ماهنامه همگانی دانش و مهندسی کامپیوتر

سال۳۰ شماره ۲۷۹ آذر ۱۳۹۹ ۱۶صفحه بها: ۱۰۰۰۰تومان

ریزپردازنده

www.rizpardazandeh.com

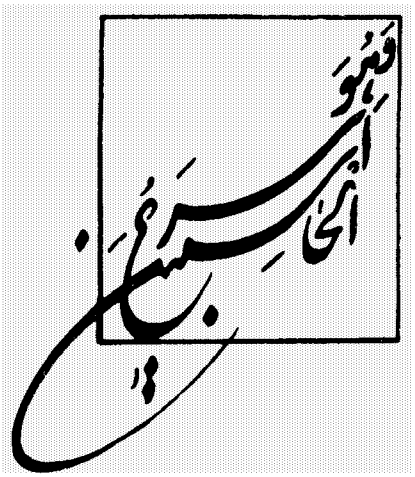
ISSN: 2008-2088

- اینترنت آدم‌ها:

علیه خدایان:
داستان شگفت‌انگیز ریسک

- بهشت‌سازان در برابر بهشت‌بَران و بهشت‌فروشان
- الگوریتم
- چرا خیام ریاضی‌دان کاشف نظریه احتمالات نشد؟
- آثاری از کهن‌ترین بازی‌های جهان در ایران
- نظریه آشوب
- چهار تحول بزرگ تاریخ رایانش

www.rizpardazandeh.com



ریزپردازنده

ماهنامه همگانی دانش و مهندسی کامپیوتر

سال۳۰، شماره ۲۷۹، انتشار آذر ۱۳۹۹

شماره شاپا: ۲۰۸۸-۲۰۰۸ (ISSN: 2008-2088)

- صاحب امتیاز و مدیر مسئول: علیرضا محمدی‌فر
- تلفن ماهنامه ریزپردازنده: ۸۸۴۳٤۱٦۹
- تلفن همراه: ۰۹۱۲-٥٤۹٥٥٤٦
- نمابر: ۸۸٤۲۱۱۷۰
- نشانی: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/٦٥۹۱، مجله ریزپردازنده (سهروردی، نیکان، پلاک۲۳)
- نشانی وب: http://www.rizpardazandeh.com
- ایمیل: rizpardazandeh@gmail.com
- کانال تلگرام: rizpardazandeh@
- چاپ: امین ۸۸٤۱۷۹٦۸ (سبلان، شهیدعلی‌اصغرنوری، شماره۱٦٦، کدپستی۱٦۳۷٦٤۹۷٤۷)
- صحافی: ایمان ۸۸٤۰۲٤۲٤
- اشتراک (شرکت‌ها، سازمان‌ها، ادارات): ۸۸۴۳۴۱۶۹ و ۰۹۱۲-٥٤۹٥٥٤٦

- اینترنت آدم‌ها (٤۲): علیه خدایان: داستان شگفت‌انگیز ریسک/۳
- بهشت‌سازان در برابر بهشت‌بَران و بهشت‌فروشان/٥
- نظریه آشوب /۱٤
- اتخاذ تصمیمات غیرمنطقی انسان‌ها و خطاهای رایج شناختی/۱٥
- چهار تحول بزرگ تاریخ رایانش/۱٦

فرم اشتراک ریزپردازنده

برای شرکت‌ها، سازمان‌ها، ادارات

□ برای اشتراک، مبلغ ذکرشده را به حساب جاری سیبا شماره ۰۱۰۲۱۷۹۴۰۹۰۰۸ بانک ملی ایران به نام علیرضا محمدی‌فر (شناسه شبا IR86 0170 0000 0010 2179 4090 08) واریز و تصویر فیش را به همراه تصویر فرم پرشده زیر به نشانی rizpardazandeh@gmail.com ایمیل کنید.

□ بهای اشتراک یک‌ساله: یکصد و بیست هزار تومان

○ نام ونام خانوادگی: ○تلفن:

○تلفن همراه: ○ نمابر:

○ ایمیل:

○ نشانی:

○ کد پستی:

اطلاعیه مهم

ریزپردازنده

با توجه به شیوع ویروس کرونا، برای رعایت امور بهداشتی، تا اطلاع ثانوی نسخه چاپی برای مشترکان ارسال نخواهد گردید. نسخه PDF این شماره را به رایگان می‌توانید از وبگاه *ماهنامه ریزپردازنده* (http://www.rizpardazandeh.com) یا کانال rizpardazandeh@ در تلگرام دریافت کنید.

اینترنت آدم‌ها

علیه خدایان: داستان شگفت‌انگیز ریسک

□ **علیرضا محمدی‌فر**

طاعون و وبا و همه‌گیری‌های کشنده در دوران باستان و قرون وسطی به ناخشنودی و خشم خدایان و سرنوشت انسان نسبت داده می‌شد. چنین تفکری راهی جز تسلیم در برابر این فجایع طبیعی باقی نمی‌گذاشت. امروز اما دانشگاهیان (یا کسانی که در پاره‌ای از شماره‌های گذشته از آنها به عنوان **بهشت‌سازان** یاد کردیم) دفاعی چندلایه را در برابر چنین فجایعی توصیه می‌کنند. به عنوان مثال، بهره‌گیری از **حساب احتمالات** و **مدیریت ریسک**، و **تصمیم‌سازی**[1] **بر بنیاد دانش**، نخستین خط دفاعی در برابر ویروس مهلک **کرونا** بوده است.

این دفاع چندلایه چگونه به وجود آمده است؟ پاسخ به زبان ساده چنین است: **ذخیره و گردآوری داده‌ها** در مرحله اول، **بازیابی و پردازش داده‌ها** برای رسیدن به **اطلاعات** و **دانش** در مرحله دوم، **آنالیز** یا تجزیه و تحلیل اطلاعات و دانش برای **مدیریت ریسک** و **تصمیم‌سازی** در مرحله سوم، و سرانجام اجرای تصمیمات.

در شماره گذشته **ذخیره و بازیابی داده‌ها** را از قدیمی‌ترین روش‌های ثبت و ذخیره داده‌ها میان انسان‌های نخستین بر روی سنگ‌ها و دیواره غارها، مانند سنگ‌نگاره‌های **تیمره** در **خمین** یا غارنگاره غار **یافته** در **لرستان** تا امروز که چند سالی است به **عصر کلان‌داده‌ها** (**big data**) شهرت یافته است بررسی کردیم. با مطرح‌شدن **کلان‌داده‌ها** در دهه گذشته، برای این که این دوران با دوران پیش از آن متمایز شود دوران پیشین به **دوران خُرد-داده‌ها** (**small data**) شهرت یافته است.

برای داوری این که روش‌های امروزیِ تصمیم‌سازی **بهره‌وری** را افزایش می‌دهند یا نه، قابل اعتماد هستند یا غیرقابل اعتماد، یا به **رفرم** نیاز دارند یا نه، باید با کل داستان تصمیم‌سازی و روش‌های **حل مسئله**[2] از ابتدا آشنا باشیم. به ویژه، فهم تاریخ فهمی ژرف‌تر درباره جایگاه امروزمان و جایگاهی که در آینده خواهیم داشت به ما می‌دهد. تجربه‌های فراوان نیز نشان داده است که شناخت روند آینده به شناخت روندی که در گذشته در جریان بوده است نیاز دارد. از همین روی، در این شماره به سیر تکامل نظریات مورد استفاده در تصمیم‌سازی و حل مسئله می‌پردازیم که می‌توانسته‌اند **آینده** را برای انسان کارآمدتر کنند.

شایان ذکر است که مطالعات درباره **تصمیم‌سازی** در رشته‌های مختلف علمی انجام می‌گیرد: کامپیوتر و ریاضیات، جامعه‌شناسی، روان‌شناسی، اقتصاد، علوم سیاسی، و غیره. به عنوان مثال، مورخان تصمیم‌ها و انتخاب‌های رهبران را که در مقاطع حساس زمانی گرفته‌اند تجزیه و تحلیل می‌کنند. این مقاله به بررسی تکامل روش‌های (یا الگوریتم‌های) تصمیم‌سازی، به ویژه **مدیریت ریسک** در دوران **خُرد-داده‌ها** از گذشته‌های دور تا رنسانس و تا دوران مدرن می‌پردازد و در ادامه در شماره آینده به روش‌های تصمیم‌سازی در دوران **کلان‌داده‌ها** خواهیم پرداخت. **پردازش** الگوریتم‌های مورد استفاده در دوران **خُرد-داده‌ها** از ابتدا به طور **دستی** و از دهه ۱۹۴۰ بیشتر با کامپیوترهای الکترونیک انجام گرفته است (**پردازش** با ابزارهای محاسبه مکانیکی ساخته‌شده در دوران پیش از کامپیوترهای الکترونیک را که توان محدودی داشته‌اند **پردازش** دستی در نظر

مدیریت ریسک و تصمیم‌سازی ← **آنالیز اطلاعات و دانش** ← **بازیابی و پردازش داده‌ها** ← **ذخیره و گردآوری داده‌ها**

[1] decision making

[2] problem solving

گرفته‌ایم). گذار از دوران **خُرد–داده‌ها** به دوران **کلان‌داده‌ها** یکی از دلائل گذار از **عصر آدم** به **عصر سایبورگ** است که توضیحات آن بعداً خواهد آمد.

