

AI for Game Developers



游戏开发 中的人工智能

O'REILLY®

東南大學出版社

David M. Bourg & Glenn Seemann 著

O'Reilly Taiwan公司 编译

游戏中的人工智能

David M. Bourg & Glenn Seemann 著

O'Reilly Taiwan 公司 编译

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Paris • Sebastopol • Taipei • Tokyo

O'Reilly Media, Inc. 授权东南大学出版社出版

东南大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

游戏开发中的人工智能 / (美) 布金 (Bourg, D.M.),
(美) 西曼 (Seemann, G.) 著; O'Reilly Taiwan 公司编
译. —南京: 东南大学出版社, 2006.9

书名原文: AI for Game Developers

ISBN 7-5641-0507-0

I. 游 ... II. ①布 ... ②西 ... ③O... III. 人工智能—应用—游戏—软件开发 IV. ①TP311.52 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 094886 号

江苏省版权局著作权合同登记

图字: 10-2006-133 号

©2004 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and Southeast University Press, 2006. Authorized translation of the English edition, 2004 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由 O'Reilly Media, Inc. 出版 2004。

简体中文版由东南大学出版社出版 2006。英文原版的翻译得到 O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

书 名 / 游戏开发中的人工智能

书 号 / ISBN 7-5641-0507-0

责任编辑 / 张烨

封面设计 / Ellie Volckhausen, 张健

出版发行 / 东南大学出版社 (press.seu.edu.cn)

地 址 / 南京四牌楼 2 号 (邮政编码 210096)

印 刷 / 扬中市印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 980 毫米 16 开本 24 印张

版 次 / 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数 / 0001-4000 册

定 价 / 48.00 元 (册)

O'Reilly Media, Inc. 介绍

为了满足读者对网络 and 软件技术知识的迫切需求，世界著名计算机图书出版机构 O'Reilly Media, Inc. 授权东南大学出版社，翻译出版一批该公司久负盛名的英文经典技术专著。

O'Reilly Media, Inc. 是世界上在 Unix、X、Internet 和其他开放系统图书领域具有领导地位的出版公司，同时是联机出版的先锋。

从最畅销的《The Whole Internet User's Guide & Catalog》（被纽约公共图书馆评为 20 世纪最重要的 50 本书之一）到 GNN（最早的 Internet 门户和商业网站），再到 WebSite（第一个桌面 PC 的 Web 服务器软件），O'Reilly Media, Inc. 一直处于 Internet 发展的最前沿。

许多书店的反馈表明，O'Reilly Media, Inc. 是最稳定的计算机图书出版商——每一本书都一版再版。与大多数计算机图书出版商相比，O'Reilly Media, Inc. 具有深厚的计算机专业背景，这使得 O'Reilly Media, Inc. 形成了一个非常不同于其他出版商的出版方针。O'Reilly Media, Inc. 所有的编辑人员以前都是程序员，或者是顶尖级的技术专家。O'Reilly Media, Inc. 还有许多固定的作者群体——他们本身是相关领域的技术专家、咨询专家，而现在编写著作，O'Reilly Media, Inc. 依靠他们及时地推出图书。因为 O'Reilly Media, Inc. 紧密地与计算机业界联系着，所以 O'Reilly Media, Inc. 知道市场上真正需要什么图书。

作者简介

David M. Bourg 擅长于计算机仿真领域，并开发分析工具评估，比如，气垫船效能以及海浪对船只运动的影响。目前在新奥尔良大学造船及海洋工程学院任教。David 在游戏开发和顾问咨询上有其专业，同时，也是《游戏开发物理学》(O'Reilly) 一书的作者。David 也在游戏学会 (Game Institute) 开网络课程，名为“Physics for Game Developers”。David 就要拿到工程及应用科学的博士学位了。他目前的研究牵涉到开发计算机程序来计算仿真液体动力行为，同时把AI技术用来解决商业和工程问题。

