

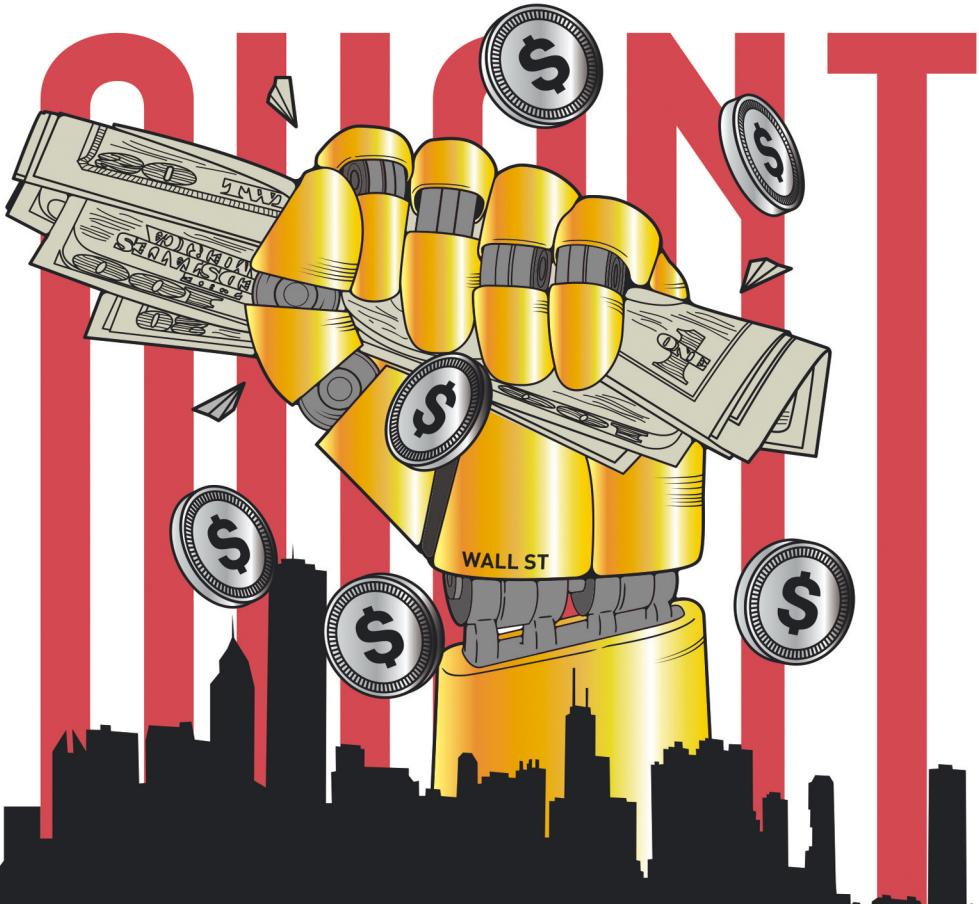
TURING

算法交易员

会赚钱的人工智能

带你置身拥有
深刻洞察力的宽客世界

[韩] 权容禛 —— 著 何佩佩 —— 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

权容禎——作者

毕业于美国卡耐基梅隆大学计算机工程专业和应用数学专业。在匹兹堡机器人工程研究所开发利用脑电波进行读解分析的人工智能时，产生了进行AI股票投资的想法，由此了解到利用量化数据和人工智能获取巨额利润的宽客群体。在几乎没有参考信息的情况下，历尽艰辛，终于以超短线股票期权宽客的身份进入华尔街。始终关注不断发展的宽客人工智能和高速交易系统，在多家媒体投稿。目前在对冲基金“塔研究资本”担任外汇交易宽客。

数字版权声明

图灵社区的电子书没有采用专有客户端，您可以在任意设备上，用自己喜欢的浏览器和PDF阅读器进行阅读。

但您购买的电子书仅供您个人使用，未经授权，不得进行传播。

我们愿意相信读者具有这样的良知和觉悟，与我们共同保护知识产权。

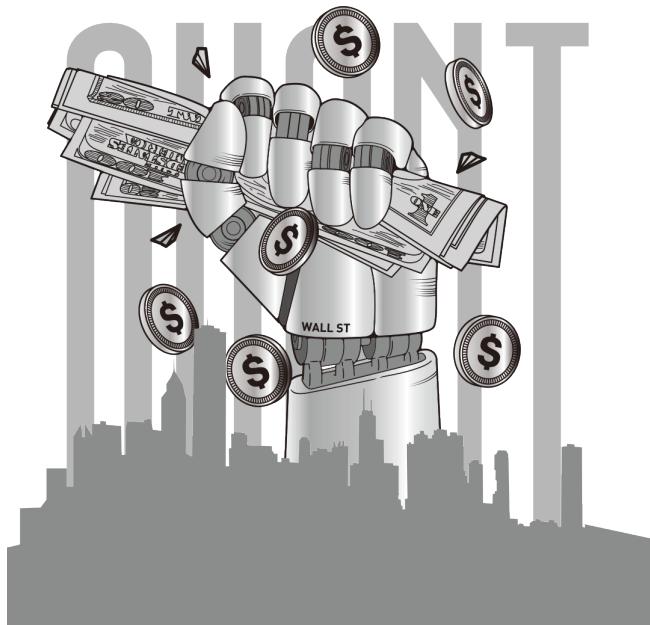
如果购买者有侵权行为，我们可能对该用户实施包括但不限于关闭该帐号等维权措施，并可能追究法律责任。

TURING

算法交易员

会赚钱的人工智能

[韩] 权容禛 —— 著 何佩佩 —— 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目（C I P）数据

算法交易员：会赚钱的人工智能 / (韩) 权容禛著；
何佩佩译。— 北京：人民邮电出版社，2019.8
ISBN 978-7-115-51604-6

I. ①算… II. ①权… ②何… III. ①人工智能—应
用—金融投资—研究 IV. ①F830.59-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第132522号

内 容 提 要

本书生动讲述了华尔街宽客及其运用量化交易技术驰骋于投资领域的故事，同时介绍了人工智能在投资领域的发展。全书分为三部分。第一部分介绍了开创量化交易的几个著名人物。第二部分结合作者在华尔街对冲基金公司与投资银行的工作经历，描述了宽客的职场生活和竞争压力。第三部分剖析并展望了人工智能在投资领域的应用发展趋势，以此帮助读者更好地了解这个行业的未来动向。

本书适合关注投资领域动态、有兴趣了解量化交易的历史渊源和现状的普通读者阅读，也适合金融和商业领域的专业人士开阔视野、了解华尔街投资机构的日常运作之用。

-
- ◆ 著 [韩] 权容禛
 - 译 何佩佩
 - 责任编辑 傅志红
 - 责任印制 周昇亮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京 印刷
 - ◆ 开本：880×1230 1/32
 - 印张：8.875
 - 字数：216千字 2019年8月第1版
 - 印数：1-3 000册 2019年8月北京第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字：01-2019-3091号
-

定价：59.00元

读者服务热线：(010)51095183转600 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广登字 20170147 号

自序

人工智能时代已经到来。在医疗领域，人工智能可以远程实施手术；在太空探索领域，探测器代替人类登上了火星；在家里，我们开始使用扫地机器人打扫卫生；亚马逊的人工智能产品——语音助手 Alexa 还能为我们关灯或者播放符合我们心情的音乐。随着谷歌阿尔法狗在与人类对决的围棋比赛中赢得胜利，一度遥远的人工智能迅速占领了我们生活的方方面面。但是，如果不是扫地机器人或者探测器这种引人注意的人工智能，而是不动声色就能为你赚钱的人工智能问世的话，又会发生什么呢？

就像中世纪的炼金术士寻找“点石成金”之术一样，许多科学家与工程师为了制造能在金融市场赚钱的人工智能付出了不懈的努力。最终，他们运用多种数学模型和算法，成功制造了能在股市投资及交易中赚钱的人工智能。这些排除人类直觉和情感因素的干扰，仅凭数学与算法进行投资的人被称作“宽客”（Quant）。特别值得一提的是世界顶级宽客、著名投资者詹姆斯·西蒙斯，他仅在 2015 年就获得了高达 17 亿美元的年薪，宽客群体因此