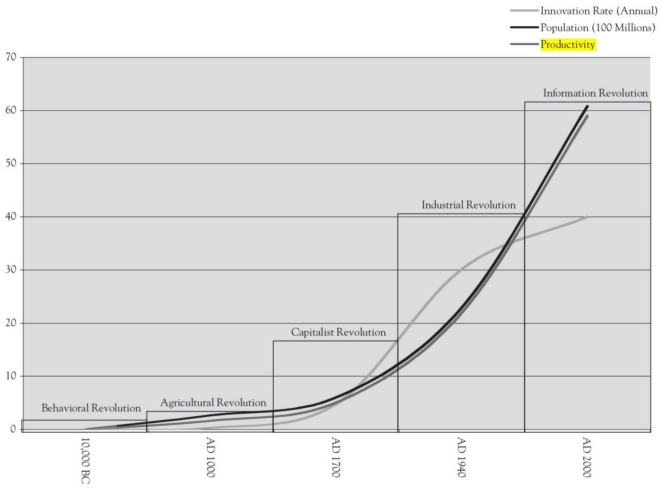
برای بررسی تاریخِ الگوریتم‌های مدیریت ریسک و تصمیم‌سازی (حساب آمار و احتمالات)، از چکیده کتاب پرخواننده و ارزشمند «**علیه خدایان: داستان شگفت‌انگیز ریسک**[3]» نوشته **پیتر برنشتاین** (1919-2009)، اقتصاددان و مورخ اقتصاد، بهره گرفته‌ایم که پیشرفت‌ها از دوران رنسانس تا دوران مدرن را به دقت و به گونه‌ای خواندنی تحلیل کرده است، هر چند، در مورد دوران پیش از رنسانس، به جز مطالب مربوط به یونان باستان، ضعف‌هایی نیز دارد. به عنوان مثال، با آن که به نقش بسیار بزرگ و تحول‌آفرین **خوارزمی** در تاریخ علم واقف است و این نقش را به خوبی در کتاب عنوان کرده است، و یا به نقش ارزشمند **خیام** در ریاضیات اشاره می‌کند، به طور ضمنی و به اشتباه این دانشمندان ایرانی را عرب دانسته است؛ و یا به جز این دو ریاضی‌دان مشهور آثار پاره‌ای از دانشمندان مطرح در دوران تمدن اسلامی و تألیفات آنها در زمینه حساب احتمالات را نادیده گرفته است، مانند آثار **خلیل بن احمد فراهیدی** (۷۱۷–۷۸۶)، زبان‌شناس، یا **ابویوسف الکندی**(۸۰۱–۸۷۳)، ریاضی‌دان و فیلسوف عرب.

کلان‌داده‌ها (Big Data)	**خُرد–داده‌ها (Small Data)**
از سال ۲۰۱۰ میلادی	**از ۴۰۰۰۰سال پیش**

با این همه، این کتاب در بیان تاریخ الگوریتم‌های مدیریت ریسک و تصمیم‌سازی از رنسانس به بعد _ که مهم‌ترین دوران این تاریخ است _ بسیار خوب عمل کرده است و چکیده آن در این مقاله می‌تواند مقدمه خوبی برای مقاله بعدی ما درباره «**کلان‌داده‌ها، آنالیتیک**[4]، **و سیستم‌های پشتیبان تصمیم**» باشد که در شماره بعدی **ماهنامه ریزپردازنده** خواهد آمد، و می‌تواند به فهم بهترمان از روند **فناوری‌های پشتیبان تصمیم‌سازی** آینده کمک کند.

کنترل آینده

برنشتاین از روزهای تاریکی در دوران پیش از رنسانس می‌گوید که مردم باور داشتند که آینده صاحب یا صاحبانی قدرت‌مند دارد و آنها هیچ کنترلی روی رویدادهای آن ندارند. در نتیجه، برای کسب اطلاعاتی درباره آنچه آن صاحب یا صاحبان قدرت‌های بزرگ‌تر برای‌شان تقدیر کرده‌اند به کشیش‌ها، جادوگران، و غیب‌گویان مراجعه می‌کردند.



منحنی بهره‌وری از ۱۲۰۰۰سال پیش تا امروز

دو خطی که در کنار هم هستند و هم‌آوایی دارند یکی به افزایش جمعیت از ۱۲هزار سال پیش به این سو اشاره دارد (خط سیاه)، و دیگری به بهره‌وری (خط نیمه‌روشن). خط سوم در نمودار به نوآوری در ۱۲هزارسال گذشته اشاره دارد (خط روشن).

منبع:

Poe, Marshal T. *A History of Communications: Media and Society from the Evolution of Speech to the Internet*. 2011 Cambridge University Press.p260.

[3] Bernstein. Peter L. *Against The Gods: The remarkable Story of Risk*. 1998 John Wiley & Sons.
[4] analytics

بهشت‌سازان در برابر بهشت‌بَران و بهشت‌فروشان

برنشتاین دو عامل مهم را در کتاب خود ذکر می‌کند که سبب شد اروپاییان به سوی تسخیر آینده بروند و به جای راه مرسومی که روحانیان به عنوان متخصصان **بهشت‌بَری**، توصیه می‌کردند، یعنی اجرای پاره‌ای از مناسک دینی برای رسیدن به بهشت آسمانی در جهان پس از مرگ، به سوی **بهشت‌سازی** در همین جهان گام بردارند. این نگرش جدید تحولی بزرگ در زندگی بشر پدید آورد و از آن هنگام تا به امروز سبب گردید که **بهره‌وری** با شتابی فراوان افزایشی چشمگیر پیدا کند (برای اطلاعات بیشتر به مقاله «**منحنی بهره‌وری از ۱۲۰۰۰ سال پیش تا امروز**» در شماره ۲۷۵ صفحه ۸ **ماهنامه ریزپردازنده** مراجعه کنید).

عامل اول که عامل مهم‌تر است آشنایی اروپاییان با **دستگاه عددنویسی دهدهی** مشهور به **اعداد هندی-عربی** دربردارنده عدد **صفر** بوده است، که با ترجمه کتاب‌های **خوارزمی**، ریاضی‌دان مشهور ایرانی، به لاتین تحقق یافت. بی‌جهت نیست که در مقاله «**تحلیل تاریخ و کمونیسم شهر هوشمند اشرافی**» در شماره ۲۷۲ **ماهنامه ریزپردازنده**، پذیرش این دستگاه عددنویسی در اروپا (و بخش‌های بزرگی از جهان آن روز) را تحت عنوان «**رفرم بزرگ اول: پیروزی الگوریتم‌ها**» به عنوان یکی از چهار تحول بزرگ در زندگی انسان تقسیم‌بندی کردیم.

اکثر روش‌های عددنویسی آن روزگار در اروپا ناکارآمد بودند. برای درک این ناکارآمدی کافی است ضرب‌کردن عدد لاتین XXXIV در XXXV را امتحان کنید. دستگاه عددنویسی هندی (که شامل عدد صفر بود) محاسبات را بسیار آسان کرد.

برنشتاین به خوبی از اهمیت فراوان نقش دستگاه عددنویسی هندی دارای عدد صفر در پیشرفت علمی آشناست:

«بدون این اعداد حساب احتمالاتی وجود نمی‌داشت؛ بدون حساب احتمالات، تنها راه برخورد با **ریسک** دعا به درگاه خدایان و سرنوشت بود. ریسک بدون اعداد موضوعی کاملاً الهامی می‌شد.

ما در دنیای اعداد و محاسبات زندگی می‌کنیم، از ساعتی که با آن بیدار می‌شویم، تا کانال تلویزیونی‌ای که تعویض می‌کنیم. اصلاً بیشتر کارهایی که روزانه انجام می‌دهیم به اعداد نیاز دارند؛ مثلاً هنگامی که پیمانه‌های چای خشک را در قوری می‌ریزیم، شماره‌تلفن یک دوست را می‌گیریم، مقدار بنزین باک خودرو و سرعت خودرو را وارسی می‌کنیم، یا دکمه آسانسور را می‌فشریم، با اعداد سرو کار داریم.

برای ما تصور زندگی بدون عدد مشکل است. اما اگر روح یک شخص به خوبی تحصیل‌کردهٔ سال ۱۰۰۰ میلادی را احضار کنیم، به احتمال بسیار زیاد عدد صفر را نمی‌شناسد، و از عهده محاسبات ریاضی کلاس سوم دبستان بر نخواهد آمد؛ تعداد اندکی از آدم‌های سال ۱۵۰۰ میلادی شاید بتوانند بهتر باشند.»[5]

او داستان دستگاه عددنویسی هندی در غرب را از سال ۱۲۰۲ میلادی آغاز می‌کند. البته از این تاریخ حدود ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا اروپا این **رفرم بزرگ** را بپذیرد و از اعداد جدید بهره بگیرد.

«داستان اعداد از سال ۱۲۰۲ آغاز می‌شود. در این سال، **لئوناردو پیزانو**[6] (**فیبوناچی**) در ۲۷ سالگی کتابی خطی (غیرچاپی) تحت نام «**Liber Abaci**» یا «**کتاب چرتکه**» را در ۱۵ فصل منتشر می‌کند؛ دستگاه چاپ در این زمان وجود نداشت، باید ۳۰۰ سال می‌گذشت تا به اختراع چاپ می‌رسیدیم. این کتاب مورد حمایت **فردریش دوم، امپراطور مقدس روم**[7]، قرار گرفت. کمتر نویسنده‌ای می‌توانست چنین حمایتی را به دست بیاورد.

لئوناردو پیزانو در اکثر عمر خود به عنوان **فیبوناچی**[8] مشهور بوده است، نامی که امروزه نیز به آن شهرت دارد. نام کوچک

[5] Bernstein, *Against The Gods*, p.23.
[6] Leonardo Pisano
[7] Holy Roman Emperor, Frederick II
[8] Fibonacci

پدر او **بوناچیو**[9] بود و **فی-بوناچی**[10] کوتاه‌شده عبارت «**پسر بوناچیو**» است. شگفت آن که **بوناچیو** به معنی «هالو» و **فیبوناچی** به معنی «کله‌پوک» است. پدر **فیبوناچی** نمی‌توانست آدم هالویی باشد، چون در چندین شهر مختلف به عنوان کنسول **پیزا** کار کرده بود. **فیبوناچی** هم که به عنوان یکی از نوابغ ریاضیات شهرت پیدا کرده است، مطمئناً کله‌پوک نبود.

فیبوناچی هنگامی که به شهر بندری **بجایا**[11] در الجزایر رفته بود، که در آنجا پدرش به عنوان کنسول پیزا خدمت می‌کرد، به نوشتن کتاب «Liber Abaci» مصمم شد. هنگامی که **فیبوناچی** آنجا بود یک ریاضی‌دان عرب شگفتی‌های اعداد هندی را برای **فیبوناچی** آشکار کرد. هنگامی که **فیبوناچی** همه محاسباتی را دید که این سیستم ممکن می‌ساخت _ محاسباتی که با اعداد حرفی رومی بسیار دشوار و ناممکن بود _ او تصمیم گرفت که با سفر به مصر، سوریه، یونان، و سیسیل تا جای ممکن درباره این اعداد آموزش ببیند.