Glenn Seemann 是游戏程序员，有十几个 Mac 和 Windows 系统的游戏都是他的杰作。他是 Crescent Vision Interactive 这家游戏开发公司的创办人之一，专门开发跨平台游戏。

封面介绍

本书封面上是一只环尾狐猴 (学名是 *Lemur catta*)。环尾狐猴只有在非洲东南方的马达加斯加岛上才找得到。

环尾狐猴的尾巴毛浓而独特，黑白环相间，尾巴伸长最多有 25 英寸。环尾狐猴的鼻口又黑又尖，在不同种类的狐猴之间是很常见的特征。

环尾狐猴喜爱空旷地区，比如，岩石密布的平原以及沙漠地区。环尾狐猴通常在地上行走，不过偶尔会在树上的大树枝上走动。环尾狐猴和其他种类的狐猴不同，其他种类的狐猴喜爱丛林茂密之地，并且几乎只在树上行动。

环尾狐猴像猫那样，眼球后面有一层反射层，让它们在夜间有很好的视力。它们的尾巴很臭，可用来警告同伴有危险正在逼近。尾巴也是交配不可或缺的一部分。公狐猴会让尾巴发出臭味以吸引母狐猴，而狐猴群中时常突然爆发激烈的“臭味大战”。

环尾狐猴以 5~30 只群居，阶级分明，通过成员间经常发生的挑衅意味十足的冲突而制定出来。母狐猴掌管猴群，一生都待在族群里。公狐猴会时常更换族群，在其生涯中至少有一次。

生活在干燥地区，环尾狐猴只能靠水果的水分来解渴，此外，也吃树叶、花朵、昆虫和树脂。

就像多数狐猴那样，环尾狐猴只会养一个狐猴宝宝，不过，食物充足时也常见两只或三只。新生宝宝相当脆弱，能够自行拉住母猴的毛之前只能由母猴咬在嘴里四处走动；平常都是躲在母猴背上。约三周后，小狐猴会自行攀爬，通常六个月之后就会站立。在野外，环尾狐猴最久可活到27岁。

目录

前言	1
第一章 游戏人工智能简介	9
定性与非定性 AI	10
现有的游戏 AI 技术	11
游戏 AI 的未来	12
第二章 追逐和闪躲	14
基本的追逐和闪躲	15
视线追逐	17
砖块环境中的视线追逐	18
拦截	28
第三章 移动模式	34
标准算法	35
砖块环境中的移动模式	37
仿真物理环境中的移动模式	45

第四章 群聚	57
基本群聚	58
群聚实例	60
避开障碍物	77
跟随领头者	79
 第五章 以势函数实现移动	 83
游戏软件 AI 中如何使用势函数?	83
追逐 / 闪躲	85
避开障碍物	89
成群结队	92
关于最佳化的建议	96
 第六章 基本路径寻找及航点应用	 98
基本的路径寻找	98
以面包屑寻找路径	103
遵循路径走	110
沿着墙走	117
航点导航	121
 第七章 A* 路径寻找算法	 126
定义搜寻区域	126
开始搜寻	128
记分	132
搜寻死路	140
地形成本	141
影响力对应	145
其他信息	148

第八章 描述式 AI 及描述引擎	149
描述机制技巧	149
描述对手属性	150
脚本的基本分析	151
描述对手行为	154
描述口语互动	156
描述事件	161
其他信息	163
 第九章 有限状态机	 165
状态机的基本模型	165
设计有限状态机	168
蚂蚁实例	170
其他信息	185
 第十章 模糊逻辑	 187
如何在游戏中使用模糊逻辑?	189
模糊逻辑基础	190
控制实例	204
威胁评估实例	206
 第十一章 规则式 AI	 210
规则系统基础	211
对战游戏攻击预测	215
其他信息	223
 第十二章 概率概论	 225
如何在游戏中使用概率?	225
何谓概率?	228