从热门话题变为了神一样的存在。西蒙斯的文艺复兴科技公司中，有 Neon、LadderSnake、Howler3 等人工智能投资机器人，它们利用数十台服务器进行交易。然而，在韩国市场，宽客的发展多多少少面临一些困境，有关这一群体的资料几乎是空白的。人们对于该领域的了解犹如盲人摸象，只掌握了部分信息，甚至还会把十几年前的事当作现在的情况来讨论。有关宽客的全部资料无非就是斯科特·帕特森的著作《宽客：华尔街顶级数量金融大师的另类人生》和伊曼纽尔·德曼的著作《宽客人生：从物理学家到数量金融大师的传奇》，这些书的内容多为复杂的数学与物理公式，缺乏相应背景知识的普通人很难读懂。

7 年前，我决定成为一名宽客。然而，由于当时信息十分匮乏，我遭受了许多挫折。面试相关职位时，各家对冲基金公司和投资银行对于宽客的技术要求可谓千差万别。我在很久之后才明白，经历 50 余年的发展后，“宽客”的定义已经逐渐演变，不同宽客使用的技术不同，他们各自的业务、研究方式、人工智能的算法也不相同。我想，如果当初决定转型时已经对这些背景知识有所了解，可能不至于经历这么多困难。本书主要介绍各类宽客，尤其是通过高速人工智能和算法在股市中获利的量化交易者。

进入大数据与人工智能时代，金融市场中的技术差距日益加大。然而在韩国的金融领域，人们甚至还不知道宽客的存在，或者仅仅将他们的工作视为“辅助计算各种指标”，这不禁令人惋惜。只有培养对数据拥有独到眼光的宽客以及金融数据科学家，我们才能在竞争激烈的金融生态系统中生存下来。希望本书可以帮助大家入门。当今社会，人人都可以轻易接触到金融数据。无须使用复杂的数学公式，也不必进行高难度的计算机编程，在家就可以轻松地进行人工智能投资。这意味着，你也可以成为一名宽客。

本书分为三部分。第一部分介绍宽客的历史以及占领股市的算法。我们将通过宽客算法的发展趋势与案例，论述为什么与宽客相关的领域会按照“数学及物理学—统计学—计算机与电子工程—人工智能”的方向变化。第二部分讲述我作为量化交易员在对冲基金公司与投资银行工作时亲身经历的诸多故事。宽客每天都要与人工智能 bug、职场压力、统计误差、风险回报率、其他金融机构的间谍活动做斗争。第三部分剖析宽客与人工智能投资的发展趋势，通过分析今后的变化来帮助金融市场以及个人投资者掌握未来动向，以便采取有效对策。

为了使缺乏相应专业背景知识的读者也能饶有趣味地读懂本书，我尽可能摒弃了一些专业术语和公式，而是大量列举案例。希望大家能轻松理解宽客的历史和原理，这是我撰写本书的初衷。

权容祺

前言

算法战争的时代

2014年春天，华尔街上的战争比以往任何时候都打得火热。这个战场上没有枪声、没有流血、没有喧哗，那些叫不上名字的人工智能利用光缆与微波通信上演着一场“没有硝烟的战争”。人工智能已经掌握了85%的股票交易，而世界顶尖的投资家也由沃伦·巴菲特不知不觉地变成了文艺复兴科技公司的詹姆斯·西蒙斯。当普通人还在讨论投资时机和投资灵感时，有些人已经开始利用量子力学、人造卫星、语音识别、密码破译或人工智能技术占领金融市场。他们来自不同背景，有精通心理学与概率的博弈家，有研究太空的天文学家，有擅长黑客技术的程序员，还有在通信领域工作过的专家。

这些利用人工智能进行投资的人叫作宽客，他们将所有事物转化为数字进行分析。如果你能联想到电影《黑客帝国》中将图像与事物全部识别为0和1的场景，就会更容易理解“宽客”的概念。宽客用概率计算可能发生的事件，用数据表示各种情况，例如品牌的价值、厨师的水平、新闻的影响力、

台风引发的恐慌，甚至首席执行官的可信度。他们以提炼的数据信息为基础，设计了可以进行投资的人工智能。对于宽客来说，人工智能投资中最重要的部分就是算法，它是人工智能投资的大脑。

过去，这些利用精密算法掌控投资领域的宽客鲜为人知。虽然有少部分人的故事流传，也有人被当成传说般的人物出现在电影作品中，但在华尔街的精英们眼里，所谓宽客不过是一群躲在小屋子里的怪人而已。然而不知不觉间，世界十大对冲基金公司中，已有 9 家由宽客与算法武装，他们的触角伸向了股票、货币兑换、债券、金属、农产品等各个领域，无所不在。为了制造出强大的高回报人工智能，宽客之间展开了激烈的竞争。他们中有的人为了得到竞争对手的算法设计图，不惜派商业间谍潜入对方公司，或者买通对方公司的员工以获取代码。据说，量化对冲基金城堡公司的办公室安保非常严格，堪比国防设施，需要通过 5 道安检才能进入主服务器机房。当然，股票市场从表面上看与十年前并无太大区别。然而在 2014 年春天，迈克尔·刘易斯出版了《高频交易员：华尔街的速度游戏》，引发满城风雨。这本书揭露了宽客利用超高速人工智能和私自铺设的光纤通信网络进行抢先交易的非法行为。当然，实际股市中的大部分人工智能都是合法的，但是这种关于超高速人工智能占领金融市场的话题足以引起人们的恐慌。



“你要是能帮我搞到 186 号算法的设计图，等这事儿过去了，我一定在其他事上力挺你。”

“我明白。我尽量试试吧，但是这事儿不容易啊……”

2014 年春天是我任职于美林证券的第三年，我那时还是个宽客新手。当时，我刚从基础的数据分析工作中脱身，开始设计自己的算法。刘易斯的书出版后，行业情况变得复杂起来，量化交易团队负责人杰克悄悄把我叫到跟前，给了我上述提议。

美林证券当时拥有数十名宽客设计的 300 多种算法，都在有机地运行着。这些算法的回报率极高，在银行业界的影响力极大，竞争对手拼了命想要得到它们。而在这些算法当中，186 号算法的回报最高，是其余所有算法回报总和的一半，所以难免遭人觊觎。

186 号算法的创始人是美国宾夕法尼亚大学的一位统计学教授，他于 2013 年夏天被美林证券解聘。解雇原因源于 2010 年开始实行的一项新法规——多德-弗兰克法案，这项法案全面禁止银行开展进取型投资，以避免再次出现 2008 年金融危机时的情况。2008 年，美国银行过度亏损客户的资金，导致整个国家都受到了影响。这个法案实施之后，100 种开展过进取型投资的算法都被下令禁止运行，量化交易团队的成员剩下不到半数。这位教授离开投资银行后，跳槽到对冲基金公司，186 号算法自然也就被废弃，尘封半年之久。

在这种情况下，有人想要得到 186 号算法那是当然的。因为利用这一算法的原理既可以设计出新的算法，也可以通过捕捉这一算法的交易时机，反过来设计“算法狙击手人工智能”，从而获益。杰克大概是想利用 186 号算法设计图谋求合伙人的位子，或者是为自己跳槽去其他公司增加筹码。

杰克向我提出上述建议时，应该是并不想对我公开 186 号算法的代码。然而，读取别人设计的人工智能的代码与数据以提取设计图的工作并非易事，因为即使看到代码也很难理解其数学意义。对速度要求极高的宽客算法

大部分都经过了复杂的优化设计，理解起来非常耗时。即便理解了设计图，要将它原原本本地复制过来，使其按照给定的数据进行变型，然后得出与以往类似的结果，这就算是黑客也无法轻松完成。算法复制工作本就费时费力，当时所有媒体又因刘易斯的书而将矛头指向美国宽客界，导致业界哀鸿遍野。我们团队的 300 个算法都不是那本书中披露的实施抢先交易的算法，但迫于舆论的压力，剩下的算法也迟早会被终止运行，量化交易团队面临着被解散的危机。因此，杰克才向利害关系相对较小、相对值得信任的我抛出了橄榄枝。

我也并没有把所有希望都寄托在杰克身上。6 个月前，我已经自主开发了 288 号算法。这一算法是在多德-弗兰克法案颁布之后问世的，虽不具备太强的进取性，但能带来稳定的回报，是我的第一个人工智能。由于 288 号算法的设计图是我亲自完成的，所以大部分内容都已深深刻在我的脑海之中。但是，大部分算法都是和其他算法一起有机运行的，要想理解算法的整体结构，就必须仔细阅读与之相关联或为之做预处理的基本算法的设计图。这并不是在浪费时间，因为这些基本算法中的一部分也是 186 号算法的基本算法。

