvia Nasar, *A Beautiful Mind*

تورپ و همسرش ویوین[۱] کالیفرنیای جنوبی را به قصد کمبریج، ماساچوست ترک کردند. بیش از دو سال در ساحل شرقی نماندند و دوباره به غرب، به نیومکزیکو، رفتند. اما همین دو سال کافی بود که زندگی آنان در مسیر جدیدی بیفتد؛ در ام‌آی‌تی بود که تورپ کلود شانون[۲] را ملاقات کرد [۵].

شانون شاید تنها فرد در قرن بیستم است که می‌تواند مدعی شود علم کاملاً جدیدی را پایه‌گذاری کرده است. نظریه‌ی اطلاعات که وی خلق کرد، اساساً رشته‌ی ریاضیاتِ در پشت انقلاب دیجیتال است. این رشته لایه‌ی زیرین علوم کامپیوتر، ارتباطات از راه دور جدید، رمزنویسی، و رشته‌ی کشف رمز است که آن‌ها را به یکدیگر پیوند می‌زند. مطالعه‌ی چیزهایی چون نحوه‌ی حرکت امواج نور یا نحوه‌ی عمل زبان‌های آدمی، چیزی بسیار قدیمی است؛ اندیشه‌ی پیشگامانه‌ی شانون آن بود که می‌توان خودِ اطلاعات را مخاطب قرار داد؛ یعنی آن‌چه را که با امواج نور ساطع از اشیایی در جهان، به شبکیه‌ی چشم شما منتقل می‌شود، یا آنچه وقت حرف‌زدن از فردی به فرد دیگر منتقل می‌شود، و این چیزی مستقل از امواج و لغات زبان است. از اهمیت این ایده‌ها هر چه بگوییم کم است.

نظریه‌ی اطلاعات از درون پروژه‌ای متولد شد که شانون طی جنگ جهانی دوم روی آن کار می‌کرد. در آن زمان وی عضو هیأت علمی آزمایشگاه بل در قسمت تحقیقاتی شرکت ای‌تی‌اندتی[۳] در موری هیل نیوجرسی[۴] بود. هدف پروژه ساخت سیستم تلفن رمزی بود که به ژنرال‌های خط مقدم جنگ اجازه دهد با ستاد مرکزی خود ارتباط امن برقرار کنند. متأسفانه، این کار دشواری بود. تنها یک نظام رمزگذاری وجود دارد که از نظر ریاضی غیرقابل رمزگشایی باشد؛ نام آن لایه‌ی یک‌بار مصرف[۵] است. فرض کنید بخواهیم نامه‌ای را برای دوستی بفرستیم که هیچ‌کس دیگری نتواند بخواند. فرض کنید نامه با احتساب فاصله‌ی بین کلمات صد حرف باشد. برای ایمن‌کردن نامه و جلوگیری از رمزگشایی آن، باید فهرستی تصادفی از ۱۰۰ عدد داشته باشیم

---

۱. Vivian

۲. Claude Shannon

۳. AT&T

۴. Murray Hill, New Jersey نام ساختمان استقرار آزمایشگاه بل در نیوجرسی

۵. one–time pad

(متناظر با ۱۰۰ حرفی که داریم) و به این فهرست کلید می‌گویند و بعد این اعداد را به حروف نامه «اضافه» کنیم. بدین‌ترتیب اگر حرف اول نامه‌ی انگلیسی ما حرف D باشد (برای مثال Dear John)، و اولین عدد تصادفی فهرست عدد ۵ باشد، شما عدد ۵ را به D به این شکل اضافه می‌کنید که به جای D، حرفی را در فهرست الفبا می‌گذارید که ۵ رده بعد از D باشد؛ یعنی حرف I را حرف اول پیام رمزی می‌گیریم و به همین ترتیب تا آخر. حال برای رمزگشایی، دوست شما باید کلید را داشته باشد تا عدد صحیح را از هر حرف کم کند و به پیام اصلی برسد. اگر کلید به‌راستی تصادفی تهیه شود، بدون دسترسی به کلید هیچ راهی برای رمزگشایی نیست، چرا که تصادفی‌بودن کلید اجازه نمی‌دهد هیچ الگویی در پیام اصلی شکل بگیرد.

در عمل لایه‌ی یک‌بار مصرف، شبیه آن‌چه توضیح دادیم، چندان به کار نمی‌آید. چون ارسال‌کننده و دریافت‌کننده‌ی پیام هر دو می‌باید کلید اعداد تصادفی را داشته باشند. اما اصل فکر چیز ساده‌ای است. این کار پیچیده‌تر می‌شود وقتی بخواهید از همین فکر«لایه‌ی یک‌بار مصرف» برای *مکالمات تلفنی* استفاده کنید. این‌جا دیگر حروفی وجود ندارد که چیزی اضافه یا کاسته شود. فقط صدا داریم و به علاوه این صداها را می‌باید با سیمی روی فاصله‌ی طولانی منتقل کرد (و این وضع مخابره‌ی صدا در ۱۹۴۴ بود). نتیجه این بود که هر کسی که به سیم دسترسی داشت می‌توانست در هر نقطه‌ای مابین ژنرال‌های جبهه و ستاد آنها در امریکا استراق سمع کند.

تیم فعال در آزمایشگاه بل دریافتند که جوهره‌ی «لایه‌ی یک‌بار مصرف» این واقعیت است که الگوهای «سیگنال‌ها» یا پیامی که مخابره می‌شد، در صورت تصادفی‌بودن «پارازیت» – یعنی همان کلید متشکل از اعداد تصادفی – گم می‌شود. بنابراین، باید هر وسیله‌ی انتقال پیام را (در این مورد صدا) بگیریم و به آن چیزی اضافه کنیم که کلاً تصادفی باشد؛ بدین‌ترتیب هر نوع الگوی انتقال پیام از بین می‌رود. در مکالمه‌ی تلفنی، کلمه‌ی *پارازیت* یا اختلال استعاره نیست. فرض کنید در حال صحبت با کسی هستید که پشت سر او صدای جارو برقی بلند است. شما نمی‌توانید خیلی حرف‌های طرف مقابل را بشنوید. این اصل مبنای سیستم SIGSALY[1] بود که شانون و همکارانش اختراع کردند. اگر پارازیت زیادی به آنچه ژنرال شما می‌گوید اضافه کنید، پیام شما برای اشخاص ثالث غیرقابل درک می‌شود. حال اگر در طرف دیگر پیام در واشنگتن بتوانید درست همان صداهای

[1]. این نام مخفف یا سرنام کلمات خاصی نیست؛ طوری تعریف شد که شکل مخفف کلماتی را تداعی کند.

تصادفی را ضبط کنید، آن‌گاه می‌توانید آن‌ها را از پیام رمزدار خارج کنید و صدای اصلی را بدست آوردید. پیاده‌کردن این سیستم اعجاز مهندسی شگفتی بود. پردازش سیگنال از نوعی که برای جداکردن اختلال از خط تلفن ضروری است، حتی اگر دقیقاً می‌دانستید که اختلال از چه نوعی است، در مراحل بسیار اولیه بود. اما شانون و تیم او قلق کار را به‌دست آوردند. تجهیزات SIGSALY در پنتاگون برای روزولت، در گوام برای مک‌آرتور، در افریقای شمالی برای مونتگمری، و در پایگاه فروشگاه بزرگ سلف‌ریجز[۱] لندن برای چرچیل ساخته و نصب شد.

تأمل در مورد رابطه‌ی بین یک «سیگنال» و «اختلال» دستاورد فکری مهمی برای شانون داشت، و آن فکر زیربنایی نظریه‌ی اطلاعات و فراتر از آن انقلاب اطلاعات بود. فرض کنید در بزرگراه رانندگی می‌کنید و با کسی که در کنار شما نشسته حرف می‌زنید. دارید درد دل می‌کنید که یک‌باره کامیون ۱۸ چرخی از کنار شما رد می‌شود، و چون صدای دلخراشی دارد، همسفر شما کلمات را یکی در میان می‌شنود. آیا طرف صحبت شما می‌تواند بفهمد چه گفتید؟ این بستگی به حرف‌های شما دارد. شاید مثل همیشه در مورد ترافیک لس‌آنجلس پشت سر هم کلمات را می‌بافید. دارید نق می‌زنید و از این‌رو دوست شما پیشاپیش از حرف‌هایتان خبر دارد. فقط چند کلمه‌ای مثل «ساخت‌وساز» یا «رانندگان ناجور»، به علاوه‌ی یکی دو فحش کافی است که عقیده‌ی کامل شما در مورد ترافیک به شنونده مخابره شود. حتی اگر مسافر اتومبیل شما آدمی کاملاً غریبه باشد، چون هیچ‌کس راه‌بندان ترافیک را دوست ندارد، چند کلمه‌ی کلیدی کافی است که پیام شما را دریابد. اما اگر داشتید جزئیات فیلمی را که تازه دیده بودید، شرح می‌دادید چطور؟ در این مورد هر کلمه که می‌گفتید اهمیت داشت. مسافر شما با شنیدن کلمات «بیمارستان - بود - آبی،» سر از داستان شما درنمی‌آورد.

شانون به این جمع‌بندی رسید که میزان اطلاعاتی که با «سیگنالی» منتقل می‌شود به این بستگی دارد که رمزگشایی از پیام برای دریافت‌کننده چقدر کار می‌برد، به عبارت دیگر سیگنال چقدر غیرقابل پیش‌بینی است. حرف‌های کلیشه‌ای در مورد ترافیک اطلاعات زیادی ندارد؛ پیش‌بینی آن حرف‌ها ساده است؛ شرح خلاصه‌ی فیلم اطلاعات بیش‌تری دارد. این جوهره‌ی نظریه‌ی اطلاعات شانون است.

شاید ساده‌ترین روش برای درک فایده‌ی این‌گونه نگاه به اطلاعات آن باشد که تصویر شانون را

---

۱. Selfridges

برعکس کنیم. اطلاعات از جمله چیزهایی است که شما را از احساس عدم‌اطمینان نسبت به چیزی به سمت احساس اطمینان بیش‌تر نسبت به آن سوق می‌دهد. وقتی اطلاعات بدست می‌آورید، چیزی در مورد جهان یاد *می‌گیرید*.

حال دو مورد را در نظر بگیرید. فرض کنید با فکرکردن در این مورد شروع می‌کنید که تیم یانکی‌ها[۱] احتمال زیادی دارد که در هر سال معینی در بیش از نیمی از مسابقات خود پیروز باشد، اما احتمال کمی وجود دارد که در ماه موجودات فضایی زندگی کنند. نگرش اصلی شانون به این مثال را می‌توان این‌گونه توضیح داد: اگر مطلع شوید، و کاملاً اطمینان یابید که موجودات فضایی در کره‌ی ماه زندگی می‌کنند، در قیاس با این خبر که یانکی‌ها تیمی از بازی‌های فصل را برده‌اند، اطلاعات بسیار بیش‌تری بدست آورده‌اید. دلیل این امر به بیان شانون آن است که احتمال زندگی موجودات فضایی در کره‌ی ماه بسیار بسیار کم‌تر از احتمال برد ۵۰ درصد بازی‌ها توسط یانکی‌ها (یا هر تیم دیگری) است. این رابطه‌ی بین احتمال یک پیام و اطلاعات موجود در آن پیام، پیوند ضروری است که برای کمّی‌کردن اطلاعات لازم است. به بیان دیگر، شانون با مرتبط‌کردن اطلاعات با احتمال، روشی کشف کرد که عددی را به پیام الصاق کند که میزان اطلاعات موجود در آن را اندازه‌گیری می‌کند؛ این کار به نوبه‌ی خود گامی بلند در مسیر ساخت نظریه‌ی ریاضی اطلاعات بود.

ابداع نظریه‌ی اطلاعات، حداقل در محافل مهندسی برق، ریاضیات و فیزیک، یک‌شبه شانون را بدل به قهرمان کرد. کاربرد این نظریه بی‌انتها بود. وی پس از جنگ ده سال دیگر در آزمایشگاه‌های بل ماند، و پس از آن در سال ۱۹۵۶ به دانشگاه ام‌آی‌تی رفت.

★★★★

تورپ یک‌سال پس از اخذ مدرک خود در سال ۱۹۵۹ به ماساچوست رسید. در آن زمان، شانون کرسی وقفی دانشگاه را داشت و استاد هر دو دانشکده‌ی ریاضیات و مهندسی برق بود. مهم‌ترین اثر او به چاپ رسیده بود، و تأثیر آن به سرعت فراگیر می‌شد. در اواخر دهه‌ی ۵۰، شانون ستاره‌ی راک دانشگاه بود. او که رفتاری غیرمتعارف داشت، حالا در موقعیت قدرتمندی بود که می‌توانست شرایط خود را به دانشگاه تحمیل کند: با چه کسانی ملاقات کند، چه درس بدهد، و

---

۱. Yankees

چقدر زمان به پژوهش اختصاص دهد. از زمره‌ی آدم‌هایی نبود که در هر زمان بشود به دفترش سرک کشید، به‌ویژه اگر استادیار تازه‌کاری باشی. برای ملاقات شانون، تورپ وقت ملاقات می‌خواست؛ و برای وقت ملاقات به موضوعی نیاز داشت که ارزش صحبت داشته باشد. همان‌طور که منشی شانون بعداً به اطلاع تورپ رساند، پروفسور شانون «وقت خود را صرف موضوعات (یا افرادی) نمی‌کرد که مورد علاقه‌اش نبود» [۶].

خوشبختانه تورپ موضوع مورد علاقه‌ی شانون را داشت. چند ماه قبل از آمدن به ماساچوست، تورپ برای اولین‌بار از لاس‌وگاس دیدن کرده بود. آنان وگاس را انتخاب کرده بودند چون به صرفه بود: به لس‌آنجلس نزدیک بود، هتل‌های ارزان‌قیمت زیادی داشت، با دیدنی‌های بسیار و سرگرمی‌های فراوان. مهم‌تر این‌که تورپ فکر می‌کرد در وگاس فرصت خواهد داشت فکرهای خود را روی چرخ رولت حرفه‌ای پیاده کند. اما در آن‌جا معلوم شد که در این سفر، رولت موضوع اصلی مورد علاقه‌ی تورپ نیست. اندکی قبل از مسافرت تفریحی زن و شوهر به وگاس، یکی از همکاران تورپ مقاله‌ای علمی از *نشریه‌ی انجمن آماری امریکا*[۱] را در اختیار وی قرار داد [۷]. مقاله به بازی بلک‌جک یا بیست‌ویک پرداخته بود.

بیست‌ویک از بازی‌های قدیمی کازینوهاست – حتی از رولت هم قدیمی‌تر است. سروانتس مؤلف کتاب *دُن‌کیشوت*[۲] در اوایل قرن هفدهم در اسپانیا نوعی از بیست‌ویک را بازی می‌کرد، و داستان‌هایی نوشت که شخصیت‌های آن‌ها استاد تقلب شده بودند [۸]. این بازی را معمولاً با یک یا دو دست ورق استاندارد انجام می‌دهند. بازی را با اعلام رقمی شروع می‌کنید. بازی به این ترتیب شروع می‌شود که هر حریف‌بازی (از جمله ورق‌دهنده‌ی میز کازینو) دو کارت می‌گیرد، و بعد هر حریف می‌تواند درخواست کارت اضافی کند تا به این نتیجه برسد که کارت‌ها کافی است یا سوخته است، یعنی از عدد ۲۱ تجاوز کرده است. کارت‌های شماره‌دار به اندازه‌ی عدد روی کارت ارزش دارند؛ ارزش کارت‌های عکس‌دار برابر ۱۰ است؛ و ورق آس به انتخاب حریف هم می‌تواند عدد یک حساب شود و هم عدد ۱۱. هدف آن است که مجموع اعدادمان بیش‌تر باشد، بدون این‌که از عدد ۲۱ تجاوز کنیم. در کازینو، هر حریفی با ورق‌دهنده‌ی میز بازی که نماینده‌ی

---

۱. *Journal of the American Statistical Association*

۲. *Don Quixote*, Cervantes

کازینوست رقابت می‌کند. بنابراین، هدف آن است که نسوزیم و ورق‌دهنده را شکست بدهیم. اگر ببرید، کازینو برای هر دلار شرط‌بندی شما، یک و نیم دلار می‌پردازد.

کازینوها همیشه استراتژی ثابتی دارند. بانکدار میز کازینو (ورق‌دهنده) اگر هنوز به عدد ۱۷ نرسیده، باید کارت جدیدی بگیرد. اگر به عدد ۱۷ یا بیش‌تر برسد، دیگر کارت نمی‌گیرد. و اگر بانکدار ببازد، بقیه همگی می‌برند. تنها پیچیدگی آن است که همه‌ی حریف‌ها با کارت‌های رو بازی می‌کنند، اما بانکدار یک کارت را رو نمی‌کند، و حریف‌ها فقط پس از پایان بازی، آن ورق را می‌بینند. وقتی نمی‌دانیم جمع ورق‌های بانکدار چه عددی می‌شود، دشوار می‌توانیم تصمیم بگیریم که کارت دیگر بخواهیم یا نه.

سالیان سال است که کازینوها میز بیست‌ویک دارند، و با این کار پول درآورده‌اند. این نشان می‌دهد، و البته کاملاً ثابت نمی‌کند، که کازینو بخت برد بیش‌تری دارد. با وجود این نمی‌توان گفت که حتماً چنین می‌شود، چون بیست‌ویک برخلاف رولت بازی استراتژیک است. هر حریف حق تصمیم‌گیری دارد که کارت جدید بگیرد یا نه. حتی تا اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ که قماربازی در وگاس شروع شد، هیچ‌کس نمی‌دانست آیا استراتژیی وجود دارد که با استفاده از آن حریف‌ها از کازینو ببرند یا نه. اما همه می‌دانستند که حریف‌ها هر کاری بکنند، این بازی به نفع کازینو تمام می‌شود. هر کاری فراتر از آن بسیار دشوار به نظر می‌رسید. باید برای همه‌ی دست‌های ممکن بازی و در هر شرایط احتمال محاسبه می‌شد و این یعنی میلیون‌ها محاسبه.

گروهی از پژوهشگران ارتشی در سال ۱۹۵۳ می‌خواستند همین کار را انجام بدهند. در طول مدتی بیش از سه سال با استفاده از چند کامپیوتر (که در اوایل دهه‌ی ۵۰ به معنای افراد به علاوه احتمالاً چند ماشین جمع‌زنی الکترونیک بود) تیم ارتشی تقریباً همه‌ی دست‌های ممکن بازی را محاسبه کردند، احتمال آن‌ها را برآورد کردند، و آن‌گاه استراتژیی طراحی کردند که بنا بر ادعاشان استراتژی بهینه‌ی بازی بیست‌ویک است. این همان استراتژی بود که آن را در *نشریه‌ی انجمن آماری امریکا* منتشر کردند، و این همان استراتژی است که تورپ تصمیم گرفت در سفر به وگاس آن را امتحان کند.

این استراتژی برای برد نبود. طبق محاسبات ارتش، حتی اگر با استراتژی بهینه‌ی آن‌ها بازی می‌کردی، کازینو دست بالا را می‌داشت؛ علت نقش اساسی دودلی یا تردیدی بود که ورق‌بازها به دلیل کارت رونشده‌ی بانکدار با آن مواجه بودند. اما این مزیت بزرگی نبود. اگر شما هزار شرط یک دلاری در بازی بیست‌ویک با استفاده از استراتژی آن‌ها می‌بستید، طبق پیش‌بینی ارتش، در

پایان روز به طور متوسط ۹۹۴ دلار برای شما باقی می‌ماند. در مقایسه با بازی جک‌پات که می‌شد انتظار داشت در پایان روز ۸۰۰ دلار برایتان بماند، استراتژی بهینه‌ی بیست‌ویک خیلی خوب به نظر می‌رسید. متأسفانه، این استراتژی ساده نبود. از این‌رو، تورپ باید تقلب می‌کرد، و همه‌ی احتمالات ممکن را روی کارت کوچکی می‌نوشت، و در ضمن بازی از روی آن کارت می‌خواند.

او به سرعت باخت، با ۱۰ دلار شروع کرد و ظرف یک ساعت به ۱/۵ دلار رسید. اما دیگر حریف‌ها در آن میز با سرعت بیش‌تری می‌باختند؛ و وقتی تورپ میز بازی را ترک کرد، اطمینان یافت که پژوهش ارتش خالی از فایده نبوده، اما مطمئن بود می‌شود بهتر از این بازی کرد.

مشکل استراتژی ارتش از نگاه تورپ آن بود که هر دست بازی بیست‌ویک را مستقل تلقی می‌کرد؛ گویی که در هر روز از بازی از یک دست ورق جدید استفاده می‌شد. اما در عالم واقع، آن هم در سال ۱۹۵۸ (کازینوها در این فاصله‌ی زمانی قواعد خود را کمی تغییر داده‌اند) این‌گونه نبود که از ورق‌های جدید استفاده شود. بانکدار میز یک یا دو دست ورق را بُر می‌زد و بازی را تا جایی که کارتی داشت، ادامه می‌داد. این همه چیز را عوض می‌کرد. توجه کنید که احتمال دریافت مثلاً کارت آس در یک دست ورق جدید $\frac{۴}{۵۲}$ است، چون در هر دست ورق ۵۲ کارتی، ۴ ورق آس وجود دارد. اما فرض کنید دارید دور دوم را بازی می‌کنید، و در دور اول ۱۰ کارت رو شده که دو تای آن آس بوده است. حالا احتمالاً آس آمدن $\frac{۲}{۴۲}$ است که خیلی از $\frac{۴}{۵۲}$ کمتر است. پس اگر استراتژی شما به احتمالات دریافت ترکیبات مختلفی از کارت‌ها بستگی دارد، و اگر شما می‌خواهید مراقب باشید، باید کارت‌هایی را که بازی شده است به حساب آورید. با انتخاب این استراتژی که شما حساب کارت‌های بازی‌شده را نگاه می‌دارید، و متناسب با آن تغییر استراتژی می‌دهید، دارید «ورق‌شماری» می‌کنید.

تورپ معتقد بود ورق‌شماری احتمال برد بازی بیست‌ویک را بالا می‌برد و نتیجه حتی از آنچه پژوهشگران ارتش یافته‌اند، بهتر می‌شود. با استفاده از کامپیوتر آی‌بی‌ام ۷۰۴ دانشگاه ام‌آی‌تی، یعنی یکی از کامپیوترهایی که تولید انبوه شد و به بازار آمد، تورپ ثابت کرد که حریف‌هایی که نسخه‌ی تعدیل‌یافته‌ای از استراتژی ارتش را با فن ساده‌ی ورق‌شماری ترکیب کنند، دست بالا را خواهند داشت. این پیشنهاد نقطه‌ی تماس تورپ با شانون بود. مقاله‌ای نوشت و آن‌چه را که یافته

بود توصیف کرد، با این امید که شانون در انتشار مقاله به او کمک کند.
وقتی روز ملاقات فرا رسید، تورپ که دچار تشویش شده بود، صحبت کوتاه چند دقیقه‌ای خود را آماده کرد تا توضیح دهد چه می‌خواهد و چرا شانون باید به او کمک کند.
اما جلسه طوری پیش‌رفت که تورپ جای نگرانی نداشت. شانون بسرعت تشخیص داد که نتایج تورپ جالب است. پس از چند پرسش تندوتیز، شانون متقاعد شد که تورپ حرف حسابی می‌زند. چند اصلاح ویرایشی در مقاله‌ی او به عمل آورد و پیشنهاد داد که تورپ عنوان مقاله را اندکی محافظه‌کارانه‌تر کند و به جای «استراتژی برنده برای بازی بلک جک،» از عنوان «استراتژی مطلوب برای بازی بیست‌ویک» استفاده کند و سپس پیشنهاد کرد که مقاله‌ی تورپ در نشریه *مجموعه مقالات آکادمی ملی علوم* چاپ شود.
این نشریه علمی معتبرترین مأخذ برای انتشار این مقاله بود (و فقط اعضای آکادمی می‌توانستند در آن مقاله چاپ کنند) [۹]. سپس وقتی تورپ آماده می‌شد جلسه را ترک کند، شانون بی‌مقدمه از تورپ پرسید آیا پروژه‌ی تحقیقاتی دیگری در مورد قمار دارد. این نوع از ریاضیات با کاربردهای روشن و سرگرم‌کننده‌ی آن با خط فکری شانون همخوان بود. بعد از مکثی کوتاه، تورپ به سمت شانون خم شد و گفت، «روی چیز دیگری هم دارم کار می‌کنم؛ در مورد رولت... .»

★★★★

غروب یکی از روزهای برفی زمستان کمبریج ماساچوست بود. سواری سیاهی دور بلوک ساختمان‌های مسکونی چرخی زد و بعد جلوِ ساختمان مسکونی تورپ توقف کرد. درها باز شد و از هر طرف اتومبیل زن جوان زیبایی ظاهر شد. هر دو زن پالتوی پوست بر شانه انداخته بودند. از اتومبیل فاصله گرفتند تا مسافر سوم نیز ظاهر شود؛ مردی کوتاه‌قد با شصت و چند سال سن. نام او مانی کیمل[۱] بود [۱۰]. او مالک مجموعه‌ی پارکینگ و قبرستان در حال گسترشی بود که تحت نام شرکت پارکینگ کینی[۲] کار می‌کرد. این شرکت داشت سهامی عام می‌شد. طی دهه‌ی بعد، و

---

۱. Manny Kimmel
۲. Kinney Parking Company

تحت رهبری مشترک پسر کیمل به نام سزار و مدیرعامل افسانه‌ای آن، استیو راس[۱]، شرکت کینی بسرعت نخست به حوزه‌ی مدیریت لباسشویی و تأسیسات تجاری و سپس به حوزه‌ی رسانه توسعه یافت. در سال ۱۹۶۹، شرکت پارکینگ کینی مالک مؤسسه‌ی برادران وارنر[۲] شد؛ این قدم اول در زیرورو شدن این شرکت بود که نهایتاً به تصاحب تایم وارنر[۳] انجامید که امروز معظم‌ترین شرکت رسانه‌ای جهان است.

در سال ۱۹۶۱، همه‌ی این اتفاقات به آینده تعلق داشت. البته، کیمل همان زمان هم ثروتمند به حساب می‌آمد. ثروتش از همان روش قدیمی قمار و مشروب بدست آمده بود. روایت می‌کنند که کیمل اولین محوطه‌ی پارکینگ در خیابانِ کینی در نیواَرک[۴] نیوجرسی را در تاس‌بازی برده بود. به نظر می‌رسد موفقیت اولیه‌ی شرکت پارکینگ کینی بیش از آن‌که مدیون پارک‌کردن اتومبیل توسط مشتریان باشد، با آمدوشد کیمل به قمارخانه‌های غیرقانونی ارتباط داشته. طی دوره‌ی ممنوعیت[۵]، او با دوست دوره‌ی نوجوانی‌اش لانگی زولمن[۶]، کانگستر یهودی، شریک شد؛ زولمن از کانادا ویسکی چاودار[۷] قاچاق می‌کرد و آن‌ها را در انبارهای نیوجرسی کیمل انبار می‌کرد.

در آن یکشنبه‌ی سرد ماه فوریه، بحث قمار بود که کیمل را به در خانه‌ی تورپ کشید. چند هفته قبل، تورپ در مورد مقاله‌ی آکادمی ملی خود در اجلاس سالیانه‌ی انجمن ریاضی امریکا در واشینگتن دی‌سی برای عموم سخنرانی کرده بود. برای این سخنرانی، تورپ عنوان اغواگری انتخاب کرده بود: «فرمول خوشبختی: استراتژی بُرد در بلک‌جک.» این عنوان پیش از آن‌که استراتژی بُرد بازی بیست‌ویک باشد، استراتژی جذب توجه رسانه‌ها بود. جمعیت زیادی در سخنرانی او حاضر شدند و طولی نکشید که آسوشیتدپرس و سایر خبرگزاری‌ها برای مصاحبه به دنبالش راه افتادند. ظرف چند روز خبر این سخنرانی در رسانه‌های ملی و از جمله واشینگتن پست

---

۱. Steve Ross

۲. Warner Brothers

۳. Time Warner

۴. Newark

۵. Prohibition دوره‌ی ممنوعیت تولید و فروش الکل در امریکا (از ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۳).

۶. Longy Zwillman

۷. rye whiskey

و بوستون گلوپ[۱] پیچید. اجلاس خشک و بی‌روح سالیانه‌ی انجمن ریاضی امریکا هیچ‌وقت توجه خبری زیادی به خود جذب نمی‌کرد، اما خبر ریاضیدان ام‌آی‌تی که بتواند وگاس را ورشکسته کند، توجه خیلی‌ها را جلب می‌کرد.

در آغاز، تورپ از این همه توجه لذت می‌برد. تلفن‌اش دائماً زنگ می‌زد، و روزنامه‌نگاران از او دعوت به مصاحبه می‌کردند؛ خوره‌های قمار هم می‌خواستند فوت‌وفن کارش را یاد بگیرند. او پیش روزنامه‌نگاران مدعی شد که اگر برای سفر به وگاس پول کافی دست‌وپا کند، در عمل ثابت خواهد کرد که حرف‌هایش اجرایی است. ساهارا[۲]، یکی از کازینوهای باریکه‌ی لاس‌وگاس، برای تبلیغات به تورپ اتاق و اقامت رایگان پیشنهاد کرد که هر چه‌قدر می‌خواهد آن‌جا بماند؛ امیدش این بود که طی این اقامت روشن شود که سیستم تورپ مثل صدها نفر پیش از وی، چیزی جز خواب و خیال نیست. اما ساهارا حاضر نبود پول قمارکردن هم به او بدهد، و تورپ با درآمد سالیانه ۷٫۰۰۰ دلار، نمی‌توانست برای قمار پولی پس‌انداز کند (چون کازینوها حداقل رقم شرط‌بندی دارند، اگر پول کافی در اختیار نداشته باشی و چند دور ببازی، از هستی ساقط می‌شوی، حتی اگر در بلندمدت احتمال بُرد داشته باشی).

این‌جا بود که کیمل وارد صحنه شد. بعضی افراد مشروب خوب و سیگار گران‌قیمت را دوست دارند. بعضی دیگر عشق اتومبیل دارند، یا ورزشکارند، و یا حتی به هنر علاقه دارند. کیمل که به قمار معتاد بود، سیستم‌های شرط‌بندی برنده را خُوب می‌شناخت. او پس از مطالعه‌ی سیستم بیست‌ویک تورپ، به تورپ نامه‌ای نوشت و گفت که حاضر است تا ۱۰۰٫۰۰۰ دلار در اختیار او بگذارد تا سیستم خود را امتحان کند. اما اول باید می‌دید که این سیستم در عمل چه‌طور کار می‌کند. پس از این‌که تورپ با کیمل تماس گرفت و اعلام آمادگی کرد، کیمل از نیویورک با اتومبیل راه افتاد. بعد از ورود کیمل و معرفی دو زن جوان به عنوان خواهرزاده‌هایش، تورپ شواهد خود را در اختیار او گذاشت و روش کارش را شرح داد. اما کیمل کاری با آن حرف‌ها نداشت؛ به جای حرف‌وبحث، یک دست ورق از جیبش در آورد که بازی را شروع کند. کیمل تا زمانی که با چشم خود نمی‌دید کسی با سیستمی برنده می‌شود، اعتمادی به آن سیستم پیدا

---

۱. Boston Globe

۲. Sahara

نمی‌کرد. تمام شب را بازی کردند، و روز بعد به بازی ادامه دادند. طی هفته‌های بعد، تورپ تا نیویورک رانندگی می‌کرد تا با کیمل و دوستش ادی هند[۱] بازی کند. قرار بود هَند نیز بخشی از پول سفر به کازینوی وگاس را تأمین کند.

یک ماه طول کشید تا کیمل متقاعد شود که سیستم تورپ کار می‌کند. فهمید که سیستم تورپ محتوایی دارد که می‌شود درکازینوی واقعی آن را به کار گرفت. تورپ به این نتیجه رسید که ۱۰۰٫۰۰۰ دلار مبلغ زیادی است و تصمیم گرفت که با رقم کوچک‌تر ۱۰٫۰۰۰ دلار کار را شروع کند؛ استدلالش آن بود که بازی با پول بزرگ توجه زیادی به خود جلب می‌کند. از طرف دیگر، کیمل فکر می‌کرد لاس‌وگاس خیلی سطح بالاست، و به علاوه خیلی‌ها او را آن‌جا می‌شناسند. از این‌رو، در فاصله‌ی تعطیلات بین دو ترم دانشگاه ام‌آی‌تی در بهار، تورپ و کیمل که باز هم در معیت دو زن جوان بود، در رِنو ظاهر شدند تا سیستم تورپ را امتحان کنند. موفقیت عمده‌ای بود. کازینو به کازینو می‌رفتند و بازی می‌کردند، تا این‌که معروف شدند و قبل از این‌که به کازینوی جدیدی برسند، شهرت‌شان به آن‌جا می‌رسید. با حدود ۳۰ ساعت بازی؛ تورپ، کیمل و هَند سه تایی ۱۰٫۰۰۰ دلار را به ۲۱٫۰۰۰ دلار تبدیل کردند، و این رقم به ۳۲٫۰۰۰ دلار می‌رسید اگر کیمل به تورپ فشار نیاورده بود که به بازی ادامه دهد. در یکی از شب‌ها، تورپ به دو نفر دیگر گفت که خسته شده است و دیگر نمی‌تواند ورق‌شماری کند، اما آنان به ادامه‌ی بازی اصرار کردند. تورپ بعدها این داستان را با تغییر نام کیمل به آقای ایکس (x) و هَند به آقای وای (y) در کتاب *شکست‌دادن کازینو*[۲] نقل کرد؛ این کتاب به خوانندگان توضیح می‌دهد که با استفاده از سیستم او، چگونه وگاس را شکست دهند [۱۱].