نتیجه کتابی بود که با هر استانداردی یک کتاب خارق‌العاده به شمار می‌رود. **کتاب چرتکه** یا «Liber Abaci» مردم را از یک دستگاه عددنویسی جدید آگاه کرد که می‌توانست جایگزین سیستم‌های عبری، یونانی، و رومی شود، که از حروف برای شمارش و محاسبات استفاده می‌کردند. این کتاب به سرعت مورد استقبال ریاضی‌دانان ایتالیا و سراسر اروپا قرار گرفت.

او در این کتاب علاوه بر روش‌های محاسبه با اعداد جدید، انواعی از کاربردهای این اعداد را نیز توضیح داد، مانند حساب‌داری، تبدیل واحدهای وزن، و حتی محاسبه بهره، که در بسیاری از نقاط اروپا ممنوع بود.

با این همه، فیبوناچی به دلیل یک بخش کوتاه در کتاب «Liber Abaci» که به چیزی شبیه به یک معجزه ریاضیات انجامیده است شهرت یافته است: **دنباله فیبوناچی**.

مارپیچ فیبوناچی یکی از کاربردهای این دنباله است که نسبت‌های اندازه‌های بسیاری از اشکال طبیعی، مانند شکل پاره‌ای از کهکشان‌ها یا شاخ بز کوهی را به دست می‌دهد.

پاره‌ای از مردم بر این باورند که **اعداد فیبوناچی** می‌توانند در انواع گسترده‌ای از پیش‌بینی‌ها، به ویژه پیش‌بینی بازار سهام به کار گرفته شوند.

الگوریتم

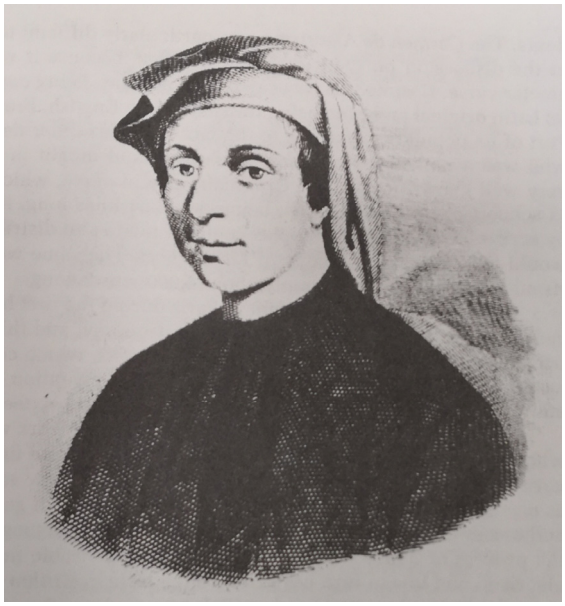
برنشتاین در کتاب خود درباره نحوه به وجود آمدن واژه **الگوریتم** از تلفظ نام «**الخوارزمی**» در اروپا به نکته جالبی اشاره کرده است (در صفحه XXXIII):

قدیمی‌ترین اثر در زمینه محاسبه با اعداد هندی-عربی را خوارزمی، ریاضی‌دانی که در حدود سال ۸۲۵ میلادی می‌زیست، یعنی حدود چهارصد سال پیش از فیبوناچی، نوشته است. با آن که ما کمتر از آثار او شنیده‌ایم، در یک مورد به طور غیرمستقیم او را می‌شناسیم. نام «al-Khowârizmî» را با سرعت بگویید. اینجاست که به واژه «الگوریتم» می‌رسیم، که به معنی قواعد رایانش یا محاسبه است. خوارزمی نخستین ریاضی‌دانی بود که قواعدی را برای جمع‌کردن، تفریق‌کردن، ضرب‌کردن، و تقسیم‌کردن با اعداد جدید هندی تدوین کرد. در یک کتاب دیگر، «حساب الجبر والمقابله» یا «علم جابه‌جایی و حذف»، او عملیات پردازش معادلات جبری را شرح می‌دهد.□

کتاب **فیبوناچی** نخستین گام ویژه در اندازه‌گیری عامل اصلی کنترل ریسک بوده است. اما جامعه هنوز آماده ربط‌دادن اعداد به ریسک نبود. در روزگار **فیبوناچی**، اکثر مردم هنوز فکر می‌کردند که ریسک از ناپایداری و متغیربودن طبیعت ناشی می‌شود. مردم مجبور بودند که ریسک‌های مصنوعی را آموزش ببینند و شجاعتِ جدال با سرنوشت را کسب کنند. پذیرش دستگاه عددنویسی جدید در اروپا بیش از دویست‌وپنجاه سال طول کشید.

[9] Bonaccio
[10] fillius Bonaccio
[11] Bugia

با وجود پشتیبانی **فردریش دوم** از کتاب **فیبوناچی**، و انتشار گسترده این کتاب در اروپا، رواج اعداد هندی با مقاومت‌های مخالفان بیش از دویست‌وپنجاه سال به تأخیر افتاد. اختراع چاپ با حروف قابل تعویض در اواسط قرن پانزدهم شتاب‌دهنده‌ای شد برای پذیرش گسترده اعداد جدید. حالا از این پس **جدول‌ضرب‌های خوارزمی** را همه دانش‌آموزان در دبستان باید می‌آموختند. سرانجام، حساب احتمالات مطرح شد و با نخستین کاربردهای قوانین احتمالات، قماربازی بُعد کاملاً جدیدی به خود گرفت.



نخستین تلاش گسترده برای معرفی اعداد هندی را لئوناردو فیبوناچی با انتشار کتاب خطی «Liber Abaci» (کتاب چرتکه) انجام داد.

عکس از

Williams, Michael R. (Michael Roy) (date), "In the beginning". *A history of computing thecnology*. Prentice-Hall International (UK) Limited. p.23. ISBN 0-13-389917-9

به این ترتیب، با رواج اعداد هندی در اروپا یکی از بزرگ‌ترین تحولات در زندگی بشر رقم می‌خورد.

برنشتاین درباره علت تحول بزرگی که رواج اعداد هندی پدید آورد در مقدمه کتاب خود چنین گفته است:

«آنچه هزاران سال تاریخ را از امروز که آن را به عنوان دوران مدرن می‌شناسیم متمایز می‌کند چیست؟ پاسخ فراتر از پیشرفت علم، فناوری، سرمایه‌داری، و دموکراسی است.

این گذشته باستان پر از دانشمندان، ریاضی‌دانان، مخترعان، مهندسان، و فیلسوفان سیاسی برجسته است. صدها سال پیش از تولد مسیح، نقشه آسمان‌ها کشیده شد، کتابخانه بزرگ اسکندریه ساخته شد، و هندسه اقلیدسی تدریس شد. ذغال‌سنگ، نفت، و مس هزاران سال در خدمت انسان بوده است، و سفر و ارتباطات از ابتدای تمدن ثبت‌شده وجود داشته است.

نظریه انقلابی‌ای که مرز بین دوران مدرن و گذشته را تعریف می‌کند **کنترل ریسک** است: این نظر که آینده فراتر از وسوسه‌های خدایان است و مردان و زنان در برابر طبیعت منفعل نیستند. تا هنگامی که انسان روشی را برای راه‌یافتن به طرف دیگر این مرز کشف نکرده بود، آینده قلمروی تاریک پیش‌گویان و غیب‌گویانی بود که بر دانش رویدادهای پیش‌بینی‌شده انحصار پیدا کرده بودند.»

گنبد بزرگ کلیسای جامع فلورانس را «فیلیپو برنلسکی» در سال ۱۴۳۶ میلادی به پایان رساند. این گنبد بزرگ‌ترین گنبد آجری دنیاست. این گنبد بزرگ و درون کاملاً بزرگ و ساده آن گواه بر این است که مذهب به معنی واقعی کلمه به زمین آورده شده است. این بنا یکی از تأثیرگذارترین پروژه‌های رنسانس بوده است.
(عکس از مژده حمزه تبریزی)

برنشتاین یک علت نگرش‌های منفعلانه دوره پیش از رنسانس را زاده تمدن یونان باستان می‌داند:

«یکی از دلایلی که ریاضی‌دانان یونانی به مطالعه **احتمالات** نپرداختند آن بود که اعتقاد داشتند خدایان کنترل جهان را در دست دارند و هر مطالعه‌ای درباره کنترل جهان عبث است. یونانیان برای این که بدانند فردا چگونه خواهد بود به جای رجوع به فیلسوفان دانای خود به پیش‌گویان مراجعه می‌کردند. آنها بر این باور بودند که نظم فقط در آسمان‌ها یافت می‌شود، که در آن سیارات و ستاره‌ها در جایی که باید باشند ظاهر می‌شوند. کمال در بهشت به معنی بی‌نظمی در زمین بود.»

در هر حال، **برنشتاین** عامل دومی را که سبب شد جهان غرب در پی کنترل ریسک پژوهش کند در فرهنگ جدیدی می‌داند که رنسانس پدید آورد.

«اما اعداد عربی برای استنباط‌کردن این که می‌توان مفهوم خارق‌العاده احتمالات سیستماتیک را جایگزین تصادف و اتفاق کرد و پذیرفتن این نظریه که آینده می‌تواند قابل پیش‌بینی و حتی تا حدودی قابل کنترل باشد برای اروپاییان کافی نبود. این پیشرفت باید منتظر این درک انسان می‌ماند که انسان‌ها کاملاً در برابر سرنوشت خود بی‌پناه نیستند، و سرنوشت جهانی آنها همیشه توسط خداوند تعیین نمی‌شود. از همین روی، رنسانس و رفرمیسم پروتستان صحنه را برای کنترل ریسک باید آماده می‌کردند.»

«پیش از آن که جامعه بتواند مفهوم ریسک را در فرهنگ خود به کار بگیرد باید تغییر اتفاق بیفتد، نه در نگاه به اکنون، بلکه در نگاه به روندهای آینده. تا زمان رنسانس مردم فکر می‌کردند که آینده کمی بیش از موضوع سرنوشت نیست یا صرفاً نتیجه تغییرات تصادفی است، و اکثر تصمیمات آنها به طور غریزی و حسی گرفته می‌شود. هنگامی که شرایط زندگی به گونه‌ای جدی به طبیعت پیوند خورده است چیزی برای کنترل انسان باقی نمی‌ماند.»

