

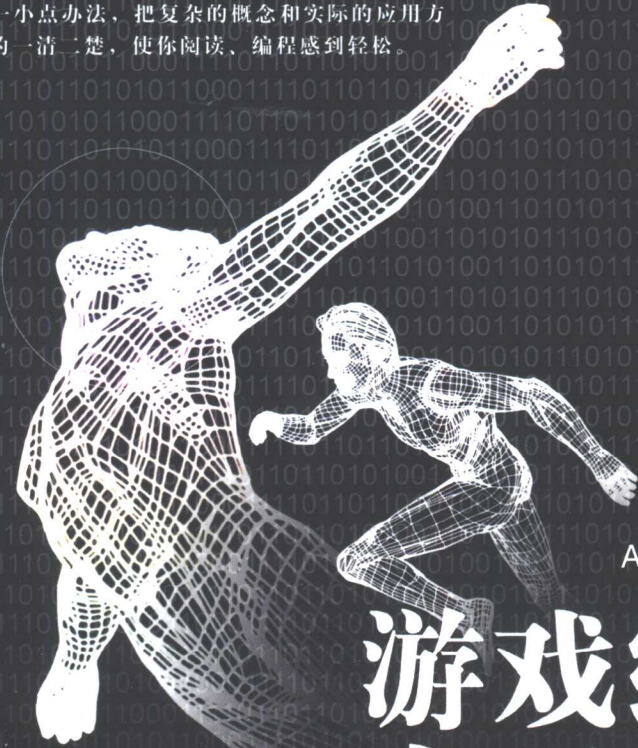
游戏开发经典丛书

随书
附赠



1CD

没有抽象的数学公式，完全是平常的语言，一次教你一小点办法，把复杂的概念和实际的应用方法解释的一清二楚，使你阅读、编程感到轻松。



AI Techniques for Game Programming

游戏编程中的 人工智能技术

[美] Mat Buckland 著

吴祖增 沙 鹰 翻译



清华大学出版社

游戏开发经典丛书

游戏编程中的人工智能技术

(AI Techniques for Game Programming)

(美) Mat Buckland 著

吴祖增 沙 鹰 翻译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是人工智能游戏编程的一本指南性读物,介绍在游戏开发中怎样应用遗传算法和神经网络来创建电脑游戏中所需要的人工智能。书中包含了许多实用例子,所有例子的完整源码和可执行程序都能在随书附带的光盘上找到。光盘中还有不少其他方面的游戏开发资料和一个赛车游戏演示软件。

本书讲解的原理通俗易懂,介绍程序详细周到,很适用于游戏编程者自学之用,也可以作为游戏培训教材使用(本书实际已被国内外许多游戏培训单位用作指定教材)。对于任何希望了解遗传算法和神经网络等人工智能技术的各行业人员,特别是要实际动手做应用开发的人员,都是一本值得一读的好书。

Mat Buckland

AI Techniques for Game Programming

EISBN: 1-931841-08-X

Copyright 2004 by The Premier Press, Inc. a division of Thomson Learning.

Original language published by Thomson Learning (a division of Thomson Learning Asia Pte Ltd). All Rights reserved.

本书原版由汤姆森学习出版集团出版。版权所有,盗印必究。

Tsinghua University Press is authorized by Thomson Learning to publish and distribute exclusively this Simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由汤姆森学习出版集团授权清华大学出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾地区)销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2003-8205

981-265-948-X

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

游戏编程中的人工智能技术/(美)布克兰德(BuckLand, M.)著;吴祖增,沙鹰翻译. —北京:清华大学出版社,2006.5
(游戏开发经典丛书)

书名原文:AI Techniques for Game Programming

ISBN 7-302-12599-6

I. 游… II. ①布… ②吴… ③沙… III. 人工智能-应用-游戏-软件设计 IV. TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第014879号

出版者:清华大学出版社

http://www.tup.com.cn

社总机:010-62770175

组稿编辑:许存权

封面设计:范华明

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:185×260 印张:20.5 字数:447千字

版次:2006年5月第1版 2006年5月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-12599-6/TP·8058

印数:1~4000

定 价:39.00元(附光盘1张)

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

文稿编辑:刘欢欢

版式设计:王慧娟

译者序

智能和人工智能

本书介绍游戏编程中的人工智能，简称“游戏人工智能”。所谓人工智能，就是由人工建立的硬件或软件系统的智能，是无生命系统的智能。例如，一个机器人的智能，一个能与人下棋的软件的智能。智能是人类（大脑）智力活动的的能力。它的表现形式非常广泛，例如，能利用各种知觉系统接受来自环境的各种信息，能形象思维，能逻辑推理，能理解事物之间的内在联系，能作归纳和推广来发现规律；能承认真理，能使自己适应环境，能主动学习，能根据以往经验改进提高自己，不至于犯同样的错误；能进行创新思维来从事各种创新等。智能是一个抽象的概念，一个软件或硬件系统是否有智能，只能根据它所表现出来的行为是否和人类上述的某些行为相类似来作判断。