تورپ چند روش طراحی کرد تا نشان دهد چطور با ادامه‌ی بازی و با خارج‌شدن ورق‌ها از جریان بازی، حساب تغییر احتمالات در بازی بیست‌ویک را باید نگاه داشت. با استفاده از این سیستم‌ها، تورپ می‌توانست مطمئن شود که در چه زمان دست ورق به نفع اوست، و چه وقت به نفع کازینو است. حال فرض کنید دارید بیست‌ویک بازی می‌کنید و یک‌باره می‌فهمید که بخت کمی در برد دارید، چه کار باید بکنید؟

---

۱. Eddie Hand

۲. Beat the Dealer

چون بیست‌ویک بازی بسیار پیچیده‌ای است، برای ساده‌کردن موضوع، با سناریوی ساده‌ای شروع کنیم. با پرتاب سکه معمولاً روی شیر یا خط سکه مساوی می‌آید. اما حداقل می‌شود تصور کرد (اگر نشود آن را ساخت) سکه‌ای داشته باشیم که بیش‌تر یک طرف شیر یا خط بیاید، مثلاً بیش‌تر شیر بیاید. حالا فرض کنید با پرتاب این سکه‌ی معیوب با کسی شرط‌بندی می‌کنید که به ازای هر برد یا باخت رقم مساوی بدهد یا بگیرد، و تعداد پرتاب‌ها هم بی‌نهایت باشد (یا حداقل تا زمانی که شما دیگر پولی ندارید، بازی ادامه یابد). به بیان دیگر، اگر شما یک دلار شرط ببندید و ببرید، طرف بازی به شما یک دلار می‌دهد، و اگر او ببرد، شما یک دلار می‌دهید. چون سکه بیش‌تر شیر می‌آید تا خط، توقع آن است که در بلندمدت، پول بیش‌تر در یک جهت حرکت کند (در جهت شما، اگر دائماً روی شیر شرط‌بندی کنید)؛ علت آن است که بیش از نصف موارد شما برنده خواهید شد. و بالاخره، اگر طرف بازی حاضر باشد به دلخواه شما شرط‌های بزرگ یا کوچک ببندد؛ شما خواهید توانست شرط‌های یک دلاری، ۱۰۰ دلاری یا ۱۰۰٫۰۰۰ دلاری ببندید. شما مقدار معینی پول در جیب دارید، و اگر پول‌تان تمام شود، اوضاع ناجوری پیدا می‌کنید. در این صورت، در هر پرتاب سکه، چه مبلغی شرط می‌بندید؟

یک استراتژی این است که طوری شرط ببندید که میزان بُرد شما، بیشینه شود. بهترین راه برای این کار آن است که هر بار هر چه در جیب دارید، شرط ببندید. اما این استراتژی مشکل بزرگی دارد: با توجه به ویژگی سکه می‌توان گفت شما اغلب برنده می‌شوید، نه این‌که همیشه برنده‌اید. اگر هر چه را که دارید به میان بگذارید، در اولین باری که سکه خط می‌آید، همه‌ی پولتان را می‌بازید. بنابراین، در عین حال که می‌کوشید هر چه می‌توانید پول درآورید، احتمال آن هم که مفلس شوید خیلی زیاد است (در واقع، در بلندمدت بی‌برو‌برگرد ورشکست می‌شوید)، و دیگر فرصتی برای کسب مجدد پول خودتان ندارید. به این سناریو که همه‌ی پولتان تمام شود و ناچار به پذیرش زیان شوید، «پاکباختگی قماربازِ»[1] می‌گویند.

در روش دیگر، احتمال ورشکستگی به حد کمینه می‌رسد. این هم استراتژی صاف و روشنی است: اصلاً شرط‌بندی نکنید. اما این نظر (تقریباً) به بدی فکر قبلی است، چون بی‌شک هیچ پولی بدست نمی‌آورید، در حالی که سکه‌ای در دست دارید که به نفع شما ساخته شده است.

---

[1]. gambler's ruin

پس، جواب باید بین این دو باشد. هر وقت در شرایط قماری امتیاز داشته باشید، به دنبال راهی هستید که احتمال مفلس‌شدن به حداقل برسد، و در عین حال بر این واقعیت تکیه کنید که در بلندمدت، قرار است شما تعداد بیش‌تری از شرط‌بندی‌ها را ببرید. باید پول‌تان را طوری مدیریت کنید که آن‌قدر در بازی بمانید تا امتیازهایتان در بلندمدت به سراغتان بیاید. البته انجام این کار پیچیده هم هست.

تورپ هم وقتی می‌خواست تحلیل احتمالات ورق‌شماری را به استراتژی برد در بازی تبدیل کند، این کار به نظرش دشوار می‌آمد. از بخت‌خوش تورپ، شانون برای این کار پاسخی در آستین داشت. وقتی تورپ مشکل مدیریت پول را به شانون توضیح داد، شانون توجه تورپ را به مقاله‌ای جلب کرد که در آزمایشگاه‌های بل یکی از همکارانش به نام جان کِلی[۱] پسر نگاشته بود[۱۲].

نوشته‌ی کِلی بین نظریه‌ی اطلاعات و قمار رابطه‌ای اساسی برقرار می‌کرد و نهایتاً آن مقاله به تورپ ایده‌هایی داد تا بتواند استراتژی‌های سرمایه‌گذاری بسیار موفق را تعریف کند.

کِلی تگزاسی تپانچه‌دوستی بود که سیگار پشت سیگار دود می‌کرد، و از این مهمانی به محفل دیگر می‌رفت [۱۳]. دکترای فیزیک داشت و ابتدا می‌خواست از مدرکش در کار اکتشاف نفت استفاده کند، اما به‌زودی دریافت که صنعت انرژی مهارت‌های او را پاس نمی‌دارد، و از این‌رو به آزمایشگاه‌های بل رفت. وقتی در نیوجرسی بود، شخصیت شاد و شنگول کِلی در همسایگی حومه‌ای آرام، کُلی توجه به خود جلب کرد. عادت داشت برای سرگرم‌کردن میهمانانش، با گلوله‌های پلاستیکی به دیوار اتاق‌نشیمن شلیک کند. در جنگ جهانی دوم، خلبان درجه‌ی یکی بود و بعدها با عبوردادن هواپیما از زیر پل جورج واشینگتن انگشت‌نمای اهل محل شد. اما با این همه ادا و اطوار، کِلی یکی از فاضل‌ترین دانشمندان ای‌تی اند تی[۲] و در واقع همه کاره‌ی آن‌جا بود. کارهای او از پاسخگویی بسیار نظری به پرسش‌های فیزیک کوانتوم گرفته تا رمزی‌کردن علائم تلویزیونی و تا ساخت کامپیوترهایی که با دقت کار ترکیب صوتی افراد را می‌کرد، وسعت داشت. کاری که حالا مایه‌ی شهرت او شده، و مورد علاقه‌ی شدید تورپ بود، آن بود که نظریه‌ی اطلاعات شانون را به کار مسابقات اسبدوانی گرفته بود.

---

۱. John Kelly

۲. AT&T

فرض کنید در لاس‌وگاس هستید و در مسابقات اسبدوانی معروف بلمونت استیکز[۱] که در المونت[۲] نیویورک برپاست، شرط‌بندی می‌کنید. تابلوی بزرگ اتاق شرط‌بندی بیرون میدان ارقام شرط‌بندی مختلفی را نشان می‌دهد که ولنتاین[۳] ۵ به ۹، پل ریوو[۴] ۱۴ به ۳، اپی‌تاف[۵] ۷ به ۱. این اعداد بدآن معناست که ولنتاین ۶۴ درصد بخت بُرد دارد، پُل ریور ۱۸ درصد احتمال برد دارد، و اپی‌تاف هم ۱۳ درصد بخت برنده‌شدن دارد. (این درصدها را با تقسیم‌کردن احتمال بُرد هر اسب به جمع احتمالات بردوباخت آن محاسبه می‌کنیم. برای ولنتاین، چون احتمال ۵ به ۹ است، ۹ را به ۱۴ تقسیم می‌کنیم).

در نیمه‌ی اول قرن بیستم، مخابره‌ی نتایج اسبدوانی همیشه تأخیر داشت و همه‌ی دلالان شرط‌بندی در یک زمان نتایج را دریافت نمی‌کردند. پس بارها پیش می‌آمد که مسابقه‌ای تمام شده باشد، در حالی که عده‌ای در اقصی نقاط امریکا هنوز داشتند شرط‌بندی می‌کردند. بنابراین، اگر وسیله‌ی ارتباطی قوی می‌داشتیم، می‌شد نتایج را قبل از پایان شرط‌بندی به دست آورد. در سال ۱۹۵۶ که کِلی مقاله‌ی خود را نوشت، این کار دیگر خیلی مشکل شده بود: معنای تلفن و تلویزیون آن بود که دلالان شرط‌بندی در لاس‌وگاس تقریباً همزمان با مردم حاضر در المونت از نتایج باخبر می‌شدند. اما تردیدها را کنار بگذارید و برای لحظه‌ای فرض کنید که فردی در المونت دارید که بلافاصله از بلمونت استیکز برایتان سریع پیام می‌فرستد و حتی قبل از دلالان شرط‌بندی از نتایج باخبر می‌شوید.

اگر پیامی که روی سیم اختصاصی خودتان دریافت می‌کنید کاملاً قابل‌اعتماد باشد، در آن صورت عاقلانه آن است که هست‌ونیست خود را شرط ببندید، چون بُرد شما ضمانت شده است. اما کِلی به موردی علاقه‌مند بود که تا حدی با مورد بالا فرق داشت. چه می‌شود اگر کسی برای شما نتایج صحیح مسابقه را مخابره کند، اما روی خط خش‌خش باشد؟ اگر سروصدا آن‌قدر زیاد باشد که پیام برایتان نامفهوم شود، حدس اول شما این می‌شود که ولنتاین خواهد برد، چون ارقام احتمال از آغاز از بُرد ولنتاین حکایت می‌کرد، و هیچ اطلاعات جدیدی دریافت نکرده‌اید. اگر صداها نامفهوم است، اما مطمئن هستید که صدای حرف (تی t) را شنیده‌اید، حالا اطلاعات

---

۱. Belmont Stakes

۲. Elmont

۳. Valentine

۴. Paul Revere

۵. Epitaph

جدیدی دریافت کرده‌اید. با این اطلاعات دلایل خوبی در اختیار دارید که پُل ریور نبرده است، چون در نام این اسب حرف تی وجود ندارد. اگر مجبور باشید حدسی بزنید، احتمالاً حدس می‌زنید طرف شما کلمه‌ی «ولنتاین» را گفته، چون آن پیامی محتمل‌تر است، اما هیچ‌وقت نمی‌توانید مطمئن باشید حدس شما درست است. نمی‌خواهید همه‌ی پول خود را روی یک اسب شرط ببندید، چرا که هنوز احتمال باخت دارید. اما می‌توانید یک احتمال را نادیده بگیرید که این خود به شما امتیازی می‌دهد: حالا می‌دانید که دلالان شرط‌بندی احتمال برد اسب‌های ولنتاین و اپی‌تاف را درست حدس نمی‌زنند، چون فرض می‌کنند پل ریور ۱۸ درصد شانس برد دارد. حالا اگر شرط‌بندی شما ترکیبی متناسب روی دو اسب ولنتاین و اپی‌تاف باشد، بدون شک روی یکی می‌برید و در نهایت سود خالص هم گیرتان می‌آید [۱۵]. پس حتی اطلاعات جزئی و ناقص هم به شما کمک می‌کند درست شرط ببندید.

نظریه‌ی شانون به شما می‌گوید چه‌قدر به پیامی اعتبار بدهید که با خش‌خش تحریف شده، و یا اصلاً خش‌خش نمی‌گذارد که پیام را به‌درستی تفسیر کنید. پس اگر نمی‌توانید از اطلاعات مسابقه رمزگشایی کنید، نظریه‌ی شانون به شما راه نشان می‌دهد تا تصمیم بگیرید به اتکای اطلاعات جزئی دریافتی، شرط‌بندی کنید.

کِلی راه‌حل این مشکل را پیدا کرد، مشروط بر این‌که افزایش بلندمدت پولی که با آن شروع کرده‌اید موردنظر شما باشد. شبیه مثال بالا که در آن فقط صدای حرف تی (t) و نه چیز دیگری را تشخیص می‌دادید، اطلاعات جزئی به شما مزیتی نسبت به آن دلال شرط‌بندی می‌دهد که بدون هیچ اطلاعاتی در مورد نتیجه‌ی مسابقه احتمالاتی تعیین می‌کند. این مزیت را می‌توان با ضرب‌کردن نسبت پرداخت - عدد b وقتی شخصی به شما احتمال b به ۱ را می‌دهد - در آنچه شما فکر می‌کنید احتمال بُرد صحیح است (براساس اطلاعات جزئی خودتان) و با کسر احتمال زیان (باز هم براساس اطلاعات جزئی خودتان) از آن، محاسبه کنید. برای محاسبه‌ی این‌که چه مقدار از پول اولیه‌ی خودتان را شرط ببندید (چه درصدی از آنچه دارید)، باید مزیت (یعنی امتیاز) خود را بر نسبت پرداخت تقسیم کنید. این معادله‌ای است که حالا به آن معیار کلی یا اندازه‌ی شرط کِلی می‌گویند. آن درصد از پول‌تان را که باید روی نتیجه‌ای خاص شرط‌بندی شود بدین‌ترتیب محاسبه می‌کنند:

امتیاز
نسبت پرداخت

اگر مزیت (امتیاز) شما صفر (یا منفی!) باشد، کِلی می‌گوید اصلاً شرط‌بندی نکنید. در غیر این صورت، درصدی از ثروت خود را متناسب با معیار بالا شرط‌بندی کنید. اگر همواره این قاعده را رعایت کنید، از هر کسی که از استراتژی شرط‌بندی دیگری استفاده می‌کند (از قبیل استراتژی شرط‌بندی همه‌ی پول یا خودداری از شرط‌بندی) قطعاً می‌برید. یکی از عجیب‌ترین موضوعات در مقاله‌ی کِلی که حتی رنگ و بوی عرفانی دارد، اثبات آن است که چه اتفاقی می‌افتد اگر در موردی چون داستان شرط‌بندی روی اسب، یعنی در جایی که ردیفی از اطلاعات جزئی دریافت می‌کنید، از این قاعده تبعیت کنید: اگر همواره از ضابطه‌ی کِلی استفاده کنید، تحت شرایط معینِ آرمانی، ثروت شما درست با همان نرخی که اطلاعات را دریافت می‌کنید رشد می‌کند. اطلاعات یعنی پول.

وقتی شانون مقاله‌ی کِلی را به تورپ نشان داد، آخرین تکه‌ی پازل بلک‌جک سرجای خود قرار گرفت. ورق‌خوانی فرایندی است که طی آن اطلاعاتی در مورد یک دست ورق به ما داده می‌شود - یاد می‌گیریم که چگونه در هر دست بازی، ترکیب ورق‌ها تغییر می‌کند. درست همان‌طور که کِلی می‌گفت، بدین‌وسیله می‌شود مزیت (امتیاز) خود را محاسبه کنیم، و از آن طریق جریان اطلاعات و پول ما افزایش می‌یابد.

وقتی تورپ و کیمل برای سفر رنو آماده می‌شدند، شانون و تورپ هم روی طرح رولت تورپ کار می‌کردند. شانون با شنیدن دیدگاه‌های تورپ مسحور شد، چرا که اندیشه‌های تورپ در مورد رولت نظریه‌ی بازی‌ها را با حوزه‌ی علاقه‌ی واقعی شانون که ماشین بود، پیوند می‌زد. در کانون این طراحی، کامپیوتر قابل‌حمل بود که محاسبات را برای قمارباز انجام می‌داد.

آنان با این فرض که می‌توانند پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای در الگوریتم پیش‌بینی‌های خود داشته باشند، به آزمون کارهایی پرداختند که باید در جریان قمار واقعی انجام دهند. نتیجه گرفتند که برای تسهیل کارها، باید بیش از یک نفر درگیر باشد، چرا که نمی‌شد یک نفر هم با دقت حواسش به چرخ رولت باشد و داده بگیرد، و هم خودش صبر کند تا گوی قبل از بسته‌شدن شرط‌بندی توسط رئیس میز از دور بیفتد تا او شرط ببندد. پس روی طرحی دونفره توافق کردند. یک نفر نزدیک میز رولت می‌ایستد و با دقت نگاه می‌کند، و تظاهر می‌کند سرگرم کار دیگر است تا توجهی جلب نشود. این

آن فردی است که کامپیوتر را همراه دارد، و البته این کامپیوتر قابل‌حمل وسیله‌ی کوچکی به اندازه‌ی جعبه‌ی سیگار خواهد بود. وسیله‌ی واردکردن داده‌ها چند کلید خواهد بود که در کفش وی مخفی شده است. کسی که به چرخ رولت نگاه می‌کند با شروع چرخش پای به زمین می‌کوبد، و بعد وقتی چرخش آن تمام شد، دوباره با پا ضربه می‌زند. این ضربه دستگاه را به کار می‌اندازد و آن را با چرخ رولت همزمان می‌کند [۱۶].

در همین زمان نفر دوم سر میز نشسته و گوشی‌ای را که به کامپیوتر وصل است، در گوش خود دارد. وقتی کامپیوتر سرعت اولیه‌ی گوی و چرخش آن را حساب کرد، علامتی برای این نفر دوم می‌فرستد که چگونه شرط ببندد. البته این حدس که گوی در کدام خانه می‌نشیند دشوار است، چرا که محاسبه‌ی پیش‌بینی این‌که گوی در کدام خانه می‌افتد بسیار پیچیده است [۱۷]. اما چرخ رولت به هشت منطقه تقسیم شده که به هر یک قوس یک هشتمی گویند. هر قوس چهار یا پنج خانه دارد و اگر کسی این تقسیم‌بندی‌های رولت را در ذهنش حفظ نکرده باشد، فکر می‌کند شماره‌ی خانه‌ها تصادفی انتخاب می‌شود. تورپ و شانون دریافتند که در بسیاری موارد می‌توانند به‌درستی بگویند گوی در خانه‌های کدام قوس می‌افتد، و بدین‌ترتیب رویدادهای ممکن به جای ۳۸ خانه به چهار یا پنج خانه محدود می‌شد. کامپیوتر طراحی شده بود که با احتمال بالایی بگوید گوی در کدام قوس می‌افتد. وقتی فرد دومی که سر میز نشسته بود پیام را می‌گرفت، بسرعت روی عددهای مناسب شرط می‌بست؛ برای این کار از سیستمی استفاده می‌کرد که بر ضابطه‌ی کِلی متکی بود یعنی این‌که چه‌قدر روی کدام خانه شرط ببندد.

در تابستان ۱۹۶۱ دیگر این ماشین آماده‌ی کار بود. تورپ و شانون به همراه همسران‌شان به لس‌آنجلس سفر کردند. غیر از حادثه‌ی پاره‌شدن سیم‌ها و شبی که گوشی آنان کشف شد، این تجربه تا حدی موفق بود. متأسفانه مشکلات فنی نگذاشت تورپ و شانون مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای شرط‌بندی کنند، اما روشن بود که ابزار تدارک‌شده در کاری که برای آن طراحی شده بود، موفق بود. به کمک شانون، تورپ توانسته بود رولت را شکست دهد.

سفر در کل به‌رغم اضطراب‌های آن، به زحمتش می‌ارزید. قمار فی‌نفسه اضطراب‌آور است، حتی اگر احتمال ندهیم که هر لحظه مأموران قلدر کازینو روی سرمان خراب خواهند شد. علاوه بر این، وقتی دو زوج در سفر وگاس بودند، تورپ پیشنهاد کاری در نیومکزیکو دریافت کرده بود. با این‌که سود کمی بردند، تورپ پس از بازگشت از وگاس می‌دانست که او و شانون پروژه‌ی رولت

را دنبال نخواهند کرد. اما این‌هم خیر بود. تورپ حالا که تجربه‌ی بازی بیست‌ویک و رولت را پشت سر گذاشته بود، در موقعیتی بود که با چالشی بزرگ‌تر روبرو شود و آن بازار سهام بود.
تورپ اولین برگ سهم خود را در سال ۱۹۵۸، یعنی قبل از اخذ مدرک دکترایش، خرید. آن زمان با حقوق متوسطی به عنوان مربی دانشگاه یوسی‌ال‌ای[۱] کار می‌کرد. ولی توانسته بود پس‌اندازی برای آینده کنار بگذارد. در طول یک‌سال، نصف ارزش سرمایه‌گذاری‌اش از بین رفت، و بعد کم‌کم ارزش سهامش بالا رفت. بعد از حدود یک‌سال بالا و پایین‌رفتن الاکلنگی، به‌زحمت توانست سربسر کند.
در سال ۱۹۶۲، سرخوش از بردهای بازی بیست‌ویک و درآمد حاصل از ورق‌شماری، تصمیم گرفت دوباره در بورس سرمایه‌گذاری کند. این‌بار نقره خرید. در اوایل دهه‌ی شصت قرن بیستم، تقاضا برای نقره سر به آسمان می‌زد، آن‌قدر که خیلی‌ها توقع داشتند ارزش بازار نقره‌ی مسکوکات در امریکا از ارزش پولی آن‌ها فراتر برود، و در نتیجه ارزش اسقاط سکه‌ی ۲۵ سنتی نقره‌ای از ارزش پولیش بیش‌تر بشود. این شرط‌بندی مطمئنی به نظر می‌رسید. تورپ به امید بیشینه‌کردن سود خود پولی از یکی از کارگزاران معاملات قرض کرد و موجودی نقره را نزد او وثیقه نهاد. در بیش‌تر سال‌های دهه‌ی ۶۰، قیمت نقره بالا رفت، اما تلاطم قیمت خیلی زیاد بود. کمی بعد از خرید تورپ، قیمت نقره موقتا با شیب تندی پایین افتاد، و کارگزار طاقت نیاورد و پولش را مطالبه کرد. وقتی تورپ نتوانست پول کارگزار را بدهد، او نقره‌ها را فروخت و پولش را وصول کرد و ۶٫۰۰۰ دلار زیان برای تورپ باقی گذاشت. این رقم تورپ را خانه خراب می‌کرد، چرا که با ارقام سال ۱۹۶۲، این نصف حقوق سالانه‌ی استادیار دانشگاه بود.
بعد از این شکست دوم، تورپ نتیجه گرفت که باید جدی کار را دنبال کند. هر چه باشد وی به عنوان ریاضیدان خبره‌ی قمار شهره‌ی جهان بود، و بازار سهام هم خیلی با بازی در کازینو یا مسابقه‌ی اسبدوانی تفاوت نداشت: با اطلاعات جزئی که در مورد آینده داری، شرط می‌بندی؛ و اگر همه چیز خوب پیش برود، دریافتی خواهی داشت. حتی می‌توانی به قیمت‌های بازار به‌مثابه‌ی اعدادی بنگری که حدس «قمارخانه» است، و اگر بتوانی حتی به اطلاعات مرتبط جزئی دست پیدا کنی، با مقایسه‌ی احتمال‌های بازار و احتمال‌های واقعی، مثل بازی بیست‌ویک، به این نتیجه می‌رسی که دست بالا را داری یا نه.

---

۱. UCLA

تنها کاری که تورپ باید می‌کرد این بود که اطلاعات بدست آورد. در تابستان ۱۹۶۴ با خواندن کتاب *ویژگی‌های تصادفی قیمت‌های سهام* مطالعه‌ی جدی بازارها را شروع کرد. این همان کتابی بود که مجموعه مقالات باشلیه، آزمون و مندلبروت را شامل می‌شد [۱۸]. طولی نکشید که تورپ تسلیم استدلال آزبورن و مؤلفان دیگر کتاب شد که می‌گفتند وقتی به جزئیات آمارها نگاه کنید، در می‌یابید که قیمت‌های سهام به‌راستی تصادفی عمل *می‌کند*، چرا که طبق نظر باشیله و آزبورن همه‌ی اطلاعات موجود قبلی در قیمت‌های سهام در هر زمان انعکاس می‌یافتند. در پایان تابستان، تورپ دیگر راه پس‌وپیش نداشت؛ اگر حق به جانب آزبورن بود، کسب برتری نسبت به بازار ناممکن می‌شد.

در سال تحصیلی ۶۵-۱۹۶۴ که بار تدریس بر دوشش سنگینی می‌کرد، تورپ برای کار دیگری وقت نداشت. کِلی پروژه‌ی بازار سهام را کنار گذاشت و برنامه‌ریزی کرد که در تابستان بعد به آن بپردازد. در این فاصله، در نیومکزیکو اتفاقاتی رخ داد. جناحی از ریاضیدانانی که در رشته‌های مختلف کار می‌کردند و بر تعدادشان دائماً اضافه می‌شد، دانشکده را در دست گرفتند، و تورپ را به این فکر انداختند که دنبال کار دیگری برود. باخبر شد که دانشگاه کالیفرنیا می‌خواهد پردیس جدیدی در ۵۰ مایلی لس‌آنجلس در وسط اورنج کانتی ایجاد کند. به آن‌ها تقاضای کار داد، و در دانشگاه جدید کالیفرنیا، اروین[۱]، مشغول شد.

به نظر می‌رسید که پژوهش درباره‌ی بازار سهام باید دوباره عقب بیفتد، چرا که ناچار بود حرکت عمده‌ی تازه‌ای را سروسامان دهد، و جای خودش را در دانشکده‌ی جدید تثبیت کند.

البته تورپ هنوز به موضوع علاقه‌مند بود، و وقتی در طول سال تبلیغات مجله‌های سرمایه‌گذاری را اجمالی بررسی می‌کرد، چشمش به مقاله‌ای با عنوان «نظرسنجی حق خرید سهم» *آراچام*[۲] افتاد. گواهی حق خرید سهم[۳] نوعی اختیار معامله‌ی سهام است که شرکت به‌طور مستقیم ارائه می‌کند. این اوراق مثل اختیار خرید[۴] معمولی به دارنده‌ی آن اختیار خرید سهام[۵] به قیمت ثابت و قبل از تاریخ انقضای معین می‌دهد. در طول چند دهه در قرن بیستم، اختیار معامله در ایالات متحده بازار ثانویه نداشته است.

---

۱. Irvine

۲. RHM Warrant Survey

۳. warrant

۴. option

۵. call option

گواهی حق خرید سهم نزدیک‌ترین ابزار به اختیار معامله‌اند. آراچ‌ام مدعی شد که معامله‌ی حق خرید سهم، ، اگر آن را بدرستی بفهمید، آدمی را به ثروت هنگفت می‌رساند و در این حرف این معنا نهفته بود که اکثر مردم نمی‌دانند با حق خرید سهم چه کنند. این درست همان چیزی بود که تورپ به دنبالش بود، و از این‌رو تصمیم گرفت که برای دریافت اطلاعات گواهی‌های حق خرید سهم از آراچ‌ام مشترک شود. اما آن زمان وقت نداشت روی مدارکی کار کند که برایش می‌رسید.

با پایان نیم‌سال تحصیلی بهار در نیومکزیکو، تورپ چند هفته‌ای قبل از سفر به کالیفرنیا وقت داشت. شروع به زیر و روکردن اطلاعات و مدارک دریافت شده از آراچ‌ام کرد. کارشناسان آراچ‌ام ظاهراً به گواهی‌های حق خرید سهم به نوعی نگاه می‌کردند که گویی بلیت لاتاری است. خریدشان به قیمت‌های خیلی ارزان بود، و غالباً این اوراق به چیزی نمی‌ارزید، اما گهگاه هم اگر معامله‌ی سهمی بالا می‌گرفت و ارزش گواهی حق خرید سهم از قیمت اعمال آن فراتر می‌رفت، سود قابل‌ملاحظه‌ای حاصل می‌شد.

چیزی که از نظر آراچ‌ام و عده‌ای دیگر از سرمایه‌گذاران بلیت لاتاری می‌نمود، از دیدگاه تورپ فرصت شرط‌بندی بود. حق خرید سهم، شرط‌بندی روی این است که قیمت سهام در طول زمان معین چگونه حرکت خواهد کرد. ضمناً قیمت حق خرید سهم انعکاسی از تصمیم بازار در مورد احتمال برنده‌شدن خریدار حق خرید سهم در شرط‌بندی است. به علاوه، انعکاسی از نسبت پرداخت هم هست، چرا که سود خالص شما اگر حق خرید سهم ارزشمند شود به این بستگی دارد که در گام نخست اصلاً آن را چند خریده‌اید. اما تورپ تمام تابستان را وقت گذاشته بود و در مورد این‌که قیمت‌های سهام چه‌قدر تصادفی‌اند، کار کرده بود. کاغذی جلوی خود گذاشت و شروع به محاسبه کرد. منطق او کاملاً به پایان‌نامه‌ی باشلیه نزدیک بود، با این تفاوت که توزیع قیمت‌ها را مثل آزبورن لگ‌نرمال گرفت. بسرعت به معادله‌ای رسید که می‌گفت قیمت گواهی حق خرید سهم واقعاً چه رقمی است.

این معادله ارزشمند و حتی نوآورانه و پیشرو بود. اما تورپ آسی در آستین داشت که باشلیه و آزبورن هم فکر آن را نمی‌کردند. با پنج سال تجربه‌ی قمار، تورپ دریافت که محاسبه‌ی قیمت «واقعی» حق خرید سهم بسیار شبیه محاسبه‌ی احتمال «واقعی» بُرد در مسابقه‌ی اسبدوانی است. به بیان دیگر، رابطه‌ی نظری‌ای که تورپ بین قیمت‌های سهام و قیمت‌های گواهی حق خرید سهم کشف کرد، روشی برای استخراج اطلاعات از بازار به او می‌داد؛ اطلاعاتی که در واقع امتیاری

برای او به شمار می‌آمد. این امتیاز مستقیم به بازار سهام مربوط نمی‌شد، و با بازار حق خرید سهم ارتباط داشت. این اطلاعات جزئی درست همان چیزی بود که تورپ نیاز داشت تا سیستم کِلی را بکار گیرد و سودهای بلندمدت را بیشینه کند.

تورپ از مطالعه‌ی حق مالی نیرو گرفت؛ گویی بالاخره دریافته بود چگونه به‌درستی از تجربه‌ی قمار خود برای کسب سود از بزرگ‌ترین کازینوی دنیا بهره گیرد. اما مشکلی در میان بود. وقتی محاسبات خود را تمام کرد و پاره‌ای ارقام را به کامپیوتر داد (تورپ نتوانسته بود معادله‌ای را که به‌دقت یافته بود، حل کند، اما توانسته بود از کامپیوتر بهره گیرد و کامپیوتر این محاسبات را انجام می‌داد)، دریافت که خرید حق خرید سهام هیچ فایده‌ای ندارد. به عبارت دیگر، با خرید این گواهی‌ها سودی عاید کسی نمی‌شد. یعنی طبق سیستم کِلی، کسی نباید هیچ سرمایه‌گذاری‌ای می‌کرد! دلیل آن این نبود که قیمت‌های حق خرید سهم درست معادل آن ارزشی بود که به آن تعلق می‌گرفت، بلکه علت قیمت بسیار بالای آن‌ها بود. بلیط‌های لاتاری بسیار ارزانی که مقاله‌ی «نظرسنجی حق خرید سهم» آراچام تبلیغ می‌کرد در واقع بسیار هم گران بود.

اگر به سرمایه‌گذاری به مثابه‌ی قمار نگاه کنیم، خرید سهام بیانگر شرط‌بندی روی بالارفتن قیمت سهام است. در عین حال، فروش سهام همانا شرط‌بندی روی کاهش قیمت سهام است. تورپ همچون باشلیه‌ی دریافت که قیمت «واقعی» سهام (یا اختیار معامله) منطبق با رقمی است که در آن احتمال بُرد خریدار برابر با احتمال بُرد فروشنده است. اما در معاملات سنتی، عدم‌تقارن وجود دارد. شما تقریباً همیشه می‌توانید سهام بخرید، اما فقط زمانی می‌توانید آن را بفروشید که سهام را داشته باشید. بنابراین، فقط موقعی می‌توانید *علیه* سهامی موضع بگیرید که قبلاً به نفع آن اتخاذ تصمیم کرده‌اید. این وضع خیلی شبیه کازینو است: مثلاً در بازی رولت می‌توانید به نفع عددی شرط‌بندی کنید، اما نمی‌توانید علیه عددی شرط ببندید. این درست همان کاری است که قمارخانه می‌کند، و از این‌رو در بلندمدت دست بالا را دارد. اما محال است کازینویی به شما اجازه دهد بازی بیست و یک بکنید و شرط ببندید که اگر آن دست را باختید، برنده می‌شوید.