面对眼花缭乱的代码，我读着读着就常常有要将它们打印出来或者复印下来的冲动。但是杰克不让我打印或者备份，只让我解析设计图，这是有原因的。在华尔街，人们对于那些有回报的算法的保密程度超乎想象。一旦算法代码被提取，也就意味着获取回报的机密遭到泄露。你只要一插上 U 盘，安保团队立刻就会收到警报，所有“复制-粘贴”口令也都会被追踪。2011 年，法国兴业银行的某宽客由于在公司内打印了算法设计图，被曼哈顿法院判处了 3 年监禁。2013 年，某程序员在城堡公司内将算法代码复制到了硬盘，

被判处 10 年监禁。因此，我想都别想打印代码，只能每天坐在办公室座椅上加班至深夜，靠大脑去消化算法设计图。

刘易斯的书引发轩然大波后，许多大型宽客公司都处境艰难，有的关门大吉，还有的成了调查对象。但是，这对于小型交易公司和对冲基金公司来说，反而是个好机会。随着算法交易市场的竞争越来越激烈，吸引可以设计新型人工智能的宽客人才成了所有公司的头等大事。隐藏于黑暗中的算法被逐一揭开神秘的面纱，拯救乱世的人才纷纷涌现，各家公司的谋臣们开始绷紧了神经。

“喂？”

“您好，我是人工智能专家猎头比尔。一家拥有 285 亿美元资金的对冲基金公司想要寻找新的衍生产品算法宽客，给出的年薪比您现在至少增加 30%，还能够与优秀的博士、工程师们共事。我知道您学过机器学习^①，不知您现在使用的交易算法中是否也用到了机器学习技术呢？”

“啊，谢谢您的来电，但是我不感兴趣，再见。”

这是一个非常令人心动的机会，但我不能因为猎头开出了好条件就放松警惕，因为各家对冲基金公司正在想尽一切办法打听其他公司能够带来回报的算法和技术。有很多公司假借面试的名义，在面试过程中仔细询问相关技术，之后再通知应聘者被淘汰，不久便会传出他们开发出类似算法的消息。当然，在没有具体数值和研究内容的情况下，想要实现算法的完全复制是非常困难的，但他们至少可以借此掌握对手的动向，或者设计出与对手的算法相克的“狙击手算法”。甚至还有传闻称，某国际知名对冲基金公司在聘请

^① 一种人工智能技术，程序员无须一一编写算法，而是由计算机利用数据自己进行学习并编写。

一名开发了优秀算法的宽客之后，故意在算法实施交易时对线路设置 Lag，使得应用算法后业绩下降，并以此为由辞退了该宽客，然后照搬该宽客的算法策略，最终实现盈利。

虽然我有所犹豫，但我认为，在当时那个团队中还有很多事情可做。比如，搞懂 186 号算法以后，我可以和杰克合作，谋划新的回报模式，还可以逐步完善自己的 288 号算法。当时，我们团队中已有很多宽客被解雇或者辞职，而我资历不深却能读懂设计图与代码，所以处境并不算艰难，尽管 186 号算法的结构我才掌握了 50% 左右。

“叮咚。”

黑莓手机里跳出了“法务组给您发来新邮件”的提示。法务组一般不会给我们发邮件，还真是有些意外呢。

“温馨提示：近期，舆论对于宽客、算法交易、高频交易的关注度不断上升，假如他们试图和您接触或者向您提问，请不要回答‘我不清楚’，而要答复‘我无权回答你们的问题，请与法务组联系’。因为‘我不清楚’这种答案有可能被媒体随意引用，甚至成为具有法律效力的回答。还望各位多多配合。”

——法务组敬上

那天，办公室里的电话铃声确实格外频繁。我是一个特别不爱接电话的人，要是有急事，别人会直接打我的手机或者给我发邮件。办公室里乱糟糟的，此起彼伏的电话铃声吵得人心烦意乱，于是我决定早点下班回家休息。正当我准备走出大厅时，发现入口已经被无数记者团团围住，气氛有些不对劲。

“请问一下，听说量化交易团队明天就要解散了，所以你们确实存在非法抢先交易，是吗？”

“您知道目前内部调查的情况如何吗？”

“您知道团队解散后其他宽客的去向吗？”

解散？我并未听说过这事。

“不是，你说解散？我不……哦，我无权回答你们的问题，请去咨询我们的法务组。”

我急忙给杰克和其他团队成员发了邮件。他们表示很抱歉没有事先告知我，团队确实要解散了。



量化交易团队的算法代码和数据全部报废，美林证券为了防止舆论恶化，主动将解散的消息通知给了媒体。杰克被解雇了。而我呢？公司表示要将我调到技术支持部门。名义上是调动，其实就是解雇。

不知是否因为新闻报道了我们团队即将解散的消息，各种对冲基金公司询问算法和回报的邮件纷至沓来，有些甚至还向我的私人手机发来短信，虽然我都不知道他们是怎么知道我的手机号的。杰克表示要成立自己的新公司，他问我是否想一起合作，还原 186 号算法。但我觉得他的处境并不算安稳。我在之前联系过我的猎头中找了个比较信得过的，请他推荐一家新公司。很快，我收到了面试通知。

一进考场，迎接我的是两位身着便装的经理。

“很高兴见到你。请先做个自我介绍吧。”

我尽量简洁地做了背景介绍，但是没有详细说明理想、兴趣爱好等细节，

因为我知道他们只对一个内容感兴趣：我的算法。

“运用了何种策略？使用的是哪种统计学技术和人工智能算法？交易是通过什么样的方式进行的？回报水平和最大风险大概有多少？”

我做了详细的回答。宽客的面试与其说是挑选公司职员，其实更像一个投资说明会。在这个会上，公司寻找自己将要投资的算法，宽客们则展示自己的算法稳定可靠，具有竞争力。

“还不错。回报率很高，和现有的算法也有所区别。”

这个评价让我心情大好。

“最后再问您一个问题：您的算法有名字吗？”

我原本想回答“288号”，但还是作罢了。毕竟已经离开了美林证券，就没有必要再使用他们的编号了。在宽客界，所有曾在历史上创造过辉煌的算法都有自己的名字，Armageddon、Starship、Ruby、Neo等，大部分都带有积极向上的含义。我的算法之前只有编号，我从未真正考虑过赋予它一个名字。

“是的，当然有了。”

略加思考后，我回答道：

“它叫‘基尼’，能实现我的愿望。”

就这样，我被录取了，再一次投入到算法大战之中。

目录 CONTENTS

第一部分 宽客的诞生 / 1

他们如何占领市场

第 1 章 征服赌场的算法 / 2

伟大赌徒的诞生 / 2

向着胜利的梦之队 / 9

击败庄家 / 14

第 2 章 全球最大“赌场”——股票市场 / 22

股市的胜率是 50 : 50 / 22

战胜市场 / 28

第 3 章 NASA 科学家进入华尔街 / 32

冷战时代的终结 / 32

人类的疯狂是无法计算的 / 42
天才们的失败 / 45

第4章 解密市场暗号 / 52

稍纵即逝的超额收益：“阿尔法” / 52
快速处理算法的出现 / 62
宽客“战国时代” / 74

第5章 成为人工智能的贸易商 / 82

芝加哥的贸易商 / 82
市场微观结构 / 91
超短线交易员的进攻 / 98

第二部分 战争开始 / 103

纽约华尔街中心的人工智能大战

第6章 投身宽客行业 / 104

会赚钱的人工智能 / 104
量化交易团队 / 111
人工智能的引擎：量化开发人员 / 118
“得克萨斯枪手”：祥 / 124
胖手指：胖且笨拙的手指引发的危机瞬间 / 131
成为宽客 / 135