概率规则	234
条件概率	238
第十三章 不确定状态下的决策：贝叶斯技术	240
何谓贝叶斯网络？	241
设置陷阱？	245
宝物何在？	251
空战或陆战	255
功夫游戏	258
其他信息	263
第十四章 神经网络	265
分析神经网络	269
训练	279
编写神经网络的程序	283
用大脑解决追逐和闪躲之决策	299
其他信息	308
第十五章 遗传算法	309
演化过程	310
植物生命的演化	313
遗传在游戏开发中的应用	319
其他信息	338
附录 向量的运算	341
索引	353

前言

近年来 3D 视觉影像和仿真实境科技在软硬件层次上都有长足进步，让游戏开发人员得以创建出更吸引人、更令人沉迷其中的游戏环境。接下来要做出更能令人流连忘返的游戏就是改良人工智能（AI）。计算机计算能力的进步，特别是硬件加速处理的图形，可以让更多的 CPU 资源释放出来，专注在游戏软件某些精细的 AI 引擎。此外，有大量资源（学术论文、书籍、游戏类的文章以及网站）在探讨 AI，协助每位游戏开发人员来运用高级 AI 技术，而不再仅限于专长是 AI 的专业人员了。

话虽如此，要读遍诸多技术论文、教科书和网页，对初涉游戏 AI 开发人员而言是令人望而却步的工作。本书把新手需要的信息收集起来，让他们能一跳就进入游戏 AI 开发领域。我们介绍许多主题的相关理论，整本书都以程序范例作为辅助手段。

很多普通的游戏开发书籍多少都会谈到 AI，然而，那些书看待 AI 的方式都过于狭隘。可能是因为那些书必须谈很多其他主题，而无法深入谈 AI 的任何主题。虽然有很多好书专门谈游戏软件 AI（我们在后文“其他资源”中列出了好几本），但多数都是针对有经验的 AI 开发人员，而且通常集中在特定而高深的主题。因此，新手可能还需要其他详谈游戏软件 AI 基础议题的书。不过，还是有其他书，详细讨论某些特定的游戏软件 AI 技术，但都限于讨论那些技术而已。

这本书谈了很多游戏软件 AI 的主题，内容深度适合初涉开发人员。所以，不论你是游戏开发新手还是资深游戏开发人员，如果需要尽快掌握 AI 技术，比如有限状态机、模糊逻辑、神经网络以及其他议题，这本书都非常适合你。

事前准备

本书是针对游戏软件 AI 的初学者，我们假定你没有任何 AI 背景知识。然而，我们假定

你确实知道怎么用C/C++来写程序，也假定你懂得基本向量数学在游戏中的应用，尽管如此，本书附录仍提供了简单的向量数学以便复习，以免你对此过于生疏。

本书概要

本书不打算（也无法）论述游戏AI的所有方面，因为要谈的技术太多，而且几乎每种技术都有变化以适应各式各样的游戏类型、特定游戏结构、游戏场景。我们只介绍新手必须彻底了解的“定性”（传统）和“非定性”（新式）AI技术。以下是各章概要：