اما در سرمایه‌گذاری این احتمال وجود دارد. اگر می‌خواهید سهمی را بفروشید که آن را ندارید، کافی است کسی را پیدا کنید که سهم را *دارد*، اما نمی‌خواهد بفروشد و حاضر است آن را به شما برای مدتی قرض بدهد. آن وقت شما سهم به عاریت‌گرفته را می‌فروشید، و امیدوارید که در آینده به همان میزان سهم را بخرید و به قرض‌دهنده پس بدهید. بدین‌ترتیب، اگر قیمت بعد از

فروش شما پایین برود، سود می‌کنید، چرا که می‌توانید بعد از فروش، آن سهام را به قیمت پایین‌تر بخرید. البته، وضع کسی که سهام را به شما قرض داده، با ندادن و نگاه‌داشتن سهام تفاوتی نمی‌کند. این‌که این نوع معاملات سهام که به آن فروش عاریتی[۱] گفته می‌شود از کجا آمده، ناروشن است، اما این نوع معاملات حداقل ۳۰۰ سال سابقه دارد. از آن‌رو می‌توانیم با اطمینان از این موضوع صحبت کنیم که در قرن ۱۷ میلادی این نوع معاملات در انگلستان ممنوع شده است.

امروزه، معاملات فروش عاریتی بس معمول است. اما در دهه‌ی ۶۰ و حتی در طول زمانی که قبل از آن این معاملات انجام می‌شده، فروش عاریتی دست‌کم خطرناک تلقی می‌شده و شاید هم این معاملات را مفسده و وطن‌فروشی می‌دانستند. معامله‌گران فروش عاریتی را سفته‌بازان بی‌ملاحظه‌ای می‌شناختند که به جای سرمایه‌گذاری برای رشد، روی حرکات بازار قمار می‌کردند. زشت‌تر این‌که جرأت آن را داشتند که روی اخبار بد بازار، به دنبال منافع باشند. بسیاری افراد این سرمایه‌گذاران را بی‌اصل‌ونسب می‌دانستند. در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ قرن بیستم، با کارهایی که تورپ و دیگران روی سهام عاریتی کردند، و با ظهور مکتب شیکاگو در اقتصاد، نظرها تغییر کرد. این اقتصاددانان در آن زمان می‌گفتند گرچه معاملات عاریتی در ظاهر امری خشن و زمخت به نظر می‌آید، اما هدف اجتماعی والایی را تأمین و بازار را کارا می‌کند. اگر تنها کسانی که می‌توانند سهامی را بفروشند، همان‌هایی باشند که سهام را در اختیار دارند، و اطلاعاتی در مورد شرکتی دارند که منفی تلقی می‌شود، اینان در بیش‌تر مواقع نمی‌توانند بر قیمت‌های بازار تأثیر بگذارند. این یعنی اطلاعاتی وجود دارد که روی قیمت‌های سهام تأثیر *ندارد*، چرا که دارندگان اطلاعات نمی‌توانند در بازار شرکت کنند. فروش عاریتی از چنین مشکلی جلوگیری می‌کند.

فارغ از هر نوع تأثیر اجتماعی آن، فروش عاریتی ریسک‌هایی به همراه دارد. وقتی سهمی را می‌خرید (که به آن «موضع‌گیری عینی»[۲] در مقابل «موضع‌گیری عاریتی»[۳] می‌گویند و منظور از اصطلاح دوم فروش عاریتی است) می‌دانید که مبلغ چیست و اگر ببازید رقم کل حداکثر چه‌قدر می‌تواند باشد. سهامداران مسئول بدهی‌های شرکت نیستند، و اگر ۱٫۰۰۰ دلار صرف خرید سهام ای‌تی‌اندتی[۴] کنید.

---

۱. short selling
۲. long position
۳. short position
۴. AT&T

قیمت این سهام سقوط کند، حداکثر ۱٫۰۰۰ دلار از دست می‌دهید. اما قیمت سهام ممکن است بی‌حساب افزایش یابد. حال اگر فروش عاریتی داشته باشید، نمی‌شود گفت که حداکثر زیان شما چه مقدار می‌شود. اگر ۱٫۰۰۰ دلار سهام ای‌تی‌اندتی را به شکل عاریه‌ای بفروشید، وقتی می‌خواهید سهام را بخرید و به کسی که آن را به شما قرض داده، پس بدهید، قیمت نامشخص است. شاید مجبور شوید رقمی به مراتب بیش از آن‌چه از محل فروش دریافت کرده‌اید، صرف خرید سهام کنید.

بالاخره تورپ کارگزاری را پیدا کرد که حاضر شد معاملات را به شکلی انجام دهد که تورپ می‌گفت. این مشکل را از سر راه برداشت، و اجازه داد در گام اول نتایج کِلی را به کار گیرند. اما حتی اگر تورپ می‌توانست لکه‌ی ننگ اجتماعی فروش عاریتی را پاک کند (که کرد)، کماکان خطرهای واقعی زیان‌های نامحدود این نوع معاملات سرجای خود بود. این‌جا هم تورپ با فکر خلاقانه‌ای به میدان آمد. تحلیل قیمت‌گذاری گواهی حق خرید سهم او روشی برای پیونددادن قیمت‌های این گواهی به قیمت‌های سهام ارائه داد. او با استفاده از این رابطه، دریافت اگر حق خرید سهم را عاریتی بفروشیم، و همزمان مقداری از سهام مبنا[۱] را بخریم، می‌توانیم خود را در مقابل افزایش ارزش حق خرید سهم ایمن کنیم. علت آن است که طبق محاسبات تورپ اگر ارزش حق خرید سهم افزایش یابد، قیمت سهام *نیز* باید افزایش یابد، و بدین‌ترتیب زیان حاصل از حق خرید سهم محدود می‌شود. تورپ پی برد که اگر ترکیب مناسبی از حق خرید سهم و سهام انتخاب کنیم، کسب سود قطعی می‌شود، مشروط به این‌که قیمت سهام به نحو غیرمعقولی تغییر نکند.

نام این استراتژی معاملاتی اکنون پوشش تأمینی دلتا[۲] است، و از دل آن استراتژی‌های دیگری زاییده شد که اوراق بهادار «تبدیل‌پذیر»[۳] دیگر (اوراق بهاداری که مثل اختیار معامله می‌توان آن‌ها را با اوراق بهادار دیگر معاوضه کرد، مثل پاره‌ای اوراق قرضه یا اوراق سهام ممتاز که می‌توان آن‌ها را به سهام عادی تبدیل کرد) را در برمی‌گرفت. با استفاده از این استراتژی‌ها، تورپ توانست برای حدود ۴۵ سال مداوم سالیانه ۲۰٪ سود کند. وی هنوز هم این کار را می‌کند، و در سال ۲۰۰۸ که بدترین سال او بود، سود ۱۸ درصدی به‌دست آورد. در سال ۱۹۶۷، وی به همراه همکاری در دانشگاه یوسی‌اروین[۴] که

---

۱. undelying stock

۲. delta hedging

۳. convertibles

۴. UCIrwin

روی موضوع مشابه کار می‌کرد، کتابی نوشت که نام آن شکست‌دادن بازار[۱] بود [۱۹].
شکست‌دادن بازار کتابی غیرمعمول و متفاوت با رویه‌های جاری در آن زمان بود و نمی‌توانست وال‌استریت را یک‌شبه تغییر دهد. کم نبودند معامله‌گرانی که آن را یکسره نادیده گرفتند و بیش‌تر آنانی که کتاب را خواندند، آن را نفهمیدند و از اهمیت کتاب آگاهی نیافتند. اما یکی از خوانندگان کتاب کارگزاری به نام جی ریگان[۲] بود که به نبوغ تورپ پی برد. وی نامه‌ای به تورپ نوشت و پیشنهاد کرد که مشترکا «صندوق حفظ ارزش»[۳] تأسیس کنند. (عبارت انگلیسی hedge fund که در اصل hedged fund بود، ۲۰ سال قبل از ملاقات تورپ و ریگان شکل گرفته بود، اما امروزه تعداد صندوق‌های حفظ ارزشی که مبتنی بر اندیشه‌ی استراتژی پوشش تأمینی دلتای تورپ است، آن‌قدر زیاد است که می‌شود گفت این عنوان از زمان مشارکت تورپ و ریگان معمول شده است.) ریگان عهده‌دار وظایفی شد که مورد تنفر تورپ بود: او برای صندوق بازاریابی می‌کرد، مشتری می‌آورد و آن مشتریان را اداره می‌کرد، با کارگزاران رایزنی می‌کرد، و معاملات را انجام می‌داد. کار تورپ فقط تعریف معاملات و پیداکردن ترکیب مناسب سهام و اوراق تبدیل‌پذیر بود. او حتی ساحل غربی امریکا را رها نکرد و همان‌جا اقامت گزید. ریگان راضی بود که خودش از نیوجرسی کاسبی شرکت را اداره کند، و به تورپ امکان دهد که در نیوپورت بیچ[۴] کالیفرنیا بماند و گروهی مرکب از ریاضیدانان، فیزیکدانان و کارشناسان علوم کامپیوتری را برای شناسایی معاملات مطلوب تشکیل دهد. پیشنهادی که بسیار خوب به نظر می‌رسید و تورپ به سرعت با آن موافقت کرد.
در آغاز، نام شرکتی که تورپ و ریگان تشکیل دادند کانورتیبل هج اسوشیتز[۵] (به فارسی یعنی شرکای پوشش تأمینی اوراق تبدیل‌پذیر) بود، اما در ۱۹۷۴ این نام را تغییر دادند و نام پرینستون-نیوپورت پارتنرز[۶] بر شرکت گذاشتند. طولی نکشید که شرکت موفق شد. در سال اول فعالیت، سرمایه‌گذاران در شرکت ۱۳٪ پس از کسر کارمزدها بدست آوردند؛ در آن سال بازار فقط ۳/۲۲٪

---

۱. *Beat the Market*
۲. Jay Regan
۳. hedge fund
۴. Newport Beach
۵. Convertible Hedge Associates
۶. Princeton - Newport Partners

بازده داشت. در همان آغاز کار، بخت با شرکت یار شد. یکی از سرمایه‌گذاران اولیه در شرکت رالف جرارد[۱] بود که رئیس مدرسه‌ی بازرگانی یوسی‌اروین بود، و در واقع رئیس تورپ تلقی می‌شد. او ثروتی به ارث برده بود، و می‌خواست این پول را در صندوق جدیدی سرمایه‌گذاری کند، چرا که مدیر سبد قبلی وی به کار تازه‌ای روی آورده بود. محل کار تورپ به او نزدیک بود، اما قبل از این‌که جرارد بخواهد با شرکت جدید کار کند، از مدیر سبد قبلی خود که دوستی مورد اعتماد هم بود، درخواست کرد که بررسی دقیقی از شرکت تورپ داشته باشد. تورپ قبول کرد که جلسه‌ای تشکیل شود، و شبی همراه با همسرش ویوین چند مایل در بزرگراه پاسیفیک کوست[۲] رانندگی کرد تا به لاگونا بیچ[۳] محل اقامت مدیر صندوق قبلی جرارد برسد. برنامه آن بود که بریج بازی کنند و از این در و آن در حرف بزنند تا آن مدیر بتواند تورپ را ارزیابی کند.

تورپ متوجه شد که میزبانش قصد دارد از کسب‌وکار مدیریت پول چشم بپوشد تا که روی فعالیت جدیدی تمرکز کند؛ او می‌خواست شرکت تولیدی نساجی قدیمی‌ای را نوسازی کند. یک میلیون دلار اول خود را با اداره‌ی پول دیگران به چنگ آورده بود، و حالا می‌خواست کاسبی خود را راه بیندازد. با این همه، تورپ و میزبانش بیش‌تر درباره‌ی نظریه‌ی احتمالات صحبت کردند. هنگام بازی، میزبان به تاسی لِم‌دار اشاره کرد که تاس غیرانتقالی نامیده می‌شد. تاس غیرانتقالی مجموعه‌ای از سه تاس است که اعداد مختلفی روی هر طرف آن نقش بسته است. این تاس‌ها ویژگی غیرمعمولی دارند، یعنی اگر تاس ۱ و ۲ را با هم پرتاب کنید، تاس ۲ می‌برد؛ اگر تاس ۲ و ۳ را همزمان پرتاب کنید، تاس ۳ می‌برد؛ اما اگر تاس‌های ۱ و ۳ را با هم پرتاب کنید، تاس ۱ می‌برد. تورپ که همیشه به تاس‌بازی و احتمالات آن علاقه‌مند بود، از دیرباز شیفته‌ی تاس غیرانتقالی شده بود. چیزی نگذشته رابطه‌ی صمیمانه‌ای میان آن دو پدید آمد. در راه بازگشت به نیوپورت، تورپ به ویوین گفت که پیش‌بینی می‌کند میزبان او روزی ثروتمندترین فرد جهان باشد. در سال ۲۰۰۸، این پیش‌بینی به واقعیت پیوست. نام آن مدیر پول مُسن وارن بافت[۴] بود. به توصیه‌ی او جرارد در شرکت تورپ سرمایه‌گذاری کرد.

---

۱. Ralf Gerard
۲. Pacific Coast
۳. Laguna Beach
۴. Warren Buffett

پرینستون نیوپورت پارتنرز به یکی از موفق‌ترین صندوق‌های حفظ ارزش در وال‌استریت بدل شد. اما عمر همه‌ی چیزهای خوب روزی به پایان می‌رسد. پایان کار پرینستون نیوپورت بسیار غم‌انگیز بود [۲۰]. در روز ۱۷ دسامبر سال ۱۹۸۷، حدود پنجاه مأمور اف‌بی‌آی، اداره‌ی ای‌تی‌اف[۱]، و خزانه‌داری داخل ساختمان شرکت ریختند و مدارک و نوارهای صوتی معاملاتی را که شرکت با مایکل میلکن[۲] انجام داده بود، زیرورو کردند؛ مایکل میلکن همان کسی است که چندی بعد به دلال قرضه‌های بُنجل[۳] معروف شد. یکی از کارمندان قبلی پرینستون نیوپورت به نام ویلیام هِیل[۴] در مقابل هیأت منصفه‌ی عالی شهادت داده بود که میلکن و ریگان وارد تقلب مالیاتی‌ای شده بودند که آن را پارک‌کردن سهام می‌خواندند. در موقعیت نزولی استراتژی پوشش ریسک دلتا و استراتژی‌های مشابه، سود حاصل از موقعیت‌های کوتاه و بلندمدت، نرخ مالیاتی متفاوت دارد. از این‌رو، وقتی خرید و فروش همزمان می‌شود، سود و زیانی که در وضعیتی متفاوت یکدیگر را از حیث مالیاتی خنثی می‌کردند، دیگر یکدیگر را خنثی نمی‌کنند. ریگان با مخفی‌کردن این‌که چه کسی مالک موقعیت‌های بلندمدت است، و با «پارک‌کردن» آن سهام در شرکت میلکن، از پرداخت مالیات فرار می‌کرد. سهام «پارک‌شده» رسما به میلکن فروخته می‌شد، و توافق نهانی‌ای صورت می‌گرفت که ریگان می‌توانست آن سهام را از میلکن به قیمت از قبل تعیین‌شده‌ای فارغ از تحولات قیمت در بازار بازخرید کند. هر چند این کار چندان کراهت نداشت، اما پارک‌کردن سهام غیرقانونی بود، و رودی جولیانی[۵] که این موضوع را تحت پیگرد قانونی قرار داده بود، امیدوار بود که با فشار بر پرینستون- نیوپورت، شواهد جدیدی علیه میلکن بدست آورد.

تورپ پاک از این قضیه بی‌خبر بود؛ نمی‌دانست که بخش ساحل شرقی شرکت کارهای غیرقانونی زیادی انجام داده، و از این اقدامات وقتی خبردار شد که موضوع رسانه‌ای شد. وی در هیچ موردی متهم هم نشد، چه رسد به این‌که محکوم شود. او وقتی از موضوع خبردار شد که ریگان برای خود وکیل گرفته بود، و به شریک خود دیگر جواب نمی‌داد. شرکت یک‌سال دیگر لنگ‌لنگان پیش

---

۱. ATF اداره‌ی فدرال الکل، تنباکو و سلاح گرم و مواد منفجره.

۲. Michael Milken. شرحی به زبان فارسی در مورد میلکن و اوراق بنجلی را در مقاله‌ی زیر بخوانید: حسین عبده تبریزی، «تناسب ابزار و نهادهای مالی با نیازهای سرمایه: نمونه‌ی اوراق قرضه‌ی بنجلی،» *تدبیر*، شماره‌ی ۴۹، دی‌ماه ۱۳۷۳، گردآوری‌شده در مجموعه‌ی مقالات مالی و سرمایه‌گذاری (جلد اول)، حسین عبده تبریزی، *نشر آگه*، ۱۳۷۷.

۳. junk bond

۴. William Hale

۵. Rudy Giuliani

رفت، اما اخبار دادگاه شرکت را بی‌اعتبار کرد. در سال ۱۹۸۹، شرکت پرینستون نیوپورت پارتنرز تعطیل شد. در طول دوره‌ای ۲۰ ساله، میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاران در شرکت ۱۹٪ (و بعد از کارمزدها ۱۵٪) بود که عملکردی بی‌سابقه به حساب می‌آمد.

پس از تعطیل‌شدن پرینستون نیوپورت، تورپ مدتی به مرخصی رفت و سپس صندوق مدیریت پول خود را تحت عنوان ادوارد اُو تورپ اسوشیتز[۱] تأسیس کرد. هر چند اکنون مدت‌هاست به‌طور حرفه‌ای مدیریت پول دیگران را برعهده نمی‌گیرد، اما این صندوق امروز هم فعالیت می‌کند و پول خود تورپ را اداره می‌کند. در این فاصله صدها صندوق حفظ ارزش توسط فیزیکدانان و ریاضیدانان تأسیس (یا تعطیل) شده است؛ این صندوق‌ها می‌کوشیدند موفقیت پرینستون نیوپورت را تکرار کنند. همان‌طور که وال استریت ژورنال در سال ۱۹۷۴ نوشت، تورپ سردمدار «چرخش مدیریت پول» به سمت روش‌های کّمی کامپیوتر- محور بود [۲۱]. جای شگفتی است که نظریه‌ی اطلاعات چه نتایجی به همراه آورد.

یادداشت‌ها

۱. Edward O.Thorp Assocites

۱. بیان این داستان (شرح دموین و جرعه‌های ویسکی)، به موضوع شاخ‌وبرگ داده‌ام، اما اصل آن صحیح است؛ داستان مبتنی بر مقاله‌ی «خودزندگی‌نامه» (تورپ ۱۹۹۸) است. از همین مأخذ عمده‌ی مطالب مربوط به سرگذشت تورپ استخراج شده؛ مآخذ دیگر عبارت‌اند از تورپ (۲۰۰۴، ۱۹۶۶)، پانداستون Poundstone (۲۰۰۵)، پاترسون Patterson (۲۰۱۰)، و شویگر Schwager (۲۰۱۲). به علاوه، من با تورپ مصاحبه کردم، و او لطف کرد و نسخه‌ی اولیه‌ی این فصل را خواند و اصلاحاتی را پیشنهاد داد.

۲. این کتاب مل‌کیل مربوط به سال ۱۹۷۳ است و به مرجع مل‌کیل (۱۹۷۳) رجوع کنید.

۳. این محاسبه را با ماشین‌حساب محاسبه‌ی تورمِ برخطِ اداره‌ی آمار کار انجام داده‌ام. به آدرس سایت زیر رجوع کنید:

http://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm

۴. ر.ک. ناسار Nasar (۱۹۹۸).

۵. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد شانون، رجوع کنید به Kahn (۱۹۶۷)، پانداستون (۲۰۰۵)، Gleick (۲۰۱۱)، و دو زندگی‌نامه در Wyner and Stone (۱۹۹۳). مقدمه‌ی مدرن درخشانی در مورد نظریه‌ی اطلاعات را در مأخذ Gray (۲۰۱۱) بیابید؛ برای شناخت سهم ذهنی شانون به‌ویژه به Wyner and Sloane (۱۹۹۳) و Shannon and Weaver, (۱۹۴۹) رجوع کنید.

۶. این نقل قول را از مأخذ تورپ (۱۹۹۸) آورده‌ام.

۷. این مقاله نوشته‌ی Baldwin بالدوین و همکاران (۱۹۵۶) است.

۸. ر.ک. به "Rinconete and Cortadillo" در سروانتس (۱۸۸۱).

۹. این مقاله پذیرفته و چاپ شد و آن را در تورپ (۱۹۶۱) می‌یابید.

۱۰. زندگی کیمل و از جمله داستان این‌که چگونه کاسبی پارکینگ کوچک او به امپراتوری تایم وارنر تغییر یافت را در پونداستون (۲۰۰۵)، و بالاخص در Bruck (۱۹۹۴) بیابید.

داستانی که از گذشته‌ی کیمل در این‌جا نقل کرده‌ایم، از همان مآخذ اقتباس شده است. داستان سفر کیمل به وگاس همراه با تورپ را از مأخذ تورپ (۱۹۶۶) برگرفته‌ایم.

۱۱. ر.ک. تورپ (۱۹۶۶).

۱۲. مقاله را کِلی Kelly (۱۹۵۶) نوشته بود. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد ضابطه‌ی کِلی، به مرجع تورپ (۲۰۰۶)، MacLean و دیگران (۲۰۱۱)، و تورپ (۱۹۸۴) رجوع کنید.

۱۳. این شرح از کِلی را از Poundstone (۲۰۰۵) برگرفته‌ام.

۱۴. برای این‌که موضوع را شرح بدهم، عامداً قوانین فدرال دهه‌ی ۶۰ امریکا را در مورد منع قمار با استفاده از ابزار استراق سمع نادیده گرفته‌ام.

۱۵. فرض کنید با ۱۰۰ دلار شروع می‌کنید، و ۱۷ دلار روی اپی‌تاف و ۸۳ دلار روی اسب ولنتاین شرط می‌بندید. اگر ولنتاین ببرد، ۸۳ دلار خود را پس می‌گیرید و $\frac{5}{9}$ هم بیش‌تر یعنی جمعاً ۱۲۹ دلار می‌گیرید. اما شما ۱۷ دلار روی پی‌تاف باخته‌اید. پس کل بُرد شما ۱۲ دلار می‌شود. اما اگر اپی‌تاف ببرد، ۱۷ دلار خود را پس می‌گیرید و نیز ۷ برابر اضافه دریافت می‌کنید؛ جمع این دو ۱۳۶ دلار می‌شود که باید ۸۳ دلاری که روی ولنتاین شرط بسته و باخته‌اید، را از آن کم کنید. پس در این مورد ۵۳ دلار خالص می‌برید. در هر دو مورد چیزی عایدتان می‌شود.

۱۶. جزئیات آن‌چه در مورد کامپیوتر گفتیم را از تورپ (۱۹۹۸) برگرفته‌ایم.

۱۷. در واقع، محاسبات این‌که گوی در کدام خانه‌ی رولت استاندارد (گوی‌ای که دور چرخ دستگاه در گردش است) می‌افتد، برای کامپیوتر چندان دشوار نیست. البته، دستگاه رولت به گونه‌ای طراحی شده که برآمدگی‌های کوچک روی چرخ آن تعبیه شده تا حرکت گوی روی چرخ تصادفی شود؛ یعنی وقتی گوی به یکی از این برآمدگی‌ها اصابت می‌کند، کمانه کرده و مسیر خود را عوض می‌کند. کامپیوتر دقیقاً

نمی‌توانست برآورد کند که این‌گونه تصادفی‌کردن چه اثری بر نشستن گوی در خانه‌ای خاص از رولت دارد و از این‌رو بر نااطمینانی افزوده می‌شد.

۱۸. چون از نظر بحث محوری این کتاب مهم است، باید یادآور شویم که تورپ در مصاحبه‌ای تأیید کرد که مقاله‌ی مندلبروت را در مجموعه‌ای که کوتنر فراهم آورده بود، خوانده است. به علاوه، وی یادآور شد که مقاله‌های باشلیه و آزبورن را هم خوانده است. هر چند تورپ دریافت که دنباله‌های چاق بر مدل‌های مبتنی بر توزیع لگ‌نرمال اثر می‌گذارد، با این همه ترجیح داد از بازده‌های مدل ساده‌تر آزبورن در طراحی فرمول قیمت‌گذاری اختیار معامله استفاده کند. البته در کاربرد فرمول قیمت‌گذاری خود، رفتاری احتیاط‌آمیز پیش گرفت تا اثر دنباله‌های چاق را لحاظ کند؛ یعنی از این واقعیت آگاه بود که تحت شرایط خاصی، مدل او کار نمی‌کند.

۱۹. کتاب مورد اشاره را در مأخذ تورپ و Kassouf (۱۹۶۷) می‌یابید.

۲۰. شرح این‌که پرینستون نیوپورت معاملاتی از دفاتر خود حذف می‌کرد تا از زیان‌های مالیاتی فرار کند را در داستان‌هایی بیابید که Poundstone (۲۰۰۵)، Stewart (۱۹۹۲) و اخیرتر Eichenwald (b و a ۱۹۸۹) نقل می‌کنند. در مصاحبه‌ای، تورپ به جنبه‌ی دیگری از اتهامات وارده اشاره می‌کند که به پارک‌کردن سهام به شیوه‌ای دیگر مربوط است: معامله‌گری به نام Bruce Newberg در شرکت میلکن از پرینستون نیوپورت استفاده می‌کرد تا موقعیت‌های معاملاتی‌ای را در دفاتر حسابداری خود جابه‌جا کند و بدین‌وسیله از قوانین گزارشدهی فدرال و قواعد معاملاتی Drexel فرار کند. ریگان، نیوبرگ و دیگر متهمان در مرحله‌ی اول برای همه‌ی اتهام‌ها مجرم شناخته شدند، اما در دادگاه تجدیدنظر رأی بر برائت آن‌ها از آن جرایم داده شد.

۲۱. این مقاله را در مأخذ Laing (۱۹۷۴) بیابید.

فصل ۵
فیزیک در بازار سرمایه

در فوریه ۱۹۶۱، استاد راهنمای پایان‌نامه‌ی دکترای فیشر بلک[۱]، آنتونی اوتینگر[۲] به کمیته‌ی تحصیلات تکمیلی دانشگاه هاروارد نوشت «من بنا به دلایلی نگران انضباط فکری بلک هستم. اگرچه توان و علاقه‌ی او به انجام کاری مستقل را تشخیص می‌دهم، نگرانم که مبادا از روی تفنن و به شکلی غیرحرفه‌ای به این کار بپردازد [۱].» دو ماه بعد، اوتینگر ریاست کمیته‌ی امتحان شفاهی از بلک را عهده‌دار شد؛ این کمیته بررسی می‌کرد آیا بلک می‌تواند به مرحله‌ی دفاع پایان‌نامه برود یا نه. بلک از این مرحله عبور کرد، اما با این شرط که باید «خلاصه‌ی پایان‌نامه‌ی دقیق و روشنی»» تا پایان ژانویه‌ی ۱۹۶۲ فراهم کند. یک هفته بعد از این تاریخ، بلک به دلیل تظاهرات دانشجویی در میدان هاروارد در زندان بود، و وقتی یکی از رؤسای دانشکده‌های هاروارد رفت تا ضامن شود و او را از زندان بیرون بیاورد، بلک به هیچ‌وجه کوتاه نیامد [۲]. او به اقتدار پلیس، اقتدار هاروارد و نیز اقتدار راهنمای پایان‌نامه‌اش، اعتراض می‌کرد. ژانویه‌ی ۱۹۶۲ گذشت و بلک کاری در جهت تکمیل پایان‌نامه‌ی خود نکرد. به او اطلاع دادند که نمی‌تواند به هاروارد برگردد.

امروز بلک یکی از چهره‌های تابناک تاریخ مالی است. سهم مهم او در توسعه‌ی مالی، مدل قیمت‌گذاری فیشر– بلک (که گاهی فیشر – بلک – مرتن نامیده می‌شود) است. این مدل، پایه‌ی هر نوع مدل قیمت‌گذاری مشتقه‌ی دیگر است [۳]. در سال ۱۹۹۷، همکاران بلک، یعنی مایرون شولز[۳] و رابرت مرتن[۱] برای مدل بلک – شولز جایزه‌ی نوبل اقتصاد را دریافت کردند. بلک در

---

۱. Fisher Black

۲. Anthony Oettinger

۳. Myron Scholes

سال ۱۹۹۵ در گذشته بود، و از این‌رو نمی‌توانست جایزه بگیرد (جایزه‌ی نوبل به زندگان تعلق می‌گیرد)، اما در تحولی کم‌سابقه، کمیته‌ی نوبل هنگام اعلام نتایج، به‌طور دقیق به سهم فکری بلک اشاره کرد. علاوه بر این، هر دو سال یک‌بار، انجمن مالی امریکا، جایزه‌ی فیشر بلک را به محقق جوان زیر ۴۰ سالی اعطا می‌کند که «مجموعه‌ی کارهایش به بهترین وجه نماینده‌ی مدل فیشر بلک باشد، یعنی پژوهش اصیلی که در عرصه عمل به مالی مربوط شود.» این جایزه یکی از مهم‌ترین جوایز دانشگاهی در رشته‌ی مالی است [۴]. دانشگاه ام‌آی‌تی نیز کرسی اقتصاد مالی خود در دانشکده‌ی مدیریت اسلون[۲] را به افتخار بلک به نام او کرده است، و فهرست این افتخارات و دستاوردها همچنان ادامه دارد.

در تاریخ دور و دراز حضور فیزیک در علم مالی، شاید بهتر باشد نقش بلک را نقشی گذرا تلقی کنیم. او فیزیک خوانده بود، اما هرگز فیزیکدان موفقی نبود، چون هیچ‌گاه روی موضوع خاصی تمرکز نمی‌کرد و مطالعاتش بسیار متنوع بود. گرچه موفقیت او بیش‌تر در مقام اقتصاددان مالی بود، در این رشته چندان دوام نیافت، زیرا هر طرحی که به دست می‌گرفت و اسباب شهرت و اعتبارش می‌شد، زود دلش را می‌زد و سراغ طرح‌ها و اندیشه‌هایی می‌رفت که اغلب آماج شک و تردید بود. اما درست همین ویژگی‌ها – یعنی ویژگی‌هایی که اوتینگر را نگران می‌کرد که پژوهش‌های بلک به کاری تفننی انجامد – به بلک امکان داد ترکیبی بیافریند که مدت‌ها در انتظار آن بودند. وی آن‌قدر فیزیکدان بود که نظریات افرادی چون باشلیه و آزبورن را بفهمد و توسعه دهد، و در عین حال آن‌قدر از اقتصاد آگاه بود که کشفیات خود را به زبانی بیان کند که اقتصاددانان آن را دریابند. در این وضعیت، او خیلی شبیه ساموئلسون بود، هر چند که از نظر فکری کم‌تر به رسمیت شناخته می‌شد. البته، برخلاف ساموئلسون او می‌توانست به سرمایه‌گذاران و بانکداران وال‌استریت نشان دهد که اندیشه‌های جدید برآمده از فیزیک چگونه در عمل به کار می‌آیند. تورپ اولین کسی بود که دریافت چگونه می‌تواند با فرضیه‌ی ولگشت باشلیه و آزبورن پول درآورد، اما وی این کار را خارج از نهادهای بازار و از طریق شرکت پرینستون – نیوپورت[۳] انجام داد. از سوی دیگر بلک کسی بود که مالیِ کّمی را با ریشه‌های عمیقی که در فیزیک داشت، بدل به بخش مهمی از بانکداری

---

۱. Robert Merton

۲. Sloan School of Management

۳. Princeton- Newport Partners

سرمایه‌گذاری کند. در واقع بلک فیزیک را به بازار سرمایه بُرد.
بلک نخست در سال ۱۹۵۵ در ۱۷ سالگی پایش به هاروارد باز شد. اگر کسی بپرسد چرا او درخواست ورود به دانشگاه هاروارد داد و نه جای دیگر، جواب آن است که بلک علاقه‌مند بود آواز بخواند، و هاروارد کلوپ سازوآواز کاملی داشت.
از همان آغاز، وی می‌خواست برنامه‌ای را که خود می‌پسندید در دانشگاه پیگیری کند. اما هیچ‌وقت کاری را که به وی تکلیف شده بود قبول نکرد، و به تألیف مقالاتی پرداخت که از نظر خودش اهمیت داشتند. بعد از گذراندن چند ترم مقدماتی، تصمیم گرفت در سطح ارشد نام‌نویسی کند. دوره‌ی بین‌رشته‌ای به نام «روابط اجتماعی» را برگزید که چندین رشته‌ی علوم اجتماعی را شامل می‌شد، و خودش را موضوع تجربه‌های عملی کرد. برای مثال، برنامه‌ی خوابش را بر هم می‌زد، و چهار ساعت خواب و چهار ساعت به طور متناوب بیدار می‌ماند و تمام‌وقت یادداشت‌های بسیار دقیقی از واکنش بدن خود در برابر این برنامه ثبت می‌کرد. مصرف داروها، و از جمله داروهای توهم‌زا، را آغاز کرد تا آثار آن‌ها را روی خودش ببیند. بیش‌تر دوستانش دانشجویان ارشد بودند.
با این همه، در سال اول دانشگاه بود که در مورد رشته‌ی انتخابی خود دچار تردید شد. روابط اجتماعی جالب بود، اما بلک به دنبال کاری در حوزه‌ی تحقیقات بود. همچون آزبورن و تورپ، بلک دانشمند مادرزاد بود، دائماً آزمایش می‌کرد و نظریه‌هایش را به آزمون می‌نهاد، و هنوز قانع نشده بود که مطالعات اجتماعی او را به شغلی می‌رساند که دلش می‌خواهد. از این‌رو، به علوم دقیق‌تر متمایل شد؛ نخست به شیمی و زیست‌شناسی پرداخت، و در نهایت به فیزیک روی آورد. به دنبال آن بود که کار نظری بنیادینی انجام دهد، و این‌رو در سال بعد دوباره برای دوره‌ی دکترا و البته مجدداً برای دانشگاه هاروارد، تقاضا فرستاد تا در حوزه‌ی فیزیک نظری مدرک دکترا بگیرد. بلک توانست بورس تحصیلی مهم بنیاد ملی علوم را دریافت کند، و در هاروارد پذیرفته شود. در سال ۱۹۵۹، بلک تحصیلات تکمیلی در رشته‌ی فیزیک را آغاز کرد.
اما هنوز سال اول تحصیلی تمام نشده بود که توجه او به موضوعی دیگر معطوف شد. فقط یک درس فیزیک گرفت، و در عوض سال اول تحصیلی خود را با مهندسی الکترونیک، فلسفه و ریاضیات پر کرد. به هر چیزی کمی علاقه‌مند بود، اما به هیچ موضوعی آن‌قدر علاقه نداشت که در بلندمدت به آن وفادار بماند. چند هفته که گذشت، به دانشکده‌ی دیگر رفت، تا به جای فیزیک، ریاضیات کاربردی بخواند. وقتی ترم بهار فرا رسید، همه‌ی وقت خود را صرف درس

هوش مصنوعی در ام‌آی‌تی کرد؛ این درس ماروین مینسکی[۱] بود که به نوعی سرآمد این رشته شناخته می‌شد؛ هنوز پاییز ۱۹۶۰ فرا نرسیده بود که بلک به رشته‌ی علوم اجتماعی برگشت و دو درس در روانشناسی گرفت.