人工智能也是一门学科名称。这门学科在电子计算机发明后不久即创立，其目的就是要模拟人类的智力活动机制来改进计算机的软件硬件结构，使它们掌握一种或多种人的智能，以便在各种领域内有效替代人的脑力劳动，特别是解决用传统软硬件方法难以解决的问题，如自然语言的翻译、定理证明、模式识别、复杂机器人的控制等。

游戏编程中的人工智能

现代游戏的制作都是十分庞大的工程，目前还无法期望利用人工智能来创作整个的游戏。这里所说游戏的人工智能，是指用来控制游戏中各种活动对象行为的逻辑，使它们表现得合情合理，如同人的行为一样。游戏中活动对象分两类，一类是在背景中，如天上飘着的云，飞过的鸟。这类对象的行为连同它们的造型要显得逼真也不容易，需要掌握 2D 或 3D 的图形和动画技术，还需要有艺术修养。但它们在游戏中无须人工干预，变化不很多，控制的逻辑并不复杂。另一类活动对象是游戏中的各种角色，或称游戏代理，如虚拟的人、兽、怪物、机器人等。这些对象的活动方式必须变化多端才行，否则游戏就不好玩，所以控制逻辑就比较复杂。尤其是玩家对手的代理最困难。比如，要开发一个猫捉老鼠的游戏，假定玩家（不妨就是你）的代理是猫，则猫的行为由你操纵，而老鼠的行为则完全需要由程序来控制。当猫不出现时，老鼠必须到处觅食或打洞，以解决生存必需的食住问题，而一旦发觉有猫出现，则必须立即躲进洞里。如果附近没有洞，则要立刻逃窜，而逃窜的方向取决于它和猫的相对位置。如果猫在老鼠的西边，老鼠应向东逃跑；如果猫从老鼠东边追来，则老鼠应向西跑；如果途中遇到障碍物挡住了去路，则应改变方向，如向南或向北跑，至少不应该回头跑，除非前面是死胡同。老鼠能遵循这样的逻辑来行动，就是游戏编程中为老鼠设计的智能，是游戏人工智能。同样，猫也需要人工智能，但很简单，那就是听话，能听从你用按键或鼠标进行的指挥。

所有角色扮演类游戏都需要有类似的智能。愈是好玩的游戏需要的智能愈复杂。但并不是所有游戏都要有人工智能，例如 Windows 提供的接龙和挖地雷游戏就没有人工智能问

题；网上供两人对弈的象棋、围棋、军棋类游戏也不需要人工智能。如果要由机器当公证人，那也只要很低级的智能。但一旦要求机器能与人对弈，那就需要很高的智能了。

人工智能的两种实现方法

人工智能在计算机上实现有两种不同的方式。一种是采用传统的编程技术，使系统呈现智能的效果，而不考虑所用方法是否与人或动物机体所用的方法相同。这种方法称为工程学方法（engineering approach），它已在一些领域内作出了成果，如文字识别、电脑下棋等。另一种是模拟法（modeling approach），它不仅要看效果，还要求实现方法也和人类或生物机体所用的方法相同或相类似。本书介绍的遗传算法（Generic Algorithm,GA）和人工神经网络（Artificial Neural Network,ANN）均属后一类型。遗传算法模拟人类或生物的遗传—进化机制，人工神经网络则是模拟人类或动物大脑中神经细胞的活动方式。为了得到相同智能效果，两种方式通常都可使用。采用前一种方法，需要人工详细规定程序逻辑，如果游戏简单，还是方便的。如果游戏复杂，角色数量和活动空间增加，相应的逻辑就会很复杂（按指数式增长），人工编程就非常繁琐，容易出错。而一旦出错，就必须修改源程序，重新编译、调试，最后为用户提供一个新的版本或提供一个新补丁，非常麻烦。采用后一种方法时，编程者要为每一角色设置一个智能系统（一个模块）来进行控制，这个智能系统（模块）开始什么也不懂，就像初生婴儿那样，但它能够学习，能渐渐地适应环境，应付各种复杂情况。这种系统开始也常犯错误，但它能吸取教训，下一次运行时就可能改正，至少不会永远错下去，不必发布新版本或打补丁。利用这种方法来实现人工智能，要求编程者具有生物学的思考方法，入门难度大一点。但一旦入了门，就可得到广泛应用。由于模拟法编程时无须对角色的活动规律作详细规定，应用于复杂问题，通常会比前一种方法更省力。

有关人工智能的书籍

目前市面上游戏编程的书已出版了不少，每一本书都会介绍一些人工智能，但采用的都是传统的方法，没有一本书像本书那样采用 GA 和 ANN 技术来实现。市面上有关 GA 和 ANN 的专著也能找到，但均因偏重理论，大量采用数学公式，缺乏实际应用例子，使缺少相关数学基础的游戏开发人员或其他应用开发人员难于入门，无法使用。本书的特色就是抛弃了通常书中所有的抽象数学公式，采用平实的语言，以一次教一小点的办法，把复杂的概念和实际的应用方法解释得一清二楚，使读者阅读起来感到轻松。译者在翻译此书的过程中就深深体会到了这一点。