«رنسانس در قرون ۱۴ تا ۱۶ پیامدهای ژرفی را به جای گذاشت. **مارتین لوتر** افکار جدید خود را مطرح کرده بود؛ و هاله از اکثر نقاشی‌های عیسی مسیح، حضرت مریم، و قدیسان حذف شده بود. **ویلیام هاروی**[12] با کشف گردش خون آموخته‌های پزشکی باستان را دور انداخته بود. **رامبراند** نقاشی «**درس آناتومی**[13]» را با بدن سرد، سفید، و لخت جنازه انسان کشیده بود. در چنین محیطی، بالاخره حتماً یک نفر پیدا می‌شد که نظریه احتمالات را ارائه کند، حتی اگر **شوالیه دو مر**[14] هیچ‌گاه با **پاسکال**[15] مواجه نمی‌شد _ ملاقاتی که **پاسکال** را به کشف نظریه احتمالات ترغیب کرد (که شرح آن بعداً خواهد آمد).»

«همین که مسیحیت در جهان غرب گسترش یافت، اراده یک خداوند به عنوان راهنمای نشان‌دهنده آینده پدیدار شد، و جایگزین خدایان متنوعی شد که مردم از گذشته‌های دور آنها را می‌پرستیدند. این وضعیت یک جابه‌جایی مهم در ادراک جامعه به وجود آورد، البته **آینده** زندگی بر روی زمین همچنان به صورت یک معما باقی ماند، اما حالا توسط قدرتی تجویز می‌شد که تصمیمات و استانداردهایش برای همه کسانی روشن بود که وقت می‌گذاشتند و آنها را یاد می‌گرفتند.

هنگامی که برخورد با آینده به موضوعی تبدیل شد که دو عامل رفتار اخلاقی و سرنوشت در آن دخیل شدند، آینده دیگر به اسرارآمیزی گذشته نبود. با وجود این، بازهم با هیچ نوع ریاضیاتی هم‌خوانی نداشت. مسیحیان اولیه پیش‌بینی‌های خود را به آنچه پس از مرگ روی می‌دهد محدود کردند، اهمیتی نداشت که چقدر عمیقاً دعا می‌کردند و چقدر از خداوند می‌خواستند که بر رویدادهای دنیوی به نفع آنها اثر بگذارد. با این همه، پژوهش‌ها برای یک دنیای بهتر ادامه یافت.»[16]

«در هر حال، رنسانس تغییراتی اساسی پدید آورد. حالا برخلاف گذشته این آسمان و بهشت هستند که اسرارآمیز می‌نمایند. گنبد بزرگ کلیسای جامع فلورانس و درون کاملاً

[12] William Harvey
[13] Anatomy Lesson
[14] Chevalier de Mere
[15] Blaise Pascal
[16] Bernstein, *Against The Gods*, p19.

بزرگ و ساده آن گواه بر این است که مذهب به معنی واقعی کلمه به زمین آورده شده است. معمار این گنبد مشهور **فیلیپو برونلسکی**[17] معمار و مهندس مشهور ایتالیایی بوده است.»

ریشه واژه «ریسک»

واژه «ریسک» از واژه ایتالیایی کهن risicare گرفته شده است، که به معنی «جرأت‌کردن» است. در این معنی، ریسک یک انتخاب است نه یک سرنوشت. داستان کامل ریسک داستان همه کارهایی است که ما جرأت می‌کنیم انجام بدهیم، که به میزان آزادی انتخاب‌های‌مان بستگی دارد، و این داستان به ما کمک می‌کند که آنچه را انسان می‌نامیم تعریف کنیم.

برنشتاین

برنشتاین در ادامه مقدمه کتاب خود هدف نگارش این کتاب را شرح می‌دهد:

کتاب «**علیه خدایان: داستان شگفت‌انگیز ریسک**» داستان گروهی از متفکران را بازگو می‌کند که نگاه خارق‌العاده خود را در نحوه به‌خدمت‌گرفتن آینده برای حال نشان داده‌اند. آنها با نشان‌دادن نحوه درک **ریسک**، اندازه‌گیری آن، و وزن‌دهی پیامدهای آن به مردم دنیا **ریسک‌کردن** و مخاطره‌جویی را به یکی از عوامل شتاب‌دهنده مهمی تبدیل کردند که جامعه مدرن غربی را به حرکتی پرشتاب در آورد. آنها همچون **پرومته** از خدایان نافرمانی کردند و تاریکی را در جست‌وجوی روشنایی‌ای کاوش کردند که آینده را از یک دشمن به یک فرصت تبدیل می‌کند. این گذار به سوی **مدیریت ریسک** که با دستاوردهای آنان برانگیخته شد عشق تاریخی انسان به بازی و شرط‌بندی را به سوی رشد اقتصادی، بهترکردن کیفیت زندگی، و پیشرفت فنی هدایت کرد.

این نوآوران بزرگ با تعریف ریسک‌کردن منطقی، عنصر گم‌شده‌ای را یافتند که علم و بازرگانی را به دنیای سرعت، قدرت، ارتباطات آنی، و سرمایه‌گذاری‌های پیچیده پیوند داد، یعنی عصر امروز خودمان. کشفیات آنان درباره ماهیت ریسک و درباره هنر و علم انتخاب در مرکز اقتصاد مدرن ما جای دارد که ملت‌های دیگر دنیا با شتاب در پی پیوستن به آن هستند. با وجود مسائل و مشکلاتی که دارد، اقتصاد آزاد، که **انتخاب** در مرکز آن است، دسترسی بی‌نظیر رفاه را برای انسان‌ها فراهم کرده است.

توضیح آنچه ممکن است در آینده رخ بدهد و امکان انتخاب گزینه‌های مختلف در قلب جوامع معاصر جای دارد. مدیریت ریسک ما را به گستره وسیعی از **تصمیم‌سازی‌ها**، از تخصیص منابع به حفاظت از سلامت عمومی، از مبارزه علیه جنگ تا برنامه‌ریزی یک خانواده، از پرداخت حق بیمه تا بستن کمربند ایمنی، از کاشت ذرت تا بازاریابی کورن‌فلکس هدایت می‌کند.

در دوران گذشته، ابزارهای کشاورزی، تولید، مدیریت بازرگانی، و ارتباطات ساده بودند. خرابی‌ها کم نبود، اما تعمیرات به دعوت از لوله‌کش، برق‌کار، یا مهندسان کامپیوتر نیاز نداشت _ یا نیازی به حساب‌داران و مشاوران سرمایه‌گذاری نبود. خرابی در یک ناحیه به ندرت بر منطقه‌ای دیگر اثر می‌گذاشت. امروزه، ابزارهایی که استفاده می‌کنیم پیچیده هستند، و خرابی‌ها می‌توانند فاجعه‌آفرینی کنند، با پیامدهایی با ابعاد گسترده. همواره باید از **احتمال** خرابی‌ها و خطاها آگاه باشیم. بدون احاطه بر یک نظریه احتمالات و سایر ابزارهای مدیریت ریسک، مهندسان هرگز نمی‌توانستند پل‌های بزرگی طراحی کنند که دو طرف رودهای عریض ما را به هم وصل می‌کند، نیروگاه‌های برق پرقدرت وجود نمی‌داشت، فلج اطفال بازهم فرزندان‌مان را معلول می‌کرد، هیچ هواپیمایی پرواز نمی‌کرد، و سفر فضایی فقط یک رؤیا باقی می‌ماند. بدون بیمه، مرگ نان‌آور خانه سبب گرسنگی خانواده یا وابستگی اعضای خانواده به مؤسسات خیریه می‌شد، مردم بیشتری امکانات دارو و درمان پیدا نمی‌کردند، و فقط ثروت‌مندان می‌توانستند خانه‌دار شوند. اگر کشاورزان نمی‌توانستند محصولات خود را پیش از درو به یک قیمت ثابت بفروشند، آنها غذای کمتری نسبت به توان‌شان تولید می‌کردند.

اگر بازارهای سرمایه سیالی نداشتیم که به سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد که به ریسک‌های‌شان تنوع بدهند، اگر سرمایه‌گذاران به داشتن فقط یک سهم خاص محدود می‌شدند (آن‌گونه که در روزهای نخستین سرمایه‌داری بود)، شرکت‌های

[17] Filippo Brunelleschi

بزرگ نوآوری که عصر ما را تعریف می‌کنند _ شرکت‌هایی مانند **مایکروسافت**، **DuPont**، **بوییِنگ**، و **مک‌دونالد** _ هرگز امکان نداشت که به وجود بیایند. ظرفیت مدیریت ریسک، و رغبت به ریسک‌کردن و تصمیم‌گیری از میان انتخاب‌های دوراندیشانه، عناصر کلیدی انرژی‌ای هستند که سیستم اقتصادی مدرن ما را به پیش می‌رانند.

در ادامه این مقاله نحوه کشف نظریه احتمالات و علم آمار آمده است که چکیده‌ای است از بقیه کتاب **برنشتاین**.

کشف بزرگ نظریه احتمالات

آغاز دانایی (wisedom) با کشفیات پاسکال و فرما

همچنان که پیشتر گفته شد ریشه‌های مفهوم مدرن ریسک را می‌توان در **دستگاه عددنویسی هندی-عربی** یافت که حدود هفتصد تا هشتصد سال پیش به غرب رسیدند. اما مطالعات جدی درباره ریسک در دوره رنسانس آغاز شد، هنگامی که مردم خودشان را از محدودیت‌های گذشته رها کردند و باورهای کهنه را در معرض بحث‌های آزاد قرار دادند؛ هنگامی که بخش بزرگی از جهان کشف شد تا منابع آن به کار گرفته شود؛ و هنگامی که آشوب‌های مذهبی، سرمایه‌داری نوپا، و یک نگرش پرشور به علم و آینده نمایان شد.

در سال ۱۶۵۴، زمانی که رنسانس در شکوفایی بود، **شوالیه دو مر**، یک اشراف‌زاده فرانسوی علاقه‌مند به قمار و ریاضیات، **بلز پاسکال**، ریاضی‌دان مشهور فرانسوی را برای حل یک معما به مبارزه طلبید. پرسش این بود که چگونه می‌توان استیک‌های یک بازی ناتمام انتخاب‌دار را هنگامی که یکی از دو بازیگر به پیش است بین آن دو تقسیم کرد. دویست سال می‌شد که این معما ریاضی‌دانان را مبهوت کرده بود، یعنی از زمانی که **لوکا پاچیولی**[18]، یک راهب ایتالیایی این معما را مطرح کرد. **پاچیولی** کسی است که **حسابداری دوطرفه** را ابداع کرد و جدول ضرب را به **لئوناردو داوینچی** آموخت. **پاسکال** برای حل این معما از **پیر دو فرما**[19] کمک خواست، یک وکیل که یک ریاضی‌دان نابغه هم بود. نتیجه همکاری این دو ریاضی‌دان برجستهٔ جهان انفجاری از روشنگری بود. حل معمای این بازی به کشف بزرگ **نظریه احتمالات** انجامید، قلب ریاضی مفهوم ریسک.