اشتباه است اگر بگوییم بلک در تحصیل دانشگاهی ناموفق بود، اما بی‌شک مسیری که می‌رفت متعارف نبود. از یک طرف، در کم‌تر درسی که انتخاب کرده بود - از جمله همان درس فیزیکی که در آن ثبت‌نام کرده بود - نمره‌ی قبولی گرفت. در سال دوم، او درس روانشناسی را قبول نشد، چون آن درس بر مکتب «رفتاری» تأکید داشت، در حالی که بلک خود را با مکتب جدید و به‌روزتر، یعنی مکتب «شناختاری» نزدیک می‌دانست.

با این همه، وی یکی از مغزهای درجه‌ی یک هاروارد بود. در سال اول در رقابتی آزاد، وی به یکی از پرسش‌های چالشی استاد ریاضیاتش پاسخ داد؛ همین کافی بود که بورس تحصیلی سال دوم را به‌دست آورد. از این‌رو هر چند توان بالقوه‌ی بلک هرگز مورد تردید نبود، درک نگرانی‌های اوتینگر هم دشوار نیست. بلک دو سال از تحصیلات تکمیلی را طی کرده بود، بدون این‌که از دروس دوره‌ی کارشناسی خود، درسی را با موفقیت گذرانده باشد. تنها تغییری که مشاهده می‌شد این بود که او با شتاب بیش‌تری از یک موضوع به موضوع دیگر می‌پرد. از دیدگاه خودش، او صرفاً آدمی کنجکاو بود، و قواعد سفت‌وسخت هیچ مدرسه‌ای، کار دانشگاهی او را به چارچوبی محدود نمی‌کرد، حتی اگر این به معنای ترک دانشگاه هاروارد می‌بود.

در نهایت، بلک در رشته‌ی ریاضیات کاربردی مدرک دکترا گرفت، اما برای اخذ این مدرک مسیر پرماجرایی را طی کرد. وقتی هاروارد از او خواست دانشگاه را ترک کند، شغلی در شرکت مشاوره‌ی فن‌آوری بالت، بِرَنک، و نیومن (بی‌بی‌ان)[۲] واقع در کمبریج دست‌وپا کرد. بی‌بی‌ان بلک را به دلیل دانش کامپیوتری او استخدام کرد، و بیش‌تر وقتش در آن شرکت صرف پروژه‌ای شد که انجمن مآخذ کتابخانه‌ای از آن حمایت می‌کرد. این پروژه روی سامانه‌های بازیافت داده‌های کامپیوتری کار می‌کرد و به عنوان بخشی از این پروژه، بلک برنامه‌ای نوشت که از منطق صوری برای پاسخ به سؤال‌های ساده سود می‌برد. این برنامه داده‌هایی چون «پایتخت رومانی کجاست؟» را

---

۱. Marvin Minsky

۲. Bolt, Beranek and Newman (BBN)

دریافت می‌کرد و می‌کوشید تا براساس مخزنی از اطلاعات یک بانک اطلاعاتی، به این سؤالات پاسخ دهد. بخش قابل‌ملاحظه‌ای از پروژه این بود که صرفاً سؤال را تجزیه کند، و بعد بفهمد که شکل پرسش چگونه است. کار بلک کمک ذهنی اولیه‌ی مؤثری بود به رشته‌ای که زبانشناسی محاسباتی نام گرفت؛ در این رشته تلاش می‌شود تا کامپیوترها زبان طبیعی را بفهمند و تولید کنند. طولی نکشید شهرت کارهای بلک در بی‌بی‌ان در کمبریج پیچید. در بهار ۱۹۶۳، مینسکی خبر برنامه‌ی سؤال و جواب بلک را شنید. خیلی تحت تأثیر قرار گرفت و آن‌قدر نفوذ داشت که به نمایندگی از بلک در مورد بازگشت مجدد وی به هاروارد مذاکره کند. مسؤولیت کار بلک را قبول کرد، و همراه با پرفسوری به نام پاتریک فیشر[۱] که نقش مشاور داشت، راهنمایی پژوهش را برعهده گرفت. در طول سال بعد، بلک این پروژه‌ی مشاوره در مورد سامانه‌های سؤال و جواب قیاسی را به پایان‌نامه‌ی تحصیلی بدل کرد، و از این پایاننامه در ژوئن ۱۹۶۴ با موفقیت دفاع کرد.

در این تاریخ دیگر بلک حداقل برای مدتی میل به کار دانشگاهی نداشت. او مدت زیادی روی پروژه‌ای برای نوشتن پایان‌نامه کار کرده بود، اما این بدان معنی نبود که بقیه‌ی عمر خود را وقف هوش مصنوعی خواهد کرد. به این فکر افتاد که نویسنده شود، و نوشته‌های مردم‌پسند اما غیرداستانی به قلم آورد. حتی فکر کرد کسب‌وکار کامپیوتر راه بیندازد. یا شاید تقاضای بورس تحصیلی دوره‌ی فوق‌دکترا بدهد و در هاروارد بماند و در مورد فصل مشترک فناوری و جامعه کار کند؛ موضوع جدیدی که فناوری‌های بعد از جنگ آن را رونق داده بود. اما در نهایت هیچ‌کدام از این کارها را نکرد، و پس از فارغ‌التحصیلی به کار مشاوره برگشت. حداقل آنجا می‌توانست روی پروژه‌های مختلف کار کند، و به علاوه دریافته بود چیزی که برایش جذابیت دارد، حل مسائل ملموس وغیرتجریدی است.

به جای بازگشت به بی‌بی‌ان، بلک در واحد پژوهش‌های عملیاتی شرکت محلی دیگری به نام شرکت آرتور دی لیتل[۲] (ای‌دی‌ال) مشغول به کار شد. در آغاز کار او فقط روی مسائل کامپیوتری کار می‌کرد. برای مثال، شرکت مت‌لایف[۳] کامپیوتر روزآمدی داشت، اما هنوز فکر

---

۱. Patrick Fisher

۲. Arthur D. Little

۳. MetLife

می‌کرد که نیازهای محاسباتی‌اش برآورده نمی‌شود. مت‌لایف شرکت ای‌دی‌ال را استخدام کرد تا روشن شود آیا به کامپیوتر دومی نیاز هست یا نه. بلک با همکاری دو نفر دیگر دریافت که مشکل کامپیوتر نیست، چرا که فقط از ۵۰٪ ظرفیت این دستگاه استفاده می‌شد، بلکه موضوع نحوه‌ی ذخیره‌سازی داده‌ها در کامپیوتر بود: به جای استفاده از ۳۰ درایو موجود، در انجام عملیات روزانه، دستگاه فقط از ۸ درایو استفاده می‌کرد. بنابراین، بلک و تیم او طرح بهینه‌سازیی تدارک دیدند تا دستگاه بتواند از همه‌ی درایوهای موجود استفاده کند.

بلک حدود پنج سال در ای‌دی‌ال کار کرد. تجربه‌ی این شغل زندگی‌اش را عوض کرد. وقتی به آن‌جا رسید، آدمی متخصص در پژوهش عملیاتی و علوم کامپیوتر بود. دامنه‌ی علایق او بسیار گسترده بود و البته شاهدی نداریم که رشته‌ی مالی هم جزو آن‌ها بوده باشد. وقتی در سال ۱۹۶۹ آن مؤسسه را ترک کرد، زمینه‌ی کاری را فراهم آورده بود که بعدها مدل بلک –شولز نامیده شد. حداقل در بعضی محافل او را به عنوان اقتصاددان مالیِ سخت‌کوش می‌شناختند که در حال اوج‌گیری بیش‌تر بود. شرکت ولز فارگو[۱] بلافاصله او را استخدام کرد تا برایش استراتژی معاملاتی بنویسد.

این تحول اندکی پس از ورود بلک به ای‌دی‌ال رخ داد؛ در آن‌جا با یکی از اعضای بخش پژوهش‌های عملیاتی به نام جک ترینور[۲] آشنا شد که کمی از او مسن‌تر بود. ترینور به کالج هاورفورد[۳] رفته بود تا فیزیک بخواند، اما به این نتیجه رسید که آن دانشکده خیلی خوب نیست، و از این‌رو خود را به رشته‌ی ریاضی منتقل کرد. بعد از کالج به مدرسه‌ی بازرگانی هاروارد رفت و بعد در سال ۱۹۵۶ یعنی درست یک دهه قبل از ورود بلک به آن شرکت، در شرکت ای‌دی‌ال مشغول به کار شد. ترینور و بلک چندان زمانی در ای‌دی‌ال همکار هم نبودند، چرا که در سال ۱۹۶۶، مریل لینچ[۴] ترینور را از چنگ ای‌دی‌ال درآورد. اما این دو ریاضیدان با علاقه به مسائل عملی خیلی زود با هم دوست شدند.

بلک روش تفکر ترینور را می‌پسندید و خیلی سریع به کار او علاقه‌مند شد که عمدتاً مربوط به مدیریت

---

۱. Wells Fargo

۲. Jack Treynor

۳. Haverford

۴. Merrill Lynch

ریسک، عملکرد صندوق‌های حفظ ارزش[۱] و قیمت‌گذاری دارایی‌ها بود. گرچه ترینور هم پیشینه‌ی رسمی طولانی در حوزه‌ی نظریه‌ی مالی نداشت، سابقه‌ی حضور در مدرسه‌ی بازرگانی مسائلی را پیش‌روی او نهاده بود که می‌توانست درباره‌ی آن‌ها کار کند. مسائلی که به سابقه‌ی او در ای‌دی‌ال برمی‌گشت و به نهادهای مالی مرتبط بود. علاوه بر این، او روی پروژه‌های تحقیقاتی نظری کار کرده بود؛ پروژه‌هایی که مشتریان ای‌دی‌ال در آن‌ها با مشکلاتی برخورد کرده بودند.

پیش از آن‌که بلک به ای‌دی‌ال برود. ترینور روش جدیدی برای فهم رابطه‌ی بین ریسک، احتمالات و ارزش موردانتظار تعریف کرده بود؛ رابطه‌ای که اکنون به آن *مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای* یا کپ‌ام (CAPM) می‌گویند [۵]. ایده‌ی اصلی در کپ‌ام این بود که باید بتوان قیمتی برای ریسک تعیین کرد. در این قالب، ریسک به معنای عدم‌اطمینان یا تلاطم است. بعضی از دارایی‌ها، برای مثال اوراق خزانه‌ی امریکا، اصولاً بدون ریسک است. با این همه، این اوراق نرخ بازده معینی ارائه می‌کنند و اگر شما در اوراق خزانه سرمایه‌گذاری کنید می‌دانید که سود و اصل شما به نرخ ثابتی تضمین است. اما بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها در ذات خود ریسکی است. ترینور دریافت احمقانه است که فرد در یکی از این سرمایه‌گذاری‌های ریسکی پول خود را بگذارد، مگر این‌که نرخ بازده‌ی بالاتری، حداقل به طور متوسط بالاتر از نرخ بازده بدون ریسک، بدست آورد. ترینور این بازده اضافی را صَرف[۲] ریسک نامید، زیرا این آن بازده اضافی است که سرمایه‌گذار برای خرید دارایی ریسکی طلب می‌کند. کپ‌ام مدلی بود که امکان می‌داد از طریق تحلیل هزینه – فایده‌ی صرف ریسک‌ها، ریسک را به بازده پیوند بزنیم.

وقتی بلک از مدل کپ‌ام اطلاع یافت، بلافاصله مجذوب آن شد. دریافت که رابطه‌ی ساده‌ی بین عدم‌اطمینان و سود عمیقاً ریشه‌دار است. کپ‌ام نظریه‌ای برای توصیف تصویر بزرگ بود و نقش ریسک را در انتخاب‌های منطقی به روشی بسیار تجریدی توصیف می‌کرد. بعدها در طول فعالیت خود، بالاخص به یک ویژگی کپ‌ام بسیار اشاره می‌کرد که سخت به آن دلبسته بود: این نظریه (به بیان او) نظریه‌ای تعادلی بود. بلک در سال ۱۹۸۷ نوشت، «تعادل مفهومی بود که مرا به رشته‌ی مالی و اقتصاد جلب کرد»[۶]. کپ‌ام نظریه‌ی تعادل بود، چون ارزش اقتصادی را به مثابه‌ی تعادل طبیعی بین ریسک و

---

۱. hedge funds

۲. Premium

پاداش توصیف می‌کرد. این اندیشه که جهان در وضعیت تعادلی همواره در حال تغییر است، پاسخگوی حساسیت‌های بلک در مقام فیزیکدان بود: در فیزیک، درمی‌یابیم که نظام‌های پیچیده طی تغییراتی کوچک به سمت موقعیت‌های پایدار میل می‌کنند. به این موقعیت‌ها، موقعیت‌های تعادلی گویند؛ بدین‌معنا که آن‌ها نیز بیانگر نوعی تعادل میان عوامل تأثیرگذار متعدد هستند[۷].

بلک مصمم بود هرچه را که ترینور راجع به رشته‌ی مالی می‌داند فرا بگیرد. پس وقتی ترینور ای‌دی‌ال را ترک کرد، یعنی درست یک‌سال پس از ورود بلک به آن شرکت، طبیعی بود که بلک جای ترینور را در تیم مشاوره‌ی مالی ای‌دی‌ال بگیرد. او مدل ترینور را کامل می‌کرد. کپ‌ام شالوده‌ی همه‌ی چیزهایی بود که بلک قصد داشت به انجام برساند.

اگر جک ترینور نخستین کسی بود که بلک را به سوی اقتصاد مالی سوق داد، مایرون شولز[۱] این تحول را به درختی پرثمر بدل کرد. شولز در سپتامبر ۱۹۶۸ به کمبریج آمد؛ او مدرک دکترای دانشگاه شیکاگو را در دست داشت که تازه دریافت کرده بود. مایکل جنسن[۲] همکلاسی دوره‌ی دکترای او در شیکاگو به شولز سفارش کرد که بلک را از نظر دور ندارد؛ به نظر جنسن، بلک «آدم جالبی» بود [۸]. شولز اندکی پس از ورود به کمبریج به بلک تلفن کرد. هر دو جوان بودند: شولز تازه ۲۷ ساله شده بود و بلک سی سال داشت. هیچ‌یک هنوز به جایی نرسیده بودند، هر چند که شولز اخیراً به عنوان استادیار جذب ام‌آی‌تی شده بود، و این نشانه‌ی موفقیتی بود. آنان سر ناهار در فضای ملال‌آور کافه تریای کمپ پارک ایکورن[۳] شرکت ای‌دی‌آل، همدیگر را ملاقات کردند. هیچ‌کس باور نمی‌کند که دیدار دو آدم گمنام در کافه تریا، آغازگر تحولی تاریخی باشد. اما، ملاقات اول بین بلک و شولز آغاز دوستی‌ای بود که بازارهای مالی را برای همیشه تغییر داد.

بلک و شولز درست نقطه‌ی مقابل هم بودند. بلک آدمی آرام و حتی خجالتی بود و شولز بی‌پروا و اجتماعی. بلک به تحقیق کاربردی علاقه‌مند بود، اما ذهنیتی نظری و تجریدی داشت. اما شولز فقط اخیراً پایان‌نامه‌ای تجربی و آکنده از داده‌های مختلف نوشته بود، انبوهی از داده‌ها را به کار گرفته بود که فرضیه‌ی کارایی بازار را به آزمون بگذارد؛ و این موضوعی بود که تا آن زمان به اصل

---

۱. Myron Scholes

۲. Michael Jensen

۳. Acorn Park

محوری اقتصاد نئوکلاسیک ارتقا یافته بود.

تصور این‌که این اولین جلسه‌ی گفتگوی دو نفر چگونه پیش رفت، دشوار است. با این همه، باید جرقه‌ای زده شده باشد. دو نفر دوباره همدیگر را ملاقات کردند. چیزی نگذشت که آنان بنیان دوستی و مشارکت فکری‌ای را گذاشتند که در طول عمرشان ادامه یافت. شولز از بلک دعوت کرد تا در کارگاه‌های آموزشی مالی ام‌آی‌تی که هفتگی برگزار می‌شد، شرکت کند. این اولین باری است که بلک وارد کار دانشگاهی در رشته‌ی مالی می‌شود. کمی پس از آن، بانک ولز فارگو به شولز پیشنهاد داد که در آن بانک کار مشاوره‌ای انجام دهد، و به بانک کمک کند تا بعضی از نظریات جدید در رشته‌ی مالی همچون کپ‌ام را که در محافل دانشگاهی نُقل مجلس شده بود، به مرحله‌ی اجرا درآورد. شولز احساس کرد وقت ندارد این کار را به تنهایی انجام دهد، اما کسی را می‌شناخت که برای انجام این کار ایده‌آل بود. بلک بلافاصله این کار را پذیرفت و در ماه مارس ۱۹۶۹، چیزی حدود شش ماه پس از ملاقات در کافه تریای ای‌دی‌ال، بلک کار خود در ای‌دی‌ال را رها کرد و به دنبال شرکت خودش رفت. او شرکت مشاوره‌ی جدیدی به نام همکاران مالی[۱] راه انداخت که مشتری اصلی‌اش ولز فارگو بود. او و شولز به ولز فارگو کمک کردند تا استراتژی سرمایه‌گذاری جدید و روزآمدی تدوین کند.

در همین ایام بود که بلک به فکر افتاد که چگونه کپ‌ام را به دارایی‌های مختلف و سبدهای متنوع بسط دهد. برای مثال، کوشید کپ‌ام را برای تخصیص سرمایه‌گذاری در طول زمان به کار گیرد. آیا فرد باید هر چه مسن‌تر می‌شود، آن‌گونه که عده‌ای می‌گفتند، میزان ریسک‌پذیری خود را تغییر دهد. بلک به این نتیجه رسید که جواب «نه» است: همان‌طور که می‌خواهیم در هر زمان در ترکیب سهام تنوعی ایجاد کنیم، تمایل به تنوع در طول زمان‌های مختلف نیز وجود دارد تا از میزان تأثیری که هر حادثه‌ی ناگواری بر زندگی ما دارد، جلوگیری کنیم. پرسش استفاده از کپ‌ام برای ارزشیابی اختیار معامله یکی از پرسش‌های متعددی بود که در این زمان بلک روی آن کار می‌کرد. و در همان تابستان ۱۹۶۹، با استنتاج رابطه‌ی بنیادینی که نهایتاً به معادله‌ی بلک – شولز بدل شد، بلک موفقیت‌هایی کسب کرده بود.

بحث اصلی این بود که در هر زمانی می‌توان سبدی از اوراق بهادار ساخت که مرکب از هر سهم

---

۱. Associates in Finance

و اختیاری روی آن سهم باشد تا سبد کاملاً بدون ریسک شود. اگر این بیان به نظرتان آشنا می‌آید، بدین دلیل است که درست منطبق با استراتژی پوشش ریسک دلتای تورپ است: او نیز دریافت که اگر قیمت اختیارهای معامله و دارایی‌های مبنای آن‌ها با یکدیگر مرتبط باشند، می‌توان از ترکیب اختیار معامله و سهام در سبد برای کنترل ریسک استفاده کرد. تفاوت این بود که استراتژی پوشش ریسک دلتای تورپ می‌خواست کسب سودی را ضمانت کند، مشروط به این‌که تغییرات قیمت سهام مبنا خیلی زیاد نباشد. این رویکرد ریسک را کنترل می‌کرد، اما آن را به کلی از بین نمی‌برد (در واقع، اگر منطق مدل‌های شبیه کپ‌ام درست باشد، نمی‌توان هم ریسک را حذف کرد و هم در عین حال سود عمده‌ای برد.) رویکرد بلک دستیابی به سبدی بود که مرکب از سهام و اختیار سهام باشد و آن سبد عاری از ریسک باشد، و آن‌گاه طبق منطق کمپ‌ام استدلال کرد که آن سبد باید نرخ بازده بدون‌ریسک را کسب کند. استراتژی بلک برای ساخت دارایی بدون ریسکی مرکب از سهام و اختیار سهام، اکنون پوشش پویای ریسک[۱] نام دارد [۹].

بلک مجموعه مقالات کوتنر پیرامون تصادفی‌بودن بازارها را خوانده بود، و از این‌رو با آثار باشلیه و آزبورن درباره‌ی فرضیه‌ی ولگشت آشنا بود. این آگاهی راهی را به او نشان داد تا نحوه‌ی تغییر قیمت دارایی‌های مبنا در طول زمان را مدل‌سازی کند؛ و این مدل‌سازی به نوبه‌ی خود راهی پیش پایش نهاد تا بفهمد تا با توجه به رابطه‌ای که بین قیمت‌های اختیار و قیمت‌های سهام کشف کرده بود، قیمت‌های اختیار معامله در طول زمان چگونه باید تغییر کند. وقتی بلک این رابطه‌ی بنیادین بین قیمت سهم، و قیمت اختیار معامله‌ی آن سهم، و نرخ بهره‌ی بدون‌ریسک را دریافت، دیگر برای دستیابی به معادله‌ی تعیین ارزش اختیار معامله، فقط چند گام دیگر در عرصه‌ی جبر باید می‌پیمود؛ این کار با اتصال صرف ریسک روی سهام به صرف ریسک روی اختیار معامله انجام می‌شد. اما این‌جا بود که متوقف شده بود. معادله‌ای که بدست آمده بود، معادله‌ی دیفرانسیل پیچیده‌ای بود – معادله‌ی مربوط به نرخ تغییر بی‌وقفه‌ی قیمت اختیار معامله با نرخ تغییر دائمی قیمت سهام – و بلک به‌رغم پیشینه‌ی فیزیک و ریاضی خود، آن‌قدر ریاضی نمی‌دانست که این معادله را حل کند.

بعد از چند ماه تلاش، بالاخره بلک موضوع را رها کرد. به هیچ‌کس مشکل معادله و یا راه‌حل‌های نصفه و نیمه‌ی خود را نگفت. تا این‌که در اواخر ۱۹۶۹، وقتی شولز اشاره کرد که یکی از

---

۱. dynamic hedging

دانشجویان کارشناسی ارشد او در ام‌آی‌تی به قیمت‌گذاری اختیار معامله علاقه‌مند است، آن‌گاه شولز به این فکر افتاد که آیا می‌تواند از کپ‌ام برای حل این مشکل استفاده کند. در این زمان بود که بلک کشوی میز خودرا باز کرد و اوراقی را بیرون آورد که روی آن‌ها این معادله‌ی دشوار دیفرانسیل نوشته شده بود، و از آن به بعد بود که این دو نفر با یکدیگر روی آن معادله کار کردند. تا فرارسیدن تابستان ۷۰، آن‌ها معادله را حل کردند، و در ژوئیه‌ی آن سال بود که سروصدای معادله‌ی بلک شولز برای قیمت اختیار معامله درآمد. در کنفرانسی که شولز در دانشگاه ام‌ای‌آی ترتیب داده بود، و حامی مالی آن ولز فارگو بود، از این معادله رونمایی شد. همزمان با این اوقات، همکار جدید شولز در ام‌ای‌آی، رابرت مرتن[۱] (که آموزش مهندسی دیده بود، و بعدها دکترای اقتصاد گرفته بود)، به همان معادله‌ی دیفرانسیل رسیده بود و با شروعی کاملاً متفاوت، همان نتیجه را گرفته بود. وقتی هر دو رویکرد مختلف به نتیجه‌ی واحد رسید؛ بلک، شولز و مرتن به این نتیجه رسیدند که کاری بزرگ را به انجام رسانده‌اند.

اندکی پس از حل معادله، بلک و شولز مقاله‌ی خود را به *مجله‌ی اقتصاد سیاسی*[۲] دادند که از مهم‌ترین نشریه‌های این رشته است. مقاله با سرعت رد شد، بدون این‌که شرح زیادی در این مورد داده شود (یعنی که واقعاً و به طور جدی مورد بررسی قرار نگرفته بود). بنابراین، آنان دوباره تلاش کردند و این بار آن را به نشریه‌ی *اقتصاد و آمار*[۳] سپردند. مجدداً و با سرعت نامه‌ی ردّیه‌ای گرفتند، بدون این‌که توضیح داده شود کجای مقاله مشکل دارد. در این اثنا، مرتن از ارسال و چاپ رویکرد بدیل خود در نشریات خودداری کرد تا بلک و شولز قبل از وی برای کشف خود اعتبار لازم را دریافت کنند.

اما، به‌رغم ناکامی‌های اولیه، مقدر نبود که بلک و شولز در گمنامی دست‌وپا بزنند. نیروهای قدرتمندی در محافل دانشگاهی، در رشته‌ی مالی، و در سیاست به نفع آنان وارد عمل شده بودند و برخی از غول‌های دانشگاهی حاکم بر آن زمان آماده بودند در موضوع دخالت کنند. پس از ردّیه‌ی دوم، استادان دانشگاه شیکاگو یوجین فاما و مرتن میلر[۴]، یعنی دو نفر از مشهورترین اقتصاددانان زمان خود و رهبران وقت مکتب معروف شیکاگو در اقتصاد، باموفقیت *مجله‌ی اقتصاد*

---

۱. Robert Merton

۲. *Journal of Political Economy*

۳. *Review of Economics and Statistics*

۴. Merton Miller

سیاسی را ترغیب کردند که در موضع خود تجدیدنظر کند، و در اوت ۱۹۷۱، این مقاله همراه با تغییراتی برای چاپ پذیرفته شد [۱۰].

در این فاصله، فیشر بلک در دانشگاه شیکاگو توجه بسیاری را به خود جلب کرده بود. اقتصاددانان آن‌جا با کارهای مشترک او و شولز و نیز با اقدامات وی در ولز فارگو آشنا شده بودند؛ در کنفرانس‌های ولز فارگو، آن‌ها بلک را در اوج فعالیت دیده بودند. چند سال پیش از آن در سال ۱۹۶۷، بلک با ترینور به شیکاگو سفر کرده بود تا برخی کارهای مشترک خود را به ریش‌سفیدان آن‌جا عرضه کند. اقتصاددانان شیکاگو نیازی نداشتند که نشریه‌های آن‌چنانی افراد دانشگاهی جوان را به ایشان معرفی کنند: وقتی استعدادی را می‌دیدند، آن را درمی‌یافتند، و بی‌شک بلک بااستعداد بود. از این‌رو در ماه مه ۱۹۷۱، به بلک کاری پیشنهاد دادند. در آن زمان، هفت سالی می‌شد که بلک از مدرسه‌ی تحصیلات تکمیلی فارغ شده بود، و طی این مدت فقط چهار متن منتشرشده داشت که دو متن آن به رشته‌ی مالی ربط پیدا می‌کرد. دکترا داشت، اما به رشته‌ای دیگر مربوط بود. هیچ‌کدام این‌ها مهم نبود. شیکاگو او را می‌خواست.

شیکاگو دل به این احتمال خوش نکرده بود که آثار بلک مهم خواهد شد. اعضای هیأت علمی مقداری اطلاعات محرمانه داشتند: اختیار معامله کم‌کم به ابزار مهمی در بازار بدل می‌شد، و فرمولی که به سرمایه‌گذاران امکان می‌داد، آن‌ها را قیمت‌گذاری کنند، اهمیت بسیار می‌یافت. دو تغییر مهم در امریکا و نیز در عرصه‌ی بین‌المللی در جریان بود که هر دو حول‌وحوش شیکاگو شکل می‌گرفت، و آن تغییرات به‌زودی انقلابی در صنعت مشتقه‌ها برپا می‌کرد. داشتن کسی چون بلک در تیم هر کسی مایه‌ی آرامش خاطر می‌شد.

تغییر اساسی اول در ۱۴ اکتبر ۱۹۷۱، یعنی فقط چند هفته پس از پیوستن بلک به دانشگاه شیکاگو، شکل گرفت. کمیسیون بورس و اوراق بهادار[۱] به بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو[۲] اجازه داده بود که اولین بازار آزاد و اختصاصی اختیار معامله در تاریخ ایالات متحده را راه بیندازد. اختیار معامله چند صد سال بود که وجود خارجی داشت، و در ایالات متحده موضوع معامله بود، و حداقل از اواسط

---

۱. Securities and Exchange Commission (SEC)

۲. Chicago Board Options Exchange (CBOE)

قرن ۱۹، غالباً در لباس مبدل حق خرید سهم[۱] خرید و فروش می‌شد. اما قبلاً هرگز در بازار حراج بورس معامله نشده بود. اقتصاددانان شیکاگو به کمیسیون بورس و اوراق بهادار فشار می‌آوردند موانعی را که سال‌ها راه بر بورس اختیار معامله‌ی آزاد بسته بود، از سر راه بردارند، و بالاخره در سال ۱۹۶۹ بورس معاملات آتی و اختیار شیکاگو[۲] را قانع کردند که موضوع را بررسی و مطالعه روی احتمال تشکیل بورس اختیار معامله را به کارگروهی واگذار کند. در رأس این کارگروه جیمز لوری قرار گرفت که عضو هیأت علمی مدرسه‌ی بازرگانی دانشگاه شیکاگو بود[۱۱]؛ بعدها لوری[۳] و مرتن میلر نقش اساسی در تهیه‌ی گزارشی داشتند که به آثار عمومی شکل‌گیری بورس اختیار معامله می‌پرداخت، و همین گزارش بود که در مارس سال ۱۹۷۱ بدنه‌ی اصلی پیشنهاد بورس شیکاگو را به کمیسیون بورس و اوراق بهادار تشکیل می‌داد.

تابلوی بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو و مقاله‌ی بلک و شولز در فاصله‌ی چند ماه از یکدیگر راه را باز کردند. دو سال بعد، تابلوی اختیار معامله‌ی بورس شیکاگو درست یک ماه قبل از چاپ مقاله‌ی بلک شولز، معاملات خود را آغاز کرد. در روز معاملاتی اول، ۹۰۰ اختیار معامله مربوط به ۱۶ سهام معامله شد[۱۲]. اما حجم معاملات با نرخ اعجاب‌آوری افزایش یافت[۱۳]؛ فقط در سال ۱۹۷۳، چیزی بسیار بیش‌تر از یک میلیون قرارداد اختیار معامله شد، و تا اکتبر ۱۹۷۴، بورس شاهد روزهایی بود که در آن بیش از ۴۰٫۰۰۰ اختیار مورد معامله قرار می‌گرفت؛ در این تاریخ دیگر معاملات روزانه‌ی ۳۰٫۰۰۰ قرارداد اختیار، معمولی تلقی می‌شد. در طول یک دهه، تعداد معاملات روزانه به نیم میلیون قرارداد رسید. و بورس‌های دیگر هم به سرعت به رقابت پرداختند: نخست بورس سهام امریکا[۴] اعلام کرد که معاملات اختیار را شروع خواهد کرد، و در پی آن بورس، بورس‌های فیلادلفیا و پاسیفیک کار خود را شروع کردند. در ژانویه‌ی ۱۹۷۷، بورس اختیار اروپا[۵] در آمستردام تأسیس شد که نسخه‌برداری از بورس شیکاگو بود [۱۴]. چیزی نگذشت که معاملات اختیار به کسب‌وکاری عمده بدل شد، و طبعاً در آغاز کار، سرمایه‌گذاران تلاش می‌کردند تا آن‌جا که می‌توانند در مورد ابزارهای جدید فرابگیرند.