第7章 人工智能制造者 / 138

模拟系统 / 138
我的第一个人工智能：282号算法 / 143
混沌初开 / 153

第8章 谍报战 / 160

- 抢占市场份额 / 160
- 没有硝烟的战场 / 169
- 算法间谍 / 182
- 量化交易团队遭遇偷袭 / 193

第9章 对冲基金宽客 / 201

- 最后的算法 / 201
- 量化交易团队的没落 / 208
- 人工智能之战尚未结束 / 214

第三部分 宽客的现在与未来 / 217

机器学习与大数据时代下的
人工智能交易员的思考

第10章 宽客的现在 / 218

- 宽客的多样化 / 218
- 宽客的前景 / 229
- 对于宽客的误解与真相 / 237

第11章 宽客的未来 / 242

- 超高速时代已到达极限 / 242
- 人工智能与机器学习的时代 / 247
- “高盛是IT公司” / 257
- 普通人也可以通过量化投资挣钱 / 259

后记 你也应该成为宽客 / 262

参考文献 / 265

第一部分

宽客的诞生

他们如何占领市场

第 1 章

征服赌场的算法

■ 伟大赌徒的诞生

1961 年某个炎热的夜晚，美国拉斯维加斯赌场里有个男人正在玩“21 点”，他的身后围着数十名看客。虽然这个男人已经淡定地玩了整整 6 小时，但从他戴着的大黑框眼镜和淋漓的汗水中还是可以一眼看出，他并不是一个专业的赌徒。看客们在赌他还可以坚持几局。大部分人都认为这个人坚持不了多久，马上就要倾家荡产了。因为他怎么看都像是个赌场新人，在对自己特别不利的情况下也不收手，反而继续抓牌，却在旁人看来很有利的情况下犹犹豫豫。邻座一直观察他的人们讥笑着开始了游戏。无数玩家败下阵来离开了座位，他却依然坚守着阵地，一次次眼看着陷入绝境、马上就要倾家荡产，却又一次次绝处逢生。围观的人们一边饶有趣味地议论着这个男人的运气极好，一边关注他的战况。然而，庄家始终觉得这个男人有些不同寻常，

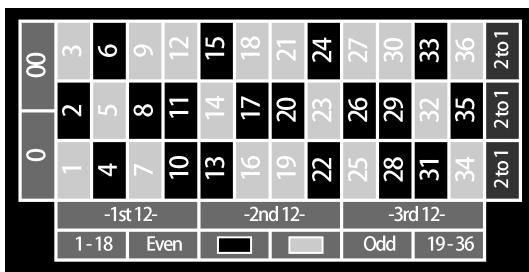
因为每当庄家觉得自己马上就要赢的时候，这个男人都能扭转乾坤，好像总有幸运女神眷顾着他似的。玩了9小时以后，这个男人终于站起身来，他只输了8美元。男人一边小声地自言自语“系统测试结束了”，一边离开了赌场。诸多看客向这个体力与运气都极好的男人报以掌声，只有庄家像丢了魂似地一动不动，呆呆地看着男人远去的背影。这个男人就是“宽客教父”——20世纪中期的顶尖投资者爱德华·索普。从他开始，一场给后代宽客们留下深远影响的算法战争拉开了序幕。

索普于1932年出生在一个贫穷的复员军人之家。他的父亲虽在银行从事保安工作，但在当时持续的经济大萧条影响下，家境很是惨淡。在这种环境中长大的索普早早地就接触到了金融方面的知识，并养成了节俭的习惯。他很小的时候就学会了如何赚钱：花5美分买来果汁粉并冲泡成6杯果汁，每杯按1美分的价格卖出去就能盈利。他这么做时才只有10岁。由于好胜心很强又喜欢玩游戏，索普还常常和加油站的大叔、超市的收银大妈打赌。还有一次，他和杂货店老板打赌看谁算账更快，他心算，杂货店老板用计算器算。结果索普取胜，赢得了一个冰淇淋蛋卷。

索普对那些能够解释各种日常现象的物理学和化学知识特别感兴趣。他曾在车库里用收集来的化学材料做过爆炸试验，还曾经把各种电子设备连接起来制造秘密通信装置。他学习物理时，用学到的理论知识解释生活中的各种现象并进行实验，很是痴迷。高中时的一天，老师说：“在赌场里是绝对不可能赢到钱的，你们千万不能染上赌博的坏习惯。”一向争强好胜的索普心想，赌场的游戏也不过就是游戏而已，肯定有赢钱的办法。他认为，比如对于“轮盘赌”，可以计算小球的运动从而得出小球落下概率最大的数字，在相应数字上下注即可取胜。但是，当时他们家如此贫困，根本不可能用成

本高昂的“轮盘赌”来做实验。最终，索普只得把对赌场的热情抛诸脑后。后来，他在物理学竞赛中获得一等奖，拿到了加利福尼亚大学洛杉矶分校的全额奖学金并进入该校学习。

进入大学后的索普也没有放弃“轮盘赌”实验的想法。他只有奖学金而没有其他收入，生活并不宽裕，于是开始考虑寻找各种可以挣钱的副业。对于争强好胜的索普来说，赌博无疑是最好的选择。他常常和同学们探讨是否可以在博彩、竞马、扑克、围棋等世界各大赌博游戏中挑选一种胜率较大的来赌。同学们大多认为“轮盘赌”是最难赢的游戏，因为轮盘中既有数字 1~36，还有 0、00 这种既不是单数也不是双数，既不属于黑色区域也不属于红色区域的特殊数字。因此，下单数的注时，最后小球落在单数区域的概率不是 50%，而是 49%；下双数的注时，最后小球落在双数区域的概率也不是 50%，而是 49%。同理，下黑色区域的注时，最后小球落在该区域的概率依然不是 50%，而是 49%。也就是说，由于始终缺少 1%，长此以往，玩家必输无疑。当然，如果轮盘制作上存在缺陷，使得小球更容易落在某一数字的话，玩家也可以利用这一缺陷提高胜率。但是，拉斯维加斯赌场内的轮盘制作极其精巧，落在任何一个数字上的概率都是随机的，几乎不可能预测小球会落到哪个数字。



不过，索普可并不这么想。物理学家不就是计算轮盘之类圆周运动的专家吗？想要计算小球在制作精良的轮盘上的运动轨迹，只需知道它的初始位置和运动速度，利用高中物理知识就可以计算出来。在“轮盘赌”中，庄家转动小球之后的一段时间里，玩家依然可以持续下注。因此，只要知道小球的初始位置和运动速度，就可以计算出玩家应该下注的位置。索普马上就将想法付诸实验。他花 300 美元买了一台廉价轮盘，又借了台高速相机，拍下了小球转动的瞬间。测得小球的初始位置与运动速度后，得出了其下落位置的概率分布图。实验似乎进行得很顺利，他对小球的初始位置和运动速度、轮盘摩擦系数等建模，用公式表示它们之间的关系。身为物理专业的学生，将某一现象用公式表示出来，对他来说是一件再寻常不过的事情了。但是，最终有两个问题击败了他。第一，廉价轮盘做工过于粗糙，精度太低，导致实验结果很不稳定。轮盘的某些部分很粗糙、摩擦力大，某些部分又很光滑；轮盘表面不平整，小球偶尔还会蹦出来。可是购买一台赌场里用的精巧轮盘需要大约 1000 美元，这是索普两个多月的生活费，他买不起。第二，要想在赌场直接计算小球的初始位置、运动速度、下落的位置，需要一台小型计算机和识别装置，但是这样的装备又贵又不实用。索普只能无奈放弃了对“轮盘赌”的研究，决心攻读博士课程。

一心想着尽早毕业赚钱的索普选择了必修课相对较少的数学专业。在攻读博士学位期间，他对胜负和概率的热情丝毫没有减少。1958 年，索普即将博士毕业之际，得到了去美国麻省理工学院担任 CLE 摩尔讲座教授的机会，这对应届博士生来说可是一个至高无上的荣耀。博弈论创始人、电影《美丽心灵》男主角的原型——约翰·纳什也曾是摩尔讲座教授。在索普博士毕业那一年，他偶然得到了一本期刊。这是美国统计学会会刊，上面刊载了美国

陆军总部数学家罗杰·鲍德温的论文《“21点”的最佳策略》，即如何运用统计分析的方法在“21点”游戏中获胜。这引起了索普的极大兴趣。与结果随机的“轮盘赌”不同，在“21点”中，玩家可以采取多种策略提高胜率。

“21点”的游戏规则很简单：玩家想要几张牌就抽几张牌，最后牌面数字总和更接近21的一方获胜，但总和超过21则为输。总和计算规则为：牌面是数字的按对应的数字相加，J、Q、K视为数字10，A可以视为数字1或11。虽然还有一些附加规则，但该游戏的基本规则就是这些。玩家手中的牌面数字之和如果不到21，可以继续要牌；庄家的牌面数字之和如果不到16，则必须继续要牌；庄家牌面数字之和若达到17点以上，则不能继续要牌。玩家通过比较自己与庄家已持的牌来决定是否继续要牌，输了需上交赌注，赢了则可以获得双倍赌注。