第一章 游戏人工智能简介

定义何谓“游戏AI”，讨论当前AI技术的发展，以及AI技术的未来。

第二章 追逐和闪躲

讨论基本的追逐和闪躲技术，以及进级的拦截技术。我们也谈及这些技术在砖块环境和连续环境中的变化。

第三章 移动模式

许多视频游戏中经常出现固定模式的移动，比如守卫的巡逻行为、宇宙飞船的降落等。开发者可将移动模式技术应用于特定行为的程序的编写。

第四章 群聚

群聚方法（flocking method）是A-life算法的实例。A-life算法除了可以做出效果很好的群聚行为外，也是高级群体运动的基础。

第五章 以势函数实现移动

靠势能移动在游戏AI程序中还算相当新颖。这个方法最优越的地方在于可以同时处理追逐、闪躲、成群结队和避免碰撞等行为。

第六章 基本路径寻找及航点应用

游戏开发人员使用很多技术在游戏环境中寻找路径。本章要谈几种方法，包括航点应用。

第七章 A* 路径寻找算法

没有谈路径寻找算法的主力——A*——就不能算完整交代路径寻找这个主题，因此，我们以一章的篇幅来讨论A*算法。

第八章 描述式AI及描述引擎

当今的程序员通常只写描述引擎，而由设计者使用工具创建内容和定义AI。本章探讨一些开发人员把描述系统应用在游戏技巧，以及他们所得到的益处。

第九章 有限状态机

有限状态机是游戏软件 AI 的基本要素。本章讨论有限状态机的基础，以及如何予以实现。

第十章 模糊逻辑

开发人员把模糊逻辑和有限状态机结合起来使用，甚至取代有限状态机。本章你会学到模糊逻辑如何能够优于传统逻辑技术。

第十一章 规则式 AI

技术上而言，模糊逻辑和有限状态机都落在基于规则的方法这个大伞之下。本章我们要谈这些方法，以及其他变化的方法。

第十二章 概率概论

游戏开发人员时常使用简单的概率，使游戏较难预测。这种简单的不可预测性让游戏开发人员可以拥有对游戏的实质性控制。本章要谈这种用途的基本概率，顺便作为更高级方法的基石。

第十三章 不确定状态下的决策：贝叶斯技术

贝叶斯技术是概率技术，本章解释如何运用，以便在游戏中做决策并适应游戏。

第十四章 神经网络

“神经网络”技术让游戏具有学习和适应的能力。事实上，从决策判断到预测玩家行为，都可以应用。我们会详谈最广泛使用的神经网络结构。

第十五章 遗传算法

遗传算法提供游戏软件 AI 演化的可能。虽然遗传算法还不是经常被应用于游戏中，但是它们在某些特定应用方面的潜力是值得令人期待的，尤其是结合其他方法使用时，更为如此。

附录 向量运算

这篇附录示范了如何实现一个 C++ 类，处理 2D 或 3D 仿真程序时所需的向量运算。

本书各章可说是彼此独立。因此，你可以按你所想的次序来读各章，不用担心会漏掉前几章内容。唯一例外是探讨概率基本内容的第十二章，如果你对概率一窍不通，读第十三章的贝叶斯法之前应该先读这一章。

此外，我们也鼓励你在自己的程序中试用各种算法。如果你是游戏 AI 的初学者——本书预想的读者群——你应该想将本书介绍的一些技巧运用到简单的街机游戏或下棋游戏；你也可以考虑利用可扩充的 AI 工具写一个“队友”，借此印证你的 AI 构想，而不必去耗费心神撰写无关 AI 的程序。在第一人称射击游戏的开发领域，这种做法已经逐渐成为一种标准。

排版约定

由于本书保留了部分术语的原貌，为了避免读者的混淆，我们运用了一些字型变化，让读者能轻易辨别词汇本身的含义。

纯文本 (Plain Text)

用于表示菜单标题、菜单选项、菜单按钮和键盘快捷键（如 Alt 和 Ctrl）。

斜体 (*Italic*)

用于表示新术语、URL、电子邮件地址、文件名、文件扩展名、路径名、目录和 Unix 公用程序。

等宽字 (Constant Width)

用于表示命令、选项、分支语句、变量、属性、关键字、函数、类型、类、命名空间、方法、模块、特性、参数、值、对象、事件、事件处理、HTML 标记、宏、文件的内容或命令的输出。

等宽黑体字 (Constant Width Bold)

用于表示需要用户逐字输入的命令或者其他文字。

等宽斜体字 (Constant Width *Italic*)

用于表示可用用户提供的值替换的文字。

黑体字 (Boldface)

用于表示在正式的输出中相对于标量变量的矢量变量。

其他资源

虽然我们尽可能纳入各式各样的 AI 技术，但毕竟无法将开发游戏 AI 所必须知道的一切都涵盖进来。为此，我们整理了一份有用的 AI 网站和书籍的清单，如果你决定继续钻研游戏 AI，它们将是很有帮助的信息来源。

以下是我们认为有用的几个和游戏软件 AI 有关的知名网站：

- The Game AI Page (<http://www.gameai.com>)。
- AI Guru (<http://www.aiguru.com>)。
- Gamasutra (<http://www.gamasutra.com>)。
- GameDev.net (<http://www.gamedev.net>)。