---

۱. warrant

۲. Chicago Board of Trade (CBOT)

۳. James Lorie

۴. American Stock Exchange

۵. European Options Exchange

بلک، شولز، و مرتن حداقل در رشته‌ی مالی به نام‌های معروف و شناخته‌شده‌ای بدل شدند.

دومین تغییر سیاستی مطلوب که به زندگی کاری بلک مربوط می‌شد، تقریباً همزمان با شکل‌گیری تابلوی بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو به‌وقوع پیوست، و البته تأثیر آن بر زندگی بلک به‌تدریج ظاهر شد. بار دیگر اقتصاددانان پرنفوذ شیکاگو، و به‌ویژه اقتصاددان پولی معروف میلتون فریدمن[۱] پشت این حرکت بودند. در سال ۱۹۶۸، وقتی نیکسون به ریاست جمهوری رسید، فریدمن نامه‌ای خطاب به نیکسون نوشت و از او خواست که نظام معروف به برتن وودز[۲] را کنار بگذارد [۱۵]. برتن وودز اسم شهری در ایالت نیوهمشایر[۳] بود که در آن‌جا این سیستم پولی در ژوئیه‌ی ۱۹۴۴ شکل گرفته این یک توافق پولی بین‌المللی بود که در پایان جنگ جهانی دوم به امضا رسید، و بر طبق آن صندوق بین‌المللی پول (آی‌ام‌اف) و بانک بین‌المللی ترمیم و توسعه (که حالا بخشی از بانک جهانی است) بنا نهاده شده بود. آن‌چه ربط بیش‌تری با داستان ما دارد، آن است که تحت نظام برتن وودز، ارزهای مهم دنیا به نرخ‌های ثابتی با یکدیگر معامله می‌شدند که به ارزش دلار امریکا وابسته بود (و نهایتاً به طلا وابستگی داشت، چون دلار را حداقل دولت‌های خارجی می‌توانستند به‌آسانی به طلا تبدیل کنند). تغییر در نرخ‌های مبادله‌ی ارزها چندان رایج نبود، و وقوع آن به فرایند دیپلماتیک دور و درازی نیاز داشت.

اما وقتی در سال ۱۹۶۸، فریدمن به نیکسون نامه نوشت، تَرَک‌های سیستم برتن وودز کم‌کم خود را نشان می‌داد. مشکل اصلی اساساً این بود که در دنیا آن‌قدر طلا وجود نداشت که پشتوانه‌ی رشد انفجاری تجارت بین‌الملل پس از جنگ باشد. هر چند ایالات متحده بیش‌ترین میزان عرضه‌ی طلای جهان را در اختیار داشت، اما طلا همچنان در بازار آزاد معامله می‌شد، و در آن‌جا قیمت‌اش می‌توانست نوسان کند. تا زمانی که ایالات متحده و متحدانش می‌توانستند قیمت طلا در بازار آزاد را با قیمت برتن وودز در یک سطح نگاه دارند، مشکلی بروز نمی‌کرد. اما اگر قیمت طلا در بازار آزاد خیلی بالا می‌رفت – که طبیعتاً با عرضه‌ی کم طلا و تقاضای در حال رشد بالا هم می‌رفت – خطر آن بود که مردم برای طلا هجوم بیاورند (به این معنی که فشار بیاورند و تقاضا کنند دلارها به

---

۱. Milton Friedman

۲. Bretton Woods

۳. New Hampshire

طلا بدل شود). این خطر جدی بود، چون دولت‌های خارجی به دنبال آن بودند که بدهی‌های خود را بدین‌ترتیب بازپرداخت کنند؛ یعنی طلای امریکایی بخرند و آن طلا را با سود در بازار آزاد بفروشند. اگر این اقدام در مقیاس وسیعی اتفاق می‌افتاد، کل نظام پولی واژگون می‌شد. چنین هجومی در واقع در اواخر سال ۱۹۶۷ به‌وقوع پیوست، و این انگیزه‌ای شد تا فریدمن آن نامه را به نیکسون بنویسد. اما برای متفکری چون فریدمن، سیستم برتن وودز از آغاز بر پایه‌ی کجی استوار شده بود: اصلاً هیچ فایده‌ای نداشت که دولت‌ها بخواهند نرخ برابری ارز را تعیین کنند. نرخ ارز مثل هر چیز دیگری می‌بایست در بازار آزاد حراج تعیین می‌شد.

در آغاز، نیکسون گوش به حرف فریدمن نداد، اما تا سال ۱۹۷۱ و با افزایش هزینه‌ها در جنگ ویتنام که به شتاب انباشت سریع بدهی امریکا می‌انجامید، وی دریافت که دیگر چاره‌ای ندارد. اول آلمان غربی و ژاپن از معاهده‌ی برتن وودز خارج شدند، و اعلام کردند که پول آن‌ها دیگر نسبت به دلار نرخ ثابتی ندارد. پس از آن، نیکسون به جای این‌که صبر کند تا اقتصاد جهانی سقوط کند، آخرین میخ را بر تابوت نظام برتن وودز کوبید و تبدیل‌پذیری دلار به طلا را لغو کرد. طی سال‌های بعد، نرخ ارز ثابت جای خود را به نرخ‌های شناور داد، و نظام جدیدی ایجاد شد که در آن قیمت نسبی ارزها در بازار آزاد تعیین می‌شد.

در این میان در شیکاگو، لیو مِلامید[۱]، رئیس بورس کالای شیکاگو[۲]، بورس آتی دیگری که در اوایل قرن بیستم از بورس معاملات آتی و اختیار شیکاگو (CBOT) منشعب شده بود، شاهد آن بود که سیاست بودجه‌ای جهانی در حال ریزش است [۱۷]. با اشاره‌ی فریدمن، مِلامید بورس دیگری برای معاملات قراردادهای آتی ارزها در مه سال ۱۹۷۲ راه‌اندازی کرد و آن را بازار پولی بین‌المللی[۳] (ای‌ام‌ام) نامید. تا زمانی که نظام برتن وودز برقرار بود، انجام معاملات آتی ارزها چندان جذابیتی نداشت، چرا که ارزش ارزها نسبت به هم فقط در فرایندی پرزحمت و دولتی تغییر می‌کرد. اما وقتی قرار شد نرخ ارز شناور باشد و در معاملات بازار آزاد تعیین شود، آن‌گاه بازارهای آتی ضرورت یافت. از همه مهم‌تر آن بود که شرکت‌ها و بانک‌ها حالا می‌توانستند قراردادهای آتی ارز استفاده

---

۱. Leo Melamed

۲. Chicago Mercantile Exchange (CME)

۳. International Monetary Market (IMM)

کنند و خود را از تغییرات نامطلوب نرخ ارز ایمن بدارند. فرض کنید شرکتی در ایالات متحده با شرکتی در بریتانیا قرارداد امضا می‌کند تا چکمه‌های کابویی به آن‌جا بفرستد و پوند بگیرد. این قرارداد در زمان خاصی منعقد می‌شود، اما دریافت وجه تا زمان رسیدن اجناس به بریتانیا طول می‌کشد. در این فاصله، ارزش پوند ممکن است تغییر کند، و بدین‌ترتیب سود دلاری شرکت امریکایی نسبت به زمان امضای قرارداد تفاوت کرده و ممکن است کاهش یابد. برای مقابله با این تغییرات، شرکت امریکایی می‌تواند با قرارداد آتی، ارز خود را تا زمانی که آن را دریافت می‌کند، بفروشد و به طور مؤثری ریسک تغییر قیمت ناگهانی و غیرمنتظره‌ی ارز را کنترل کند.

رابطه‌ی بازار پولی بین‌المللی (ای‌ام‌ام) با فرمول قیمت‌گذاری بلک و شولز چه بود [۱۸]؟ در نگاه اول هیچ، اما در عرض فقط چند سال، معاملات آتی در ای‌ام‌ام توسعه یافت و شامل مشتقه‌های جدید مبتنی بر ارز از جمله اختیار معامله‌ی ارزی شد. از آن‌جا که ریسک ارز بخش مهمی از هر معامله‌ی بین‌المللی است، مشتقه‌های ارزی بسرعت به جزء ضروری اقتصاد بین‌الملل بدل شد. و یک‌بار دیگر، همچون مورد بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو، مدل بلک شولز بخش جدایی‌ناپذیر از معاملات روزانه شد. حتی شاید مهم‌تر از این‌ها، بلک و شولز راهی به جلو برای مدل‌سازی دیگر قراردادهای مشتقه هم نشان دادند، و در آی‌ام‌ام این بازار رشد کرد، چرا که کسب‌وکارها روش‌های جدیدی برای حفظ خود در مقابل ریسک ارزی جستجو می‌کردند. بلک و شولز در فاصله‌ی میان بازار پولی بین‌المللی (آی‌ام‌ام) و بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو جهانی را یافتند که در موقعیت بسیار مناسبی شکل گرفته بود تا از ایده‌های نو آنان استفاده کند.

فرمول قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ای که بلک، شولز و مرتن کشف کردند مشابه الگویی بود که ثورپ در سال ۱۹۶۵ برای محاسبه‌ی قیمت حق خرید سهم طراحی کرد، با این تفاوت که به جای استخراج معادله‌ی دقیقی که نام بلک، شولز و مرتن را یدک می‌کشد، ثورپ از برنامه‌ی کامپیوتری برای محاسبه‌ی قیمت‌های اختیار معامله استفاده کرد. اما استدلال‌های آن‌ها متفاوت بود. برهان ثورپ از باشلیه گرفته شده بود: وی استدلال می‌کرد که قیمت عادلانه‌ی اختیار معامله آن قیمتی است که اختیار معامله را بدل به شرط عادلانه‌ای بکند. از این‌جا، با فرض این‌که قیمت‌های سهام مطابق نظر آزبورن از توزیع لگ‌نرمال تبعیت می‌کند، ثورپ محاسبه کرد که قیمت اختیار معامله چه باید باشد. تورپ وقتی راهی برای محاسبه‌ی قیمت «واقعی» اختیار معامله یافت، شروع به محاسبه‌ی نسبت‌های سهام و اختیار معامله‌ی لازم برای اعمال استراتژی پوشش ریسک دلتا کرد.

در این ضمن، بلک و شولز در مسیر معکوس حرکت کردند. آنان با استراتژی پوشش ریسک شروع کردند، با این ملاحظه که همیشه می‌توان سبدی بدون ریسک مرکب از سهام و اختیار معامله ساخت. آن‌گاه، آنان مدل کپ‌ام را به کار گرفتند تا بگویند که نرخ بازده روی این سبد – یعنی همان نرخ بدون ریسک – چه باید باشد، و بعد محاسبه را به عقب بردند تا دریابند وابستگی قیمت اختیار معامله به قیمت سهام مبنا باید چگونه باشد تا به این نرخ بازده‌ی بدون ریسک بینجامد.

با این همه، تفاوت ممکن است ناچیز به نظر رسد، چون این دو خط استدلالی، مسیرهای متفاوت برای رسیدن به همان مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله است [۱۹]. اما در عمل، این تفاوت بسیار اهمیت دارد، چرا که پوشش پویای ریسک، اندیشه‌ی اصلی در رویکرد بلک شولز، به بانک‌های سرمایه‌گذاری ابزاری داد که برای *تولید* اختیار معامله به آن نیاز داشتند. فرض کنید بانکی هستید که می‌خواهید شروع به فروش اختیار معامله به مشتریان خود کنید. این به معنای فروش حق خرید یا فروش سهمی خاص به قیمت از قبل تعیین‌شده است. وضع مطلوب برای شما این است که خود شرطی را که ریسک دارد نپذیرید. سود شما از کارمزد فروش به‌دست می‌آید، و نه از عواید سفته‌بازی. در عمل این بدآن معناست که بانک وقتی اختیار معامله‌ای را می‌فروشد، به دنبال راهی است که با این احتمال که سهام مبنا باارزش شود، به شکلی مقابله کند که اگر اختیار معامله ارزشی نیافت، پولی را از دست ندهد. استراتژی پوشش پویای ریسک بلک و شولز به بانک‌ها راهی نشان داد که این کار را عیناً انجام دهند: با استفاده از رویکرد بلک شولز، بانک‌ها می‌توانستند اختیار بفروشند و دارایی‌های دیگر بخرند به روشی که (حداقل در عالم نظر) هیچ ریسکی تقبل نکنند. این روش اختیار را به نوعی محصول بدل کرد؛ چیزی که بانک‌ها می‌توانستند طراحی کنند و بفروشند.

بلک تا سال ۱۹۷۵ در شیکاگو ماند؛ در این سال ام‌آی‌تی او را به کمبریج فراخواند. تا چند سالی، محیط دانشگاهی برای بلک مناسب و کامل به نظر می‌رسید. روی هر موضوعی که دوست داشت کار کرد، و حداقل در آغازین روزهای خوش معاملات اختیار در بورس، به نظر می‌رسید که همه چیز سر جای خود قرار گرفته. او از مشاهیر تراز اول دانشگاهی شده بود، و این موقعیت هم احترام و هم آزادی عمل به همراه آورد. با این همه، زندگی شخصی‌اش یکسره مصیبت بود: همسر دومش میمی[۱] از زندگی در شیکاگو متنفر بود، و این یکی از دلایل اصلی برای برگشت به

---

۱. Mimi

کمبریج بود که میمی را به خانواده‌اش نزدیک‌تر می‌کرد. اما حرکت به سمت شرق چندان هم کمک حال نشد. بلک هرچه بیش‌تر از خانه دلسرد می‌شد، وقت بیش‌تر و بیش‌تری صرف کار خود می‌کرد، و به دنبال رشته‌های نو و جدیدی می‌رفت. شروع به کار روی کپ‌ام کرد تا چرخه‌های اقتصاد را از این طریق توضیح دهد: چرا در جهانی منطقی، در پی دوران رشد، باید دوران انقباض باشد؟ این وی را به سمت نظریه‌ی جدیدی از اقتصاد کلان برد که نام «تعادل عمومی» بر آن نهاد [۲۰]. هم‌چنین، جهادی را علیه صنعت حسابداری آغاز کرد؛ بلک معتقد بود این صنعت عقب‌افتاده است و به سرمایه‌گذاران کمکی نمی‌کند.

اما حوزه‌های دیگر پژوهش‌های بلک مورد استقبال قرار نگرفت. انگار او همه‌ی زمان و فرصت خود را در مقاله‌ی اختیار معامله و زنجیره‌ی مقالات دیگر مربوط به مشتقه‌ها و بازارهای مالی مرتبط با آن‌ها مصرف کرده بود. به‌ویژه پژوهش‌های وی در مورد اقتصاد کلان با زمانه نمی‌خواند. اقتصاددانان دهه‌های هفتاد و هشتاد قرن بیستم سخت درگیر بحث طولانی پیرامون مقررات اقتصادی و سیاست پولی بودند. یک طرف طرفداران مکتب شیکاگو، و در طرف دیگر کینزین‌ها صف بسته بودند که طرفدار دخالت دولت در همه‌ی وجوه اقتصاد بودند. تعادل عمومی راه سوم بود؛ مزاحمی در فضای دو قطبی. دو طرف اول به بلک حمله کردند و بعد هم او را یکسره نادیده گرفتند. هیچ‌کس مقاله‌های او را چاپ نمی‌کرد. همکارانش نوشته‌های وی را به عنوان نامربوط کنار می‌گذاشتند. در طول کم‌تر از یک دهه، وی از بیگانه به بت و دوباره از بت به بیگانه بدل شد. بلک دیگر در اوایل دهه‌ی هشتاد از محیط‌های دانشگاهی زده شده و از آن بیرون رفت.

در دسامبر ۱۹۸۳ رابرت مرتن همکار قدیم بلک از روزهای بلک شولز، به بانک سرمایه‌گذاری گلدمن ساکس[۱] مشورت می‌داد. مرتن برای گلدمن همان کاری را می‌کرد که بلک و شولز برای ولز فارگو در دهه‌ی هفتاد کرده بودند: او ایده‌های جدیدی از محیط‌های دانشگاهی می‌آورد و سعی می‌کرد آن‌ها را در عمل در آن بانک پیاده کند. او در این جایگاه به رابرت رابین[۲] که در آن زمان رئیس بخش سهام بود توصیه کرد که گلدمن ساکس نظریه‌پردازی استخدام کند؛ یعنی بانک فرد دانشگاهی متعلق به خود را داشته باشد و آن شخص باید در آن سازمان در موقعیت آن‌چنان بالایی

---

۱. Goldman Sachs

۲. Robert Robin

قرار بگیرد که ایده‌های جدید وی فرصت آن را بیابند که در فرهنگ سازمانی رخنه کنند. رابین این نظر را پذیرفت و بنابراین مرتن به ام‌آی‌تی برگشت و به جستجوی فردی در میان انبوه دانشجویان ارشد و دکترا پرداخت که برای این پست جدید مناسب باشد. مرتن از بلک خواست در این مورد به وی کمک کند و پاسخی شگفت دریافت کرد. بلک این کار را برای خودش می‌خواست. سه ماه بعد، بلک دنیای دانشگاهی را برای کار جدیدی در گلدمن ساکس رها کرد تا در آنجا یک گروه استراتژی کمّی در بخش سهام ایجاد کند.

بنابراین، او یکی از اولین مخ‌هایی بود که به استخدام درآمد؛ نوعی کارمند بانک سرمایه‌گذاری با تمرکز کمی و علمی بسیار زیاد، و به همان میزان علاقه‌مند به نوآوری خردمندانه برای انجام معاملات بزرگ. با چنین چهره‌هایی، وال‌استریت دیگر به شکل گذشته‌ی خود برنمی‌گشت.

★★★★

در ۴ اکتبر ۱۹۵۷ اتحاد جماهیر شوروی *قمر مصنوعی*، اولین شیء ساخته‌ی دست بشر را که می‌توانست به مدار زمین وارد شود، به فضا پرتاب کرد. امریکایی‌ها به یکباره وحشت کردند؛ آیزنهاور بلافاصله به سازمان نوپای فضایی امریکا دستور داد که زمان پرتاب قمر مصنوعی امریکا را اعلام کند. تاریخ این برنامه ۶ دسامبر تعیین شد. این رویداد از طریق تلویزیون در تمام کشور پخش شد تا دانشمندان امریکایی اثبات کنند که با شوروی برابر هستند. میلیون‌ها نفر وقتی این سفینه‌ی فضایی آغازین امریکا سعی می‌کرد موتورهای خود را روی سکوی پرتاب روشن کند، نظاره‌گر بودند. سفینه فقط چند اینچ (حدود ۴ اینچ) از زمین فاصله گرفت و بعد روی زمین آسفالت سقوط کرد و منفجر شد. این پرواز برای تأسیسات علمی امریکا جز تحقیر و تشدید احساس حقارت چیزی به همراه نداشت. چهار سال بعد، شوروی به مرحله‌ی بالاتری گام نهاد و آن این‌که یوری گاگارین[۱] را در مدار زمین قرار دادند و سفینه‌ی او با موفقیت اولین سفر فضایی حامل انسان را انجام داد. کندی ظرف یکی دو هفته از ناسا خواست که مأموریت جدیدی برای موفقیت امریکایی‌ها برنامه‌ریزی کنند. در روز ۲۵ مه ۱۹۶۱ کندی اعلام کرد امریکا متعهد است اولین انسان را به فضا بفرستد.

---

۱. Yuri Gagarin

فیزیک در ایالات متحده امریکا از زمان جنگ جهانی دوم در حال اوج‌گیری بود، اما بعد از پرتاب قمر مصنوعی شوروی، این علم بیش‌تر به سمت تحقیقات فضایی متمایل شد[۲۱]. حدود ۵۰۰ دکترای فیزیک در سال ۱۹۵۸ اعطا شد. این رقم قبل از سال ۱۹۶۵، به ۱٫۰۰۰ نفر نزدیک شد و تا سال ۱۹۶۹ به بیش از ۱٫۵۰۰ نفر رسید. بخشی از این رشد سریع مدیون جوشش احساسات ملی‌گرایانه بود: دانشمند فضاپیمایی‌شدن بهترین راه برای خدمت به کشور تلقی می‌شد. اما بهتر از این آن‌که بودجه هم برای این تحقیقات پیدا می‌شد. بودجه‌ی سالیانه‌ی ناسا از ۱۹۵۸ تا اوج آن در اواسط دهه‌ی ۶۰، هفتاد برابر افزایش یافت. در سال ۱۹۶۶، به ناسا ۶ میلیارد دلار پول که معادل ۴/۵٪ کل بودجه‌ی فدرال بود داده شد تا آن را صرف علوم پایه کند. سایر سازمان‌های ملی از قبیل وزارت انرژی و بنیاد ملی علوم نیز با دست‌ودلبازی پول خرج می‌کردند (هر چند که هیچ‌کدام نمی‌توانستند با ناسا رقابت کنند). هر فارغ‌التحصیل متوسطی از دوره‌ی دکترای میان‌حالی هم کار تضمین‌شده‌ی علمی به عنوان استاد دانشگاه یا پژوهشگر دولت داشت. تقاضا برای فیزیکدانان بسیار زیاد بود.

در ۲۰ ژوئیه‌ی ۱۹۶۹، نیل آرمسترانگ[۱] به همراه باز آلدرین[۲] اولین انسان‌هایی بودند که قدم بر سطح کره‌ی ماه گذاشتند. امریکا و متحدانش از خوشحالی در پوست خود نمی‌گنجیدند؛ بالاخره، پیروزی امریکا در مسابقه‌ی فضایی قطعی شده بود، و تقریباً بلافاصله بازار کار فیزیکدانان فروشکست. همراه با شدت‌گرفتن رقابت‌های فضایی، تعهد امریکا به جنگ در ویتنام نیز شتاب می‌گرفت. موفقیت مأموریت آپولوی ۲ به نیکسون فرصت داد منابع را از ناسا و دیگر گروه‌های تحقیق حذف و در اختیار تلاش‌های نظامی قرار دهد. تا سال ۱۹۷۱، بودجه‌ی ناسا دیگر نسبت به آن‌چه در سال ۱۹۶۶ دریافت می‌کرد، کم‌تر از نصف شده بود (با احتساب تورم). در این فاصله، تعداد پذیرفته‌شدگان در دانشگاه نیز با کاهش روند پُرزایی کاهش یافت. وقتی جوانان دوره‌ی پُرزایی فارغ‌التحصیل شدند، دانشگاه‌ها هم از استخدام اعضای جدید هیأت علمی خودداری کردند.

امانوئل درمن[۳] فیزیکدانی از آفریقای جنوبی از اولین کسانی بود که از این خوان نعمتِ تأمین مالی تحقیق‌ها برخوردار شد [۲۲]. در سال ۱۹۶۶ در اوج سال‌های تأمین مالی علوم در امریکا وارد

---

۱. Neil Armstrong

۲. Buzz Aldrin

۳. Emanuel Derman

دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه کلمبیا شد. در رشته‌ی فیزیک ذرات تجربی کار می‌کرد که خیلی از حوزه‌ی اصلی کار ناسا دور بود، با این همه، از فرصت بورس‌های تحصیلی و حمایت‌های دولت برخوردار شد. مثل عمده‌ی دانشجویان تحصیلات تکمیلی معیشت تنگی داشت، با مواجب اندکی گذران می‌کرد و ساعات کارش هم زیاد بود. وقتی برای اولین‌بار به دوره‌ی تحصیلات تکمیلی وارد شد، بیش‌تر دانشجویانی که می‌شناخت، جذب مشاغل دانشگاهی در سراسر کشور شده بودند. اما وقتی او در سال ۱۹۷۳ فارغ‌التحصیل شد، دیگر هیچ شغل تمام‌وقتی در دانشگاه‌ها باقی نمانده بود. درمن و دیگر فیزیکدانانی که کارهای پژوهشی جدی هم انجام داده بودند به‌سختی می‌توانستند شغل‌های تحقیقاتی موقتی اینجاوآنجا پیدا کنند. دِرمن دو سال از اوقات خود را در دانشگاه پنسیلوانیا گذراند، دو سال بعدی را در آکسفورد کار کرد و آن‌گاه دو سال هم به دانشگاه راکفلر در نیویورک رفت. وقتی به اواخر دهه‌ی هفتاد رسید، دیگر از این نوع زندگی سیر شده بود؛ در این فکر بود که فیزیک را رها کند و به مدرسه‌ی پزشکی برود، اما بالاخره در آخر کار تصمیم گرفت به آزمایشگاه بل برود و به عنوان برنامه‌نویس آن‌جا کار کند.

در اواخر دهه‌ی هفتاد، تعداد فارغ‌التحصیلان دکترای فیزیک در ایالات متحد کاهش یافت و به حدود ۱٫۰۰۰ نفر در سال رسید. هر چند این رقم بسیار پایین‌تر از رقم اوج آن در سال ۱۹۶۸ بود، اما هنوز بسیار بیش‌تر از کشش بازار کار بود. پس، وقتی بلک در سال ۱۹۸۳ به گلدمن ساکس رفت، هزاران مرد و زن بسیار بااستعدادِ فارغ‌التحصیل از رشته‌ی فیزیک و رشته‌های مرتبط یا بیکار می‌گشتند و یا به کاری مشغول بودند که در خور آنان نبود.

حضور بلک در گلدمن ساکس با تغییر دیگری در ایالات متحده همزمان شد. تا سال ۱۹۸۳، اختیار معامله کسب‌وکاری در حال رشد بود و افرادی با دانش بلک را به وال استریت جلب می‌کرد. اما، معاملات اوراق قرضه که یکی از تکیه‌گاه‌های صنعت مالی بود، تغییرات عمیقی را از سر می‌گذراند. با آمدن دولت کارتر از اواخر ۱۹۷۰، اقتصاد امریکا وارد دوره‌ی تورم بالا و رشد پایین شد که بعدها این ترکیب را وضعیت «رکود تورمی» نامیدند[۲۳].

برای مقابله با این وضع، پل‌ولکر[۱]، رئیس فدرال رزرو از سال ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۷، نرخ بهره را به‌شدت افزایش داد تا این‌که نرخ بهره‌ی پایه – نرخی که بانک‌ها برای وام به یکدیگر طلب می‌کنند، و به

---

۱. Paul Volcker

تبع آن نرخ وام مشتریان بانک‌ها تعیین می‌شود - به سطح بی‌سابقه‌ی ۲۱/۵ درصد رسید. ولکر موفق شد تورم را کاهش دهد و آن را قبل از سال ۱۹۸۳ تحت کنترل درآورد. اما این تلاطم در نرخ بهره برای همیشه صنعت رخوت گرفته‌ی اوراق قرضه را تغییر داد. اگر بانک‌ها نمی‌توانستند از یکدیگر با نرخ کمتر از ۲۰ درصد وام بگیرند، بی‌شک شرکت‌ها و دولت‌هایی که تلاش می‌کردند اوراق قرضه منتشر کنند، مجبور بودند حتی نرخ‌های بالاتری بپردازند (زیرا معمولاً اوراق قرضه ریسک بیش‌تری از وام بین‌بانکی دارد). فعالان آن بازار کذایی ملال‌آور دهه‌ی هفتاد با معامله‌گرانی که کار در آرام‌ترین و بی‌تنش‌ترین بخش بازارهای مالی را انتخاب کرده بودند، حالا ناچار بودند با بازاری دست‌وپنجه نرم کنند که به‌طور دائم نوسان می‌کرد (شرمن مَکووی[۱]، ضدقهرمان بداقبال داستان تام ولف[۲] با عنوان *آتش غرور*[۳]، معامله‌گر دهه‌ی هشتاد اوراق قرضه بود که آن‌قدر به خود و موقعیت کار خود با توجه به تغییرات بازار اوراق قرضه در اواخر دهه‌ی هفتاد و اوایل دهه‌ی هشتاد می‌بالید که در محافل خصوصی خود را «سرور جهان» می‌نامید. این عنوان جا افتاد و حالا هم در مورد معامله‌گران وال‌استریت در بسیاری رشته‌ها استعمال می‌شود.) [۲۴].

موفقیت مدل بلک شولز و دیگر مدل‌های مشتقه در طی دهه‌ی هفتاد برخی اقتصاددانان را ترغیب کرد بپرسند آیا می‌توان ارزش اوراق قرضه را هم به‌روشی شبیه به اختیار معامله مدل‌سازی کرد؟ چیزی نگذشت که بلک و دیگران دریافتند اوراق قرضه خود می‌تواند به مثابه‌ی مشتقه‌ی ساده‌ای تلقی شود که در آن نرخ بهره دارایی مبنا[۴] است. از این‌رو، آنان به توسعه‌ی نسخه‌های تعدیل‌شده‌ای از مدل بلک شولز اقدام کردند تا قیمت اوراق قرضه را، مبتنی بر این فرضیه که نرخ‌های بهره از ولگشت تبعیت می‌کنند، محاسبه کنند.

بنابراین، بلک در لحظه‌ای به وال‌استریت رسید که مشتقه‌ها و مدل‌های مشتقه بیش‌تر و بیش‌تر و به شیوه‌هایی نامنتظر اهمیت می‌یافتند. گروه استراتژی‌های کمّی بلک در گلدمن ساکس همچون سایر گروه‌ها در بانک‌های سرمایه‌گذاری عمده به پرسش‌هایی پاسخ می‌دادند که بسیاری از بانکداران سرمایه‌گذاری و به‌ویژه معامله‌گران اوراق قرضه حتی از مطرح‌کردن آن پرسش‌ها عاجز بودند. همزمان

---

۱. Sherman McCoy

۲. Tom Wolfe

۳. Bonfire of the Vanities

۴. underlying asset

فیزیکدان‌های بیکار بسیاری حاضر بودند در این عرصه وارد شوند و در همان مسیر بلک در عرصه‌ی پرتحول مالی به فعالیت بپردازند. وقتی چند فیزیکدان و شبه‌فیزیکدان راه خود را به وال‌استریت باز کردند و وقتی فایده‌ی اندیشه‌هایی که بلک توانسته بود آن‌ها را از نظریه به عمل تبدیل کند، روشن شد، دریچه‌ی سد برداشته شد و وال‌استریت شروع به استخدام صدها فیزیکدان کرد.

دِرمن پنج سال در آزمایشگاه‌های بل باقی ماند، اما از شروع سال ۱۹۸۳، آژانس‌های کاریابی دائماً به او تلفن می‌زدند که به بانک‌های سرمایه‌گذاری برود. او در آزمایشگاه‌های بل آن‌قدر ناشاد بود که این پیشنهادها را جدی گرفت، اما وقتی نهایتاً پیشنهادی قطعی از طرف گلدمن ساکس به وی رسید، وی این پیشنهاد را به توصیه‌ی یکی از آشنایانش که قبلاً آنجا کار کرده بود، رد کرد. به هر حال، دنیا در حال تغییر بود و دِرمن سال بعد کار در آزمایشگاه‌های بل را دیگر غیرقابل‌تحمل یافت. وقتی در سال ۱۹۸۵ وال‌استریت دوباره با او تماس گرفت، این‌بار آماده‌ی حرکت بود؛ تصمیم گرفت دل به دریا بزند و به گلدمن ساکس برود و در دسامبر ۱۹۸۵ این تصمیم را عملی کرد. کار او در گروه خدمات مالی آن بانک سرمایه‌گذاری این بود که از معامله‌گران اوراق قرضه‌ی گلدمن حمایت کند. وقتی دِرمن به آنجا رسید، بلک در آن شرکت به افسانه بدل شده بود.

تورپ و بلک هر دو مدل اختیار معامله‌ی خود را مبتنی بر فرضیه‌ی ولگشت آزبورن بنا کردند که در آن فرض می‌شود نرخ بازده توزیع نرمال دارد. به چنین فرضی حالا با تردید می‌نگریم، چرا که یادمان هست مندلبروت در سراسر دهه‌ی شصت استدلال می‌کرد توزیع نرمال و لگ‌نرمال، رویدادهای افراطی یا فرین را به نحو مؤثر دربرنمی‌گیرد و بازارها توزیع تصادفی سرکش دارند. حتی اگر ادعای مندلبروت در این مورد که نرخ‌های بازده توزیع پایدار لووی دارند و بنابراین فاقد تلاطم روشنی هستند، نادرست باشد – و بیشتر اقتصاددانان معتقدند نادرست است – ادعای ضعیف‌تر وی که اطلاعات بازار بیانگر توزیع دُم چاق است، هنوز معتبر است. مدل‌های اختیار معامله‌ای براساس احتمال این‌که قیمت از آستانه‌ی معینی بالاتر می‌رود یا پایین‌تر می‌آید قیمت را تعیین می‌کنند و معمولاً به آن قیمت اعمال اختیار معامله می‌گویند. اگر تغییرات فرین بازار محتمل‌تر از آن باشد که در مدل‌های آزبورن پیش‌بینی می‌شود، نه مدل تورپ و نه مدل بلک‌شولز قیمت اختیار معامله را به‌درستی محاسبه نمی‌کنند[۲۵]. خاصه این‌که این مدل‌ها قیمت اختیارهایی را که اعمال می‌شود، کم‌تر از واقع ارزشیابی می‌کنند، اگر بازار تغییر نمایانی داشته باشد و این

اختیار معامله‌ها را اختیار معامله‌ی با ارزش ذاتی منفی[۱] می‌نامند. مدل واقع‌بینانه‌تر اختیار معامله به هر حال باید دُم‌های چاق را در نظر بگیرد.