人们之前一直认为，即使玩家把握得当，“21点”游戏的胜率也仅为45%左右。由于胜率小于50%，所以这个游戏对玩家来说不利，久赌必输，甚至会倾家荡产。虽然关于“21点”的游戏策略多种多样，但是扑克牌可以构成无数排列组合，几千万种情况的存在对于人脑来说根本就是天文数字。然而随着计算机的出现，完成概率运算成为可能。美国陆军的数学家们耗时18个月，运用计算机计算了“21点”游戏中可能出现的各种情况的概率，并撰写了论文。比如说，现在我的牌面之和为16，庄家的牌面之和为9，如果我继续要牌，则赢的概率为52.1%；如果停止要牌，则赢的概率为46.1%。也就是说，继续要牌时赢的概率更大。根据该论文的研究结果，这一游戏的最终获胜概率为49.4%，是所有赌场游戏中获胜概率最接近50%的。尽管还不到50%，看起来依然对玩家来说不利，但如果玩家运气好，这其实是最容易赢钱的游戏。

索普读完这篇论文后激动得不能自己。他想，如果这些策略是可行的，

那么只需再深入研究，应该就能得出胜率超过 50% 的算法。他想在去美国麻省理工学院任职之前，先对鲍德温的论文进行实验，于是随即整理好行囊奔往拉斯维加斯赌场。索普把鲍德温的论文内容整理成表格贴在手上带进赌场，因为赌场里很多人都会在手心贴上神的启示或者护身符之类的东西，所以庄家对此并不在意。最终，索普在连续奋战了 9 小时之后，只输掉了 100 美元赌注中的 8 美元。他用亲身经历证实了鲍德温论文所述策略的有效性。

在亲自实践鲍德温论文策略的同时，索普也发现了问题。鲍德温的策略是以“每次都发 52 张牌”的条件计算概率的，然而在实际的赌局中，由于庄家不会每一轮结束后就立即洗牌，所以随着已发出的牌和剩余牌的变化，概率也会发生变化。比如，这一轮已经发出了 3 个 A，那么下一轮发出 A 的概率就会急剧减少；如果这一轮发出了 4 个 A，那么接下来发出 A 的概率则为 0%。也就是说，你可以通过观察已发出的牌来判断对自己有利的情况并下注。这就是电影《决胜 21 点》中著名的“高低算牌法”。

索普入职麻省理工学院之后，仍然坚持不懈地研究“21 点”游戏。他使用麻省理工学院计量中心内的 IBM-704 计算机与 Fortran 编程语言进行计算，并致函鲍德温，询问能否得到后者的计算数据原稿。不久之后，鲍德温就把写满自己和同事们的运算结果的草稿寄给了索普，这些草稿足足装满了一个纸箱。有了这些原稿的帮助，索普正式开始计算“21 点”游戏中各情形的胜率。但是，仅以 52 张牌为前提的情况下就已经有数百万种排列组合，再考虑已经出了几张牌的所有情况的话，排列组合将达到数十亿种，根本无法一一计算其概率。通过仔细观察各种情形下的概率规律，索普得出了这样的结论：数字为 5 的牌是决定游戏胜负的关键。5 越多，对庄家越有利，反之则对玩家越有利。就此，索普研究出了战胜赌场的策略，设计出自己的算法。

索普的第一个算法“数 5”(5-Counting)非常简单。看桌上剩余未发的纸牌中纸牌 5 的数量，如果占比大于 $1/13$ ，就下小额赌注；如果小于 $1/13$ ，就下大额赌注。如果 5 都已经发完，则玩家的获胜概率高达 53.6%，可以下大赌注。

索普的特别之处就在于，他并不只是通过判断该游戏对玩家有利或不利来下注，而是将每一种情况的胜率都精确地计算出来，确认玩家的胜率能达到何种程度，然后才下注。纸牌 5 的数量占比小于 $1/13$ 时，5 越少对玩家越有利，下注金额就可以越大。他还开发出了在不同情况下仍然可以迅速计算胜率的方法。事实上，在这之前，人们有过许许多多关于“21 点”游戏算法的理论，但是在瞬息万变而且禁止使用机器计算的赌场中，那些理论最终都难以得到实际运用。因此，索普这种可以简便计算胜率的方法无疑具有划时代意义。

利用索普的算法，人们可以迅速计算胜率，根据桌上剩余牌的情况，在某些赌局中，玩家甚至可以比庄家的胜率多出 20%。利用他的算法，玩家在赌局中对庄家可以平均拥有约 1.2% 的优势，即胜率为 51.2%。索普很想立刻将这一理论付诸实践，可他面临着几个难题。首先，索普的经济情况并不好，家庭条件困难，实验室的薪水也不高。即便能筹集到资金，也会由于算法当时还不够完善，无法找出精确的下注方法。假设现在游戏的胜率为 55%，你手里有 100 美元，那么能因为游戏胜率大就把所有的钱都一次性押进去吗？这其中仍然有 45% 的败率，一旦输了就血本无归。那么，将钱平分为 10 美元，分 10 次下注呢？如果 10 次都输，结果还是一无所获；就算能赢 9 次，由于每次的下注金额都是 10 美元，赌资没有任何变化，也会导致错过能赢更多钱的机会。这种方法的效率十分低下。如果精准地按照胜率下注，

最后虽不会破产，但是需要坚持玩很久才行。为了解决这样的资金难题和下注问题，索普决心去拜访麻省理工学院数学系的大师——克劳德·香农教授。

向着胜利的梦之队

索普在去拜访香农教授之前的一个月，开始每天对着镜子练习如何简洁陈述自己的想法。曾任职于贝尔实验室的香农教授是一个天才人物，他提出的两种理论被誉为“20世纪最伟大的进步”：一是提出了“位”“字节”等信息的基础单位，为计算机的问世做出了巨大贡献；二是提出了信息论，将数字概念用数学方式整理出来，让通信变为可能。香农的信息论对我们使用的互联网、MP3、手机的发展以及对人类感知的研究等方面都产生了巨大的影响。香农还是世界上首个制造国际象棋人工智能的人，尽管最终并没有成功。索普拜访香农教授一方面是想听听他的建议，另一方面也是想请他帮助自己将论文发表在美国数学协会期刊上。香农教授当时是麻省理工学院唯一的美国数学协会会员，而向该协会投稿必须有会员的推荐。香农教授的秘书告诉索普，教授太忙了，只能安排15分钟的会面。有传闻说，香农教授如果听到自己不感兴趣的话题，会立马起身走人，一分钟都待不住。因此，索普要练习将自己的“21点”算法尽可能简洁明了地描述给教授听。

然而，索普的担忧完全是多余的。香农教授对赌场策略表现出了极大的兴趣。因为对各种游戏和输赢感兴趣，教授自己当时正好也在研究这些问题。香农教授称赞索普的“21点”算法是一项伟大的成就，并且向他介绍了自己和同事共同开发的凯利公式——最大回报率与信息的准确性成正比。将这一

公式运用到投资或者赌局，可以计算出在胜算较大的游戏中每一轮应投注的赌资金额。

在当时，鞅收敛定理是专业赌徒们最常用的理论。根据这一理论，在第一局投入 1，如果失败了再投入 2，继续失败就投入 4，之后只要赢一次，就可以拿回本金。越输就越增加赌注，以此挽回损失。但是这种方法有个大问题——赌注金额有限制。因为大部分赌场都对赌注的最大金额有明确限制，所以总有一次赌注金额会达到那个极限，让人最终倾家荡产。冒着如此高的风险去挽回很少的一点本金，效率太低了。

如何才能高效下注，这是一个非常难的问题。在《不确定条件下的理性决策》^①这一论文中，作者以 61 名接受过数学教育的年轻人作为实验对象，给他们每人 25 美元，在投硬币游戏中下注。由于硬币正面朝上的概率为 60%，理论上来说获胜的概率为 60%，所以预期回报为无穷大，玩的次数越多，赢的钱就越多。实验将个人能拿走的最大赌资金额设定为本金的 10 倍，即 250 美元。令人惊讶的是，实验对象中有 28% 的人玩到了破产，平均支出的赌资只有 91 美元。虽然这是一个胜负比为 60 比 40 的高胜率游戏，但是如果不懂得如何高效下注，就会像实验参与者那样玩到血本无归。

香农教授就是因为看到了这些问题，于是研究出了高效下注的方法，即只拿出现有资金中一定比例的资金下注。这种方法绝对不会让人破产，它会让你在赢钱的时候加大赌注从而增加回报，在输钱的时候减少赌注从而降低风险。如果上述实验对象运用了凯利公式，在每一轮中只投入现有资金的 20% 作为赌注，那么大概在 13 轮游戏之后就可以拿到最大赌资金额 250 美元。

^① Haghani, “Victor and Richard Dewey”, Rational Decision-Making under Uncertainty, 2016.