本书各章内容的概述

本书正文由 3 篇组成。第一篇（第 1, 2 两章）介绍 Windows 编程。这一篇的写作风格也很有特色，用不多的篇幅就把 Win32 编程的繁琐入门知识以及利用 GDI 制作图形和动画的原理交待清楚，使读者从此见到 Windows 代码不会生畏，为后面各章的阅读打下基础。同时，只要参照书中的大量例子，也不难自己动手编写出许多 Windows 程序。

第 2 篇（第 3 章～第 6 章）介绍遗传算法。这一部分需要借用生物遗传进化中的选择、

杂交、变异等概念，在算法实现时则需要用到数学、物理和计算机软件方面的许多知识。本书首先以讲故事的形式使读者了解生物的遗传进化过程，然后介绍模拟这一过程的遗传算法的进化过程（一种特殊的算法迭代过程），再通过寻找迷宫路径、寻找最短巡回路线和月球登陆飞船的模拟等 3 个有趣例子的多种求解过程，把算法实现所需的详细知识全部串接了起来，所有的内容都很有用也极为有趣。

第 3 篇（第 7 章～第 11 章）介绍 ANN。前面已提到，ANN 实际是人类或动物大脑工作机制的一种模拟。在游戏中主要用来控制对手的游戏代理的行为，使它们像真人那样，能通过学习来认识环境、适应环境，或学会与他的对手（玩家）进行周旋和较量的本领。其中第 7 章介绍了 ANN 的基本知识和最常用的 ANN，并介绍怎样用这种 ANN 来表示一个扫雷机，即一个用于自动扫雷的虚拟机器人，再结合遗传算法来改进 ANN 的性能，也就是改进扫雷机的本领。第 8 章的例子也是扫雷机，但在环境中设置了障碍物，因而要求机器人有知觉，能识别障碍物，避免与它们碰撞。第 9 章介绍网络的训练，就像我们在从事某些工作前需要预先接受训练一样。该章首先介绍网络训练的基本方法，并以实现异或（XOR）函数的网络为例，详细介绍了利用最通用的反向传播法的训练过程。接着介绍的几个例子是训练网络来识别玩家通过鼠标所作的手势。手势用来指挥玩家自己一方的游戏代理的行动，如指挥猫怎样来追赶老鼠。在团队式的游戏中，不同的手势可用来代表指挥者如一群战士如何冲锋陷阵，如何包围对方，如何撤退的各种命令。本章最后介绍了改进网络训练的一些有用技巧。第 10 章介绍网络的实时演化，它允许一群由 ANN 所代表的个体经常性地有诞生和死亡发生，如同人类那样（此前介绍的演化，个体只能成批地进行更新）。采用的例子是外星人工程。一群外星人想来入侵，要遭到对手（你）的射击。为避免被你杀死，他们在入侵前先要接受训练，学会躲避被你所发的子弹打中。最后一章介绍一种非常特殊的神经网络，它的结构不是固定的，而是能根据目标需要，由小到大自动形成。只要提出不同的要求，就能形成不同的网络结构，是一种生成网络的网络，一种通用的网络。

值得注意的是，本书所介绍的所有人工神经网络程序都是结合遗传算法实现的。这样，人工神经网络不但可以模拟单个的大脑功能，同时也能模拟人类或生物群体借助于自然选择和遗传进化机制而形成的、具有个体差异的许多大脑的功能。反映到游戏中，就是一群具有不同性能和不同行为方式的个体，而不是一群行为清一色的个体。

除上述 3 个部分外，本书还有 3 个附录。其中前两个附录分别介绍和游戏开发所需的 WEB 资源和参考文献。第 3 个附录则介绍随书所带光盘的内容。但此介绍很不完全。要了解光盘上究竟有些什么，最好是用资源管理器直接打开光盘来看，或者查看根目录下由译者加入的 `readme.htm` 或 `index.htm` 文件，它们完整地列出了光盘内容，还介绍了它们的用法以及使用中可能出现的问题和解决方法。

本书的局限性

需要说明，本书不是游戏编程的万宝全书。为了构建 AI 完整的应用程序，书上确实介绍了不少必要的编程知识，但重点仍然只是教会读者在程序中应用 AI，并未详细介绍与此主题无关的各种游戏编程知识。后者应由成套的游戏开发丛书完成。同时，书上介绍的例

子虽然都是完整的程序，但并不是完整的游戏程序。在一个实际可玩的完整游戏程序中，不仅需要有人工智能来控制角色，还需要考虑角色本身的造型，考虑丰富的背景、声响、脚本等。人工智能只是整个程序中的一些组成部分、一些不可缺少的模块。