مندلبروت رشته‌ی مالی را در پایان دهه‌ی شصت رها کرد، اما اوایل دهه‌ی ۹۰ به آن بازگشت. یکی از دلایل این بازگشت آن بود که بسیاری از دست‌اندرکاران مالی دیگر باور کرده بودند که مدل بلک‌شولز کاستی‌هایی دارد. آنچه در این تغییر موضع تعیین‌کننده بود، سقوط بازار سهام در دوشنبه سیاه سال ۱۹۸۷ بود که طی آن بازارهای مالی جهان عملاً یک‌شبه بیش از ۲۰درصد فروریخت.

عوامل مقصر در سقوط بازار محصولات مالی جدیدی شناخته شدند که براساس اختیار معامله و مدل‌های بلک- شولز طراحی شده بودند و نام بیمه‌ی سبد[۲] سهام به خود گرفته بودند. بیمه‌ی سبد طراحی شد، به اطلاع عموم رسانده شد و گفته شد ریسک زیان‌های عمده را محدود می‌کند [۲۶]. در واقع، این نوعی پوشش ریسک بود که به این می‌انجامید که سهام را خریداری کنیم و در بازار آتی سهام فروش عاریه‌ای انجام دهیم. اندیشه‌ی نهفته در پشت آن عمل این بود که اگر سهام شروع به کاهش قیمت کند، بازار آتی هم کاهش می‌یابد و بنابراین موقعیت عاریه‌ای سهام بهبود می‌یابد تا زیان‌های شما را جبران کند. این استراتژی به این‌گونه طراحی شده بود که قراردادهای آتی عاریه‌ای زیاد به فروش نرسد، زیرا اگر قیمت‌های بازار بالا رود، بخشی از سود شما را می‌خورد. در عوض، برنامه‌ی کامپیوتری را طوری طراحی خواهید کرد که اگر بازار در حال کاهش قیمت بود، به‌طور تدریجی سهام شما را بفروشد، و آن‌قدر فروش عاریه‌ای انجام شود که بازار آتی زیان‌های شما را جبران کند.

وقتی بازار در سال ۱۹۸۷ سقوط کرد، همه‌ی کسانی که بیمه‌ی سبد سهام داشتند همزمان تلاش کردند سهام خود را بفروشند. مشکل آن بود که خریداری در بازار نبود - همه فروشنده بودند! از این‌رو کامپیوترهایی که تلاش می‌کردند معاملات را انجام دهند، سهام را به آن‌چنان قیمت‌های پایینی فروختند که در تصور طراحان بیمه‌های سبد سهام نبود، و موقعیت‌های عاریه‌ای که با دقت در بازار آتی انتخاب شده بود، هیچ کمکی برای حمایت از سرمایه‌گذاران نکرد. (در واقع، عملکرد سرمایه‌گذاران که بیمه‌ی سبد سهام داشتند، بهتر از آن‌هایی بود که نداشتند؛ اما، بسیاری

---

۱. out of the money

۲. portfolio insurance

معتقدند سفارش‌های فروش اتوماتیکی که برنامه‌های بیمه‌ی سبد سهام ایجاد می‌کرد، هجوم فروش را تشدید کرد، و از این‌رو به دلیل شیوع بیمه‌های سبد سهام، همه ضرر کردند.) محاسبات مدل بلک - شولز که زیربنای شکل‌دهی به بیمه‌های سبد سهام بود، احتمال سقوط را در نظر نگرفته بود، چرا که مدل ولگشت بیانگر آن است که کاهش یک‌روزه‌ی شدید بازار شبیه آن‌چه رخ داد، در طول میلیون‌ها سال یک‌بار تکرار می‌شود.

همزمان با این سقوط، خیلی چیزها اتفاق افتاد. اول این‌که بسیاری از حرفه‌ای‌های بازار توان پیش‌بینی آماری مدل ولگشت را آماج تردید کردند. اگر مدل شما بگوید وقوع چیزی ناممکن است یا تقریباً ناممکن است، و آن چیز ممکن شود، طبعاً قابل‌فهم است که مردم در مورد آن مدل شک کنند. خود بازارها هم در پی سقوط دستخوش تغییرات شدند [۲۷]. از آن‌جا که در سال‌های ماقبل سقوط، به‌نظر می‌رسید مدل بلک - شولز با دقت بالا تقریباً در همه‌ی ابعاد و در همه‌ی بازارها قیمت‌های اختیار را درست محاسبه می‌کرده، پس از سقوط بازار بی‌ثباتی‌های عمده‌ای بروز کرد؛ این بی‌ثباتی‌ها را «لبخند تلاطم»[۱] می‌نامند، چرا که روی بعضی نمودارها، شکل کاملاً مشخصی دارد. این لبخند در اوایل دهه‌ی نود برای اولین‌بار شناسایی شد، و معمای پیچیده‌ای پیش‌روی مهندسان مالی نهاد [۲۸]. در این میان امانوئل دِرمن برای گنجاندن لبخند تلاطم، در مدل بلک - شولز این مدل را تعدیل کرد، هر چند که هرگز *دلیل* اصلی این را نگفت که چرا مدل بلک - شولز دیگر کار نمی‌کند [۲۹].

البته، پژوهش‌های مندلبروت توضیحی قانع‌کننده برای لبخند تلاطم ارائه می‌کند. یک طرز تفسیر لبخند آن است که نشانه‌ای است از این‌که بازار معتقد است تغییرات عمده در قیمت‌ها بسیار محتمل‌تر از آن است که در مدل بلک - شولز مفروض است. این همان چیزی است که در طول همه‌ی این سال‌ها مندلبروت به آن اشاره کرده است: توزیع‌های احتمالی که بازده‌های بازار را توصیف می‌کنند دُم چاق دارند و معنای آن این است که رویدادهای افراطی یا فرین به مراتب بیش از آن‌چه توزیع نرمال می‌گوید، احتمال وقوع دارند. به بیان دیگر، به نظر می‌رسد نیروهای بازار قیمت‌ها را بیش‌تر به نظریه‌ی مندلبروت نزدیک کرده‌اند. از اواخر دهه‌ی هشتاد به بعد، بانک‌های سرمایه‌گذاری کارهای مندلبروت را بسیار جدی‌تر گرفته‌اند.

در توصیف داستان ظهور و سقوط مدل بلک - شولز، تحریف جالبی صورت می‌گیرد که کم‌تر

---

۱. volatility smile

از آن سخن به میان آمده است [۳۰]. اولین شرکت عمده‌ای که استراتژی کمّی مبتنی بر مشتقه‌ها را طراحی کرده، شرکت بسیار پنهان‌کاری در شیکاگو بوده که اوکانر و همکاران[۱] خوانده می‌شده. اوکانر در سال ۱۹۷۷ توسط دو برادر به نام‌های اد و بیل[۲] اوکانر تأسیس شد که ثروت خود را مدیون معاملات آتی غلات بودند. شریک دیگرشان در شرکت مایکل گرین‌بام[۳] بود که برای دو برادر در شرکت فرست آپشن[۴] کار کرده بود؛ این شرکت کار تهاتر و تسویه‌ی اختیار معامله را برای برادران اوکانر انجام می‌داد. گرین‌بام قبل از پیوستن به شرکت فرست آپشن در ریاضیات از پلی‌تکنیک رنسلیر[۵] مدرک گرفته بود، و از این‌رو از معاملات سردرمی‌آورد. او اولین فردی است که دریافت بورس اختیار معامله‌ی جدید شیکاگو، حداقل برای کسانی که پیچیدگی‌های ریاضیات را می‌فهمند، فرصت دستیابی به توفیق ناگهانی را به همراه دارد. او به برادران اوکانر مراجعه کرد تا پیشنهاد تأسیس شرکت جدیدی برای معاملات اختیار معامله به آنان بدهد.

این بخش داستان را همه می‌دانند. اما با توجه به زمان، خیلی‌ها فکر می‌کنند اوکانر صرفاً از اولین کاربران مدل بلک – شولز بود. این چنین نیست. گرین‌بام از همان آغاز کار دریافت که فرض پایه‌ای بلک – شولز کامل نیست، و مدل آنان به‌درستی رویدادهای فرین را در نظر نمی‌گیرد. و به این دلایل، گرین‌بام تیمی از مدیران ریسک و ریاضیدانان را گرد آورد تا مدل بلک– شولز را ارتقا دهند. یکی از اولین کارمندان اوکانر جوانک تند و تیز ۱۸ ساله‌ای بود که کِلی استروو[۶] نام داشت، و تابستانی در شرکت فِرست آپشن برای گرین‌بام کار کرده، و در دوره‌ی کارشناسی ام‌آی‌تی هم برای فیشر بلک کار کرده بود. طی سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۸۸، گرین‌بام، استروو، و گروه کوچکی از مُخ‌های اولیه‌ی بازار سرمایه مدل تعدیل‌یافته‌ای از بلک‌شولز را طراحی کردند که موضوعاتی چون پرش‌های ناگهانی قیمت‌ها را لحاظ می‌کرد، یعنی دُم‌های چاق را در نظر می‌گرفت.

اوکانر نخست در اختیار معامله و بعد در سایر مشتقه‌ها بسیار موفق بود، و علت تا حدودی به این

---

۱. O’Connor and Associates

۲. Ed and Bill

۳. Michael Greenbaum

۴. First Options

۵. Rensselaer

۶. Clay Struve

برمی‌گشت که مدل بلک – شولز تعدیل‌یافته نسبت به مدل پایه‌ی بلک – شولز عملکرد بهتری داشت. آن‌طور که استروو می‌گوید، اوکانر از همان آغاز کار از لبخند تلاطم کاملاً مطلع بود. این یعنی حتی قبل از سقوط سال ۱۹۸۷، تفاوت‌های کوچک و در عین حال قابل‌استفاده‌ای بین مدل بلک‌شولز و قیمت‌های بازار وجود داشت. بعدها وقتی سقوط سال ۱۹۸۷ به‌وقوع پیوست، اوکانر جان سالم به دربرد.

در مورد انقلاب بازاری که بلک و پیروانش آغازگر آن بودند، نگرانی‌های عمیق‌تر از آن‌چه مردم در سال ۱۹۸۷ احساس می‌کردند، وجود داشت و در آغاز این بحران اخیر بسیار شدیدتر چهره نمود. به مثال بحران ۲۰۰۸ بپردازیم. در طول این سقوط مالی، حتی سرمایه‌گذاران کاردانی مثل بانک‌هایی که در گام اول وام‌های تبدیل به اوراق بهادارشده را طراحی کرده بودند در مورد ریسک این محصولات دچار اشتباه شدند. به عبارت دیگر، مدل‌هایی که قرار بود این محصولات را برای طراحانشان بدون ریسک کند، هیچ فایده‌ای نبخشیدند. در مواجهه با دیگر فاجعه‌های بازار هم این مدل‌ها شکست خوردند. شاید مشهورترین نمونه نابودی شرکت مدیریت سرمایه‌ی بلندمدت ال‌تی‌سی‌ام[۱] باشد که مؤسسه‌ی سرمایه‌گذاری خصوصی کوچکی بود که تیم استراتژی آن مرکب از مایرون شولز و دیگران بود [۳۱]. ال‌تی‌سی‌ام از زمان تأسیس آن در سال ۱۹۹۴ تا اوایل تابستان ۱۹۹۸، زمانی که دولت شوروی نتوانست بدهی‌های دولتی خود را پرداخت کند، نتایج موفقیت‌آمیزی به همراه آورده بود. بعد در کم‌تر از چهار ماه، ال‌تی‌سی‌ام ۴/۶ میلیارد دلار زیان کرد، و ماه سپتامبر نرسیده، دارایی‌هایش نابود شد. شرکت مقادیر سنگینی در بازارهای مشتقه سرمایه‌گذاری کرده بود، و در مقابل تقریباً همه‌ی بانک‌های عمده‌ی جهان جمعاً یک تریلیون دلار تعهد پذیرفته بودند. اما در پایان معاملات روز ۲۲ سپتامبر، موقعیت‌های بازار شرکت جمعاً حدود ۵۰۰ میلیون دلار ارزش داشت که درصد کوچکی از ارزش شرکت در چند ماه قبل از آن بود؛ مبلغی که به هیچ‌وجه برای پاسخگویی به بدهی‌های شرکت کفایت نمی‌کرد. اگر دولت امریکا برای حل بحران دخالت نمی‌کرد، میلیاردها دلار بدهی نکول می‌شد که بازارهای بین‌المللی را بلافاصله به وحشت می‌انداخت.

مدل‌های ریاضی که زیربنای استراتژی‌های پوشش پویای ریسک هستند و به طور کلی مدل‌های

---

۱. Long-Term Capital Management (LTCM)

معاملاتی مشتقه‌ها کامل و بی‌نقص نیستند. سرگذشت باشلیه، آزبورن و مندلبروت می‌تواند علت این نقصان را روشن کند. مدل‌های آنان و مدل‌های دیگری که در پی آنان ارائه شد مبتنی بر استدلال دقیقی است که در واقع نمی‌تواند اشتباه باشد. با این همه غالباً به دلایلی نامحسوس و غیرقابل‌تشخیص، بهترین مدل‌های ریاضی هم ممکن است به گونه‌ای نادرست به کار گرفته شود. برای مهار بازارهای مالی بغرنج، باشلیه، آزبورن، تورپ، بلاک و حتی مندلبروت در مورد نحوه‌ی کارکرد بازارها آرمان‌پردازی کرده و غالباً فرض‌های فراوان کردند. همان‌طور که به‌ویژه آزبورن بر آن تأکید می‌کرد، مدل‌های حاصله می‌توانستند حداکثر به اندازه‌ی مفروضاتشان درست باشند. وقتی شرایط بازار تغییر می‌کند، مفروضاتی که در شرایط عادی عالی تلقی می‌شوند، به ناگاه باطل و پراشتباه از آب درمی‌آیند.

از این‌روست که داستان اوکانر نتیجه‌ی مهمی به همراه دارد. تاریخ‌نگاران بسیاری معتقدند سقوط ۱۹۸۷ بازارهای مالی جهان را زیرورو کرد، چون کاملاً غیرمنتظره بود و با مدل‌های موجود بازار نمی‌شد آن را پیش‌بینی کرد. ظهور یک‌باره‌ی لبخند تلاطم شاهد این امر است که مُدل‌ها برای مدتی کار می‌کنند و بعد ناگهان از کار می‌افتند، و این به نوبه‌ی خود باعث می‌شود اعتماد نسبت به کل دستگاه مدل‌سازی سُست شود. اگر مُدل‌هایی که امروز کار می‌کنند، فردا بدون هیچ اخطار و توضیحی، عاطل بمانند، پس اصلاً چرا کسی باید به فیزیکدانان وال‌استریت اعتماد کند؟ البته، این استدلال صحیح نیست. با تفکر عمیق در مورد ساده‌ترین شکل مدل و با لحاظ دم‌های چاق و تکمیل‌کردن درست مدل، اوکانر توانست شرایطی را پیش‌بینی کند که مدل بلک - شولز را از کار می‌اندازد. در عین حال او استراتژی‌ای را دنبال کرد که با استفاده از آن، کسب‌وکارها می‌توانند از رویدادهایی چون سقوط ۱۹۸۷ پرهیز کنند.

داستانی که تا به حال از باشلیه تا بلک نقل کرده‌ام، شرح مفصلی است که نشان می‌دهد مدل‌سازی مالی فرایندی تحول‌پذیر است؛ فرایندی که به شیوه‌ی تدریجی و تکراری تکوین می‌یابد و طی آن ریاضیدانان، آمارشناسان، اقتصاددانان، و چه بسیار فیزیکدانان می‌کوشند کاستی‌های بهترین مدل‌ها را دریابند و راه‌هایی برای رفع آن کاستی‌ها پیدا کنند. این مسیر، مدل‌سازی مالی را بسیار شبیه مدل‌سازی ریاضی در مهندسی و به طور کلی مدل‌سازی در علوم می‌کند. مدل‌ها شکست می‌خورند. گاهی همچون گرین‌بام و استروو می‌توانیم زمان شکست آن‌ها را برآورد کنیم؛ در موارد دیگر، وقتی می‌کوشیم تکه‌های مدل را به هم بند بزنیم، درمی‌یابیم که چه چیزی غلط بوده

است. این واقعیت ساده زنگ خطری را به صدا درمی‌آورد که وقتی فنون مدل‌سازی جدید را طراحی و اجرا می‌کنیم، و در زمانی که مدل‌های قدیمی‌تر را به کار می‌گیریم، به این نکته توجه کنیم. با این همه، اگر ۳۰۰ سال اخیر چیزی به ما یاد داده باشد این است که اصول روش‌شناسیِ پایه‌ی پیشرفت علمی بهترین چیزی است که داریم، و احمقانه است که آن‌ها را به این بهانه که همواره کامل نیستند، دور بریزیم.

از این گذشته چون مدل‌سازی ریاضی در مالی فرایندی *در حال تحول* است، می‌باید همواره منتظر باشیم که روش‌های جدیدی توسعه یابند که مشکلات مدل‌ها را رفع می‌کنند؛ مشکلاتی که مدل‌های ما را به آن‌جا کشانده که امروز در این وضعیت باشیم. بخشی از این فرایند شامل تعدیل اندیشه‌هایی است که بلک - شولز به عرصه‌ی مالی تزریق کردند، و شامل توجه بهتر به مشاهدات مندلبروت در مورد رویدادهای افراطی یا فرین می‌شود. اما آن‌ها همه فقط شروع کار است. در بخش نهایی این کتاب می‌خوانیم که چگونه فیزیکدانان با واردکردن اندیشه‌های جدیدتر و پیچیده‌تر به حوزه‌ی مالی و اقتصاد به طراحی مدل‌هایی در عرصه‌ای خارج از مسیر اصلی مالی ادامه دادند: مشکلات مدل‌های جاری را شناسایی کردند و روش‌های اصلاح و ارتقای آن‌ها را یافتند. ایده‌های بلک ابزاری مفید برای خلق وضعیت جدید در وال‌استریت بود، اما اندیشه‌های وی صرفاً آغازگر عصر نوآوری‌های مالی در بازارها بود.

یادداشت‌ها

۱. این نقل قول از مرلینگ Mehrling (۲۰۰۵) صفحه‌ی ۳۷ برگرفته شده است. مطالب زندگینامه‌ی فیشر بلک عمدتاً از شرح حال اخیر مرلینگ (۲۰۰۵) اقتباس شده است و پاره‌ای مطالب هم از بلک (۱۹۸۹ و ۱۹۸۷)، مرتن و شولز (۱۹۹۵)، لیمان (۲۰۰۵)، دِرمن (۲۰۱۱a و ۲۰۰۴)، فیگلوسکی (Figlewski) (۱۹۹۵)، فورفا Forfar (۲۰۰۷)، جرمی برنشتاین (۲۰۱۰)، و پیتر برنشتاین (۱۹۹۳) گرفته شده است. به علاوه، از مصاحبه‌ای با امانوئل دِرمن که با بلک در گلدمن ساکس کار و همکاری داشته هم بهره برده‌ام.

۲. شگفت این‌که جرقه‌ی شورش‌ها را ناتان پوزی (Nathan Pusey)، رئیس هاروارد زد که تصمیم گرفت مدارک دانشگاهی را به جای لاتین به انگلیسی چاپ کند. در یکی از روزهای شورش، چهار هزار دانشجو تظاهرات کردند؛ پلیس هاروارد آنان را با گاز اشک‌آور و بمب‌های دودزا متفرق کرد. تظاهرات دهه‌ی ۶۰ شروع شده بود.

۳. این‌که این بیان و موضع‌گیری عادلانه است یا نه، پرسشی مهم است. اما به هر حال تردیدی نیست که مدل بلک شولز جایگاهی ممتاز و درجه‌ی یک دارد. ر.ک. هاوگ و طالب (۲۰۱۱).

۴. این نقل قول را از وبگاه انجمن مالی امریکا برگرفته‌ایم که در توصیف جایزه‌ی فیشر بلک است. رجوع کنید به مرجع زیر

http://www.afajof.org /association/fischerblack.asp.

۵. ترینور (۱۹۶۱) تنها کسی نیست که به مُدل کپ‌ام (CAPM) دست یافته باشد، هر چند اکنون همگان قبول دارند که وی نفر اول بوده است. افراد دیگری نیز مدعی توسعه‌ی کپ‌ام هستند از جمله ویلیام شارپ (۱۹۶۴) که جایزه‌ی نوبل را برای کمک به قیمت‌گذاری دارایی‌ها در سال ۱۹۹۰ دریافت کرد، و همچنین جان لینتر (John

Lintner) (۱۹۶۵). برای مثال، رجوع کنید به فرنچ (۲۰۰۳) در مورد منشاء شکل‌گیری کپ‌ام؛ همچنین به برنشتاین (۱۹۹۳) مراجعه کنید.

۶. این نقل قول از بلک (۱۹۸۷، صفحه‌ی xxi) است.

۷. این‌که مفاهیم تعادل در فیزیک و اقتصاد تا این‌قدر به هم شبیه هستند به میراث ساموئلسون از گیبس (Gibbs) و رابطه‌ی ذهنی با او برمی‌گردد.

۸. این نقل قول از مِرتُن و شولز (۱۹۹۵، صفحه‌ی ۱۲۱) است.

۹. به نظر می‌رسد «پوشش پویای ریسک» به چیزهای مختلفی گفته می‌شود، و در واقع، هر استراتژی که در برگیرنده‌ی تغییر مداوم پوشش ریسک باشد می‌تواند، از این نام استفاده کند. با این همه، در این کتاب در استفاده از این اصطلاح معنای خاصی در نظر بوده است: هر نوع استراتژی‌ای که در آن فرد دائماً نسبت سهام به اختیار معامله را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که کل سبد بدون ریسک شود.

۱۰. مقاله به نام بلک و شولز (۱۹۷۳) منتشر شد. همچنین رجوع کنید به مِرتُن (۱۹۷۳) و بلک‌شولز (۱۹۷۴ و ۱۹۷۲). برای مطالعه‌ی بیشتر فرمول بلک‌شولز و تعمیم‌ها و بسط‌های آن به هال (۲۰۱۱) و کاکس و روبینشتاین (۱۹۸۵) رجوع کنید.

۱۱. برای اطلاع بیش‌تر از بورس اختیار معامله‌ی شیکاگو، مراجعه کنید به مارکهام Markham (۲۰۰۲) و مکنزی (۲۰۰۶).

۱۲. این اعداد را مارکهام (۲۰۰۲، جلد ۳، صفحه‌ی ۵۲) ارائه داده است.

۱۳. این اعداد از آنسباخر Ansbacher (۲۰۰۰) برگرفته شده است.

۱۴. برای اطلاع بیش‌تر پیرامون بازارهای اختیار معامله در اروپا، به میچی Michie (۱۹۹۹) مراجعه کنید.

۱۵. این را از مقدمه‌ی میلتون فریدمن بر کتاب ملامید (۱۹۹۳) گرفته‌ایم.

۱۶. برای اطلاع بیش‌تر در مورد نظام برتن‌وودز به مارکهام (۲۰۰۲) و مکنزی (۲۰۰۶) و نیز

آیکن‌گرین Eichengreen (۲۰۰۸) و ملامید (۱۹۹۳) مراجعه کنید.

۱۷. برای اطلاع بیش‌تر از تاریخچه‌ی بورس کالای شیکاگو (CME) و بازار پولی بین‌المللی (IMM) به ملامید (۱۹۹۳) رجوع فرمایید.

۱۸. به جان کونهینی (John Conheeney)، مدیرعامل قبلی ابزارهای آتی مریل لینچ و عضو سابق هیأت‌مدیره‌ی بورس معاملات اختیار و آتی شیکاگو و نیز بورس کالای شیکاگو، مدیونم که رابطه‌ی بین افول برتن‌وودز و ظهور معاملات مشتقه را برای من روشن کرد.

۱۹. مدیون امانوئل دِرمن هستم که توضیح داد این تفاوت‌ها از دیدگاه بانکداران فعال در این حوزه تا چه حد پراهمیت‌اند. بهتر است به نوشته‌های دِرمن و طالب (۲۰۰۵) و هاوک و طالب (۲۰۱۱) هم رجوع کنید.

۲۰. تعادل عمومی ریشه در آثار ساموئلسون (۱۹۴۷) و میراث او از گیبس دارد. البته، سهم ذهنی بلک در این موضوع جدی و اصیل است. برای مجموعه مقالاتی در این موضوع به مأخذ بلک (۱۹۸۷) رجوع کنید. نظریات بعدی او پیرامون این موضوع را در بلک (۲۰۱۰) می‌یابید.

۲۱. برای اطلاع بیش‌تر از تأثیر قمر مصنوعی شوروی بر تحقیقات علمی ایالات متحده به نوشته‌های وانگ Wang (۲۰۰۸)، کادبری Cadbury (۲۰۰۶) و کالینز Collins (۱۹۹۹) مراجعه کنید. داده‌هایی که در این‌جا پیرامون دکتراهای فیزیک ارائه شده از مرکز تحقیقات آماری مؤسسه‌ی فیزیک امریکا برگرفته شده است. آن‌ها را در این آدرس می‌یابید:

//www.aip.org/statistics/

داده‌های مربوط به بودجه‌ی ناسا را از دفتر مدیریت و بودجه‌ی امریکا به نقل از راجرز (۲۰۱۰) استخراج کرده‌ایم.

۲۲. مطالب مربوط به دِرمن از دِرمن (۲۰۰۴، ۲۰۱۱b) و نیز از مصاحبه‌ای که با او داشتم، برگرفته شده است.

۲۳. برای اطلاعات بیش‌تر پیرامون مبارزه‌ی با تورم ولکر به مارکهام (۲۰۰۲) رجوع کنید.

۲۴. مراجعه کنید به Wolfe ولف (۱۹۸۷).

۲۵. اعتبار شناسایی دقیق این موضوع که مدلش کاستی‌هایی دارد و صرفاً بهترین برآورد ما را ارائه می‌کند به خود بلک برمی‌گردد. برای مثال، رجوع کنید به بلک (۱۹۹۲).

۲۶. برای اطلاع بیش‌تر پیرامون بیمه‌ی سبد سهام به (برسبیل مثال) برنشتاین (۱۹۹۳) و مارکهام (۲۰۰۲) مراجعه کنید.

۲۷. رجوع کنید به مکنزی (۲۰۰۶).

۲۸. به‌ویژه، کِلی استروو که در زیر شرح آن آمده، می‌گوید که او و همکارانش حتی قبل از سقوط ۱۹۸۷ هم از «لبخند تلاطم» مطلع بودند - یعنی، اگر سخت دنبالش باشید، درمی‌یابید که خیلی هم باسرعت این اتفاق نیفتاده!

۲۹. به درمن وکنی (۱۹۹۴) مراجعه کنید.

۳۰. این داستان از مصاحبه‌ی من با کِلی استروو و نیز از مصاحبه‌ی منتشرشده با مایکل گرین‌بام (یونگ ۲۰۰۷) و کُن (۱۹۹۹) استخراج شده است.

۳۱. برای اطلاعات بیش‌تر پیرامون شرکت مدیریت سرمایه‌ی بلندمدت (ال‌تی‌سی‌ام) به لونشتاین Lowenstein (۲۰۰۰) مراجعه کنید.

فصل ۶
فیزیک، ریاضیات و پول

در پاییز ۲۰۰۸، در اوج بحران مالی به صرافت نوشتن این کتاب افتادم. در آن زمان، هشت ماه با دریافت دکترای فیزیک خود فاصله داشتم. پس از چند هفته تحقیق، به استاد راهنمای پایان‌نامه گفتم به چه نتایجی رسیده‌ام. واکنش او مرا به تعجب انداخت. با چند مثال از اندیشه‌های حوزه‌ی فیزیک که برای فهم بازارهای مالی به کار می‌رفت، قانع شده بود که بین این دو رشته ارتباط مستحکمی برقرار است. (بسیاری از فیزیکدانان به همین موضوع معتقدند.) با این همه، این موضوع استاد راهنمای مرا به تحرک وانداشت، چرا که معتقد بود هر قدر هم که فیزیکدان‌ها در رشته‌ی مالی پیش بروند، باز نمی‌توانند علم را در وال‌استریت به کار بگیرند.

این موضوع را می‌توان به اشکال مختلف به بحث گذاشت. علم کلیت معرفت بشری نیست. علم مسیری برای آموختن درباره‌ی جهان است؛ یعنی فرایندی مداوم از کشف، آزمون و بازنگری. دلایل استاد راهنمای من که فکر می‌کرد این فرایند محال است در وال‌استریت رخ دهد، عمدتاً جامعه‌شناختی بود: بانک‌های سرمایه‌گذاری و صندوق‌های حفظ ارزش معمولاً بسیار نهان‌کارند؛ فکرهای تازه‌ای که در این مؤسسات شکوفا می‌شود، کم‌تر علنی می‌شود و به‌ندرت مثل تحولات جدید در رشته‌های علمی مورد بحث و نقد قرار می‌گیرد. وقتی فیزیکدان یا زیست‌شناسی به نتیجه‌ای می‌رسد، نتایج آن را به نشریه‌های حرفه‌ای می‌دهد تا همکارانش مقاله را بازبینی کنند؛ بدین‌ترتیب، در این فرایند اندیشه‌های علمی هر دانشمند را دیگر دانشمندان عمیقاً بررسی می‌کنند، و آن‌گاه در اختیار عموم قرار می‌گیرد. وقتی مقاله‌ای از این خوان اول می‌گذرد، جمع بزرگ‌تری از دانشمندان به نقد آن می‌نشینند. خیلی از نظریات از این آزمون جان سالم به در نمی‌برند — یا اصلاً منتشر نمی‌شوند، یا در گمنامی از خاطره‌ها زدوده می‌شوند. حتی آن نظریاتی که در جامعه‌ی

علمی پذیرفته شده‌اند و فایده‌ی آن‌ها به تأیید رسیده، باز هم آیات مقدس تلقی نمی‌شوند. برعکس، همه‌ی این‌ها نقطه‌ی شروعی برای نسل جدیدی از نظریه‌ها و مدل‌ها خواهند بود.

به بیانی دیگر، مثل فیزیکدان فکرکردن تفاوت زیادی با آن دارد که صرفاً مدل‌های ریاضی یا نظریه‌های فیزیک را به کار بگیریم. در اوایل ۲۰۰۹، امانوئل درمن، فیزیکدان سابق که در دهه‌های هشتاد و نود قرن بیستم با فیشر بلک در گلدمن ساکس کار می‌کرد، با همکاری پل ویلمت[۱] بنیانگذار برنامه‌ی درسی «مالی کَمی» در دانشگاه اکسفورد، مشترکاً «مانیفست مدل‌سازان مالی» را به نگارش درآورد. هدف آنان این بود که نشان بدهند مدل‌های ریاضی نقش حیاتی در اندیشه‌های مالی و اقتصاد دارند، و علاوه بر این آن گروه از «معلمان مالی» را نکوهش کنند که فراموش کرده‌اند هیچ مُدلی قانونی وضع نمی‌کند که بازارها از آن تبعیت کنند. به بیان ایشان، «مدل‌ها حداکثر ابزاری برای تفکر تقریبی و غیردقیق است.» هیچ مدلی حرف آخر را نمی‌زند؛ مدل‌ها اغلب بر مفروضاتی تکیه دارند که هیچ‌گاه صحت کامل ندارند، و گاه یکسره نادرست‌اند. برای کاربست درست مدل‌ها باید تا حدی از عقل سلیم کمک بگیریم، و آگاه باشیم که هر مدلی را که به کار می‌گیریم، آن مدل محدودیت‌هایی دارد. برای نصب ریل قطار، پتک شاید ابزاری بسیار مناسب باشد، اما باید بدانیم که برای کوبیدن میخ بر دیوار برای نصب قاب‌عکس، پتک چیز خوبی نیست.

معتقدم تاریخچه‌ای که در این کتاب نقل کرده‌ام پشتیبان این ادعاهای مرتبط با هم است که مدل‌ها در مالی، ابزاری برای هدف‌هایی خاص‌اند؛ و نیز این‌که بازار فقط زمانی معنا دارد که آن را در چارچوب فرایندی تکراری از تحول مدل‌ها و سپس تخمین این‌که این مدل‌ها در چه زمان، چرا و چگونه مردود شمرده می‌شوند، در نظر آوریم. به علاوه، از دل این فرایند، نسل جدیدی از مدل‌ها متولد می‌شوند که قدرتی بیش‌تر از مدل‌های قدیمی دارند.