این راه حل برای معمای **پاچیولی** به این معنی بود که مردم می‌توانستند برای نخستین بار به کمک اعداد **تصمیم** بگیرند و آینده را پیش‌بینی کنند. در دنیاهای قرون وسطی و باستان، حتی در جوامع پیشانوشتار و روستایی، مردم تصمیم‌سازی‌های خود را مدیریت می‌کردند، منافع خود را پیش می‌انداختند، و تجارت می‌کردند، اما هیچ درکی از ریسک یا ماهیت تصمیم‌سازی نداشتند. امروزه ما نسبت به گذشتگان‌مان کمتر به خرافه و افسانه اتکا می‌کنیم، نه به این دلیل که منطقی‌تر هستیم، بلکه به این دلیل که درک‌مان از ریسک به ما امکان می‌دهد که تصمیم‌سازی را با یک روش منطقی انجام دهیم.

نمونه‌گیری

ما همگی تصمیمات‌مان را بر بنیاد داده‌های محدود می‌گیریم. یک جرعه از یک شیشه شیر برای ما مشخص می‌کند که آیا کل شیشه نوشیدنی است یا نه. چند قطره خون ممکن است مدرک الگوهای DNAیی باشد که یک متهم به قتل را محکوم یا رها می‌کند. نظرسنج‌های نظرات عمومی با دو هزار نفر گفت‌وگو می‌کنند تا به نظر کل یک ملت دست پیدا کنند.

اتخاذ اکثر تصمیم‌های مهم بدون نمونه‌گیری ناممکن بوده است. زمانی که یک شیشه شربت را به طور کامل نوشیده باشید در گفتن این که غیرقابل‌شرب بوده است کمی دیر کرده‌اید. پزشکان برای تشخیص بیماری شما همه خون‌تان را داخل شیشه آزمایش نمی‌کشند. رؤسای جمهور نمی‌توانند هر ماه یک رفراندوم از ۱۰۰ درصد مردم بگیرند و بعد تصمیم بگیرند که رأی‌دهندگان چه می‌خواهند.

نمونه‌گیری[20] برای ریسک‌کردن اساسی است. ما پیوسته از نمونه‌های حال و گذشته برای گمانه‌زنی آینده بهره می‌گیریم. «**به طور میانگین**» یک عبارت آشناست. اما میانگینی که به آن ارجاع می‌کنیم چقدر قابل اطمینان است؟

[18] Luca Paccioli

[19] Pierre de Fermat
[20] sampling

نمونه‌ای که بنیاد داوری ما می‌شود چقدر دقت دارد؟ اصلاً «**نرمال**» چیست؟ کارشناسان آمار یک لطیفه جالب درباره مردی دارند که پاهایش در داخل اجاق و سرش در داخل یخچال است: به طور میانگین احساس خوبی دارد. داستان مردان کور و فیل داستان مشهوری است، هر کدام نمونه‌ای کوچک از کل بدن حیوان را لمس می‌کنند [که اشاره‌ای است به یک داستان **مولوی**].

یکی از مهم‌ترین آثار نوشته‌شده درباره پردازش آماری نمونه‌گیری‌ها در سال ۱۶۶۲ گزارش شد، هشت سال پس از همکاری **پاسکال** و **فرما** (و سالی که **پاسکال** کشف کرد که چرا خدا وجود دارد؛ با این استدلال که نفع‌تان این است که روی وجود خداوند شرط‌بندی کنید. برای اطلاعات بیشتر عبارت «**Pascal's wager**» یا «**شرط‌بندی پاسکال**» را در **ویکی‌پدیا** جست‌وجو کنید. **پاسکال** با حساب احتمالات وجود خداوند را بررسی می‌کند. در شماره آینده با **علم داده‌ها** یک خصوصیت خداوند بزرگ را بررسی خواهیم کرد!).

این اثر یک کتاب کوچک به نام «**مشاهدات طبیعی و سیاسی آمار مرگ‌ومیر**[21]» است که در لندن منتشر شد. این کتاب آمار زاد و ولد و مرگ و میر در شهر لندن را از سال ۱۶۰۴ تا سال ۱۶۶۱ گردآوری، و داده‌های آن را تفسیر کرده بود. در سال‌های این پژوهش آماری و اجتماعی، این کتاب کوچک یک انقلاب فوق‌العاده بود، یک جهش شجاعانه در استفاده از روش‌های نمونه‌گیری و محاسبه احتمالات _ ماده خام هر روش مدیریت ریسک، از بیمه گرفته تا اندازه‌گیری ریسک‌های محیطی.

نویسنده، **جان گرانت**[22]، نه یک آمارگر بود و نه یک جمعیت‌شناس _ اصلاً در آن زمان چنین چیزهایی وجود نداشت، هر چند، امروزه او به عنوان نخستین **همه‌گیرشناس** و **جمعیت‌شناس** دنیا شهرت یافته است. او حتی ریاضی‌دان، کارشناس بیمه، دانشمند، استاد دانشگاه، یا سیاست‌مدار نبود. یک تاجر موفق بود. او از آمارهایش به نتایج خوبی دست یافته بود، هر چند، شاید خودش نمی‌دانست که به مبدع **نظریه نمونه‌گیری** تبدیل شده است. روشی که او داده‌ها را آنالیز کرد به بنیاد علم «**آمار**» تبدیل شده است. روش آنالیز او امروزه به عنوان «**استنباط آماری**» مشهور است _ استنباط یک حدس عمومی از نمونه‌ای از داده‌ها. **گرانت** عمل ساده گردآوری اطلاعات را به ابزاری قدرت‌مند و پیچیده برای تفسیر جهان _ و آسمان‌های _ اطراف‌مان تبدیل کرد.

ماده خامی که **گرانت** گردآوری کرد از سال ۱۶۰۳ در شهر لندن آغاز شد که یکی از بدترین همه‌گیری‌های طاعون در حال وقوع بود. دانسته‌های دقیق درباره آنچه در حوزه سلامت عمومی رخ می‌داد اهمیت بسیاری پیدا کرده بود.

گرانت به ویژه به علت مرگ علاقه‌مند بود، به ویژه طاعون، و روشی که مردم تحت تهدید پیوسته این همه‌گیری ویران‌گر زندگی می‌کردند. به عنوان مثال، برای یک هفته از ۱۲ تا ۱۹ سپتامبر در سال

[21] Natural and Political Observations made upon the Bills Of Mortality
[22] John Graunt

چرا خیام ریاضی‌دان کاشف نظریه احتمالات نشد؟

از دی که گذشت هیچ از او یاد مکن
فردا که نیامده است فریاد مکن
بر نامده و گذشته بنیاد مکن
حالی خوش باش و عمر بر باد مکن

برنشتاین هم از نوآوری‌های ریاضی **خیام** می‌گوید و هم از اشعار او و از تقدیرگرابودن او. توصیه‌ای که حتی امروزه از پاره‌ای از متفکران نیز می‌شنویم، آن هم در دوره‌ای که فناوری‌های جدید نشان داده‌اند که این توان را دارند که برابری و رفاه را برای همه مردم جهان تأمین کنند. بی‌گمان، **دیوان رباعیات خیام** یک شاهکار شعری جهان است و خواندن آن به ویژه برای مدیریت استرس‌های ناشی از اتخاذ تصمیم‌های پرریسک روزمره و کاستن از رنج‌های چنین ریسک‌هایی بسیار کارآمد است. رباعیات خیام یک آرزوی انسان است برای زندگی در یک جامعه بدون ریسک.

اما بخشی از نظرات **برنشتاین** درباره خیام در زیر آمده است:

خیام یکی از مهم‌ترین، و بی‌گمان مشهورترین ریاضی‌دانان تاریخ است که حدوداً از سال ۱۰۵۰ تا ۱۱۳۰ میلادی زندگی کرد و نویسنده اشعاری مشهور به رباعیات بود. هفتاد وپنج رباعی به‌یادماندنی او را ادوارد فیتزجرالد در دوره انقلاب صنعتی ترجمه کرد. این کتاب کوچک بیشتر از لذت‌های نوشیدن شراب و بهره‌گیری از لذت‌های طبیعت گذرای حیات به جای پژوهش علم یا ریاضیات سخن می‌گوید...

خیام از دستگاه عددنویسی جدید برای ساخت یک زبان ریاضی جدید بهره گرفت که فراتر از تلاش‌های خوارزمی بود و به عنوان بنیادی برای زبان پیچیده‌تر جبر عمل کرد. خیام از مشاهدات ریاضیاتی فنی برای اصلاح تقویم بهره گرفت و یک مثلث اعداد درست کرد که محاسبه مربع، مکعب، و توان‌های بالاتر اعداد را آسان می‌کرد؛ این مثلث مبنای مفاهیمی را شکل داد که ریاضی‌دان فرانسوی قرن هفدهم، بلز پاسکال، یکی از پدران نظریه انتخاب، شانس، و احتمالات پدید آورد.

دستاوردهای چشمگیر دوره تمدن اسلامی بازهم گواه بر این است که یک فکر ممکن است به طور عمیق مطرح بشود، اما در اخذ یک نتیجه منطقی در بماند. چرا با آن که در دوره تمدن اسلامی ریاضیات پیشرفته مطرح شد، یک نظریه احتمالات و مدیریت ریسک از دل آن بیرون نیامد؟ بر این باورم که پاسخ در نگرش آنها به زندگی ربط دارد. چه کسی آینده ما را رقم می‌زند: سرنوشت، خدایان، یا خودمان؟ نظریه مدیریت ریسک فقط زمانی پدید می‌آید که مردم باور کنند که آنها افرادی آزاد هستند. مسلمانان تقدیرگرا، همچون یونانیان و مسیحیان گذشته هنوز آماده گام‌برداشتن به سمت آینده نبودند.□

۱۶۶۵، او ۷۱۶۵ مورد مرگ ناشی از طاعون را ثبت کرده است. یکی از بدترین سال‌های طاعون سال ۱۶۰۳ با ۸۲درصد مرگ ناشی از طاعون بود.