其次，本书也不是人工智能的万宝全书。游戏人工智能除了用 GA 和 ANN 之外，还可用诸如有限状态机、模糊逻辑，甚至更简单地直接利用 if-else 或 switch 语句来实现。即使是 GA、ANN 领域，本书也不可能像有关专著那样讲很多。为了提供足够的篇幅来介绍实际的程序代码，对其他的内容必须有所取舍。但总的说来，本书收集的内容是丰富的。收集的材料既有基本的，也有深入的，甚至也有其他书上还见不到的很先进的材料，如最后一章介绍的 NEAT 网就是一个例子。这种类似于胚胎发育那样，能由小到大自动形成拓扑结构的新型人工神经网络，无论在理论上或实际应用上都有很大的价值，本书花大量篇幅介绍了它，而在其他书中或者完全不谈，或者只是泛泛谈一下，没有任何程序。

和任何书一样，本书也有缺点和不足。尤其是因为第一版，更少不了差错。其中多数是印刷排版错误，也有一些其他类型的差错。但已发现的差错在中译本中均已更正（译者发现的这些差错凡有疑问的，均已向原书作者提出，并在他的确认或帮助下改正了）。为了节省篇幅，这种类型的差错不再加译注，但将会在本人的个人网站 www.ggdnet.net 论坛中公布。此论坛将来也要用来公布今后可能发现的新错误，包括原书新发现的错误或中译本中发现的错误。如果读者阅读中发现了任何错误也恳请在那里去贴出，以便让译者和广大读者都知道。

其次，译者对本书也有一些不够满意的地方。例如：没有为每个程序提供框图，这不利于读者掌握算法的整体概念；执行程序的使用方法只写在书上，没有写在程序的帮助菜单中，这样不看书就不知道如何操纵程序，很不方便；所有程序的演化结果都没有保存到磁盘，这样每次启动都得从头开始演化，非常费时间，也不够实用；有些例子（如扫雷机或登月飞船）的人工智能是否足够，也值得研究等。但所有这些，当读者看完书中相应部分后都可以自己解决。建议读者把这些作为练习，完成后一定大有收获。

适用对象和需要基础

本书的对象首先是游戏编程人员和教学人员（本书已被国内外许多游戏学校或培训单位用作指定教材）。同时，凡希望了解和应用 GA 和 ANN 的人员，无论属于哪一个领域（自动控制、规划设计、组合优化、图象处理、机器人、人造生命等），也无论是学生、教师、程序员、工程师……也都值得一看。此外，作者能把十分难写的题材写得如此深入浅出、通俗易懂，也是值得我们在编写各类图书，特别是自学教材时好好学习的。

阅读本书需要 C/C++ 的基础知识，但对 C++ 的要求不是很多。另外，如果想利用本书的源码来编译，需要掌握 VC 或 BCB 之类的集成开发环境的基本用法。

本书翻译的曲折经历

本书原由《Windows 游戏编程大师技巧》译者、现旅居加拿大的沙鹰先生翻译。他早在 2004 年 7 月就已把第 6 章以前的所有内容译毕。后因眼疾无法继续，委托我接替他的工作。我从 8 月下旬由 Amazon 邮购到原版图书开始动手，到年底也把后面所有内容译完，

并用 Word 按出版社提出的要求排了版，也改制了原有的光盘文件。本以为 2005 年春就能和读者见面，但到 6 月下旬突然收到原编辑高巍先生来电，叫我补译第 3 章。我询问是否弄错了？但高巍说没错，并说已得到沙鹰确认，我就翻译了这一章。应该差不多了吧？但隔了一段时间，出版社许存权先生告诉我，高巍已调离，并寄来沙鹰的全部底稿，要我按照我的格式整理他的底稿。我看了后发现底稿采用 xml 格式书写，但缺少其中引用到的 xsl 样式文件和所有图片文件，第 6 章后半部分的译稿也缺。于是直接和沙鹰联系，希望从他那里获得这些资料（我相信他是有的），但无论用 E-mail 或电传，均无回音。不能再等了，我着手重复做了各种工作。当我把他的底稿整理完毕，再次试发 E-mail 给他，希望他能将译稿校一遍（因我对他的译文有较多更动，且他原来也曾向我表示希望能负责统校），但仍无回音。没有办法了，我只得再把全书复查一遍，制作了目录和索引，向出版社交了稿。不知道沙鹰现在情况怎样，我很为他的眼睛担心。