根据香农教授的凯利公式，在游戏中胜率越大、赔率越高，应投入的赌注比例也越高，这样才能实现收益最大化。

$$\text{下注比例} = (\text{赔率} \times \text{胜率} - \text{费率}) / \text{赔率}$$

例如，胜率为 60%，赢了赌注变为 2 倍，输了上交赌注，那么下注比例 $= (1 \times 60\% - 40\%) / 1 = 20\%$ 。

也就是说，只要投入现有资金的 20% 作为赌注即可。当胜率小于 50% 时，游戏对玩家不利，还不如干脆不下注。在“21 点”游戏中，由于胜率不断发生变化，所以胜率大时增加赌注，胜率小时减少赌注，就能保持长久的胜利。凯利公式后来成为资产管理与投资中计算比例的法则，被沃伦·巴菲特、比尔·格罗斯等著名投资者引用，受到了广泛欢迎。

凯利公式成为完善索普算法的最后一步。即便我们可以在胜率上比庄家更占优势，那也要通过下注来将这一优势转化为实际利益。索普与香农教授想将这一研究结果发表在美国数学协会期刊上，以获得投资然后亲身验证。在与香农教授约好共同准备“21 点”游戏的论文后，索普从座位上站起来准备离开。这时，香农教授叫住了他：

“你还研究过赌场里的其他玩法吗？”

犹豫片刻后，索普小心翼翼地说出了自己在大学时期进行过实验最后却以失败告终的“轮盘赌”的故事。“预测赌场小球运动的机器？”这一想法让香农眼前一亮。要知道，他可是个机器达人。香农教授叫来自己的秘书，让其取消当天所有的会面。在与索普通宵畅聊后，香农教授决定与他组成研究小组。



香农教授与索普在共同准备《21 点常胜策略》论文的同时，也在秘密研

究“轮盘赌”。在香农教授的帮助下，索普获得了赌场中实际使用的价值 1500 美元的轮盘与象牙小球，他利用相机与烟盒大小的便携式计算机计算了小球的运动。经过几个月的实验之后，他们得出了这样的结论：将轮盘分为 8 个大小相同的区域，输入小球初始位置并得到小球第一圈的转动速度后，可以计算出小球最终停留区域的概率为 60%。反正几乎不可能准确预测小球的停留位置，那么仅凭现在的方式也可以将原本为 44.84% 的胜率提高到 60%。

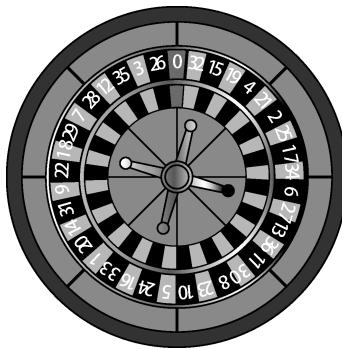
在这一套预测程序完成到一定程度后，他俩开始筹备将其运用于实践。首先将便携式计算机藏于鞋底，用一根细线连接按钮与耳机。在小球转动时，用小按钮输入小球运动的起始区域，在小球转动一圈后再次按动按钮以计算小球的运动速度。之后，计算机分别用“哆嗦咪发梭拉西哆”8 个音传递小球掉落在 8 个区域中的哪个区域，实验者用耳机收听。起初，在小球转动一圈时，由于按按钮的时机总是不对，结果总是错误。索普干脆没日没夜地泡在香农教授的实验室，练习了整整一周之后，才终于得到与之前计算数据相近的实验结果。

现在，该去赌场实际操作了。索普穿上厚厚的衣服，用胶将细线粘在身上。为了不被人察觉，索普还将线涂上了与肤色、发色相近的颜色。他还买了双鞋跟很高的皮鞋，这样就算鞋里藏着计算机，看起来也不会太奇怪。就这样，1961 年 6 月的一天，索普夫妇与香农夫妇一同前往拉斯维加斯赌场。

比起“21 点”游戏的实验，索普这次要紧张得多。因为“轮盘赌”的预测系统需要使用机器，一旦作弊行为被人发现，机器就是他们无法抵赖的证据。由于害怕被监听和搜身，他们没有入住酒店，而是在附近的一家汽车旅馆住了下来。香农率先进入赌场，寻找轮盘合适、庄家看起来不太容易起疑的赌桌，找到之后向队友们使使眼色，然后几人汇合。香农在纸上写下数字，

伪装成一个似乎在做某种计算的玩家，借此吸引大家的关注，索普则趁机用机器计算然后下注。

机器运转很顺利。索普听到耳机传出的声音后，在相应区域的数字中均匀地下注。系统的表现比预想的效果要好，没多久，他就赢到了2000美元。轮盘上的数字不是连续的，而是许多数字间隔而成。举例来说，在1号区域里，4的旁边是21、21旁边是17……也就是说，在旁人看来，索普下注是没有任何规律的，他只是随便挑了数字下注而已。



如果说系统有什么不足之处的话，那就是线总是断开。为了使人不易察觉，他们把线做得极细，以至于轻微的动作也会拉断线。线一断，他们4人就得回房间去修理，这样一来，一天之内他们得进出房间十多次。

虽然系统预测较准确，使他们赢得了钱，但是反复断开的线让索普感到很烦躁。他开始用高于凯利公式计算结果的比例进行下注。多次成功之后，已经将赌注扩大到2倍、3倍的索普更加信心大增，于是他将赌注增加到了最大比例。然而这一系统毕竟只能让人在赌局中提高胜率，做不到100%的准确预测。为此，索普在连续失败3局之后，将这一天的收入输得所剩无几。

俗话说得好：屋漏偏逢连夜雨。坐在索普旁边的女玩家突然大叫了一声，机器的线又断了，伪装成肤色的电线挂在索普的脸上摇摇欲坠。一行人赶忙收拾好电线飞也似地逃离了赌场，所幸赌场似乎并没有察觉到他们的异常。

香农与索普决定暂且搁置对“轮盘赌”的研究，直到有更先进的通信设备与技术问世。因为以现有的乔装技术和机器，他们很难专注于赌局，而且一旦作弊行为被赌场发现，他们定会死无葬身之地。值得一提的是，索普在这次拉斯维加斯赌场之旅中收获良多。他明白了一个道理：无论赌局对你如何有利，如果不遵循凯利公式胡乱下注，倾家荡产可能就是分分钟的事情。也就是这一经验帮助索普在日后的生活中成为了颇具传奇色彩的投资家。带着遗憾也带着释怀，香农与索普就这样回到了麻省理工学院。

■ 击败庄家

索普的论文通过了美国数学协会的审查，得以顺利发表。起初，人们大多抱着将信将疑的态度，所以论文并没有引起多大的反响。但是，随着其算法在现实情况下的有效性渐渐被人们所知，加上美联社的记者对他进行了采访，索普一夜爆红。美国各地的专业赌徒纷纷致电数学系办公室，询问自己是否可以得到论文。整个麻省理工学院几乎被咨询索普算法的信件淹没，快要无法正常工作了。甚至还有人没完没了地直接往索普家打电话或语音留言，他的妻子不得不掐断了电话线。索普宣布，他将于 1961 年 1 月在华盛顿举行的美国数学协会冬季会议上就自己的论文发表首次演讲。原本甚是枯燥无趣的数理会议却挤满了前来旁听的人，有记者、专家学者，甚至还有黑社会人士。演讲一结束，人群蜂拥而至，想要向索普开出各种条件。有人表

示要斥巨资买下他的系统，有人表示想花钱请他去做个人培训，拉斯维加斯的一家大型赌场甚至表示愿意为他永久提供免费食宿，以宣传自己的生意。当然，他们之所以愿意这样，是因为和其他专业赌徒一样，认为索普的理论只不过是一种幻想。索普虽然对各种各样的诱惑都没有表现出太大的兴趣，但是他很想亲身实验自己的系统。况且“21点”又是一个极其烧钱的赌博游戏，对于当时年薪 7000 美元的他来说，仅凭个人财力根本无法进行。索普最终决定与一个商人合作。

这位名叫艾曼纽·曼尼·基米尔的中年商人来自纽约，其名下的“肯尼停车公司”即将上市，他还是丧葬业的巨头。基米尔凭借优秀的商业才能和雄厚的资金实力，从美国新泽西州纽瓦克机场旁的一家小停车场发家，逐渐掌控了整个纽约的停车业，后来又收购了清洁行业、设备业的一些公司，甚至还收购了著名的 DC 漫画和艺人经纪公司。1969 年，他又收购了华纳兄弟电影公司，将其与时代华纳合并，成立了世界上最大的传媒公司。