از این منظر، شلیک اول کار باشلیه است که اولین بار برای کاربست اندیشه‌های جدیدی از فیزیک آماری به مجموعه‌ی کاملاً متفاوتی از مسائل تلاش می‌کند. او پایه‌گذار روشی انقلابی برای تفکر در مورد بازارهاست. اما کارش اشکالات فراوان داشت. مهم‌ترین اشکال از دید ساموئلسون و آزبورن آن بود که توزیع نرمال او برای بازار سهام فقط تحت شرایط نادری کار می‌کرد که بر بورس پاریس حاکم بود، و در آن‌جا قیمت‌های سهام خیلی تغییر نمی‌کرد. آزبورن این مشکل را با

---

۱. Paul Wilmott

این فرضیه حل کرد که این بازده است که توزیع نُرمال دارد نه قیمت. این‌که مندلبروت دریافت توزیع‌های نرمال و لگ‌نرمال پاسخگوی کامل خوی وحشی بازارهای مالی نیستند - برخلاف انتظار خودش و دیگران - بحرانی در مبانی نظریه‌ی مالی ایجاد نکرد؛ بلکه نظریات وی درک اولیه‌ای از این موضوع بود که فرضیه‌ی ولگشت آزبورن به‌گل نشسته است. علاوه بر این، بسیاری از اقتصاددانان (و فیزیکدانان علاقه‌مند به این موضوعات) اکنون معتقدند که مندلبروت هم کاملاً درست نمی‌گوید، و نظریاتش صرفاً گامی دیگر در آن فرایند تکرار است.

تورپ و بلک به سرمایه‌گذاران نشان دادند چگونه از ابزارهایی که باشلیه، آزبورن و مندلبروت طراحی کرده‌اند، در معاملات روزانه‌ی بازار سرمایه استفاده کنند، و این کار را هم دوباره به مدد اندیشه‌های پیچیده‌ای از فیزیک به سرانجام رساندند. از یک نظر، این دو دانشمند مهم‌ترین چهره‌هایی هستند که در این کتاب نقش آنان را بررسی کردیم؛ هم از این حیث که نقش محوری در به‌کارگیری نظریه‌ای پیشگام و استفاده از آن در عمل داشته‌اند و هم از این‌روی که نشان دادند در طراحی مدل‌های جدید باید مجموعه‌ای از مدل‌ها را به کار گیریم. مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ای که تورپ و بلک و شولز طراحی کردند بر نسخه‌ی نظریه‌ی ولگشت آزبورن استوار بود، و نه بر نسخه‌ی مندلبروت. معنای آن این است که از همان اول معلوم بود که این مُدل‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله ابزارهایی هستند که دامنه‌ی بکارگیری محدودی دارند و در همه‌جا صدق نمی‌کنند. از دیدگاه فیزیکدان یا مهندس، آغازکردن با مُدل آزبورن خیلی هم معنادار است؛ این کار خیلی بیش‌تر از آن مؤثر بود که با مدل مندلبروت شروع می‌کردیم. از این‌رو، تورپ و بلک شولز با استفاده از تقریب ساده‌تری از نحوه‌ی کارکرد بازده بازار، توانستند مشکل بسیار غامضی را ساده و عملیاتی کنند.

اما با توجه به مطالعات مندلبروت، از همان آغاز شکی نبود که این مُدل‌های قیمت‌گذاری اختیار معاملات در چه شرایطی کار نمی‌کنند: وقتی با رویدادهای فرین[۱] روبرو می‌شویم، این مدل‌ها قیمت را غلط محاسبه می‌کنند. (به نظر می‌رسد بلک کاستی‌های مدل خود و دیگران را می‌دانست و در مقاله‌ی سال ۱۹۸۸ با عنوان «نقاط ضعف مدل بلک شولز» آن‌ها را توضیح داد. وی به دقت مفروضات غیرواقعی فرمولی را که تدوین کرده بود، بیان کرد و توضیح داد که چگونه هر فرض

---

۱. extreme events یا رویدادهای کرانی

ممکن است به خطای محاسبه بینجامد.) سرمایه‌گذاران محتاطی چون مایکل گرین‌بام[۱] و کلی استرووه[۲] در شرکت اوکانر و همکاران[۳] می‌توانستند قضاوتشان را در مورد این‌که مدل بلک شولز در چه مواردی فایده ندارد، به کار بندند و حتی مهم‌تر این‌که در طول بحران سقوط بازار سهام سال ۱۹۸۷، خود را حفظ کنند.

اما هنوز آن فرایند ادامه دارد. دانشمندان فعال در شرکت پریدیکشن[۴] و دیدیه سورنت[۵] نشان دادند که چگونه از تحولات جدید در رشته‌ی فیزیک می‌توان برای رفع مشکلات نظریه‌ی ولگشت و مفاهیم بازار کارایِ زیرساخت مُدل بلک شولز استفاده کرد. شرکت پریدیکشن برای این کار از مدل‌های جعبه‌ی سیاه[۶] برای شناسایی ناکارآمدی‌های محلی و کوتاه‌مدت و سرمایه‌گذاری فوری روی آن‌ها استفاده کرد؛ در این مسیر پریدیکشن عملاً فیزیک را به مثابه‌ی پیچیده‌ترین سرمایه‌گذار بازار به خدمت گرفت. اما سورنت از مشاهدات مندلبروت سود جُست که می‌گفت در بازارهای تصادفی وحشی، رویدادهای فرین همچون سقوط بازار اثرات مسلط دارد، و می‌پرسید که آیا می‌توان این فاجعه‌ها را پیش‌بینی کرد. ابزاری که وی از لرزه‌شناسی به عاریت گرفت آن‌قدر فایده داشت که دور نمایی از وقوع فاجعه‌ی سقوط بازارها را نمایان کند[۷].

وقتی تاریخ می‌نویسیم اغوا می‌شویم که قصه‌های پراکنده را به‌زور به حکایت فراگیر و بلندی تبدیل کنیم. این‌جا انگار حکایت بلندی یافته‌ایم، اما اشتباه است که آن را خیلی دست بالا بگیریم. شرکت پریدیکشن و سورنت نماینده‌ی دو روش طبیعی و مهم برای گذر از تفکر بلک شولزوار است که هنوز بر بازارها حکم می‌راند. اما به‌رغم موفقیت مدل‌های آن‌ها، آن‌چه ارائه کردند پایان داستان نیست. این مُدل‌ها فقط دو نمونه از اندیشه‌های بسیار سودمند در مورد بازارهای مالی‌اند؛ اندیشه‌هایی که لاجرم می‌باید دوباره به آزمون و تحلیل دقیق نهاده شود. نمی‌توان گفت پیشرفت عمده‌ی بعدی کدام است؛ ممکن است گام بعدی روش جدیدی برای فهم و پیش‌بینی رویدادهای

---

۱. Michael Greenbaum
۲. Clay Struve
۳. O'Connor and Associates
۴. Prediction Company
۵. Didier Sornette
۶. black box
۷. دو فصل مربوط به شرکت پریدیکشن و نظریات دیدیه سورنت در ترجمه‌ی فارسی نیامده است [مترجم].

فرین باشد؛ یا ممکن است آزمون بدیعی از مدل‌های پیش‌بینی باشد که می‌خواهد استواری[۱] آن‌ها را در قبال بی‌اعتمادی نهفته در بازارها بسنجد؛ شاید هم پیشرفت غیرمنتظره‌ای داشته باشیم و راهی برای شناخت الگوهای پرهرج‌ومرج پشت سر داده‌های بازار بیابیم. آن‌چه به یقین می‌دانیم آن است که شاهد پیشرفت دیگری خواهیم بود، و این زمانی است که دریابیم در چه موردی مدل سورنت رد می‌شود، یا در چه جایی مدل‌های جعبه سیاه‌مانند طراحی‌شده توسط شرکت پریدیکشن به زمین می‌خورد. آن زمان است که ما به درک بهتری از بازارهای مالی می‌رسیم.

اگر فیزیکدانان به ما کمک کرده‌اند که «مالی» را بهتر بفهمیم، دلیلی جز این ندارد که رویکردی نو در قبال مشکلات و مسائل مالی گزیده‌اند، و از بینش و بصیرت روش‌شناختی رایج در فیزیک (و مهندسی) یاری گرفته‌اند؛ روش‌شناختی‌ای که تقریباً در مطالعه‌ی هر چیزی به کار می‌آید. داستان‌های نقل‌شده در این کتاب روش‌شناسی موجود در عمل را نشان می‌دهد: آن روش‌شناسی‌ای که از مفروضات ساده‌شده استفاده می‌کند تا مشکلی را پیگیری و راه‌حل آن را پیدا کند. آن‌گاه وقتی می‌بینید راه‌حل شما مؤثر است، می‌توانید یک گام به پیش بروید و بپرسید اگر مفروضات خود را دستکاری کنید، چه اتفاقی می‌افتد. گاهی درمی‌یابید که راه‌حل اولیه‌ی شما مناسب نیست، چرا که سخت بر مفروضاتی مبتنی است که هرگز درست نبوده؛ در عین حال در مواردی می‌بینید که تحت شرایط معینی، راه‌حل شما به‌خوبی جواب می‌دهد، اما ناچارید به این بیندیشید که اگر آن شرایط مهیا نباشد، چه باید بکنید.

بی‌شک فیزیکدانان تنها کسانی نیستند که فکر می‌کنند دنیا را بدین شکل دریافته‌اند. این نوع مدل‌سازی در رشته‌ی اقتصاد و علوم دیگر نیز معمول است. بی‌تردید بیش‌تر پیشرفت‌های در حوزه‌ی اقتصاد را مدیون اقتصاددانان هستیم. اما فیزیکدانان در این نوع تفکر و درک از جهان بسیار کارآزموده و شاید ممتاز باشند. آنان معمولاً به شیوه‌ای تربیت شده‌اند که به پشتوانه‌ی آن می‌توانند بعضی مشکلات خاص اقتصادی را حل کنند، بدون این‌که پیش‌فرض‌های سیاسی یا روشن‌فکری‌ای داشته باشند که در مواردی اقتصاددانان را از کارشان بازمی‌دارد. فراتر این‌که فیزیکدان‌ها غالباً باسابقه و دانشی متفاوت با اقتصادانان با این مشکلات روبرو می‌شوند؛ معنی این امر آن است که فیزیکدانان در مواردی توانسته‌اند به این مشکلات از زاویه‌ی جدیدی بنگرند.

---

۱. robustness

اما وقتی می‌گویم علم فرایند است و به‌ویژه مدل‌سازی علمی باید به مثابه‌ی نمونه‌ای از این فرایند تلقی شود، منظورم این نیست که مدل‌سازان مالی به نوعی در جاده‌ی پیشرفت علمی پیش می‌روند و به شیوه‌ای غیرقابل‌اجتناب به سمت «نظریه‌ی غایی» علم مالی در حرکت‌اند. هدف دستیابی به نظریه‌ای نهایی نیست که در هر شرایط بازار جواب درست بدهد. هدف خیلی ساده‌تر از این است؛ تلاش آن است که به معادلاتی برسیم که بعضی وقت‌ها پاسخ‌های مثبت می‌دهند، و دریابیم که چه وقت می‌توان به این معادلات اتکا کرد.

دِرمن و ویلمت در مانیفست خود این نکته را خوب روشن می‌کنند. هرگز نباید مُدل خوب را با «حقیقت» بازارهای مالی اشتباه بگیریم. مهم‌ترین دلیل این امر آن است که بازارها خود در پاسخ به واقعیت‌های اقتصادیِ تغییرپذیر، مقررات جدید و شاید بالاتر از همه در پاسخ به نوآوری تحول می‌یابند. برای مثال، مدل بلک‌شولز برای همیشه نحوه‌ی عمل بازارهای اختیار معامله را تغییر داد؛ یعنی بازارهایی که مدل به منظور توصیف آن‌ها طراحی شده بود، خود با کاربرد فزاینده‌ی مدل تحول اساسی یافتند. این تحول به چرخه‌ی رفت‌وبرگشتی انجامید که تا هنگام سقوط بازار در سال ۱۹۸۷ کاملاً شناخته نشد. همان‌طور که دونالد مکنزی[۱] جامعه‌شناس می‌گوید، مدل‌های مالی همان‌قدر که دوربینی برای توصیف بازارها هستند، موتور کشنده‌ی بازارها نیز هستند. یعنی چیزی که مدل‌های مالی بازارها می‌خواهند توصیف کنند، هدفی متحرک است.

ما نه تنها فایده‌ی مدل‌ها در فهم بازارها را نفی نمی‌کنیم، بلکه این واقعیت که بازارها دائماً متحول می‌شوند صرفاً بر اهمیت آن فرایند تکراری مورد تأکید ما می‌افزایند. فرض کنید مدل سقوط بازارهای سورنت برای توصیف بازارهای امروز ما کامل و کافی باشد. حتی در چنین موقعیتی باید گوش‌به‌زنگ باشیم. چه اتفاقی می‌افتد اگر سرمایه‌گذاران در سراسر دنیا از روش‌های سورنت برای پیش‌بینی سقوط بازار استفاده کنند. آیا این از سقوط بازار جلوگیری می‌کند؟ یا فقط باعث می‌شود سقوط بازارها بزرگ‌تر و یا پیش‌بینی سقوط دشوارتر شود؟ فکر نمی‌کنم کسی پاسخ این سؤال را بداند؛ و این بدآن معناست که باید درباره‌ی همین موضوعات مطالعه کنیم. بزرگ‌ترین خطری که مدل‌های ریاضی را تهدید می‌کند آن است که فکر کنیم مدل‌های امروز در بازارها حرف آخر را می‌زنند.

---

۱. Donald MacKenzie

پیشنهاد واینستین[۱] و مالونی[۲] که در بخش‌های آخر این کتاب مطرح می‌شود، با نظریاتی که در این کتاب مورد بحث قرار گرفت، یکسره متفاوت است[۳]. دیگر فصل‌ها همه به نوعی به مالی و مدل‌سازی مالی مرتبط است. همه‌ی فیزیکدانان دیگری که در کتاب از آنان سخن به میان آمده مشتی از آمار از قبیل قیمت سهام، تغییرات بازار و بازده‌های سالانه را بررسی کرده‌اند و کوشیده‌اند تا توضیح دهند آن اعداد در آینده چگونه تغییر خواهند کرد. جزئیات این‌که بازارها چگونه کار می‌کنند البته به آن پیش‌بینی‌ها مربوط است؛ اما به قول آزبورن، دشوار نیست دریابیم کسی که فیزیکدان شده در موقعیتی مناسب برای تفسیر داده‌های آماری قرار گرفته است. ولی واینستین و مالونی نظریه‌ی جدیدی در حوزه‌ی اقتصاد رفاه ارائه کرده‌اند؛ نظریه‌ای که از اندیشه‌های شکل‌گرفته در عرصه‌ی فیزیک نشأت گرفته است. طرح این پروژه از دیگر موضوعات مطرح‌شده در این کتاب بلندپروازانه‌تر است، و سر درآوردن از آن بسیار دشوارتر.

با این همه، اگر پیوند بین فیزیک و مالی را به‌درستی دریابیم، استفاده‌ی بسیار گسترده‌تر از فیزیک برای پیشرفت در رشته‌ی اقتصاد را چیز غریبی نخواهیم دانست. نمی‌گوییم که بازارهای مالی پیوند ویژه‌ای با موضوعات فیزیک دارد، یا فیزیک و ریاضی را می‌توان بوضوح در حوزه‌های محاسباتی اقتصاد چون مالی به کار بست و در سایر حوزه‌ها این کاربردها وجود ندارد. برعکس، می‌گوییم فیزیکدانان توانسته‌اند روش تفکر خود در مورد جهان را به حوزه‌هایی از اقتصاد بسط بدهند، و به‌علاوه کاملاً درست است که آن روش‌ها به درد سایر حوزه‌های علمی هم می‌خورد. در واقع، روش‌های فیزیکدانان به سایر حوزه‌های اقتصاد هم کمک کرده است، تا آن‌جا که اقتصاددانان مدتی است از مدل‌های ریاضی برای توضیح چیزهای زیادی استفاده می‌کنند که ربطی به علم مالی ندارد. نظریات واینستین و مالونی حاکی از آن است که ابزار ریاضی در هر حوزه‌ای از تفکر اقتصادی، و از جمله در سیاست‌گذاری کاربرد دارد.

از این منظر، پیشنهاد واینستین و مالونی تأیید این واقعیت است که برای بهبود آن مُدل‌ها راه‌هایی وجود دارد؛ و می‌توان برای اجتناب از مفروضات نامحتمل‌تر در مورد افراد و بازارها، از ریاضیات

---

۱. Weinstein
۲. Malaney
۳. این فصلی است که در ترجمه‌ی فارسی نیامده است.

قدرت‌مند استفاده کرد. ممکن است حتی به این نتیجه برسیم که روش‌های مبتنی بر نظریه‌ی پیمانه‌ای[۱] چاره‌ساز نیست. اما دلیلی در دست نداریم که قبل از مطالعه‌ی دقیق، آن روش‌ها را کنار بگذاریم. سرانجام، وقتی روشن شد که در فیزیک به نسل جدیدی از نظریه‌ها نیازمندیم، نظریه‌ی پیمانه‌ای در فیزیک کارساز شد. پس باید بررسی کنیم که آیا در اقتصاد هم می‌تواند چاره‌ی کار باشد یا نه. واینستین، مالونی و اسمولین[۲] نشان داده‌اند که این نظریه ممکن است به درد اقتصاد هم بخورد.

این فکر که روش‌های فیزیک در اقتصاد هم کاربرد دارند، فکر بدیعی است. نکته‌ی مهم دیگر این است که اقتصاددانان و سیاست‌گذاران هیچ‌گاه اندیشه‌های واینستین و مالونی را بی‌طرفانه بررسی نکرده‌اند. جای تأسف بسیار دارد که جامعه‌شناسان و کارشناسان مالی نگذاشته‌اند کشف جدیدی که می‌تواند درک ما را نسبت به امور حیاتی اقتصاد چون تورم تغییر دهد، امکان ظهور یابد. با توجه به این موضوع، پروژه‌ی منهتن واینستین را نباید تقاضا برای ابزار جدیدی برای سرمایه‌گذاران تلقی کنیم. هیچ‌کس علاقه ندارد منابع عمومی را صرف جستجوی مدل اختیار معامله‌ی تازه‌ای کند که به چند شرکت فرصت کسب سود می‌دهد. برعکس، هدف این پیشنهاد آن بوده که جریان اصلی اقتصاد را به کمک فیزیک و ریاضیات مدرن به سرعتی برسانیم که بتواند نیروهای توانمند سیاسی و مالی را که خدشه‌هایی بر اصول جاافتاده وارد می‌کنند، عقب براند.

در نشست دادگاه عالی که در سال ۱۹۶۵ در مورد آزادی بیان برگزار گردید، قاضی ویلیام برنان[۳] عبارت «بازار اندیشه‌ها» را ابداع کرد تا توصیف کند چگونه مهم‌ترین اندیشه‌ها ممکن است از دل گفتمان عمومی آزاد و شفافی جلوه‌گر شود. اگر این درست باشد، آن‌گاه باید انتظار داشته باشیم که بهترین نظرها در مورد اقتصاد، حتی اگر مقتدرترین اقتصاددانان آن را رد کرده باشند، از این مسیر فرصت بروز یابند. این موضوع بالاخص در مورد «مالی» صادق است، چون هر فکر بکری در این رشته می‌تواند به کسب سود کلانی بینجامد. در این زمینه، جالب است توجه کنیم که بیش‌تر اقتصاددانان مورد اشاره در سه فصل آخر این کتاب[۴]، نظریات خود را در بازارهای سرمایه و هنگامی که اقتصاددانان آن نظریات را مردود می‌دانستند، مطرح کردند. این‌که اندیشه‌ای ممکن

---

۱. gauge theory

۲. Smolin

۳. William Brennan

۴. فصولی که در ترجمه‌ی فارسی نیامده است.

است سودآور باشد، لابد علامت اهمیت آن است؛ اما با این همه، بسیاری از اقتصاددانان، از جمله آنان که برای دولت‌ها سیاست‌گذاری می‌کنند، به این موضوع بی‌توجه مانده‌اند. اگر آن‌طور که برنان می‌گوید بازاری برای اندیشه‌ها وجود دارد، این بازار به زیان همه‌ی ما بسیار ناکارآمد باقی‌مانده است. اسمولین وقتی متوجه شد که جریان اصلی اقتصاد نسبت به آن‌چه می‌خواهد بگوید، بی‌علاقه است، کار را رها کرد و به سمت پروژه‌های دیگر رفت. حتی به نظر نمی‌رسد سورنت که بی‌وقفه با هدف ارائه‌ی نظریات خود به شیوه‌ای که برای اقتصاددانان جریان اصلی اقتصاد قابل‌درک باشد، کار کرده، چندان مورد توجه آنان بوده باشد. مستمعان وی بیش‌تر دست‌اندرکاران بازار بودند.

نمی‌دانم چگونه باید جامعه‌شناسی دانشکده‌های اقتصاد را عوض کرد. اما فکر می‌کنم نظر واینستین شروع بسیار خوبی است. وی معتقد است یک برنامه‌ی عمده‌ی تحقیقاتی میان‌رشته‌ای باید دنبال شود، مشروط به این‌که از حمایت بعضی نهادهای قدرت‌مند یا دولت برخوردار باشد تا این گروه تحقیقاتی متشکل بمانند و در مسیر درست بیفتند. یادمان باشد که شکل اولیه‌ی پروژه‌ی منتهن موضوعی نظامی بود، اما توانست انقلابی در رشته‌ی فیزیک به‌وجود آورد و شیوه‌ی تفکر فیزیکدانان در مورد رشته‌ی خود را تغییر دهد. تعهد مشابهی از جانب دولت یا سازمانی غیرانتفاعی در حمایت از نسل جدیدی از مدل‌های اقتصادی بی‌شک آثار مشابهی خواهد داشت. مهم‌تر این‌که چنین اقدامی باعث بروز فکرهای بدیعی خواهد شد که به‌شدت موردنیاز است. پس از سال‌ها در جازدن و رشد کم‌فروغ، وقت آن است که شاهد خلاقیت در رشته‌ی اقتصاد باشیم.

وقتی واینستین برای نخستین‌بار پروژه‌ی منتهن جدیدی را برای درک بهتر اقتصاد ارائه کرد، همان کسانی که از مدل‌های ریاضی و نقش فیزیک در مالی انتقاد می‌کردند، کوشیدند پروژه‌ی او را نادیده بگیرند. در واقع از سقوط بازار در سال ۲۰۰۸ تا امروز، آنان به‌طور مداوم بر طبل انتقاد از نقش فیزیکدانان در اقتصاد و مالی می‌کوبند. واژگانی چون کله‌ها، (کوانت)، مشتقه‌ها، و مدل معانی ناخوشایندی به خود گرفته است. حال که تاریخ این اندیشه‌ها را ترسیم کردم، حق آن است نکات بیش‌تری در مورد منفی‌بافان بگویم. به نظر من اگر از دیدگاه درستی به مدل‌سازی ریاضی بنگریم، خواهیم دید که منتقدان بر اشتباه خود پای می‌فشارند. درک علت این لجاجت به‌ویژه اهمیت دارد، چرا که مشکلات حاصل از این انتقادها نشان می‌دهند چرا لازم است پیشنهاد واینستین را دوباره مورد بررسی قرار دهیم.

یکی از برجسته‌ترین استدلال‌ها علیه مدل‌سازی ریاضی در مالی از حوزه‌ی روانشناسی و رفتار انسانی سرچشمه می‌گیرد. استدلال آن است که نظریات فیزیک در مالی ناگزیر با شکست همراه است، چون آن‌ها به بازار به گونه‌ای نگاه می‌کنند که گویی از چوب و سنگ شکل گرفته است. فیزیک به درد توپ بیلیارد و سطح شیبدار می‌خورد، حتی به کار سفرهای فضایی و راکتورهای اتمی می‌آید، اما همان‌طور که نیوتن گفته، فیزیک نمی‌تواند دیوانگی آدمیان را پیش‌بینی کند. این انتقادها بیش‌تر از رشته‌ی اقتصاد رفتاری نشأت می‌گیرد که می‌کوشد با تکیه بر روانشناسی و جامعه‌شناسی اقتصاد را بفهمد. از این منظر، همه‌ی بازارها دستخوش نقاط ضعف بشر است، و نمی‌توان آن‌ها را به فرمول‌های فیزیک و ریاضیات تقلیل داد.

اقتصاد رفتاری ایرادی ندارد؛ روشن است که درک عمیق‌تر از تعامل افراد با یکدیگر و با بازار برای فهم نحوه‌ی عمل اقتصاد ضرورت دارد. اما نقد مدل‌سازی ریاضی به اتکای اقتصاد رفتاری ریشه در سوءتفاهم دارد.

استفاده از فیزیک به مثابه خاستگاه افکار نو در رشته‌ی مالی، بدین معنی نیست که مردم را کوارک و آونگ فرض کرده‌ایم. به یاد بیاورید که در این کتاب چگونه نظریاتی از حوزه‌ی فیزیک وارد مدل‌سازی مالی شد. پاره‌ای فیزیکدانان چون مندلبروت و آزبورن صرفاً به اتکای تسلط بر آمار شناخت بیش‌تری از بازارها بدست آوردند و توانستند به روش‌های جدیدی برای بررسی بازار و ریسک برسند. دیگرانی چون فارمر[۱] و پاکارد[۲] از تخصص خود برای استخراج اطلاعات از فضاهای شلوغ و پرهمهمه استفاده کردند تا الگوهای محلی معاملاتی مناسب را طراحی کنند. و حتی افراد دیگری چون بلک، درمن و سورنت مشاهدات خود را در مورد جزئیات بازارهای فعال با تخصص نظری که از فیزیک آموخته بودند تلفیق کردند تا به فرمول‌های ریاضی‌ای برسند که توصیف می‌کرد چگونه ویژگی‌های آشکار بازارها (مثل قیمت سهام و نوسان‌ها) به ویژگی‌های غیرشفاف‌تر (مثل قیمت‌های اختیار معامله یا سقوط‌های محتمل) مربوط می‌شوند. هیچ‌کدام از این مثال‌ها براساس این فرض نیست که سرمایه‌گذاران مشتی کوارک‌اند یا شرکت‌ها ستارگانی در حال انفجارند.

البته، موضوعات عمیق‌تری وجود دارد. مطالعه‌ی دقیق رفتار انسانی به هیچ‌وجه مغایر با استفاده از

---

۱. Farmer

۲. Packard

مدل‌های ریاضی برای مطالعه‌ی بازار و یا اقتصاد به طور کلی نیست. در واقع، روانشناسی در شکل قانون وبر فچنر[۱] نقش عمده‌ای در آغاز مدل‌سازی ریاضی قیمت‌های سهام داشت. آزبورن از این قانون استفاده کرد تا توضیح دهد چرا قیمت‌های سهام توزیع لگ‌نرمال دارند و توزیع نرمال ندارند. پس از وی سورنت نشان داده که چگونه توجه به رفتار توده‌وار[۲] در پیش‌بینی فاجعه‌ی مالی می‌تواند با استفاده از فنون ریاضی سودمند باشد؟ رفتار توده‌وار وجه مهم دیگری از روانشناسی انسانی است. در هر دوی این موارد، دانش روانشناسی نقش مهمی در تکامل و پالودن مدل‌های ریاضی ایفا کرده است. یعنی به‌طور کلی انتظار می‌رود مطالعات روانشناسی و رفتار انسانی با رویکردهای ریاضی به علم اقتصاد کاملاً همگرا باشند.

بزرگ‌ترین شخصیت گروه دوم منتقدان به این موضوع، نسیم طالب[۳] است. طالب کتاب معروفی به نام *قوی سیاه*[۴] نوشته که می‌گوید بازارها سرکش‌تر از آنند که رام فیزیکدانان شوند. می‌دانیم که تولد قوی سیاه آن‌چنان دور از ذهن است که پیش‌بینی وقوع آن ناممکن است. طالب استدلال می‌کند که این پیش‌بینی قوی سیاه است که اهمیت دارد و درست همین‌جاست که مدل‌های ریاضی از پیش‌بینی عاجزند، و این مشکل اصلی مدل‌های مالی است. وی در این کتاب و در مقاله‌های متعدد خود دلیل می‌آورد که فیزیک در دنیای «میانه‌حال‌ستان»[۵] زندگی می‌کند، اما مالی عرصه‌ی «افراط‌ستان»[۶] است. تفاوت آن است که تصادفی‌بودن در میانه‌حال‌ستان جواب می‌دهد و توزیع‌های نُرمال آن‌جا کار می‌کند، اما در افراط‌ستان توزیع‌های نرمال فقط گمراه‌کننده‌اند. چنین است که به‌زعم طالب، استفاده از اندیشه‌های فیزیک در مالی احمقانه است.

در محدوده‌ی خاصی آن‌چه طالب از آن سخن می‌گوید، بالاخص برای کسانی که در تصمیم‌گیری از مدل‌های ریاضی استفاده می‌کنند، بی‌شک درست است و قطعاً باید به آن توجه شود. ما حتماً نمی‌توانیم هر آن‌چه را که رُخ می‌دهد، پیش‌بینی کنیم. بدین‌دلیل در کاربرد موفق

---

۱. Weber- Fechner law

۲. herding behavior

۳. Nassim Taleb

۴. black swan

۵. Mediocristan

۶. Extremistan

مدل‌ها باید جانب احتیاط را نگاه داریم و از عقل سلیم و شعور متعارف‌مان کمک بگیریم. اما آگاهی از این‌که همیشه نمی‌شود همه چیز را پیش‌بینی کنیم، و نباید فرض کنیم مدل‌های ما عمق واقعیت را عیان می‌کنند، درست همان جان‌مایه‌ی نحوه‌ی تفکر فیزیکدانان است، و باعث می‌شود که خود شیفته‌ی مدل‌سازی‌هایشان نشوند. در واقع، تلاش برای شناسایی نحوه‌ی پیش‌بینی رویدادهایی که شبیه قوی سیاه هستند، باعث شد که از دل مدل ولگشت آزبورن نظریه‌ی سورنت بیرون بیاید. یعنی شک نداریم که قوهای سیاه هم واقعیت دارند، و این به ما کمک می‌کند تا دریابیم چگونه تا حد ممکن قوهای سیاهِ محتمل را پیش‌بینی کنیم و بفهمیم.

اما طالب می‌خواهد از این فراتر برود و معتقد است قوهای سیاه نشان می‌دهند مدل‌سازی ریاضی در مالی و سایر رشته‌ها اساساً قابل‌اعتماد نیست. شناسایی این‌که قوهای سیاه وجود دارند و استفاده از توزیع‌های دُم‌کلفت برای نشان‌دادن این‌که رویدادهای فرین بیش از آن چیزی اتفاق می‌افتند که توزیع‌های نرمال می‌گویند، کفایت نمی‌کند. به نظر من می‌توان استدلال کرد که هر مدلی عیبی دارد، و غالباً هر مدل‌ساز جدی از آغاز کار این را می‌داند. اما این موضوع را بسط‌دادن و استدلال‌کردن که کار مدل‌سازی به طور کلی ایراد دارد، حرف دیگری است.

حال بیایید به فرایند ساخت و اصلاح مدل‌ها به شرحی که رفت فکر کنیم؛ این فرایند روش‌شناسیِ پایه در همه‌ی علوم و مهندسی است. این بهترین ابزاری است که برای شناخت دنیا داریم. ما از همان جنس مدل‌های ریاضی برای ساخت پل‌ها، طراحی موتور هواپیما، برای ساخت شبکه‌ی برق و پرتاب فضاپیما استفاده می‌کنیم. تا چه حد درست است که بگوییم روش‌شناسی پشت این مدل‌ها عیب و ایراد دارد و چون نمی‌توانیم همه‌ی چیزهایی را که ممکن است رُخ دهد، پیش‌بینی کنیم، پس باید این مدل‌ها را به کلی کنار بگذاریم؟ اگر حرف طالب در مورد مدل‌های ریاضی درست باشد، آن‌وقت باید آرزوی رانندگی روی پل جورج واشینگتن یا سد هوور[۱] را فراموش کنیم. به هر حال، هر لحظه امکان وقوع زلزله‌ی نامنتظره‌ای وجود دارد، و چون مدل‌های پل‌سازان این امکان را در نظر نگرفته‌اند، پُل زیر فشار وزن اتومبیل‌ها فرو خواهد ریخت. هرگز نباید آسمانخراشی ساخت، چون هر لحظه ممکن است شهابی به آن اصابت کند. با هواپیما پرواز نکنیم، چون ممکن است قوی سیاهی با موتورهای آن تصادف کند.

---

۱. Hoover Dam

طالب در واقع ادعا می‌کند که مالی رشته‌ی جدابافته‌ای از مهندسی عمران یا علوم فضایی است، و در این رشته رویدادهای فرین بیش‌تر پیش می‌آید و خطرناک‌تر است. اما طرح چنین ادعایی دشوار است. غالباً رویدادهای فاجعه‌آمیز بی‌سروصدا رخ می‌دهند، و این در مورد همه‌ی وجوه زندگی صادق است. اما این‌ها مانع از آن نمی‌شود که تلاش وافر کنیم تا همه‌ی خطرهایی را که می‌توانیم، بشناسیم و تا حد امکان ناشناخته‌های غریب را رام و اهلی کنیم. مهم است که بین ناممکن و موارد بسیار دشوار فرق بگذاریم. شک نباید داشت که تسلط بر ریسک‌های بازار کار بسیار دشواری است؛ همان‌طور که سورنت می‌گوید، خیلی دشوارتر از حل مسائل فیزیک است. اما فرایندی که در این کتاب توصیف شد تنها مسیر حل چالش‌های بزرگ زندگی است و نباید آن مسیر را ترک کنیم.

