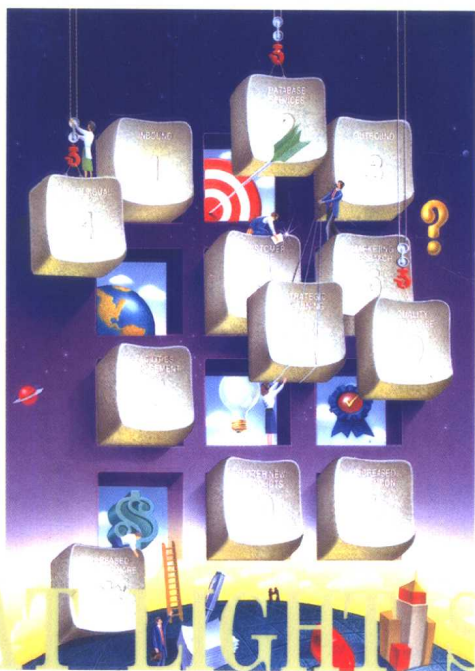


像人脑这样慢的机器，性能仍如此卓越，那么光脑呢？



MIND AT LIGHT SPEED

A New Kind of Intelligence

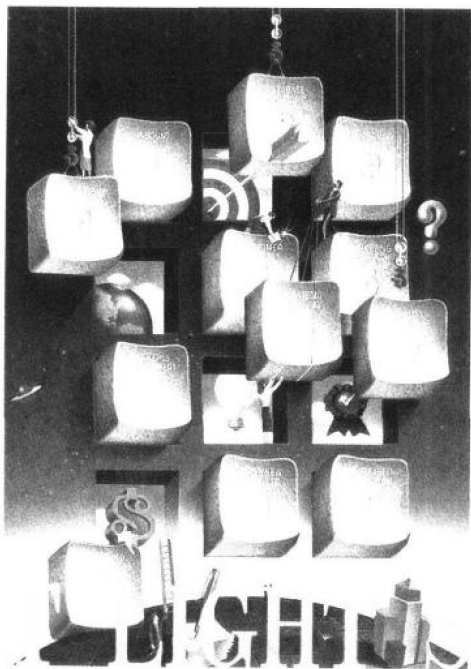
光速思考

新一代光计算机与人工智能

戴维·D·诺尔蒂(David D.Nolte)/著

中信出版社
辽宁教育出版社

像人脑这样慢的机器，性能仍如此卓越，那么光脑呢？



光速思考

新一代光计算机与人工智能

戴维·D·诺尔蒂(David D.Nolte)/著

王国琮/译

中信出版社
辽宁教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

光速思考 / [美] 诺尔蒂著; 王国琼译. —沈阳: 辽宁教育出版社, 2003.7

书名原文: Mind at Light Speed: A New Kind of Intelligence

ISBN 7-5382-6677-1

I. 光… II. ①诺… ②王… III. 计算机-基础知识 IV. 043

中国版本图书馆CIP数据核字 (2003) 第045002号

Mind at Light Speed: A New Kind of Intelligence

Copyright © 2001 by David D. Nolte

Chinese (Simplified Characters Only) translation Copyright © 2003 by CITIC Publishing House & Liaoning Education Press.

Published by arrangement with The Free Press, (a division) of Simon & Schuster Inc. through Big Apple Tuttle-Mori China.

ALL RIGHTS RESERVED.

光速思考——新一代光计算机与人工智能

GUANGSU SIKAO

著 者: [美] 戴维·D·诺尔蒂

译 者: 王国琼

责任编辑: 周琳 蔡宪智

出 版 者: 中信出版社 辽宁教育出版社

经 销 者: 中信联合发行有限公司

承 印 者: 北京牛山世兴印刷厂

开 本: 880mm × 1230mm 1/32 印 张: 10.75 字 数: 191千字

版 次: 2003年7月第1版 印 次: 2003年7月第1次印刷

辽权图字: 06-2003-102

书 号: 7-5382-6677-1/TP·14

定 价: 19.00元

版权所有·侵权必究

凡购本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由发行公司负责退换。服务热线: 010-85322521