قمار و بازی‌های بچه‌گانه در خدمت حساب احتمالات

بسیاری از مفاهیم پیچیده درباره مدیریت ریسک و تصمیم‌سازی از آنالیز بازی‌های بچه‌گانه ابداع شدند. تاس و چرخ رولت، به همراه بازار سهام آزمایشگاه‌های طبیعی پژوهش‌ها درباره ریسک هستند، زیرا آنها آماده کمیت‌پذیری هستند؛ زبان آنها زبان اعداد است. آنها درباره خود ما مطالب زیادی می‌گویند.

برای این که اختراع قاپ‌بازی به اختراع قوانین احتمالات بینجامد دو اتفاق باید می‌افتاد. یکی رواج اعداد هندی و دیگری تغییر فرهنگی. در قرن پانزدهم این دو اتفاق روی داد.

برنشتاین

کار پیشگامانه **گرانت** مفاهیم نظری مورد نیاز برای تصمیم‌سازی تحت شرایط عدم قطعیت را فراهم کرد. نمونه‌گیری، میانگین‌ها، و تعریف آنچه نرمال است، ساختار آنالیز آماری را بنا کرد. به این ترتیب، **اطلاعات** را در مسیر تصمیم‌سازی قرار داد، که بر باور ما بر روی احتمال وقوع رویدادهای آینده اثر می‌گذارد.[۲۳]

اما این یک قرن بعد بود که **دانیل برنولی**[۲۴] (1700-1782) سوییسی به مطالعه رویدادهای تصادفی پرداخت، که به شکل‌گیری بنیادهای علمی مدیریت ریسک انجامید.

برنولی بر روی خود رویدادها تأکید نداشت، بلکه بر انسان‌هایی تأکید می‌ورزید که از بزرگ‌تر یا کوچک‌ترشدن درجه بعضی از نتایج نگران بودند، یا به بزرگ‌تر یا کوچک‌ترشدن درجه آن نتایج رغبت داشتند. هدف او ساخت ابزارهای ریاضی‌ای بود که به هر کسی امکان بدهد که امیدهای خود را از هر ریسکی با در نظرگرفتن شرایط ویژه مالی تخمین بزند. به بیان دیگر، به ازای احتمال وقوع یک نتیجه، چقدر حاضرید شرط‌بندی کنید؟

[23] Bernstein, *Against The Gods*, pp73-74.
[24] Daniel Bernoulli

آثاری از کهن‌ترین بازی‌های جهان در ایران

انواع گوناگون بازی‌های شانسی هزاران سال است که با وجود ممنوعیت در پاره‌ای از فرهنگ‌ها همچنان برای خودشان طرفدارانی دارند. بازی‌های شانسی و انتخاب‌دار در شکل‌گیری نظریه احتمالات نقش بسیار مهمی داشته‌اند. یک نمونه از بازی‌هایی که برنشتاین در کتاب خود می‌آورد قاپ‌بازی است که برای آن از یونان باستان و مصر باستان نمونه می‌آورد. با وجود این، در محوطه باستانی گوهرتپه، که در نزدیکی ساری و بهشهر قرار دارد و غارهای هوتو و کمربند در آن حوالی است گفته می‌شود که تعداد زیادی قاپ در یک گور به دست آمده است. مطابق یافته‌های دانشگاه لودویگ–ماکسیمیلیان مونیخ که در وبگاه این دانشگاه در بخش گوهرتپه آمده است از قدمت اشیاء یافته‌شده در این محوطه باستانی می‌توان قدمت این قاپ‌ها را بین ۶۰۰۰ سال تا ۳۰۰۰ سال پیش تخمین زد، که نشان می‌دهد که در آن دوره قاپ‌بازی رواج داشته است.

در شهر سوخته نیز یک تخته‌نرد و تاس یافت شده است که ویکی‌پدیا آن را قدیمی‌ترین تخته‌نرد و تاس جهان دانسته است (این مطلب تحت عنوان Shahr-e Sukhteh در ویکی‌پدیا آمده است).

این در حالی است که برنشتاین در کتاب «علیه خدایان: داستان شگفت‌انگیز ریسک» برای قدیمی‌ترین تاس‌ها و قاپ‌های بازی جهان از یونان باستان و مصر نام برده است.□

منحنی زنگوله‌ای توزیع نرمال

در قرن نوزدهم، رشته‌های علمی دیگری مورد توجه متفکران ریسک واقع گردید. در اوایل این قرن، **کارل فردریش گاوس**[۲۵] پژوهش خود درباره منحنی زنگوله‌ای **توزیع نرمال** را ارائه کرد.

کارل فردریش گاوس همچون بسیاری از ریاضی‌دانان پیش و پس از خود از همان کودکی نبوغ خود را نشان داد _ حقیقتی که پدرش را ناراحت، اما مادرش را خوشحال می‌کرد. پدرش یک کارگر خشن بود که از تیزهوشی پسرش متنفر بود و زندگی را برای او سخت می‌کرد. مادرش اما از او پشتیبانی و او را به پیشرفت ترغیب می‌کرد.

حافظه **گاوس** برای اعداد چنان عالی عمل می‌کرد که توانسته بود جداول لگاریتم را در مغزش حفظ کند. شهرت او به عنوان یک ریاضی‌دان او را به یک سلبریتی جهانی تبدیل کرده بود. در سال ۱۸۰۷، ارتش فرانسه که به **گوتینگن** نزدیک می‌شد، ناپلئون به نیروهایش دستور داد که شهروندان این شهر را عفو کنند، زیرا

[25] Carolus Fridericus Gauss

بزرگ‌ترین ریاضی‌دان تمام دوران‌ها در آنجا زندگی می‌کند. اما چنین نمی‌شود و هنگامی که ارتش فرانسه با پیروزی وارد شهر می‌شود هر شهروند گوتینگنی را به پرداخت ۲۰۰۰ فرانک جریمه می‌کند. **لاپلاس** (1794-1827)، ریاضی‌دان بزرگ فرانسوی این پول را به این دلیل که بزرگ‌ترین ریاضی‌دان دنیاست به جای **گاوس** می‌پردازد.

نظریه بازی‌ها

نظریه بازی‌ها (game theory) را جان فون نویمان (John von Neumann؛ ۱۹۰۳-۱۹۵۷)، یک فیزیک‌دان مشهور اختراع کرد. فون‌نویمان در کشف مکانیک کوانتم در برلین در دهه ۱۹۲۰ نقشی اساسی داشت، و نقشی اساسی نیز در ساخت نخستین بمب اتمی آمریکا، و بعدها بمب هیدروژنی داشت. او همچنین مخترع معماری کامپیوترهای دیجیتال است که به معماری فون‌نویمانی مشهور شده است. او نابغه‌ای بود که می‌توانست دو عدد ۸رقمی را به طور ذهنی در هم ضرب کند.

فون‌نویمان در ۲۳ سالگی نخستین‌بار نظریه بازی‌هایش را در مقاله‌ای ارائه کرد که در سال ۱۹۲۶ در یک نشریه دانشگاه گوتینگن (Gottingen) چاپ شد. او در سال ۱۹٤٤ به همراه اسکار مورگنسترن (Oskar Morgenstern) کتاب «نظریه بازی‌ها و رفتار اقتصادی» را که یک اثر کلاسیک درباره نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن در تصمیم‌سازی در اقتصاد و کسب‌وکار است نوشت که به دلیل تردید دانشگاه پرینستون در چاپ آن با تأخیر در سال ۱۹۵۳ به همت یک عضو خانواده راکفلر چاپ شد.□

منبع: Bernstein, *Against The Gods*, **p232**

گاوس علاقه‌ای به مدیریت ریسک نداشت. اما به مسائل نظری مربوط به حوزه‌های احتمالات، اعداد بزرگ، و نمونه‌گیری‌ای که پیشتر **یاکوب برنولی**[26] بنیاد گذاشت علاقه‌مند بود. با وجود عدم علاقه به مدیریت ریسک، دستاوردهای او در حوزه‌هایی هستند که در قلب تکنیک‌های کنترل ریسک جای دارند.

ارزش‌مندترین کار **گاوس** در احتمالات نتیجه کاری بود که در حوزه‌ای کاملاً بی‌ربط با احتمالات بود، یعنی اندازه‌گیری **ژئودزیک**[27]، که بهره‌گیری از انحنای زمین برای بهینه‌سازی دقت فاصله بین دو نقطه در خط مستقیم است. این متغیر برای چند کیلومتر محسوس نیست، اما وقتی با مسافت‌های بیش از ۱۵ کیلومتر سرو کار داشته باشیم قابل توجه می‌شود.

در سال ۱۸۱۶ **گاوس** برای یک بررسی ژئودزیک منطقه **باواریا** در دانمارک و آلمان دعوت می‌شود. نظر به این که اندازه‌گیری اینچ مربع به اینچ مربع سطح کل زمین ناممکن است، اندازه‌گیری‌های ژئودزیک شامل تخمین‌هایی بر بنیاد فاصله‌های نمونه در منطقه تحت مطالعه است. هنگامی که **گاوس** توزیع این تخمین‌ها را آنالیز کرد، مشاهده کرد که به اندازه زیادی فرق می‌کنند، اما همین که تعداد تخمین‌ها بالا رفت، به نظر می‌رسید که در یک نقطه مرکزی مجتمع می‌شوند. این نقطه مرکزی میانگین همه مشاهدات بود. با زیادشدن تعداد اندازه‌گیری‌ها **گاوس** متوجه شد که منحنی توزیع به شکل **زنگوله** در آمده است.

پرسشی که او در پی پاسخ به آن بود شبیه به انواع پرسش‌های دیگری بودند که به هنگام گرفتن یک تصمیم دارای ریسک می‌پرسیم. به طور میانگین در ماه آوریل در نیویورک چند بار باران می‌آید، و اگر بخواهیم یک هفته به نیویورک برویم و لباس بارانی نبریم چقدر احتمال دارد که خیس شویم؟ احتمال این که بازار بورس سال آینده ۱۰ درصد افت کند چقدر است؟

ساختاری که **گاوس** پدید آورد برای پاسخ‌دادن به چنین پرسش‌هایی در حال حاضر چنان برای ما بدیهی هستند که کمتر به این فکر می‌افتیم که از کجا آمده است. اما بدون چنین ساختاری هیچ روش سیستماتیکی برای تصمیم‌گیری درباره این که برای یک ریسک خاص تصمیم بگیریم یا نه، یا برای ارزیابی ریسک‌هایی که با آنها مواجه می‌شویم، نداریم.