我在翻译、校对和为本书排版的过程中，得到出版社高巍先生和许存权先生的许多指导和帮助，在此表示十分感谢！

吴祖增

2005-9-15 于复旦十舍

留下我和沙鹰的 E-mail 地址和论坛网站，欢迎各位读者提问和批评指正。

沙 鹰: yingsha@hotmail.com 或 ysha@jamdat.ca

吴祖增: zzwu@citiz.net 或 zzwoo@126.com

论坛: www.ggdnet.net/bbs

前 言

欢迎阅读《游戏编程中的人工智能技术》。我想你会发现，这正是你所读到的有关游戏编程的最有用的图书之一。

Mat 最先引起我的注意大概是在 2000 年的时候，那时，他开始在 GameDev 论坛（www.gamedev.net）发布各类关于游戏人工智能的帖子，并回答网友的各种相关问题。他很快就获得了大家的关注，在跟贴中也不乏赞扬与认同，尤其是在贴出他为公众消遣而制作的有关神经网络和遗传算法的两个教程之后。Mat 发现游戏开发者需要获得 AI 技术方面的知识以期运用在游戏制作中，而他的两个教程以及在 GameDev 论坛里对提问的耐心答复无疑是满足这一需要的一个途径。我对能为这样一个专题的书写前言而感到荣幸，希望以后能有更多的此类专著。

本书内容

本书基本上是为提高游戏制作水平而写的。主要通过使计算机对手更聪明、更有能力和更接近真人来达到这个目的。这个新的知识领域只是在过去 10 年左右的时间里才开始引起真正的关注。

本书出版的同时，游戏开发者可以发现当今的游戏产业正不断扩展，吸引着更多新的玩家，并以史无前例的速度蓬勃发展。随着新的游戏机和 PC 平台不断拥入市场，游戏开发者会发现自己拥有极为充裕的物质条件：更大的记忆空间，更快的 CPU 速度，更多的连接选项和更高的视频分辨率。这些新的功能为游戏开发者提供了无限的可能，但同时也让他们面对无数的取舍和重点选择。新的游戏应该是在视频分辨率上更高一些呢，还是应该使碰撞更具有真实感些？在游戏速度方面，我们在制作一年半以后要上市的游戏时，能够在那时的主流机上做何种程度的开发呢？如何使我们的游戏区别于市场上那些竞争对手的产品？

采用大量的游戏人工智能（AI）显然是使你的游戏鹤立鸡群的重要手段之一，有关游戏 AI 专题的书和文章的源源出版能充分说明这一点。高质量的游戏 AI 已经不再是为提高出帧率（framerate）才予以考虑的东西，它现在已是和图形（graphics）或声音（sound）一样，成为游戏设计过程的极为重要的一个部分，它是促进还是阻碍游戏产品畅销的一个决定性因素。游戏开发者正竭尽所能研究新的 AI 技术，以藉此构筑更好、更聪明的游戏 AI。他们想要探索新的理念，使 AI 技术进入下一代，到那时，AI 不仅是要创造有趣的游戏对手，而且还要使这个对手能够与玩家交谈（talk），能和众多的在线冒险家周旋（interact with），能在一个一个的游戏中不断学习，使它在下一轮的游戏变得更加聪明机智。

自然，这些新的 AI 也得帮助游戏产品更好地销售。这永远是一根底线。如果一个游戏产品不销售出去，则无论它的 AI 有多么高超也都无关紧要了。

制作更好的游戏

本书着重探讨一个比较“新奇”的技术领域（无论如何，对于游戏行业来说如此）：遗传算法和神经网络及其在游戏制作中的运用。这个领域以前一直很难使游戏开发者感兴趣，主要是有以下几个原因。大多数游戏开发者都认为他们现有的技术已经很完善且容易调试。标准的有限状态机（finite state machine, FSM）和模糊状态机（fuzzy state machine, FuSM）已经出色地提供了稳固而易于调试的 AI 技术，一些备受欢迎的游戏，诸如帝国时代（Age of Empires）到 Quake 都是采用这种技术的。的确，该技术是切实可用，而且如果有足够的编程时间，该技术可以适用于几乎所有的场合。

但是这些技术也常常面临着过多的选择，而这正是游戏开发者开始采用减少返回法则（law of diminishing returns）的地方。通过构筑 FSM 来处理一些新游戏所固有的无数的可能性会使开发者心思混乱，AI 必须估算的选项数量多得使他们不知所措。对于一个游玩人来说，可能只有二三种“明显”更好的选择，但对一个需要在星期六晚上为即将发送到出版商那里的游戏最终版编写 AI 程序的开发者，会这么认为吗？如果玩家看到，在一个将使游戏完全死机（hang）的关键抉择面前，AI 作出了错误的选择，或者更糟的是，做了一个愚蠢的选择，且这样的情况发生了几次，那么，完了！玩家就会把你的 CD 从驱动里退出并转向去玩别的游戏了。

与此相反，我们应该让玩家面对的计算机对手不存在盲点（blind spot），在一游戏中不存在那种会被玩家发现，并一旦运用就会引起 AI 脑死（AI brain-dead）的某种特殊状态组合。并要求玩家面对的 AI 能够不断适应玩家的风格，能随着玩家对游戏学习的深入，一起变得更加精明能干。

这种适应性，或者学习本领，对游戏开发者及游戏玩家来说就犹如一个圣杯（Holy Grail），无论何时，当问及玩家未来最希望看到的游戏时，回答的都会是这个。玩家希望接受能够适应他们的游玩风格的 AI 的挑战，而 AI 也能预料到玩家最有可能做些什么，并相应地采取一些策略步骤，AI 所做的就如同另一个人所做的那样。