E-mail: sales@citicpub.com

010-85322522

献给尼古拉斯和他的母亲，
他们给我比彼特拉克更多的灵感。



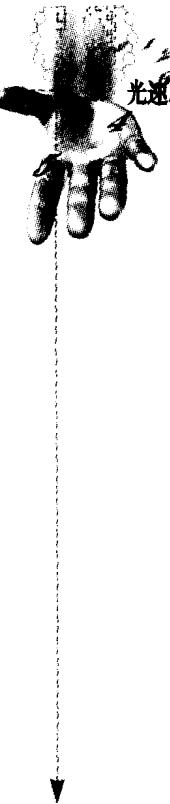
序言

光是最完美的信使。它比任何别的东西跑得都快。它没有重量，产生光的费用微乎其微。成千上万条不同颜色的光线能够相互并行，相互穿行传播，在数百万个地址间传送数据和命令而不相互影响。这个能力我们称之为光的空间相容性（光的并行性），它表明光具有巨大的通信和计算能力。借助此特性，光子计算机同时执行上百万个任务。

的确，视觉信息涌入我们的眼睛，以每秒10亿比特以上的速率撞击我们的视网膜。满足渴求信息的眼睛的需求，是推动互联网所承载的视觉信息量以指数级增长的原动力之一。人们对互联网提供日益精细的视觉内容的渴望，只有借助光在透明玻璃纤维中传播所具有的空间相容性才能解决。

始于20世纪末的光学革命是由人眼发动的，但它此后的发展却将远远超越简单地服务于人们感官的范围。光的空间相容性是所有各类新型光学机器的基础，这些光学机器的运行越来越快，但还不能算是一场革命，这只是量的区别而非质的飞跃。只有当全光智能以光控制光的方式分布在整个光网络上时，真正的革命才算到来。到那时，网络将有大量的多重内部连接，足以与人脑的复杂性媲美。

本书是一次旅行。它始于最古老（也是最复杂）的光学机器——人眼，止于对新世纪后期将要研制出



的量子光学计算机的探索。欲达此目的，需要经历3代光学机器的演化，这是我在第2章要介绍的。第一代是我们正用着的、支持光互联网的光电计算机。第二代是全光计算机，其中用光控制光，把图像作为信息单位。第三代即最后一代，是量子光学计算机。它将采用与经典逻辑相左的量子效应传递（甚至远距输送）量子信息，一眨眼间它就能完成目前尚无法完成的计算工作。

这些光学机器（简称光机）外观如何呢？它们是怎样处理信息的，它们具有智能吗？这就是我将在第3章探索视觉智能结构时提出的一些问题。

人眼和大脑的神经网络是目前我们知道的最精密的图像处理机，它们是光学机器中人工网络的出发点。在一个景物庞杂的场合感知事物在空间中的焦点对我们的眼和脑是轻而易举的事，而对人工智能却是最具挑战性的难题。为什么这样呢？我们的神经元是如此的慢。我们的阅读速度不及简单个人计算机处理速率的百万分之一。像人脑这样慢的机器，性能怎会如此卓越呢？第4章到第5章探讨的就是这些问题。

这里提出了一个可望而不可及的问题：假如光机能不受人类限制因素的阻碍，深入利用光的空间相容性资源，那将发生什么情况？这是对3代光机的挑战。第6章描述支持互联网上频带宽度爆炸的光电计算机。随后转到第7章描述的视觉智能，在那里以光的形式出现的信息控制着光，互联网上的智能已分布到比人脑



神经元数量还要多的智能节点上了。它代表的是哪类智能呢？

充分发掘利用光的空间相容性要求图像成为信息单位。如果比特这个简单的信息单位被整幅图像所取代，那会怎样呢？在这类机器中一幅图像能告诉另一幅图像去做什么。第8章就描述了以光学方法把信息存储于晶体中并能形象思维的全息计算机。

在光的空间相容性的驱动下，光学机器演化的顶峰是量子光学计算机。我们现有的全部经验都不足以使我们应付量子技术带来的翻天覆地的变化。到量子神经网络通过量子远距输送，在量子互联网上连成一片时，会发生什么情况呢？整个网络将变成一个宏观量子波函数。这个网络会具有意识吗？