实际上，基米尔最早是靠赌博和卖酒掘到第一桶金的。据说，纽瓦克机场旁的那家小停车场就是他用在骰子赌博中赢来的钱买的。而“肯尼停车公司”之所以能够获得成功，也得益于他参与的许多非法的赌场生意。基米尔甚至还在美国实施禁酒令时期与黑社会组织勾结，靠酒类运输挣了大钱。根据 1965 年美国联邦调查局的报告资料，基米尔与一些国际性的黑帮组织头目曾亲密到了“拜把子”的程度。他痴迷于各种赌博，对“21点”的钻研尤其深。由于对索普的论文感兴趣，他驱车近 5 小时，专程从纽约过来拜访索普。

基米尔答应给索普投资 10 万美元，条件是他要拿走 90% 的收益。而索普认为，拿着超过自己年薪 15 倍数额的钱去赌博，容易失去理智，也太容易引起别人的注意，于是他只要了 1 万美元。当然，基米尔对索普并非全然

信任。他虽然对数学理论知之甚少，但是就“21点”方面的经验，他坚信自己绝不亚于任何人。因此，他提出让索普亲自在赌局中战胜自己，以证明其论文内容的有效性。

基米尔开始发牌，他的手法是那么娴熟。那天，两人玩了整整一个通宵。第二天、第三天，他们又玩了整整两天。之后的每个周末，索普都开车前往基米尔位于纽约的家中，与他玩“21点”。就这样大约过了一个月，基米尔总算开始相信索普的算法是有效并切实可行的。索普对自己充满信心，他表示，失败的唯一可能就是赌场“出老千”。基米尔笑着说：

“你不用担心，我可最擅长揭穿赌场的这种骗局了。”



两人一同前往雷诺。雷诺是美国内华达州一座小型的赌场城市，索普和基米尔决定首先在这里进行测试。毕竟拉斯维加斯人多嘴杂，认识基米尔的人也很多。如果完全遵循计算结果，那么原本应只在胜率大于50%的情况下才下注，但是如果一味观察别人的赌局，自己只在必要的时候才下注，这样就太容易引起别人的察觉了。于是索普决定每局都参加，并且只下最小比例的赌注。

索普慢慢地计算着牌数，等待对自己有利的时机。虽然他每局只下最小的赌注，但是那天的运气似乎特别不好，有利的时机一直没有出现。索普一直在输钱，直到输了100美元。他大为恼火，要求庄家允许他同时进行两个赌局，但是遭到了拒绝。庄家觉察到他在留心观察牌数，似乎在计算着什么，于是开始迅速发起牌来。索普也不甘示弱，快速地计算着牌数。随着计算出的胜率不断变大，索普渐渐增加了赌注。最终达到对庄家15%优势的时候，

索普将赌注加到了 20 美元。一局结束，他不仅赢回了所有本金，还小小地赚了一笔，心满意足地离开了座位。

算法的有效性在实际赌局中得到了验证，这让索普和基米尔都感到兴奋。这次该轮到基米尔实验索普的系统了。这家赌场的最小赌资高达 500 美元。基米尔按照与索普练习过的那样，先计算胜率，再根据计算结果决定下注金额，不利时就只下最小赌注。就这样，基米尔在短短 30 分钟后就赢了 5000 美元，1 小时后赢得了 1.3 万美元，使得赌场不得不换掉了庄家。

新的庄家是个表情冷漠的 40 多岁的女性，也是赌场培养的专业“老千”。 “老千”会在洗牌的时候偷看牌，如果对牌不满意，会偷偷把这张牌的下面一张牌递出去。基米尔虽在输了几局之后意识到庄家“出了老千”，但碍于面子，他并没有结束赌局。基米尔认为，凭借索普的算法，即使庄家“出了老千”，他也可以赢。直到又输了 2 万美元，他才收手，从椅子上站了起来。怒火中烧的基米尔向赌场抗议庄家“出老千”，但是由于没有证据，并且有其他玩家表示从庄家这里赢了钱，他的抗议被无视了。索普和基米尔为了挽回损失，再次前往前一天赢钱的赌场。赌场里的人认出了他们俩。在赢了 650 美元且胜率提高的情况下，他们增加了赌注。然而庄家突然开始洗牌，于是所有计算全都作废，他俩不得不离开了座位。

实战有别于理论，实际操作中往往充满了各种变数。赌场会时刻留意那些赢钱的玩家，他们会在必要时“出老千”或者突然洗牌，用这些手段干预玩家的行为。而索普和基米尔两人又必须尽量不引起别人的关注，要假装成偶然赢了钱的样子，在略有盈利之后就要收手转往下一个赌场。

逐渐适应了实战后的索普开始称霸雷诺。他在市郊的小型赌场两小时内赢了 1.7 万美元，之后在附近的赌场又赢了 6000 美元。他通过给每张牌打分

的简单方式来计算牌数，而不是把所有的牌都记住。因此，无论庄家发牌有多快，索普都可以算出胜率。即使牌桌上有多名玩家，他也可以把别人的牌数都计算出来，从而更加轻松地把握时机下注。

但是索普陷入了巨大的焦虑和被害妄想当中。他既要费心注意庄家何时“出老千”，又要担心被人识破而赶出赌场。随着索普的长相和举止渐渐被传开，他开始被一些赌场拒绝进入。索普甚至还听说有些算牌的人被赌场私下抓走挨了毒打，所以在游戏时更加小心谨慎。除此之外，基米尔还会随时确认索普的赌局进展，甚至会对他进行搜身，以检查他有没有藏匿芯片。基米尔甚至常常无视索普的方案擅自下注，结果不仅输钱，而且还打草惊蛇。有一次，两人在市区的一家赌场赢了 2.2 万美元，尽管索普反复强调自己太累了无法再计算牌数，基米尔还是一意孤行要继续赌，结果输了 1.1 万美元。

从雷诺回来以后，索普确信自己的算法已经得到了验证，赌场的经历也让他有了很多感悟。他再也不需要更多资金了。当初选择与基米尔合作是为了验证算法的有效性，现在既然不需要钱了，两人于是分道扬镳。后来，索普前往美国新墨西哥州立大学任教，年薪涨了 50%。他还出了一本名为《击败庄家》(1962) 的著作，讲述了“21 点”策略以及自己击败赌场的经历。该书一经出版，立刻成为赌徒们人手一本的“经典教材”，轰动一时。无数算牌人横空出世，各家赌场甚至为此召开紧急会议商讨对策。尽管赌场给出了“要抓住算牌人并恐吓”“要提高‘老千’的比例”等应对方案，但是从现实角度来说，要将算牌人一网打尽是根本不可能的。

虽然有很多人按照索普的书里描述的那样进行操作，但很少有人系统地实践其理论。人们只关注牌数的计算，却忽视了对下注比例起到关键作用的凯利公式。当人们通过算牌发现胜率对自己有利时，往往难掩冲动而增加赌

注，最后反而输了钱。这样的情况时有发生。

索普出版《击败庄家》之后，仍然不时前往拉斯维加斯的赌场。由于实在太出名了，他只得通过换掉眼镜、戴上假发等伪装来隐藏自己的身份。尽管如此，人们还是很快就能认出他来。一旦真实身份暴露，赌场便会将他驱逐出去，并且禁止他再次进入。1966年，仅拉斯维加斯就去了10次的索普意识到自己已经太出名，再也不能玩“21点”了。据说那一年夏天，他蓄起络腮胡前往赌场，可这一消息很快就在所有赌场之间传遍了，以至于所有留着络腮胡的人都成了赌场的警戒对象。索普去了一家远离拉斯维加斯的赌场，结果就连那里也知道“络腮胡”的事情。

赌场在缜密研究之后，宣布了一条可以杜绝算牌人操作的新规定。他们引入了一种可以一次性洗多套牌的机器，取名教授探测仪。如此一来，不仅洗牌变得更为轻松，人们也很难再计算牌数了，这大大降低了算牌人的胜率。当然，这里的“教授”指的就是索普。