进入未来

现在让我们来谈谈本书所包含的一些更有兴趣的 AI 技术。这些技术给通常是枯燥的、逻辑性较强的 AI 领域带来了许多生物学的思考方法，为开发者提供用以创造能和玩家一样思维的计算机对手的工具。使用这些技术，一个开发者可以构筑一个足够聪明的 AI，它将能尝试不同的事物来考虑哪个效果更好，而不是只简单地从程序员编制的菜单里挑选出某个选项。它将会分析敌对部队的相对实力和位置，找出一个最近的突击点，并且不时地重新调配自己的部队来夺取胜利。

这些技术所带来的好处不仅仅是玩家能够玩得更畅快。如果构造合理，一个有学习功能的 AI 可以对程序员所花的游戏开发和测试时间产生确实的效果，因为程序员将不再必须构筑和测试几十甚至上百的脆弱而死板的 AI 逻辑。如果 AI 可以在只给予几个基本指导之后就通过观察职业人类玩家来学习怎样玩游戏，这个 AI 就不但会更牢靠，而且无疑能把游戏玩得更好。这就是阅读关于篮球的知识和实际亲手玩篮球的效果区别所在。

是不是就意味着 Mat 已经完成所有高难的工作，而你所需要做的就只是复制和粘贴他的编码到你最新的项目里去构筑一个能像真人一样的 AI 玩家呢？当然不是。这里所呈现的，是为那些完全不了解这些更边缘的 AI 技术和正在为新项目寻找灵感的人提供一个指导，一个框架和一条基线。可能，你没有时间去亲自研究这些可能性，或者你想摆脱那些课本或网站上提供的过于理论性的说明，那么这本书可以为你提供所需的知识。

接下来的章节将用一种简单易懂的方式探讨这些技术。采用 Mat 一贯使用的游戏开发者互相探讨问题的方式阐述问题。

有学习功能和高适应性的 AI 技术是一门新兴的技术，它可以使游戏制作更完善，更满足游戏玩家的要求，并且，更重要的是，能更好地促进游戏发行量。

Steven Wookcock
ferretman@gameai.com

致 谢

首先，我要感谢我的爱妻 Sharon，在我写这本书的时候给予我极大的容忍、理解和鼓励。有无数次，当我从键盘前转过头去，眼神空洞地问她：“对不起，你刚才说什么来着？”时，她竟没有一次失去耐心对我扔盘子。

感谢 Premier 出版社的 Mitzi 女士在本书写作的整个过程中给予我的帮助，回答我那些常常显得很荒唐的提问（虽然她认为约克夏男人讲话像 Jamie Oliver!）。非常感谢 Jenny，我的编辑，对负责检查我的程序的 bugs 的 Andre 如此严厉，也感谢 Heather 帮我纠正了我的所有错误，并美国化了我的文章。

非常感谢 Gary “Stayin’ Alive” Simmons，他第一个建议我编写此书；还有我的网上教程的支持者们，他们的邮件每天都给予我很多鼓励；感谢 Steve “Ferretman” Woodcock 为我写了前言；还有 Ken，回答了我很多关于 NEAT 的疑问。

当然，我也不能忘了 Fish 和 Scooter 两个小宝贝，每当我坐下来写作时，它们就会跳到我的膝盖上来，向我亲热，使我感到温暖。

关于作者

Mat Buckland 在伦敦大学学完计算机科学后，做过多年的风险管理咨询顾问。终于他开始厌倦了所有的金钱游戏和公司制度，就一把火烧掉了他原有的公司礼服，跑到一家为 Gremlin Software 开发游戏的公司工作。虽然薪水少得多，但是却很有趣，而且他可以每天穿牛仔裤去上班了！现在 Mat 同时是一个自由程序员和人工智能咨询顾问。自从 20 世纪 80 年代初第一次接触到这些技术，他就对进化计算和 AI 尤感兴趣。他是 ai-junkie.com 网站 (www.ai-junkie.com) 的作者，该网站提供一些有关进化算法的教程和建议。

来自系列丛书编辑的信

作为 Premier 游戏开发系列丛书的编辑，我很少有时间来自己编写技术书籍。所以，我必须找到那些真正热爱这个行业并有真才实学可以传授给别人的人来写这些书。如果你曾经阅读过我写的游戏编程书籍，你会发现，我总是用大量篇幅来阐述 AI 部分——从状态机到模糊逻辑——但我从来也没有足够的时间来写一部关于 AI 方面的专著。因此，我们开始为写出世界上最好的 AI 专著寻找合适的作者。现在，这本书已经完成了，我简直不能相信，我们真的把它完成了！Mat 不仅写出了我所希望有的这个专题著作，而且，远远超出了我的期望。他写的这本书有着超越时代的价值，并且会在游戏行业产生深远的影响，不仅如此，这本书对工程、生物计算、机器人制造、最优化理论及其他科学领域都将具有指导作用。