这就是我们从人类文明初期发明的一种象形文字，即从最早的视觉语言起，到新世纪的全息量子计算机为止这一历程中遇到的一些问题。让我们拭目以待吧。





目录

序言 XI

第1章 玻璃珠游戏

视觉知识 1

玻璃珠游戏 4

人类的瓶颈 7

超越人类中心论 9

光的构成 12

第2章 三代光机

范例 15

激光：神奇之光 19

量子世界 24

爱因斯坦论光 26

激光是如何工作的 30

光学革命 35

纤维光学 37

第一代：光电子学 40

第二代：全光机 43

第三代：量子光机 49

第3章 视觉智能的结构

当一朵玫瑰是一朵玫瑰的时候 55

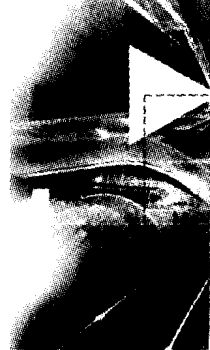
- 神经元 57
易改变的网络 61
深思 71
符号学：符号生活指南 75

第4章 视觉机制

- 从视网膜到大脑 83
达·芬奇的眼睛 84
造成失真的眼睛 87
感受的量子起源 90
眼的流动介质 91
图像的分解 95

第5章 看见的速度

- 人类视觉感知的速度 103
信息的度量 104
信息论 109
大图画 112
心理物理学 118
紧张的眼睛 122
视觉信息率 125
纯视觉语言 129
回到瓶颈之上 135



第6章 以光速进行通信

- 光互联网 139
- 网络中的纤维 141
- 数据率与带宽 146
- 小虹的秘密 148
- 电子带宽瓶颈 153
- 时间并行性 158
- 超快激光器 159
- 颜色并行性 163
- 全光互联网 166
- 纤维激光放大器 168
- 我们需要多少信息 172
- 未来的展望 175
- 铜统治一切 178
- 箱内的光 179

第7章 第二代全光机

- 用光控制光 183
- 光主宰一切 185
- 纤维中的运河波 188
- 圣杯 192
- 探路 196
- 借助干涉效应改进通信 199
- 重新考虑计算机 202
- 智能的光网络 206

第8章 会说话的图像

- 全息计算机与光的结构 213
- 保持相位 215
- 晶体中的蒙娜丽莎 219
- 深入全息术的历史 222
- 全息神经网络 230
- 动态全息图 235
- 会做梦的机器 237
- 再大的空间也会被填满 240

第9章 耦合时代

- 量子长距输送与密码术 243
- 相互干涉的光子 247
- 波动力学 250
- 借助量子摸黑寻物 252
- 光子的偏振 256
- EPR悖论 259
- 偶合光子 263
- 量子长距输送 265
- 量子谍报战 271

第10章 不可计算的用量子来计算

- 旋转的硬币与量子比特 275
- 用旋转的硬币做计算 276
- 量子比特 279



量子逻辑	282
量子计算	284
第三代光机	287
为乐观主义辩护	293

后记 光流中的玻璃珠游戏	295
--------------	-----

附录1 计量单位表	299
-----------	-----

附录2 术语	301
--------	-----

第1章 玻璃珠游戏

视觉知识

这个体现在玻璃珠游戏中的永恒思想奠定了大脑每一个活动的基础，把艺术与思维的生动的美同精密科学魔术般的表达能力结合在一起。

赫尔曼·黑塞 (Hermann Hesse), 《玻璃珠游戏》
(*The Glass Bead Game*), 1942

我们的生活充满了图像。每天我们看到信号、读到标志、学习各种符号。我们借助地图找路，在报纸上找新闻与大减价的消息，计算我们的账单与纳税金额。我们在不经意间把光盘上的音乐变成悦耳的声音。图标点缀着计算机屏幕，散布在广告牌、衣服上和广告页里。艺术同建筑合作，用富有意义的形体与形状充满我们的视觉。图画抓住瞬间，而电影与电视用动画给我们以娱乐，我们生活在充满光传递信息的视觉世界里。

书写是把口头的东西变成视觉的东西，作为字母组合刻在泥板或石头上，印在书页上，或显示在计算机屏幕上。我们一看就明白，因为作用到我们视网膜的视觉印象，最终会连接到我们大脑的语言中心。音乐与数学也有相似的心理过程。数学符号代表某些专门的事物、思想或抽象概念间的关系；五线谱上的音符代表音高与时值。我们见到符号，就知道它代表什么。但我们是怎么知道的呢？