منحنی زنگوله‌ای آغاز محاسبات است، هدف اصلی آن مشخص‌کردن دقت نیست مشخص‌کردن خطا است. اگر هر تخمینی که می‌زنیم یک اندازه‌گیری دقیق از آنچه اندازه می‌گیریم باشد، پایان داستان ما خواهد بود، چون دقیق است ریسکی در بر ندارد. اما زندگی مجموعه‌ای از مشابه‌هاست، نه یکسان‌ها؛ هیچ مشاهده‌ای یک نمونه دقیق از عموم نمونه‌ها نیست. با کشف‌شدن منحنی نرمال، که یک منحنی زنگوله‌ای است، گونه‌گونی‌ها به نظم در آمدند.

مفهوم رگرسیون به میانگین

فرانسیس گالتون[28] (1822-1911)، یک مخترع، کاشف بخش‌هایی از آفریقا که هیچ سفیدپوستی را ندیده بودند، و یک پسر عموی **چارلز داروین**،

[26] Jacob Bernoulli
[27] geodesic
[28] Francis Galton

نقشی اساسی در نظریه مدیریت ریسک داشته است. هر چند، او این مشارکت خود را در پی یک مفهوم شیطانی انجام داد.

سرگرمی یا وسواس **گالتون** اندازه‌گیری بود. او از اندازه همه‌چیز یادداشت‌برداری می‌کرد، مانند اندازه سر، بینی، بازو، قد، وزن، رنگ چشم، حتی درجه رنگ‌پریدگی شرط‌بندها در مسابقات اسب‌دوانی. هنگامی که در خیابان عبور می‌کرد جذابیت دخترانی را که می‌دید طبقه‌بندی می‌کرد، به ازای هر دختر جذابی که می‌دید یک سوراخ در یک کارت جیب چپ خود و برای دختران ساده یک سوراخ در کارت جیب راست خود می‌کرد.

آزمایشگاه انسان‌سنجی گالتون[29] که در سال ۱۸۸۴ تأسیس شد، دامنه و خصوصیت هر اندازه‌گیری ممکن از بدن انسان، شامل اثر انگشت را ثبت کرد. اثر انگشت بسیار مورد علاقه **گالتون** قرار گرفت، چون بر خلاف سایر اعضای بدن، شکل آن با رشد انسان تغییر نمی‌کرد. در سال ۱۸۹۳، **گالتون** یک کتاب ۲۰۰ صفحه‌ای درباره این موضوع منتشر کرد، که خیلی زود به استفاده گسترده پلیس از اثر انگشت انجامید.

هنگامی که برای اثبات محتوم‌بودن وراثت تحقیق می‌کرد (و این کار جایگاه او را در تاریخ به عنوان بنیان‌گذار رشته **به‌نژادشناسی**[30] تثبیت کرد، هر چند، نیم‌قرن بعد نازی‌ها از این اصطلاح سوءاستفاده‌های فراوانی کردند)، در عمل به این نتیجه رسید که فرزندان والدین خیلی بلندقد یا خیلی باهوش کمی کوتاه‌تر یا با استعداد کمتر هستند. او به این نتیجه رسید که این خصوصیات فرزندان به میانگین نزدیک‌تر است تا به خصوصیاتی افراطی‌تر. آنچه او کشف کرد **اصل بازگشت (رگرسیون) به میانگین**[31] بود. اصلی که به بنیاد نظریه چرخه‌های کسب‌وکار تبدیل شد: هرچه بالا برود باید پایین بیاید.

اما بعد از جنگ جهانی اول بود که ریسک در تحلیل‌های اقتصادی مورد توجه بسیار قرار گرفت. در سال ۱۹۲۱، **فرانک نایت**[32] بین **ریسک**، هنگامی که محاسبه احتمال وقوع یک نتیجه ممکن باشد (یا معلوم باشد)، و **عدم قطعیت**، هنگامی که تعیین وقوع احتمال یک نتیجه ممکن نباشد (یا معلوم نباشد) تمایز قائل شد. حدود دو دهه بعد، **جان فون نویمان**[33] و **اسکار مورگنسترن**[34] بنیادهای **نظریه بازی‌ها** را طراحی کردند، که با وضعیت‌هایی سروکار دارد که در آنها تصمیم‌های مردم تحت تأثیر تصمیم‌های نامعلومِ «متغیرهای زنده» (به بیان دیگر، مردم دیگر) قرار می‌گیرد.

[29] Anthropometric Laboratory
[30] eugenics
[31] regression to the mean
[32] Frank Knight
[33] John von Neumann
[34] Oskar Morgenstern

نظریه آشوب

لاپلاس بر این نظر بود که چیزی به نام شانس یا اقبال وجود ندارد و هر معلولی یک علت دارد. یک ریاضی‌دان دیگر فرانسوی، **ژول هانری پوانکاره**[35]، از پیشگامان **نظریه آشوب**[36]، که یک قرن بعد از **لاپلاس** به دنیا آمد تأکید بیشتری بر روی مفهوم علت و معلول و بر اهمیت اطلاعات بر تصمیم‌سازی کرد. او بر این باور بود که هر چیزی یک علت دارد، هرچند، آدم‌های معمولی نمی‌توانند همه علت‌های رویدادهایی را که اتفاق می‌افتند حدس بزنند. او در این باره می‌گوید: «یک ذهن کاملاً قدرتمند، کاملاً آگاه از قوانین طبیعت، می‌تواند همه رویدادها را از ابتدای هر قرن پیش‌بینی کند، با او در هیچ قماری نمی‌توانیم بازی کنیم، چون خواهیم باخت.» در دنیای علت و معلول، اگر علت را بدانیم می‌توانیم معلول را پیش‌بینی کنیم. در نتیجه، «آنچه برای ناآگاهی و بی‌خبری شانس است، برای دانشمند شانس نیست. شانس فقط معیاری است برای ناآگاهی و بی‌خبری ما».

مطابق **نظریه آشوب**، آنچه به نظر آشوب می‌رسد، در حقیقت، محصول یک نظم نهفته در خود است، که در آن رویدادهای کم‌اهمیت و ناچیز اغلب علت رویدادهای بزرگ و بازارهای سهام روبه‌ترقی پردوام هستند.

لاپلاس و **پوانکاره** به این نتیجه رسیدند که گاهی برای به کار بستن قوانین احتمالات اطلاعات بسیار کمی داریم. ما می‌توانیم قطعات بزرگ اطلاعات را در کنار قطعات کوچک قرار دهیم، اما هیچگاه نمی‌توانیم همه قطعات را در کنار هم قرار دهیم. ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم دریابیم که نمونه‌ای که داریم چقدر خوب است. **عدم قطعیت** است که رسیدن به داوری‌ها را بسیار دشوار می‌کند و اجرای آنها را پرریسک.[37]

طرف‌داران مکتب **نظریه آشوب**، یک نظریه جایگزین نسبتاً جدید برای نظریات **پاسکال** و دیگران، مدعی هستند که منابع پنهان عدم دقت را یافته‌اند. نظریه‌پردازان آشوب می‌گویند علت در **غیرخطی‌بودن**[38] است. **غیرخطی‌بودن** یعنی نتایج متناسب با علت‌ها نیستند. با این همه، نظریه آشوب با **لاپلاس**، **پوانکاره**، و **اینشتین** در این که همه نتیجه‌ها علت دارند موافق است.

طرف‌داران مکتب نظریه آشوب تقارن منحنی زنگوله‌ای را به عنوان یک توصیف واقعیت قبول ندارند. آنها نظریات مرسوم احتمالات و اقتصاد را قبول ندارند. برای آنها مثلث محاسبه **پاسکال** یک اسباب‌بازی است، **فرانسیس گالتون** با آن ادعای **رگرسیون به میانگین** یک احمق است، و **منحنی زنگوله‌ای** کاریکاتوری از واقعیت است. یک مثال مشهور طرف‌داران نظریه آشوب نیز این است که بال‌زدن یک پروانه می‌تواند علت نهایی یک طوفان در دریای کارائیب باشد.[39]

[35] Jules-Henry Poincare
[36] chaos theory
[37] Bernstein, *Against The Gods*, pp197-206
[38] nonlinearity
[39] Bernstein, *Against The Gods*, pp329-333

اتخاذ تصمیمات غیرمنطقی انسان‌ها و خطاهای رایج شناختی

اثرگذارترین پژوهش در زمینه نحوه مدیریت ریسک و عدم قطعیت را دو روان‌شناس اسرائیلی، **دنیل کانمن**[40] و **آموس تورسکی**[41] (که در سال **۱۹۹۶** در سن **۵۹**سالگی درگذشت) انجام داده‌اند. آنها در دهه **۱۹۵۰** در خدمت ارتش اسرائیل بودند. **کانمن** در بخش روان‌شناسی کار می‌کرد.

کانمن و **تورسکی** مفهومی را که ابداع کردند **نظریه چشم‌انداز**[42] نامیده‌اند (**کانمن** برای این نظریه برنده نیمی از جایزه نوبل اقتصاد **۲۰۰۲** شد). آنها در اواسط دهه **۱۹۶۰** همکاری خود را در یک دانشگاه اسرائیلی آغاز کردند. در یکی از نخستین جلسات همکاری، **کانمن** یک خاطره خود را در ارتش برای **تورسکی** تعریف می‌کند: در یک کلاس درس «روان‌شناسی آموزش» برای استادان خلبانی گفتم که جایزه‌دادن به پنگوئن‌ها مؤثرتر از تنبیه است. یکی از دانشجویان ناگهان نظرش را با صدای بلند گفت: «با احترام، جناب استاد، آنچه شما می‌گویید برای پرندگان است... تجربه من این نظر را نقض می‌کند.» او توضیح داد که تقریباً همیشه از دانشجویانی که به خاطر عملکرد عالی پروازشان قدردانی کرده است در پرواز بعدی عملکردی ضعیف‌تر را مشاهده کرده است، در حالی که از آنهایی که به دلیل عملکرد ضعیف انتقاد کرده است تقریباً همیشه شاهد پیشرفت بوده است.