我从来没有看到过有哪本书能够把神经网络和遗传算法结合在一起，并用这些技术来构成真实的演示程序。在过去的 20 年里，我一直在使用 AI 技术，但我所惊讶的是，没人意识到这一切其实是那么简单——这不是一门火箭科学（rocket science），而只是一种做事情的新方法。如果你曾经看过有关 AI 的那许多理论书籍，你会发现这些书非常难以理解——大量的数学、理论，除了让你输入一些系数，然后观察神经网络或遗传算法工作的迭代过程外，完全没有一个实际的真正可操作的程序——全都是些无用的信息。

当我开始计划该书时，我希望能找到这样一个作者：他不仅要完全了解自己的技术，并且还应是一个优秀的程序员，一个艺术家，还有最关键的是，他必须是一个完美主义者。Mat 和我在该书的目录单上花了不少时间，以决定本书应该涵盖的内容。同时，我们两个都绝对认为本书应该在每个章节都有实例并图文并茂，我们认为必须利用大量的插图（figure）、图例（illustrations）和直观化的东西（visuals）来帮助读者把概念落实。最后，我可以毫不犹豫地说是“这是世上有关 AI 应用技术的最佳的书！”

我敢说任何人都无法拿出比 Mat 这本书更好地教授理论知识，并把理论知识结合实际让读者能了解并运用于现实的书。我保证当你读完这本书，无论你是一个程序员、工程师、生物学家、机器人科学家或其他专业的人，你会立即迫不及待地把这些技术运用到你的工作中去——本书就是有那样的神奇。

同时，本书也将会让你获得把 AI 技术应用到其他实际领域，诸如机器人（robotics）、工程学（engineering）、武器设计（weapon design）等的工具。我敢打赌，本书发行 6 个月左右后，网上就会出现有许多非常可怕的 Quake 机器人!!!

总之，无论你对计算的哪个领域感兴趣，你不能不阅读一下本书。当你发现你有可能创造出有思考能力的机器时，你会感到震惊和喜悦——机器人除了构成在硅材料的数字世界里，在技能上不如我们人之外，其余和我们人并没有什么更多的差别，他们也是有生命（alive）的，就看你怎么来定义生命——数字化生物（Digital Biology）时代的到来将取决于我们——对生命的崭新定义，到底何谓生命，和由此开始的各种争论——生存在物质

世界的人类和有机体不能单方面地给生命和感知能力下片面的定义。就像 Ray Kurzweil 在“灵魂机器时代”(Age of Spirtual Machines)里说的那样,“再过 20 年,一个标准的台式机的运算能力将超越人脑。”当然,这个结论只是单纯地从莫尔定律出发得出,还没有把量子计算和其他各种未来必定要发生的革新技术考虑进去。我的预测是,到 2050 年,一个价值一便士、仅有针尖大小的芯片的计算能力将超越这个星球上的人脑运算能力的总和。可能我的预测是完全错误的,说不定这一芯片的能力还有可能大 100 万倍,不过我现在仍是一个悲观者。

总而言之,我们确实处于一个新时代的起点,这里,有生命的机器就要诞生,这是不可避免的。了解本书的相关技术是到达那里的第一步。这就是简单法则的应用、演化算法和以我们的生物为模型的基本技术,就可以帮助我们创造出这些机器,或者更讽刺些的话,创造我们未来的祖先。

Andre'LaMothe

Premier 游戏开发丛书系列编辑

引 言

考虑一下有多少傻瓜能作微积分演算,要让任何其他傻瓜去掌握看来是更困难或更繁琐的微积分技巧就令人惊奇了。

有些微积分技巧是相当容易的,但有些则非常难。那些编写了高等数学教课书的傻瓜——他们都是些最聪明的傻瓜——很少会劳神向你说明简单的微积分有多么简单。相反地,他们采用了最最艰难的方法来处理相关内容,好像就是刻意要让你牢记,他们那无比的智慧。

由于我是一个出名的傻家伙,我始终不学那些困难的技巧,我现在也要求为我的傻瓜读者提供那些不难的部分。彻底地掌握这些以后,其余的也会随之而来(follow)。我相信,一个傻瓜能干的,其他傻瓜也一定能干。

Silvanus P. Thompson,《简易微积分》导言,1910年初版

家用电脑从 Sinclair ZX80 演变到现在已经经历了很长的一段路程。硬件速度越来越快,而电脑组件的价格则越来越低。在短短几年时间里,我们所看到的游戏的图形质量有了飞速的提高。不过,到目前为止,这几乎就是游戏开发所有努力要解决的重点——提供更好的视觉享受,而在我们最喜爱的电脑对手的 AI 方面,却改进甚微。