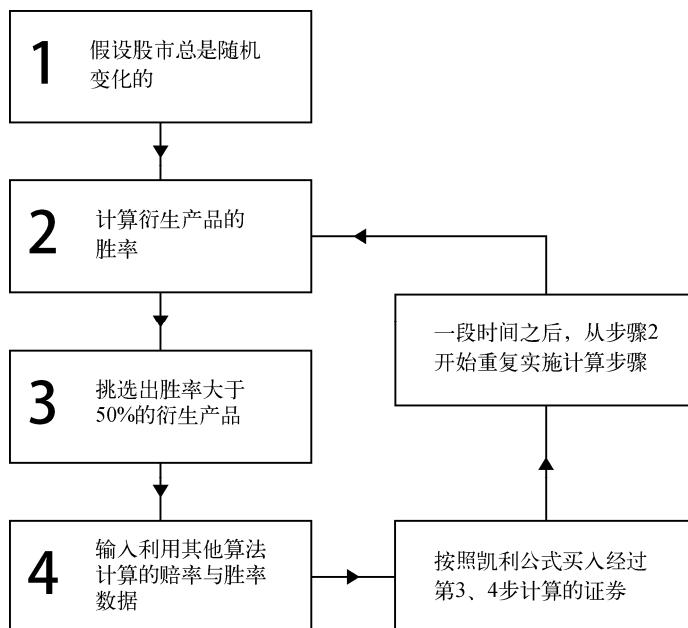
索普回忆起自己最后一次去赌场的情形。那天，他向身旁走过的服务员要了一杯咖啡，喝了一口之后，他忽然感到意识和视野都变得模糊起来。咖啡里被人下了麻醉剂。他摇摇晃晃地从桌前站起，回到房间睡了整整8小时才勉强清醒过来。如果把那杯咖啡都喝完的话，还不知道会发生怎样的事情。意识到再继续前往赌场会搭上自己的性命，索普决定转往更安全合法的“赌场”——华尔街股市。

就这样，“宽客的鼻祖”诞生了。

贵宾笔记

第33号 算法设计图

爱德华·索普式下注算法



索普式下注算法根据凯利公式计算合适的买入比例。比如，假设衍生产品^①的胜率与数据如下。

① 如认股权证一样，指从传统的基础金融工具（股票）交易过程中衍生发展的新金融产品。

12/15/97 Performance Analysis for Account AIB Credit Spread DM

Options Account **AIB Credit Spread DM** Close

Gain/Loss | Performance Graph | Performance Analysis | Performance Summary | List of Accts | Dividends | Interest Trends

Period from **Jan 1, 2001** Thru **Nov 30, 2002** Asset Symbol (Blank=All)

Net Profit	27,310.50	Org. Investment	15,000.00	01/02/01
Total Gains	43,502.00	Highest value	42,310.50	
Total Losses	-16,191.50	Lowest value	15,000.00	
Ratio gains/losses	2.69	Highest value	44,573.00	10/30/02
Period of time (days)	2524	Max drawdown	2,610.50	04/30/93 - 06/30/93
Total Number of trades	75	Max % drawdown	17.4%	
		Return	182.0%	
		Anualized return	26.3%	
Number of winning trades	66	Number of losing trades	9	
Percent winners	88%	Largest losing trade	-2,037.00	
Largest winning trade	1,680.00	Average losing trade	-1,799.66	
Average winning trade	659.12			
Average avg win / avg loss	36.14 = .96/(5.5%*1) = 1.67(1.14 - 0.83)			
Ratio avg win / avg loss	0.37			
Average winning trade length	34	Average losing trade length	20	
Max consecutive winners	16	Max consecutive losses	2	

Past results are not necessarily indicative of future performance. Copyright OptionVue Systems, Inc.

出处：Ron Shonkwiler, Kelly's Criterion for Option Investment

此时可以计算信用利差期权的胜率。

交易次数：75 次

盈利交易：66 次

亏损交易：9 次

胜率 = $66 / 75 = 88\%$

盈利交易平均收益：659.12 美元

亏损交易平均损失：1799.06 美元

赔率： $659.12 / 1799.06 = 0.366$

凯利公式

$= (\text{赔率} \times \text{胜率} - \text{败率}) / \text{赔率} = (0.366 \times 0.88 - 0.12) / 0.366 = 0.552 = 55.2\%$

也就是说，如果这一期权再次上市，买入该期权的仓位占 55.2% 即可。

第 33 号算法可以辅助其他算法，它获取其他算法计算的胜率与赔率数据，再利用凯利公式进行计算。



微信连接



回复“人工智能”查看相关书单



微博连接

关注@图灵教育 每日分享IT好书



QQ连接

图灵读者官方群I: 218139230

图灵读者官方群II: 164939616

图灵社区
iTuring.cn

在线出版，电子书，《码农》杂志，图灵访谈



身处人工智能和大数据的时代，
用敏锐的洞察力寻找数据的意义，然后投资吧！

没有一本书像这本书一样，用有趣易懂的语言介绍了如此丰富的宽客的世界。宽客们在金融市场这个复杂的系统中，运用数学思维，把握金融市场的特性和走向，由此做出预测，展开激烈竞争。想要知道未来金融市场如何变化，我推荐你读读这本书。

—— **姜承元**，纽约高盛宽客投资部门交易员

翻开这本书的瞬间，人工智能机器人的华尔街之战就如电影般栩栩如生地展现在我眼前。即使是完全不了解宽客与金融、机器人、数学的普通人，也能津津有味地读完全书。更重要的是，这是一本论及技术革命的书，能够让人认真思考应当以怎样的理念在未来的金融市场中生存。

—— **金午英教授**，韩国檀国大学工学院院长、知识信息研究生院院长

以“阿尔法围棋”为契机，普通人开始关注起机器学习和大数据；而在华尔街，这种热情早在数十年前就开始了。现在这个时代，算法交易左右着美国和世界其他金融市场，韩国的金融市场也正面临着巨大的范式变化。从这个角度讲，这本书可谓正合时宜。无论是想要间接体验电影中华尔街人士日常生活的学生，还是关注将机器学习和大数据应用于宽客交易的最新动向的从业人员，都适合阅读本书。

—— **南宇延**，纽约对冲基金宽客交易员

作者站在激荡变化的宽客交易产业中心，将平时的优秀口才化于笔端，以有趣易懂的语言讲述了宽客的过去和现在，以及人工智能的急速发展、对未来的预测。对于在美国做了多年宽客的我来说，实在很有共鸣。一本将该领域的最新信息如此详细、易懂地介绍给普通人的书，即使在美国也很少见。希望这本珍贵的书能够助力掀起韩国的宽客潮。

—— **成基范**，纽约宽客投资组合经理、斯坦福大学电气工程博士

图灵社区：iTuring.cn
热线：(010)51095183转600

分类建议 计算机 / 人工智能

人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn

ISBN 978-7-115-51604-6

ISBN 978-7-115-51604-6

定价：59.00元

9 787115 516046 >

欢迎加入

图灵社区

最前沿的IT类电子书发售平台

电子出版的时代已经来临。在许多出版界同行还在犹豫彷徨的时候，图灵社区已经采取实际行动拥抱这个出版业巨变。作为国内第一家发售电子图书的IT类出版商，图灵社区目前为读者提供两种DRM-free的阅读体验：在线阅读和PDF。

相比纸质书，电子书具有许多明显的优势。它不仅发布快，更新容易，而且尽可能采用了彩色图片（即使有的书纸质版是黑白印刷的）。读者还可以方便地进行搜索、剪贴、复制和打印。

最方便的开放出版平台

图灵社区向读者开放在线写作功能，协助你实现自出版和开源出版的梦想。利用“合集”功能，你就能联合二三好友共同创作一部技术参考书，以免费或收费的形式提供给读者。（收费形式须经过图灵社区立项评审。）这极大地降低了出版的门槛。只要你有写作的意愿，图灵社区就能帮助你实现这个梦想。成熟的书稿，有机会入选出版计划，同时出版纸质书。

图灵社区引进出版的外文图书，都将在立项后马上在社区公布。如果你有意翻译哪本图书，欢迎你来社区申请。只要你通过试译的考验，即可签约成为图灵的译者。当然，要想成功地完成一本书的翻译工作，是需要有坚强的毅力的。

图灵社区进一步把传统出版流程与电子书出版业务紧密结合，目前已实现作译者网上交稿、编辑网上审稿、按章发布的电子出版模式。这种新的出版模式，我们称之为“敏捷出版”，它可以让读者以较快的速度了解到国外最新技术图书的内容，弥补以往翻译版技术书“出版即过时”的缺憾。同时，敏捷出版使得作、译、编、读的交流更为方便，可以提前消灭书稿中的错误，最大程度地保证图书出版的质量。

最直接的读者交流平台

在图灵社区，你可以十分方便地写文章、提交勘误、发表评论，以各种方式与作译者、编辑人员和其他读者进行交流互动。提交勘误还能够获赠社区银子。

你可以积极参与社区经常开展的访谈、审读、评选等多种活动，赢取积分和银子，积累个人声望。

ituring.com.cn