用于给大脑传递视觉信息的神经元比用于其他感觉的都多。位于眼睛后部的光敏层即视网膜作为大脑



的延伸与派生物在其他感觉器官之上占有特殊地位。在胚胎早期，初生前脑的一部分向前生长，最后成了眼睛和视网膜。成熟的视网膜由内部连接的多个神经元层组成，它们接受进入眼睛的图像并开始分析其空间关系。在视网膜完成相当的神经计算后，视觉信息被编成大脑与智能的语言——电脉冲。所以说，我们的眼睛已具有智能。自然选择推动所有的器官进化，包括使视觉具有获取并分析复杂图像的能力，因为规格化的视觉信息对生存有极大益处。其他感觉器官都不能像眼睛那样提供确定的空间信息，特别是有关远处的掠食者或猎物的信息。为什么图像具有如此丰富的信息呢？

视觉图像具有并行数据结构，就是说画面或景物中的所有点都同时发送、传递，或者反射光——一切都是平行进行的。画面中一平方厘米就有一百多万个一起发光的点。当视觉图像落到视网膜上时，其上一微米大小的百万个感受场同时加工并传递信息给大脑。视神经的并行数据传递速率远远超过每秒一兆字节——可与计算机硬盘的信息传递速率媲美。而口头交往中耳朵一次只能听一个字，这种串行传递速率每秒只有若干字节。因此相比之下，眼睛的并行加工能力，其高度发达的结构和功能远远超过了口说与耳听所能提供的传递速率。

一幅画抵得上1 000字吗？同读出的1 000个字相比，一幅映入眼帘的画能传递多少信息呢？图像承载

着景物的结构与外形，最重要的是，只需一瞥就提供了空间关系。它提供的是完整的世界，而语言只能间接提及或暗示。我们不禁要问，怎样才能更好地利用光与图像的优点（光的空间相容性）呢？

玻璃珠游戏

从英国哲学家培根（Francis Bacon, 1561 ~ 1626）首先提出以来，寻找能表达全部知识实质与细微处的视觉符号的一种通用语言这一设想，就花费着人们长期不懈的努力。通用视觉语言的早期倡导者之一，卓越的德国哲学家莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646 ~ 1716）设想了一种通用符号，既能表达所有知识，又能揭示新概念与真理的工具。那时有可能会出现这种通用语言的设想，主要来自中国汉字和新发现的埃及象形文字的书写的启示。远东的开辟和对埃及工艺品的迷恋，使苦苦寻觅的欧洲学者们茅塞顿开、如获至宝。有种印象（虽然只是假象）似乎象形文字能直接代表事物，并已脱离了口头语言的特点。古时书写符号的存在被引为证据，证明用书写传递思想概念的通用语言是可能的。关键仅在于找到一种实现它的有效手段。

莱布尼茨在他1666年的论文《论组合艺术》中列举了通用语言设想的要点。他的很多活动都围绕着这一目标，甚至他对计算方面的贡献也不例外。在与计



算方面的合作者约翰·伯努利 (Johann Bernoulli, 1667 ~ 1748) 的通信中, 他全面讨论了记号的细微处, 力求找到一套最连贯、最有效的视觉符号来表达计算过程。我们今天用于计算的标准化符号几乎毫无例外全是莱布尼茨制定的, 这套符号接替了同时期牛顿发展的那套笨拙不堪的计算符号。但莱布尼茨在他忙碌的生涯中, 未能抽出时间再去寻找通用语言。其他的人接替了他继续探寻着。

20世纪心理学家卡尔·荣格 (Carl Jung, 1875 ~ 1961) 用他的变换符号致力于通用性的研究。在不同领域工作的英国逻辑学家与哲学家罗素 (Bertrand Russell, 1872 ~ 1970) 及数学与逻辑学家怀特海 (Alfred North Whitehead, 1861 ~ 1947) 也使用他们创造的符号逻辑向同一目标努力。

关于光与图像潜力最富有想像力的图画是20世纪诺贝尔奖获得者赫尔曼·黑塞 (1877 ~ 1962) 描绘的。作者的最后一部小说《玻璃珠游戏》, 使他荣获1946年诺贝尔文学奖。黑塞1877年生于德国南部小镇卡尔夫, 紧靠黑森林的边沿。他从小酷爱文学, 先后在图宾根和瑞士的巴塞尔的书店里工作。他离群索居, 沉迷于读书并开始了他的文学生涯。他的处女作小说《彼得·卡门青特》(Peter Camenzind) 于1904年问世, 那年他27岁。这本书使他这个无名作家青云直上, 并荣获维也纳包恩费尔德奖。他娶了著名数学家伯努利的女儿玛丽亚为妻。在尔后的岁月里, 他继续探索自