然而,时代在改变。计算机的硬件现已到了这样的转折点,它已能为游戏开发者创建 AI 提供更多的时钟周期。同时,游戏的玩家们的品位也愈来愈复杂。人们已经不再希望在游戏中看到诸如 Doom 和 Quake 这些曾经是最心爱的早期游戏中所看到的那种蠢笨怪兽了。他们也不希望再看到计算机控制的游戏角色在那里盲目地蹒跚着寻找根本不存在的路径,不时地被卡在那些拐弯处,或是在没有资源的地方开发矿藏,傻头傻脑地撞在周围的树上。游戏玩家想要从游戏中获得更多的乐趣。他们希望从电脑生成的对手(或盟友)那里看到合情合理的、有智能的行为。

基于这些原因,我坚定地认为,在未来的几年里, AI 技术将会大幅度起飞。像 Black & White 和 Halo 这样的游戏已经让我们为其 AI 技术而倾心,游戏玩家们正期待更多的此类游戏。此外,基于 AI 技术和人造生命的全新游戏流派也在最近几年里开始出现,如 Steve Grand 的 Creatures, 这个游戏的销售量超过 100 万份的事实让他本人和其他所有人都吃惊。但如果你认为这是很多了,那么你再看看由 Electronic Arts 制作的 Sims 的销售,到目前为止, Sims 及其服务器软件(add-on packs)的销售已经高达 1300 万份!这是一个巨大的销售收入,而同时也是一个重要指示:玩家对这类技术有多么浓厚的兴趣。这个趋势只可能继续。

创造智能幻影(illusion)的技术有多种,本书主要探讨两个方面:遗传算法和人工神经网络。这两项技术讨论的地方很多,它们无疑正是当前的热点论题,但是被误解的地方也相当多。就拿神经网络来说,经常会发现游戏开发者误认为神经网络是极其复杂的

东西，因而会占用太多的处理器时间，导致游戏速度降低。或者相反，他们可能过度地追求神经网络的能力，企图去创造一个有感觉的类似 HAL 的人工生命，其结果必然是以失败而告终。我希望本书能帮助他们减少类似的曲解。

上面我引用 Silvanus Thompson 所著的受到人们喝彩的《简易微积分导言》中的那一段话可以成为本书的完美的开端（谢谢，Silvanus!），因为，神经网络和遗传算法和微积分一样，对初学者来说，可能是非常难入门的，尤其对那些没有接受过正规专业教育的人来说更是如此。而已有的所有此类著作都是由学院式专家为学院式读者所写，其中充斥着（非本专业人）看不习惯的数学公式和难于理解的术语。因此，我写了一本是我刚开始对这些课题感兴趣时所想要读到的那种书：一本由傻瓜写给傻瓜看的书。相信我，如果我刚开始涉足该领域时能够得到这样一本书，我就用不着为搞清那些学究们到底是在讲什么而花那么多时间、受那么多挫折了！

经过这些年，我已经读了有关这个课题方面的很多书和论文，它们几乎都没有能给出真实的例子，没有东西可以让你牢靠地掌握并对自己说“啊！这就是我能拿来运用的东西！”。比如，关于遗传算法的书差不多总是向你提出这样的问题：

最小化下面的函数

$$f(x_1, \dots, x_5) = x_1 \sin x_1 + 1.7x_2 \sin x_1 - 1.5x_3 - 0.1x_4 \cos(x_4 + x_5 - x_1) + 0.2x_5^2 - x_2 - 1$$

其中

$$-100 \leq x_1, \dots, x_5 \leq 100$$

我的意思是说，这是一个完全可以用遗传算法来解决的问题，但是上面的提法却让我们这些凡人实在难于理解其中的意义。除非你有一个很好的数学基础，这样的问题很可能会显得过于抽象，会立即让你感觉到不舒服，对继续学下去也就没有趣味。

但如果给你的问题是这样：

请允许我向你介绍 Bob。今天对 Bob 来说可不是什么好日子，他已深陷到一个迷宫中，而他的妻子正期待他能早点回家一起分享她花了整个下午制作的晚餐。我来告诉你如何使用遗传算法帮助他找到迷宫出口，以挽救他的婚姻。

你的大脑就有一个可以与之联系的着落点（anchor point）。你也立即会对这样的题目感到舒适。不仅如此，这也是一道有趣的题目。你一定很想知道我们怎样来帮他呢？由此你就会打开书本，继续学下去，在学习感受到乐趣。

这就是我在本书中用来阐明概念所使用的一种类型的题目。如果我的做法正确有效，如何把你的想法运用到你的游戏和项目里就会变得显而易见。

对于我的读者，我只作一个假设，那就是读者了解如何编程。我不了解会有些什么样的读者，但是有时，当我买了一本书却发现其中仅有一部分我不了解，以至于必须去买另一本书来解释第一本书里我所不懂的内容，就会让我感到失望。为了防止这样的事情发生在读者身上，我努力确保这本书能解释代码所说明的一切——从 Windows GDI、矩阵和矢量数学的使用，直到物理学和 2D 图像学。我知道事情通常都有其两面性，很可能一些读者已经掌握了这些图形学、物理学和 GDI 的相关知识，那么，你们可以跳过这部分而只阅读那些你们更感兴趣的部分。