- AI Depot (<http://ai-depot.com>)。
- Generation5 (<http://www.generation5.org>)。
- The American Association for Artificial Intelligence (<http://www.aaai.org>)。

每个网站都提供了关于游戏 AI 的信息，以及相关资源的链接。

以下是我们认为有用的书籍。请注意，有些书讨论的是一般性的 AI 技术，而不是完全针对 AI 在游戏方面的应用。

- 《Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference》，Judea Pearl 著。(Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 出版)。
- 《Bayesian Artificial Intelligence》，Kevin Korb 和 Ann Nicholson 合著。(Chapman & Hall/CRC 出版)
- 《Bayesian Inference and Decision》，Second Edition, Robert Winkler 著。(Probabilistic Publishing 出版)。
- 《AI Game Programming Wisdom》，Steve Rabin 著。(Charles River Media 出版)
- 《AI Techniques for Game Programming》，Mat Buckland 著。(Premier Press 出版)。
- 《Practical Neural Network Recipes in C++》，Timothy Masters 著。(Academic Press 出版)。
- 《Neural Networks for Pattern Recognition》，Christopher Bishop 著。(Oxford University Press 出版)。
- 《AI Application Programming》，M. Tim Jones 著。(Charles River Media 出版)。

范例程序

本书宗旨是协助你完成工作。一般而言，你可以自由运用本书的程序代码，而不必征求我们的授权许可，除非涉及重制 (reproduce) 行为。例如，你可将本书的程序片段运用到你的程序中，而不必事先征询我们的同意，但如果你想把 O'Reilly 书籍的范例程序烧制成光盘贩卖或散布，则需要事先征求我们的授权。引用本书的文句和范例程序来回答问题，不需要取得许可，但是将本书的范例程序大量整合到你的产品说明书中，则需要取得授权。

当你引用本书资源时，我们希望你注明来源，虽然这不是绝对必要的，但我们会很感谢。注明来源应该包括书名、作者、出版商以及 ISBN。例如：“《AI for Game Developers》，by David M. Bourg and Glenn Seemann. Copyright 2004 O'Reilly Media, Inc., 0-596-00555-5.”

如果你不确定是否应该征询授权，不用客气，请尽量和我们联系：
permissions@oreilly.com。

建议与评论

本书的内容都经过测试，尽管我们做了最大的努力，但错误和疏忽仍然是在所难免的。如果你发现有什么错误，或者是对将来的版本有什么建议，请通过下面的地址告诉我们：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

100080 北京市海淀区知春路 49 号希格玛公寓 B 座 809 室
奥莱理软件（北京）有限公司

O'Reilly 的每一本书都有专属网页，你可以在此找到关于本书的相关信息，包括可下载的范例程序、勘误表与相关资源的链接。

<http://www.oreilly.com.cn/book.php?bn=7-5641-0507-0>
<http://www.oreilly.com/catalog/ai/>

询问技术问题或对本书进行评论，请发电子邮件到：

info@mail.oreilly.com.cn
bookquestions@oreilly.com

最后，您可以在以下站点找到我们：

<http://www.oreilly.com>
<http://www.oreilly.com.cn>

致谢

我们要感谢编辑 Nathan Torkington 和 Tatiana Diaz，感谢他们的技能、洞察力和耐心。我们也要表示我们对 O'Reilly 的感激，让我们有机会写这本书。并且，要特别感谢 O'Reilly 的产品和技术员工，还有负责技术审读和润笔的 Graham Evans 以及 Mike Keith，感谢他们充满灵思妙想的专业见解和意见。最后，我们要感谢我们各自的妻子，Helena 和 Michelle，感谢她们的支持和鼓舞，忍受我们不断地说：“我这个周末得写那本书。”我们不能忘记感谢我们的孩子，一直告诉我们放手去玩。想到这里，就想起游戏中优良 AI 最重要的目标就是让游戏好玩。来玩吧！