کانمن به این نتیجه رسید که این الگو دقیقاً همان است که **فرانسیس گالتون** پیش‌بینی کرده است. همان‌گونه که ثمره دانه‌های بزرگ خُلّر (نوعی علوفه دامی) دانه‌های کوچک‌تر است و بر عکس، عملکردها در هر حوزه‌ای به سمت بهترشدن یا بدترشدن به گونه‌ای نامعین به پیش می‌روند. ما در هر کاری که انجام می‌دهیم به عقب و جلو می‌رویم، پیوسته به عملکرد میانگین خودمان بازگشت (رگرسیون) می‌کنیم. کیفیت فرود بعدی دانشجوی خلبانی هیچ کاری با این که کسی به او بگوید که فرود پیشین او خوب بوده است یا بد ندارد. **کانمن** به **تورسکی** اشاره کرد و گفت: «هنگامی که به آن حساس شوید، در هر جایی رگرسیون را خواهید دید.» آنها به این بررسی‌های خود ادامه دادند تا **نظریه چشم‌انداز** را تکمیل کنند.

نظریه چشم‌انداز الگوهای رفتاری‌ای را کشف کرد که توسط طرف‌داران تصمیم‌سازی منطقی شناخته نشده بود. آنها دشواری‌های شناختی را تحت آزمایش قرار دادند. قلب این دشواری‌های شناختی ما در **نمونه‌گیری** است. ما از میان‌برهایی بهره می‌گیریم که ما را به درک نادرست هدایت می‌کنند، یا ما نمونه‌های کوچک را به عنوان نماینده آنچه نمونه‌های بزرگ‌تر نشان می‌دهند تفسیر می‌کنیم. ما در شناخت این که چقدر اطلاعات کافی است و چه مقدار از آن زیادی، مشکل داریم.

کانمن و **تورسکی** در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیدند که مردم **ریسک-گریز** نیستند، آنها هنگامی که **ریسک-پذیری** را مناسب بدانند یک قمار را انتخاب می‌کنند. پس اگر آنها ریسک-گریز نیستند، چه هستند؟ **تورسکی** می‌گوید که «نیروی اصلی محرک **زیان-گریزی** است. این‌گونه نیست که مردم از عدم قطعیت متنفر باشند، آنها از زیان متنفرند.»

[40] Daniel Kahneman
[41] Amos Tversky
[42] Prospect Theory

از بی‌پناهی تا انتخاب

کدام ریسک‌ها را باید بگیریم؟ طرف کدام ریسک‌ها نباید برویم؟ چه اطلاعاتی به‌دردبخور هستند؟ باورهای‌مان درباره آینده چگونه باید باشد؟ مدیریت ریسک را چگونه انجام بدهیم؟

در شرایط عدم اطمینان، هم منطقی‌بودن و هم اندازه‌گیری برای تصمیم‌سازی اساسی هستند. آدم‌های منطقی اطلاعات را به شکل بی‌طرفانه و واقع‌بینانه پردازش می‌کنند: هر خطایی که در پیش‌بینی آینده رخ بدهد خطاهایی تصادفی هستند و نه نتیجه سوگیری سرسختانه به سمت خوش‌بینی یا بدبینی.[43]

تلاش برای فهم معنی گرایش طبیعت به تکرار خودش، هرچند به طور ناقص، انگیزه‌ای بوده است که قهرمانان معرفی‌شده در این مقاله را به تکاپو واداشت. اما با وجود ابزارهای خلاقانه فراوانی که برای حل این معما پدید آوردند، هنوز مسائل فراوانی لاینحل باقی مانده است.

تم اصلی کل داستانی که گفتیم به دستاوردهای ریاضی قهرمانانی اشاره دارد که در **۴۵۰** سال گذشته به شکل‌گیری پیشرفتی خیره‌کننده در تاریخ بشر انجامیده است. در مهندسی، پزشکی، علم، اقتصاد، کسب‌وکار، و حتی دولت، تصمیم‌هایی که بر زندگی تک‌تک آدم‌ها اثرگذارند حالا با رویه‌هایی نظام‌مند گرفته می‌شوند، که از روش‌های حس ششمی گذشته بسیار بهتر پاسخ می‌دهند و بسیاری از تصمیم‌های خطای فاجعه‌بار گرفته نمی‌شود.

از **پاسکال** ریاضی‌دان و **فرمای** وکیل گرفته تا مرد نظریه‌ها **دانیل برنولی**، و از **فردریش گاوس** اسرارآمیز گرفته تا **فون‌نویمان** بازی‌گوش، و ده‌ها دانشمند و ریاضی‌دان و اقتصاددان برجسته دیگر، همگی درک ریسک را از اتفاقی برای زیان به فرصتی برای سود تبدیل کرده‌اند، از سرنوشت و طراحی اُریجینالِ خدایان به پیش‌بینی‌های پیچیده بر بنیاد احتمالات از آینده، و از بی‌پناهیِ به انتخاب.[44] □

کلان‌داده‌ها، آنالیتیک، و فناوری‌های پشتیبانِ تصمیم‌سازی در شماره آینده

آنچه کتاب **برنشتاین** به آن می‌پردازد دنیای **خُرد-داده‌ها**ست، دنیایی که تهیه و گردآوری داده‌ها پرهزینه است و مردم ناچارند با نمونه‌های کم‌تعداد نتیجه‌گیری کنند. امروز که در دوران ابتدایی **کلان‌داده‌ها** به سر می‌بریم امکاناتی که **اینترنت چیزها** و **اینترنت آدم‌ها** و **رایانش** و **ذخیره‌سازی ابری** می‌توانند فراهم کنند دوران جدیدتری از مدیریت ریسک را نوید می‌دهند، دورانی که در آن **ریسک‌زدایی از تصمیم‌ها** یک هدف مهم خواهد بود. این مقاله مقدمه‌ای است بر مقاله بعدی که در شماره آینده می‌آید که به **کلان‌داده‌ها، آنالیتیک، و فناوری‌های پشتیبان تصمیم‌سازی** اختصاص دارد. □

[43] Bernstein, *Against The Gods*, p187.
[44] Bernstein, *Against The Gods*, pp336-337.

چهار تحول بزرگ تاریخ رایانش

تحولات **تاریخ رایانش** را که سرچشمه تحولات بسیار ژرف در زندگی بشر شدند اساساً می‌توان در چهار تحول بزرگ خلاصه کرد:

۱. کشف و اختراع حافظه اکسترنال. ثبت و ذخیره تصویر بر روی سنگ‌ها و دیواره غارها که قدمت آن را به حدود ۴۰۰۰۰ سال پیش می‌توان نسبت داد، سبب گردید که انسان به یک توان‌مندی فوق‌العاده دست پیدا کند، توان‌مندی‌ای که بدون آن نمی‌توانست تمدن‌سازی کند. اهمیت کشف و اختراع امکان ثبت و ذخیره داده‌ها بر روی سنگ یا چوب یا استخوان به عنوان یک **حافظه اکسترنال** کمتر از اهمیت کشف آتش توسط انسان نبوده است. بدون حافظه اکسترنال و تکامل آن به ثبت و ذخیره مقادیر و **نوشتار** امکان تشکیل تمدن وجود نداشت.

سنگ‌نگاره‌ها همچون حافظه اکسترنال برای انسان کار کردند، یعنی توانایی ذخیره داده‌ها را به گونه‌ای که قابل بازیابی باشد برای انسان فراهم کردند. این کشف مهم را می‌توان مقدمه ظهور تمدن‌ها دانست، که به تدریج از حدود دوازده هزار سال پیش نطفه‌های آغازین آنها پدیدار شدند.

تمدن‌ها برای این که شکل بگیرند به تشکیل دولت نیاز داشتند که هزینه آن از طریق مالیات باید تأمین می‌شد. از همین روی، بدون **مراکز داده‌های**[45] **مالی** تمدن نمی‌توانست پدید بیاید. از حدود ۸۰۰۰ سال پیش از میلاد انسان برای ثبت امور مالی از مهره‌هایی گِلی که اشکال هندسی مختلفی مانند گوی، هرم، مکعب، دیسک داشتند و امروزه به **توکن**[46] مشهور هستند بهره گرفت، که **قابل بازیابی** و **قابل پردازش** بودند، مثلاً دو گوی معادل دو پیمانه یا یک گوی و یک دیسک معادل یک پیمانه و یک بشکه پردازش می‌شدند. تعداد زیادی توکن در **شوش**، **چغامیش**، **تپه‌آسیاب**، و نقاط دیگر ایران و میان‌رودان یافته شده است که نشان می‌دهد در این مکان‌ها مراکز ثبت داده‌های مالی، یا به بیان امروزی اداره ثبت اموال وجود داشته است. پیداشدن تعدادی توکن در غار **کمربند** در **بهشهر** نشان می‌دهد که نوعی مدنیت حتی در میان غارنشینان نیز وجود داشته است و در همین غارها فرهنگ اداره جوامع بزرگ شکل گرفته است و بعدها به تدریج شهرها پدید آمده‌اند.

از سوی دیگر، مغز انسان به تنهایی و بدون استفاده از حافظه اکسترنال حداکثر در گروه‌های ۱۵۰ نفره می‌تواند بهره‌وری خوبی داشته باشد. برای اداره کارآمد جوامع بیش از ۱۵۰ نفر مغز انسان به **حافظه کمکی** یا **اکسترنال** نیاز دارد. عدد ۱۵۰ به **عدد دانبار**[47] شهرت یافته است. برای اطلاعات بیشتر درباره **عدد دانبار** به مقاله «**چرا آنارشیسم؟ چرا کمونیسم؟**» در صفحه ۱۰ شماره ۲۷۴ **ماهنامه ریزپردازنده** مراجعه کنید.

۲. رواج گسترده دستگاه عددنویسی هندی و روش الگوریتمی حل مسائل که با چاپ ترجمه کتاب‌های خوارزمی در قرن پانزدهم میلادی ممکن شد.

۳. اختراع کامپیوترهای الکترونیک در دهه ۱۹۴۰.

۴. شکل‌گیری کلان‌داده‌ها با فناوری‌های مختلفی مانند اینترنت‌آدم‌ها، اینترنت چیزها، و ذخیره‌گرهای ابری[48]**.**

[45] data center
[46] token
[47] Dunbar's number
[48] cloud storage