بسیاری از نقدهایی که بر استفاده از مدل‌های ریاضی در مالی مطرح می‌شود وارد است. این نظر درست است که مشتقه‌ها و از جمله اختیارهای معامله‌ی «محصولات مالی» مصنوعات بسیار قدرت‌مند و سودآوری هستند. درست است که در چهل سال اخیر، مهندسان مالی مشتقه‌های بسیار خلاقانه‌ای ساخته‌اند تا از آن طریق در شرایط مختلف پولی به جیب بزنند و این مشتقه‌ها غالباً طراحی پیچیده و هزارتویی دارند. مفهوم تأمین ریسک پویایِ مدل بلک‌شولز ابزاری در خدمت نوع جدیدی از بانکداری شده، و به بانک‌ها امکان می‌دهد محصولات جدیدی را بدون این‌که نگران عاقبت کار باشند بفروشند. هر چه تمایل صنعت بانکداری به استفاده از این محصولات مالی بیش‌تر شد، اثر شکست مدل‌های ریاضی زیربنای آن محصولات محسوس‌تر گردید. در واقع، بعضی از این محصولات جدید مالی نوآورانه باعث بروز بحران سال ۲۰۰۸ شدند. پس کاملاً درست است گفته شود که فیزیکدانان و ریاضیدانان باعث شدند بانک‌ها ریسک‌های جدیدی را بپذیرند، و بعدها از نتایج آن آسیب ببینند.

اما یادمان نرود که سقوط بازارها و حباب‌های سفته‌بازانه پدیده‌ی جدیدی نیست و بزرگ‌ترین فروپاشی بازار در دوران جدید در سال ۱۹۲۹، بسیار قبل از طراحی و ارائه‌ی مشتقه‌های مالی، اتفاق افتاده است. مهم‌تر آن‌که در چهل سال گذشته، یعنی در دوره‌ای که نوآوری‌های مالی اهمیت بسزایی داشته، بخش خدمات مالی اقتصادهای غربی تقویت شده است. برای مثال، در امریکا صنعت خدمات مالی شش برابر کل اقتصاد رشد داشته است. این رشد پرسرعت در زمانه‌ای اتفاق افتاده که صنایع دیگر چون تولید کارخانه‌ای یا رشد منفی داشته و یا با سرعت بسیار کمی رشد کرده است. در سه دهه‌ی اخیر، نوآوری‌های مالی، همچون دیگر ابداعات فن‌آورانه، نقش بزرگی در تقویت اقتصاد

امریکا و دیگر اقتصادهای غربی داشته است. به‌علاوه، بسیاری از اقتصاددانان می‌پذیرند که حداقل در دامنه‌ی معینی، بخش مالی بزرگ و توسعه‌یافته باعث رشد دیگر بخش‌های اقتصادی می‌شود. البته شواهد دیگر بیانگر آن است که بخش مالی با رشد بی‌قاعده بر رشد سایر بخش‌ها اثر منفی می‌گذارد (و شاید هم گذاشته)، چرا که "مالی" سلطه‌ی گسترده‌ای بر سایر صنایع اعمال می‌کند. ممکن است این مسئله درست باشد، و شاید دلیل اعمال اصلاحات مالی هم همین باشد. اما ماست ترش را با تقارش دور نمی‌ریزند و به دلایل عملی بسیار، رشد اقتصادی چیز خوبی است. نگرانی از این‌که بخش مالی ایالات متحد یا اروپا زیادی رشد کرده، نافی این واقعیت نیست که در گام اول، این مشتقه‌ها و بنابراین، افکار بلک و شولز بوده که باعث رشد شده است. اگر از سال ۱۹۷۵ تا امروز محصولات مالی رشد نمی‌کرد، اقتصادهای دنیا بسیار کم‌تر از امروز توسعه‌یافته بود.

با این همه، نوآوری مالی جنبه‌های دیگری هم داشته است. اگرچه شاید پاره‌ای مشتقه‌ها به رشد دامن زده‌اند، اما بسیاری افراد با اشاره به پیچیدگی بسیاری از مشتقه‌ها و دشواری درک ساختار آن‌ها، مخالف با استفاده‌ی گسترده از آن‌ها هستند. انتقاد آن است که حداقل بعضی مشتقه‌ها عمداً طوری طراحی شدند که باعث سردرگمی شوند و سرمایه‌گذاران غیرحرفه‌ای را گول بزنند. برای مثال، این انتقاد بر پاره‌ای مشتقه‌های مبتنی بر وام‌های مصرفی مثل تعهدات رهنی وثیقه‌دار[۱] وارد است که نقش عمده‌ای در سقوط ۲۰۰۸ داشته‌اند. فرض بر این است که محصولات وام‌های رهنی و دیگر وام‌ها را به گونه‌ای محتاطانه بسته‌بندی و تبدیل به مشتقه می‌کنند که ریسک و بازده‌ی معینی داشته باشند. دلیل این‌که این اوراق بهادار خاص آماج انتقادهای شدید بوده‌اند آن است که وقتی ارزش آن‌ها به‌شدت کاهش یافت، سرمایه‌گذاران بسیار و از جمله بانک‌های سرمایه‌گذاری بی‌دفاع شدند؛ یعنی وقتی این اوراق به دارایی‌های سمی[۲] بدل شدند، بانک‌های امریکایی و اروپایی را به فلاکت نشاندند. خیلی‌ها از ریسک واقعی این اوراق اصلاً سردرنمی‌آوردند؛ سرمایه‌گذاران حقوقی که نمی‌توانستند خودشان این ریسک‌ها را محاسبه کنند، به مؤسسات رتبه‌بندی اعتباری چون مودیز[۳] و استاندارد و پورز[۴] اتکا کردند؛ اما متاسفانه آن‌ها هم رتبه‌هایی به این اوراق داده بودند که آن‌ها را به مراتب

---

۱. collateralized debt obligation (CDO)

۲. toxic assets

۳. Moody’s

۴. Standard & Poor’s

کم‌خطرتر از واقعیت نشان می‌داد. بدتر این‌که بعدها کمیسیون بورس و اوراق بهادار شرکت گلدمن ساکس[۱] را متهم کرد که اجازه داده یک صندوق حفظ ارزش بیرونی به نام پالسون و شرکا[۲] تعهدات رهنی وثیقه‌داری (CDO) طراحی کند که احتمال کاهش ارزش آن‌ها بسیار فراتر از رتبه‌ی اعتباری اعطایی بوده؛ آن صندوق با این کار توانسته بود با موضع‌گیری متقابل، از این اوراق که ریسک گمراه‌کننده‌ای داشت سود به‌دست آورد.

بی‌تردید این داستان خطراتی را نشان می‌دهد که در طراحی پاره‌ای مشتقه‌ها نهفته بوده است. اما توجه کنیم که موضوع به خود مشتقه‌ها برنمی‌گردد. اگر همان‌طور که مقامات ناظر و پاره‌ای دیگر معتقدند، بانک‌ها واقعا محصولات مالیی طراحی کرده‌اند که بهتر از واقع به نظر رسیده، و بدین‌وسیله به مشتریان عمده‌ی خود اجازه داده‌اند از محل آن اوراق پول درآورند، به عملی غیراخلاقی دست زده‌اند. سال‌هاست که هنرمندان قلابی سرمایه‌گذاران را دوشیده‌اند، و اوراق رهنی وثیقه‌داری هم در کار نبوده است. به نظر من مشتقه‌ها و حتی تعهدات رهنی وثیقه‌دار ابزارند، درست مثل مدل‌هایی که این ابزارها را طراحی کرده‌اند. مثلا، هزاران سال است که اوراق آتی محصولات کشاورزی نقش عمده‌ای بازی کرده و به کشاورزان اجازه داده فصل کشت خود را تأمین مالی کنند و ریسک را هم تحت نظارت درآورند. در سال‌های اخیر، بازار آتیِ ارز ریسک تجارت خارجی را بسیار کاهش داده، و باعث بسط تجارت بین‌الملل شده است. از هر ابزاری می‌توان با هدف‌های متعدد استفاده کرد. با چکش هم می‌توان میخ را به دیوار کوفت، و هم شیشه‌ی خودرویی را شکست. با اسلحه‌ای که در اختیار پلیس است (تا حد زیادی) می‌توان آرامش و نظم را در جامعه برقرار کرد، و البته این اسلحه در دست دیگران خطرناک است. این‌که مقررات را تا چه حد به کار بگیریم و مشتقه‌ها را تا چه حد کنترل کنیم، سیاست‌گذاری مهم و مداومی است. اما، این موضوع با سایر شکل‌های نظارت تفاوتی ندارد.

حتی وقتی قبول داشته باشیم مشتقه‌ها و مدل‌های مرتبط با آن‌ها ابزاری هستند که باید عاقلانه از آن‌ها استفاده کنیم، هنوز جای نگرانی وجود دارد. بی‌شک ابزارهایی مثل بمب هیدروژنی (اگر قبول کنیم که نوعی ابزار است) آن‌قدر خطرناک‌اند که اگر نبودند، دنیا جای امن‌تری می‌بود.

---

۱. Goldman Sachs

۲. Paulson & Co.

شاید آن‌طور که وارن بافت می‌گوید، مشتقه‌ها اسلحه‌های مالی کشتار جمعی‌اند، و هر قدر هم که از آن مجرا رشد اقتصادی داشته باشیم، ریسک استفاده یا سوءاستفاده از آن‌ها را خنثی نمی‌کند. حتی ممکن است کسی از بحران ۲۰۰۸ نتیجه بگیرد که شدت خطر استفاده از مدل‌های ریاضی در مالی بی‌حساب و غیرقابل جبران است. البته من فکر نمی‌کنم این نتیجه‌گیری درست باشد. برای دریافت علت باید نگاه دقیقی به آن‌چه درسال‌های ۸-۲۰۰۷ اتفاق افتاد، داشته باشیم.

در فیلم *چه زندگی شگفت‌انگیزی*، شخصیت اصلی داستان جرج بیلی[۱] مؤسسه‌ی پس‌انداز و وامی را اداره می‌کند[۲]. این بانکی معمولی است که مردم در آن سپرده می‌گذارند تا بهره بگیرند و پول‌شان جای مطمئنی باشد. بانک هم به نوبه‌ی خود این پول‌ها را به شکل وام رهنی یا وام تجاری مصرف می‌کند. این نظام تا روزی کار می‌کند که سپرده‌گذاران کم‌وبیش از گذاشتن پول نزد بانک راضی باشند. اما در روز عروسی جرج بیلی، وقتی او و همسر جدیدش با ماشین از مقابل بانک می‌گذرند، انبوهی از مردم را می‌بینند که جلوی ساختمان ایستاده‌اند تا وارد آن شوند. شایعه‌ای همه جا پیچیده که بانک دچار مشکل است و همه‌ی مردم بدفورد فالز[۳] (شهر آقای بیلی) می‌خواهند سپرده‌های خود را بیرون بکشند.

بیلی با آگاهی از این‌که هجوم بانکی[۴] رخ داده، از اتومبیل بیرون می‌پرد. در داخل ساختمان بانک به مردم توضیح می‌دهد که پول‌شان داخل بانک نیست، بلکه تبدیل به خانه برای همسایگانشان شده یا به مغازه‌ها و کسب‌وکارها وام داده شده است. توضیح می‌دهد که اگر همه‌ی مردم یک دفعه به بانک بریزند و پول‌شان را بخواهند، نظام بانکی درهم می‌شکند، چون بانک وجوه کافی نگاه نمی‌دارد که به همه‌ی سپرده‌گذاران پاسخگو باشد. با از خودگذشتگی ذاتی اما غم‌انگیزی، یادش می‌آید که به اندازه‌ی خرج ماه‌عسل پول در جیب دارد. پول‌ها را درمی‌آورد و به حاضران پیشنهاد می‌دهد اگر مبلغ زیادی نخواهند، آن وجوه را بین آنان تقسیم کند. در پایان آن روز کاری، آن‌قدر پول به مردم داده می‌شود که آرام بگیرند و برای بانک هم یک دلار بماند، و درهای بانک بدون ورشکستگی بسته شود. بانک از آن هجوم جان سالم به درمی‌برد، اما این کار با

---

۱. George Bailey

۲. savings & loans

۳. Bedford Falls

۴. bank run

از بین رفتن رویای سفر دور دنیای بیلی محقق می‌شود.

هجوم به بانک‌ها در زمان رکود بزرگ بسیار اتفاق می‌افتاد و حتی در قرن ۱۹ شایع‌تر بود. این موضوع به هراس مالی برمی‌گشت که در طول آن اقتصاد نامطمئن به نظر می‌رسید و هیچ‌کس نمی‌دانست کدام بانک زنده خواهد ماند. پخش کم‌ترین خبری از مشکلات یکی از بانک‌ها باعث می‌شد عملاً آن بانک ورشکست شود. این روزها، هجوم به بانک‌ها دیگر اتفاق نمی‌افتد، زیرا در سال ۱۹۳۴ دولت امریکا شرکت فدرال بیمه‌ی سپرده‌ها[۱] را تأسیس کرد تا سپرده‌ی همه‌ی بانک‌های خرده‌فروش را بیمه کند. از این‌رو، حتی زمانی که بانکی در حال سقوط است، دیگر لازم نیست به آن بانک هجوم ببریم، ؛ چون پولمان را دولت فدرال بیمه کرده، و هر اتفاقی بیفتد، پولمان را می‌گیریم.

در مقدمه‌ی کتاب، بحران مُخ‌ها را توضیح دادم، و از آن هفته در ماه اوت ۲۰۰۷ سخن به میان آمد که صندوق‌های عمده‌ی مُخ‌ها بدون دلیل فرو ریختند. این اولین نشانه‌ی وقوع فاجعه در بازارهای مالی جهان بود. اما چه چیزی باعث بحران مُخ‌های بازار شد؟ در واقع، درهم‌شکستن صندوق‌های مخ‌ها اولین قربانی وحشت بانکی گسترده‌ای بود که در آن تابستان فراگیر شده بود، و بیش از ۱۵ ماه تداوم یافت. این وحشت به بانک‌های خرده‌فروشی مرتبط نمی‌شد، چرا که آن بانک‌ها از حمایت شرکت فدرال بیمه‌ی سپرده‌ها برخوردار بودند. برعکس، آن وحشت بر نظام بانکداری سایه حاکم شد که در سه دهه‌ی قبلی در امریکا شکل گرفته بود. نظام بانکداری سایه در اصل مثل بانک‌های معمولی کار می‌کند، با این تفاوت که مقیاس گسترده‌تری دارد و هیچ نظارت یا مقرراتی ندارد. این نظام شامل جریان وامدهی بین بانک‌ها و شرکت‌های بزرگ (از جمله سایر بانک‌ها) می‌شود.

اگر بنگاهی مازاد نقدی مثلاً چند ۱۰۰ میلیون دلار دارد، باید جایی این وجوه را سپرده کند؛ درست شبیه هر کس دیگری که به جایی برای سپرده‌گذاری نیاز دارد. اگر این کار را نکند، به این معنی است که منابع نقدی بهره‌ای نمی‌گیرند و ارزش آن‌ها کاهش می‌یابد. پس، بنگاه‌ها کاری جز این نمی‌کنند که وجوه خود را نزد سایر بنگاه‌ها سپرده کنند. این در واقع وام کوتاه‌مدت یک بانک نزد شرکت یا بانک دیگر است. در مقابل، سپرده‌گذار نوعی وثیقه طلب می‌کند. قرضه‌های دولتی وثیقه‌ی استانداردی است که بدون ریسک می‌باشد و بهره‌ی کمی می‌پردازد. اما قرضه‌های دولتی متعددی در دنیا وجود دارد، و اشخاص بسیاری (از جمله سایر دولت‌ها) آن‌ها را برای

---

۱. Federal Deposit Insurance Corporation (FDIC)

سرمایه‌گذاری بلندمدت می‌خرند. و بدین‌ترتیب، هر چه تقاضای بنگاه‌ها برای محل سپرده‌گذاری منابع‌شان بیش‌تر شود، بانک‌ها انگیزه‌های قوی‌تر می‌یابند که دارایی‌های دیگری پیدا کنند و آن‌ها را به عنوان وثیقه به کار گیرند.

اوراق قرضه‌ی شرکت‌ها بسیار شبیه قرضه‌های دولتی است، با این تفاوت که ناشر آن‌ها شرکت‌ها هستند. قرضه‌های شرکتی گزینه‌های مناسبی نیستند، چون ارزش آن‌ها به قیمت سهام شرکت‌ها وابسته است. هیچ‌کس به دنبال وثیقه‌ای نیست که تلاطم قیمتی شدید داشته باشد، و بدتر از آن ارزش وثیقه به تغییرات قیمت سهام وابسته باشد. پس، بنگاه‌های فعال در بخش بانکداری سایه به دنبال نوعی دارایی جدید بودند که مثل اوراق قرضه باشد، اما ارزش آن به چیزی وابسته نباشد که بشود به‌آسانی اطلاعات آن را به‌دست آورد. راه‌حلی که یافتند وام‌های مصرفی یعنی وام‌های رهنی، وام‌های دانشجویی، و بدهی‌های کارت‌های اعتباری بود. البته، وام‌های مصرفی به‌تنهایی گزینه‌ی قابل‌قبولی نبود، چون با بررسی تاریخچه‌ی اشخاص می‌شود پرداخت یا نکول آنان را پیش‌بینی کرد. پس، به جای این‌که مستقیماً از وام‌ها به عنوان وثیقه استفاده کنند، بانک‌ها آن وام‌های مصرفی را گرفتند و به اوراق بهادار تبدیل کردند. این کار شامل تجمیع تعداد زیادی وام و آن‌گاه تقسیم آن مجموعه به اجزا و نهایتاً فروش هر جزء به عنوان اوراق قرضه بود. این دارایی‌های جدید که شامل تعهدات رهنی وثیقه‌دار (CDO) می‌شد، به گونه‌ای طراحی شد که مثل قرضه‌های دولتی تلقی شود، در حالی که ریسک آن‌ها بسیار بیش‌تر بود. آن‌ها بهره می‌پرداختند، و بنابراین وقتی بنگاه‌ها نزد یکدیگر سپرده می‌گذاشتند، وجوه ارزش خود را از دست نمی‌دادند.

بحران مخ‌ها اولین نشانه‌ی این بود که نظام بانکداری سایه خوب کار نمی‌کند. همه‌ی آن سازوکار بر این فرض استوار بود که قیمت‌ها در بازار مسکن ایالات متحد نزولی نخواهد شد. اما وقتی در آغاز ۲۰۰۶ قیمت‌ها کاهش یافت، این نظام فروریخت، و وقتی در سال ۲۰۰۷، کاهش قیمت‌ها شدت یافت، وحشت همه‌جا را فرا گرفت. نکول به‌ویژه از جانب مالکان خانه‌ها که ریسک بالایی داشتند، بیش‌تر و بیش‌تر شد؛ وام‌های اعطایی به آنان را در اصطلاح رهن‌های دون‌اعتبار[۱] می‌نامیدند. این نرخ نکول ناگهانی و فزاینده به نوبه‌ی خود باعث شد اوراق بهاداری که بر رهن‌های دون اعتبار متکی بودند، ارزش خود را بسرعت از دست بدهند، چرا که هیچ‌کس مطمئن نبود که بهره‌ی تعهدشده

---

۱. subprime

پرداخت می‌شود یا نه. دلیل بروز بحران مُخ‌ها آن بود که از تعداد کمی از صندوق‌های حفظ ارزش خواسته شد وثایق بیش‌تری بابت وام‌ها سپرده کنند؛ وام‌هایی که به پشتوانه‌ی آن‌ها اوراق صادر کرده بودند. برای مقابله با نکول وام‌ها، آن‌ها ناچار باید دارایی‌های خود را بسرعت می‌فروختند و نقد می‌کردند تا وثیقه‌های خود را ترمیم کنند. بیش‌تر صندوق‌های مُخ‌های بازار غالباً از روش‌های مشابه استفاده می‌کردند و سبد دارایی‌های یکسانی داشتند. از این‌رو، وقتی صندوقی به فروش و نقدکردن دارایی‌ها می‌پرداخت، با این کار بر همه‌ی دارایی‌های صندوق فشار می‌آورد، و از جمله قیمت آن دارایی‌هایی هم که نقش بیمه را برای سرمایه‌گذاران ایفا می‌کردند، کاهش می‌یافت. این زیان سریع و غیرمنتظره باعث می‌شد سایر صندوق‌ها هم به فروش روی آورند. بدین‌ترتیب دور باطلی شروع می‌شد و هر شخصی که درگیر بود، پول زیادی از دست می‌داد. (این مثال بارز نشان می‌دهد اثرات نظریه‌ی توده‌وار سورنت چگونه به سقوط بازارها می‌انجامد.)

بحران مخ‌های بازار و پژواک بعدی آن در سال ۲۰۰۷، فقط شروع کار بود. قربانی بعدی بانک سرمایه‌گذاری ۷۵ ساله‌ی بیر استرنز[۱] در مارس ۲۰۰۸ بود. این بانک نقش عمده‌ای در نظام بانکداری سایه ایفا می‌کرد و بسیاری از وام‌های تبدیل به اوراق بهادارشده را طراحی کرده بود که به عنوان وثیقه به کار می‌رفت. وقتی نکول وام‌های رهنی مبنا روزبه‌روز تشدید شد، سپرده‌گذاران بیر استرنز نگران شدند. در اواسط ماه، بعضی مشتریان بزرگ سپرده‌های خود را مطالبه کردند. اولین این‌ها شرکت رنسانس جیمز سایمون[۲] بود که ۵ میلیارد دلار خود را می‌خواست. صندوق حفظ ارزش دیگری به نام دی‌ای‌شاو[۳] ۵ میلیارد دلار دیگر بیرون کشید. طولی نکشید که موضوع به رویداد «هجوم به بانک» کلاسیک و معمولی بدل شد، و مشتریان همگی به دست و پا افتادند که سپرده‌های خود را وصول کنند. بیر استرنز برای جلوگیری از اتلاف توان خود مجبور شد با حمایت دولت به قبضه‌ی مالکیت[۴] توسط جی‌پی‌مورگان[۵] تن بدهد.

هر زمان بر سرعت و شدت بحران افزوده می‌شد. اوج واقعی بحران در پایان تابستان بود که لهمن

---

۱. Bear Stearns

۲. James Simon

۳. D.E.Shaw

۴. takeover

۵. J.P.Morgan

برادرز[۱]، دیگر بانک سرمایه‌گذاری قدیمی و برجسته، ورشکست شد. این‌بار دولت برای نجات آن بانک وارد معرکه نشد، و با این کار بر وحشت عمومی افزوده شد. ظرف چند روز در سپتامبر، بانک سرمایه‌گذاری محتضر دیگر به نام مریل لینچ[۲] را بانک امریکا[۳] فرو بلعید. شرکت بیمه‌ای عظیم ای‌آی‌جی[۴] در مرز نابودی بود. هیچ بانکی حاضر به اعطای وام نبود، به‌ویژه به آن بانک‌هایی که همه سرنوشت نامشخصی داشتند. همه‌ی نظام بانکداریِ سایه منجمد و بی‌حرکت شد، و بازار مالی زیر این فشار فرو ریخت. در اکتبر آن سال، ۴۰ درصد از ارزش کل سهام ایالات متحد دود شد و به هوا رفت.

بی‌تردید، سوءاستفاده از مدل‌های ریاضی در این بحران نقش داشت. مراحل تبدیل به اوراق بهادارکردن وام‌های رهنی دوناعتبار و تبدیل آن‌ها به محصولاتی که مشابه قرضه بودند، بر مُدلی استوار بود که دیوید ایکس لی[۵] آمارشناس طراحی کرده بود. مدل لی یک مشکل اساسی داشت. فرض اساسی آن این بود که نکول یکی از وام‌های رهنی بر ریسک بقیه‌ی وام‌ها تأثیر نمی‌گذارد. این فرض تا جایی کار می‌کرد که نرخ نکول وام‌گیرندگان پایین باشد. اگر عده‌ی معدودی از وام‌گیرندگان نکول کنند، این عدم پرداخت‌ها روی بازار مسکن تأثیر ندارد. اما وقتی درصد زیادی از مردم نکول می‌کنند که در سال ۲۰۰۶ چنین شد، آن‌گاه دیگر مُدل لی بی‌معنا می‌شود. وقتی *عده‌ی زیادی* وام‌های رهنی خود را نمی‌پردازند، قیمت مسکن در مناطقی که نکول رخ داده، کاهش می‌یابد؛ متعاقب آن عده‌ی بیش‌تری وام‌های خود را نمی‌پردازند. مهم‌تر این‌که عدم‌پرداخت‌های گسترده مشکلات اساسی‌تری برای کل اقتصاد به همراه می‌آورد.

اما این‌که تمام تقصیر بحران ۸-۲۰۰۷ را به مدل لی و حتی وام‌های مصرفی تبدیل‌شده به اوراق نسبت بدهیم، اشتباه است. بحران تا حدی به مشکل مدل‌های ریاضی برمی‌گردد. مشکل عمده بعضی نهادهای مالی پیچیده بودند که مثل فیزیکدانان فکر نمی‌کردند. آن مدل تحت شرایط خاصی کار می‌کرد، اما مثل هر مدل دیگری، وقتی آن شرایط فراهم نبود، مدل هم کار نمی‌کرد. به نظر می‌رسد افرادی که قدرت تصمیم‌گیری در مورد مدیریت ریسک داشتند، فکر نکرده بودند

---

۱. Lehman Brothers
۲. Merrill Lynch
۳. Bank of America
۴. AIG
۵. David X. Li

که در چه شرایطی مدل لی کار نخواهد کرد. همه مشغول پول درآوردن بودند، و جانب احتیاط را رها کرده بودند. اما این همه‌ی ماجرا نبود. بروز این بحران در عین حال تقصیر سیاست‌های دولت و مقررات هم بود، چرا که بر نظام بانکداریِ سایه که نهایتاً سقوط کرد، نظارتی حاکم نبود. یا مقامات ناظر سردرنمی‌آوردند که چه خبر است و ریسک‌ها را شناسایی نکرده بودند، یا نظارت را به خود بانک‌ها واگذاشته بودند. بحران حاصل شکست در همه‌ی این جبهه‌ها بود.

لازم به توضیح است، همان‌طور که اوکانر[۱] توانست جان سالم از بحران سال ۱۹۸۷ به در برد، از این روی که محتاط‌تر از دیگران از مدل‌ها استفاده کرده بود؛ این بار هم شرکت رنسانس جیمز سایمون هوشمندتر از رقبا عمل کرد، و حتی در سال ۲۰۰۸ از بازار ۸۰٪ بازده گرفت. فرق رنسانس با سایر صندوق‌های حفظ ارزش چه بود؟ تفاوت این بود که رنسانس، برخلاف نظر بسیاری از استادان راهنمای پایان‌نامه‌ها، علم را در وال‌استریت به کار گرفت. البته، نظریات خود را علنی نکرد. برعکس، رنسانس از بقیه‌ی صندوق‌ها پنهان‌کارتر بود. کارمندان رنسانس فراموش نکردند که مثل فیزیکدانان فکر کنند، فرض‌های خود را به آزمون بگذارند، و پیوسته به مشکلات مدل‌های خود فکر کنند. بیش‌ترین مزیت شرکت به کیفیت افرادی مربوط می‌شود که آن‌جا کار می‌کنند؛ این افراد در هر حال زیرک‌تر و باهوش‌تر از دیگر مُخ‌های بازار بوده‌اند. هم‌چنین، ساختار شکل‌گرفته در شرکت نیز مهم بوده است. شرکت گروه بزرگی از پژوهشگران بسیار علاقه‌مند را در اختیار داشت که ۴۰ ساعت از وقت‌شان در هفته آزاد بود تا هر طور که دوست داشتند روی نظریات و دیدگاه‌های خود کار کنند. آن‌ها بیش از هر چیز دیگر به اصل خود یعنی فیزیک برگشتند تا توانایی‌های خود را بیش از دیگران شکوفا کنند. شرکت رنسانس نشان داد که بهره‌گیری از دقایق و ظرایف ریاضی علاج بیماری است، نه خود بیماری.

در روزهای آغازین سال ۲۰۱۲ که این کتاب را به پایان می‌برم، اقتصاد جهان هنوز از بحران سال ۲۰۰۸ سر بر نیاورده است. حتی به نظر می‌رسد که در انتظار سقوطی دیگر است. هیچ‌کس هم انتظار ندارد که بهبودی سریع از راه برسد. دولت اوباما پیش‌بینی کرده که تا اواخر سال ۲۰۱۲، بیکاری به حدود هشت درصد برسد، و نرخ تولید ناخالص داخلی رشد ضعیفی داشته باشد. هر دو حزب سیاسی امریکا همان حرف‌هایی را می‌زنند و همان سیاست‌های تکرارشده و شکست‌خورده‌ای را پیش

---

۱. O'Connor

می‌کشند که نسل‌های پیاپی از آن‌ها حرف زده‌اند. این البته مختص به ایالات متحده امریکا نیست؛ بیش‌تر کشورهای اروپای جنوبی نمی‌توانند بدهی‌های دولتی را بازپرداخت کنند، و به‌رغم تلاش‌های گسترده‌ی آلمان، به‌سختی می‌شود آینده‌ی مثبتی برای یورو پیش‌بینی کرد. حتی در چین و هند شاهد کندشدن نرخ‌های رشد هستیم. چشم‌انداز اقتصاد جهانی تاریک می‌نماید. جالب این‌که به نظر نمی‌رسد کسی برای درست‌کردن اوضاع راه‌حلی در اختیار داشته باشد.

گویی ضرب‌المثل لاتینی بسیار کهنی زبان‌حال شرایط جاری است: « *Extremis Malis Extrema Remedia*»؛ یعنی «هر چه بیماری صعب‌تر، درمان دشوارتر.» این روزها بیش از هر چیز به منبع جدیدی از اندیشه‌های اقتصادی نیازمندیم. به همین علت باید به پیشنهاد واینستین برگردیم که می‌گوید به مطالعه‌ی تحقیقاتی میان‌رشته‌ای بزرگ‌مقیاس نیاز داریم. ما در گذشته هم جوامع علمی امریکا و اروپا را بسیج کرده و در نتیجه دنیا را برای همیشه عوض کرده‌ایم. وقت‌آن است که بار دیگر دست به کاری بزنیم، و پیشنهاد من‌آن است که با توجه به سابقه‌ی تاریخی مثبت کاربرد نظریات فیزیک در مالی که در این کتاب شرح دادیم، و مسیرهای نویدبخش مطالعات واینستین و مالونی، این کار را پیش بریم. البته، این بار فقط به دنبال پیداکردن ابزار جدید نیستیم، بلکه برای کارکرد منظم اقتصادهای جهان، به‌دنبال مجموعه‌ای از ابزارها می‌گردیم.

توجه داشته باشید که طی دهه‌های اخیر و به‌ویژه در جریان بحران ۸-۲۰۰۷، دولت امریکا و دستگاه‌های ناظر آن همواره یک قدم از ساده‌ترین بانک‌ها و مؤسسات سرمایه‌گذاری عقب‌تر بوده‌اند. در قیاس با مؤسساتی که واقعاً نوآوری داشته‌اند، این عقب‌افتادگی چند قدم بوده است. وقتی بانک‌ها در طول زمانِ منتهی به بحران نتوانستند ریسک وام‌های تبدیل‌شده به اوراق را درست ارزیابی کنند، هیچ‌کس نبود که نشان دهد نظام بانکداری سایه بر شالوده‌ای پوشالی استوار است. تازه پس از وقوع بحران بود که کنگره به تهیه‌ی مقررات بانکی جدیدی روی آورد، و حتی در آن زمان هم مقررات جدید به تغییر سیاست‌هایی ابتدایی منجر شد که برای مقابله با ریسک‌های گذشته طراحی شده بود.

این وضعیت می‌باید کاملاً زیرورو شود. ما با کمال میل برای فعالیت‌های امنیتی و مقابله با تروریسم بودجه‌های سرشار اختصاص می‌دهیم. اما سقوط بازارها در سال ۲۰۰۸ اگر صدمات اقتصادی بیش‌تر از خرابکاری ۱۱ سپتامبر نداشته باشد، صدماتش کم‌تر هم نبوده است. ما باید همان منابع را که برای ایمنی خود در مقابل سایر خطرها صرف می‌کنیم، به دفع بلایای اقتصادی اختصاص دهیم.

سازمان‌هایی چون فدرال رزرو، کمیسیون بورس و اوراق بهادار، و حتی بانک جهانی باید بازیگران اصلی و ماهر این بازی باشند. اگر این گروه‌ها از عهده‌ی کار برنمی‌آیند، ما به سازمان‌های تحقیقاتی جدیدی نیاز داریم که خود را وقف پژوهش‌های اقتصادی میان‌رشته‌ای کنند و آن مراجع را هدایت کنند. افرادی که در چنین سازمان‌هایی کار می‌کنند و مسؤول اداره‌ی اقتصاد جهانند، باید در حد و اندازه‌ی افرادی باشند که در شرکت رنسانس کار می‌کنند. در واقع، باید بهتر از آنان باشند.

منابع