

游戏AI 开发实用指南

[葡萄牙] 麦克·达格雷 (Micael DaGraça) 著 杨奕 马遥 译

Practical Game AI Programming

- 游戏AI开发入门级实用指南，详细阐述各种类型游戏中AI的实现思路与方法
- 技术与理念并重，既涵盖游戏AI开发的各种实用技术及实践，也探讨了许多游戏设计的历史与理念



游戏AI 开发实用指南

[葡萄牙] 麦克·达格雷 (Micael DaGraca) 著 杨奕 马遥 译

Practical Game AI Programming

图书在版编目 (CIP) 数据

游戏 AI 开发实用指南 / (葡) 麦克·达格雷 (Micael DaGraça) 著; 杨奕, 马遥译. —北京: 机械工业出版社, 2018.1

(游戏开发与设计技术丛书)

书名原文: Practical Game AI Programming

ISBN 978-7-111-58940-2

I. 游… II. ①麦… ②杨… ③马… III. 游戏程序—程序设计—指南 IV. TP317.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 003882 号

本书版权登记号: 图字 01-2017-7333

Micael DaGraça: *Practical Game AI Programming* (ISBN: 978-1-78712-281-9).

Copyright © 2017 Packt Publishing. First published in the English language under the title “Practical Game AI Programming”.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2018 by China Machine Press.

本书中文简体字版由 Packt Publishing 授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

游戏 AI 开发实用指南

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 张志铭

责任校对: 李秋荣

印刷: 北京市兆成印刷有限责任公司

版次: 2018 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 14.75

书号: ISBN 978-7-111-58940-2

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

The Translator's Words 译者序

在游戏开发领域，不乏很多优秀的引擎技术书籍，但着重介绍 Gameplay 方面的技术书籍却少之又少，而游戏 AI 恰恰又是 Gameplay 中非常重要的一个环节。故当读到这本专门介绍游戏 AI 的书籍时，我们感到非常开心，便不遗余力地翻译了本书。

本书详述了各种类型的游戏中 AI 的实现思路与方法。其中涵盖了可能性图、概率图、状态机等基本方法，也谈到了环境交互、寻路、动画等游戏 AI 必要的组成部分，最后还介绍了群体交互、碰撞避免、感知等较高层次的设计方法。

本书的特色是技术与理念并重。很多时候开发游戏 AI 并不是一项纯技术性的工作，开发者如果能对游戏玩法以及玩家心理感受有更好的理解，那么做出来的 AI 效果肯定能更上一层楼。有时一些很简单的 AI 逻辑也能让玩家津津乐道——比如经典的《吃豆人》，而复杂的 AI 要和游戏玩法紧密结合才能实现激动人心的效果。

本书的代码部分是依托于 Unity 引擎来写的，但本书并没有介绍 Unity 引擎的基础知识，所以便需要读者有一定程度的 C# 或 Unity 开发经验。当然，本书内容依旧是循序渐进的，读者不必担心过于复杂。如果你正对游戏中 AI 的实现而烦恼，本书无疑会是非常不错的选择。

本书的作者是一位独立游戏开发者，故书中除了对技术话题的探讨外，还涉及许多游戏设计的历史与理念。审校者 Davide Aversa 也是一位 AI、机器学习以及游戏开发领域的权威学者，这为本书的技术部分提供了有力保障。

为了帮助大家更好地学习，我们还在知乎专栏“游戏开发入门指南”中补充了更多关于游戏 AI 的内容。希望通过这个专栏，可以让大家进一步掌握游戏 AI 开发的关键性技术。

最后，我们想在这里衷心感谢机械工业出版社华章公司的伙伴们在翻译过程中给予的帮助。同时也感谢我们的家人和朋友给予的支持，正因为有你们的帮助和支持，我们才能够顺利完成本书的翻译。还要特别感谢我们的同事李天硕，在后期大力参与我们的校对工作，其

良好的英文素养与游戏经历大大推进了我们的翻译进度。

由于译者水平有限，书中恐有疏漏和错误之处，还请读者指正。也希望本书能够帮助更多的朋友开发出有趣的的游戏。

杨奕 马遥

2017年9月于成都

游戏开发对有些人来说充满了激情，我相信这是因为，我们可以创造一个完全由我们想象出来的世界。这有点像开创一个新的世界，我们放置的 AI 角色就像是这个世界的居民，他们生活在我们创造的这个世界里。我们可以自由地想象他们的行为，基于想象创造一个社会体系，创造一个甜美又温柔的角色，也可以创造一个前所未有的恶魔——这种可能性是无限的，这也是为什么我们总是冒出新的游戏创意来。无论我们打算做什么类型的游戏，这个世界和这些角色都是我们将会看到的基本要素，我们的游戏也因此独一无二。理想情况下，我们应当能够将脑海中所有的东西都原封不动地创造出来。本书就是想达到这个目的——让所有人都能够实现自己的想法，而不应当约束我们的想象力，因此本书将会涵盖创造人工智能角色的基础。当你读完以后，我们可以继续深入探索这些你学过的主题，创造出完全符合我们想象的 AI 角色。

本书内容

第 1 章是对电子游戏产业与游戏 AI 的综述。

第 2 章重点介绍如何创建和使用 AI 的可能性图和概率图。

第 3 章描述了怎样对 AI 角色创建一系列必要的规则以实现其目标。

第 4 章聚焦于游戏中的角色与他们所处环境之间的交互。

第 5 章展示了在游戏中实现动画的最佳实践。

第 6 章主要讨论实现实时计算的 AI 移动方案的最佳实践。

第 7 章主要介绍使用 A* 算法寻找最短路径。

第 8 章主要讲述在当同一场景中有大量角色时，AI 应该如何表现。

第 9 章探讨 AI 的预期，事先知道当到达某个位置或面对某个问题它们将会做什么。

第 10 章主要讨论创建潜入类游戏的技术：感知系统。

读前准备

推荐安装一个使用 C# 语言的游戏引擎（Unity3D 有免费版本，本书的例子中也使用了它）。

读者对象

本书面向的读者是这些开发者：他们已经用 C# 创作了一个游戏并且在探索用 AI 扩展游戏内容，从而创建具有自主行为的群体、敌人或是盟友。

下载示例代码

你可以从 <http://www.packtpub.com> 通过个人账号下载你所购买书籍的样例源码。如果你在其他地方购买了本书，你可以访问 <http://www.packtpub.com/support> 并注册账户，相关文档就会直接发送到您的邮箱中。

你也可以访问华章图书官网 <http://www.hzbook.com>，通过注册并登录个人账号，下载本书的源代码。

下载本书彩图

我们还提供了一份具有彩色插图的 PDF 文件，包含了书中的屏幕截图和图表的彩色版。这些彩图会帮助你更好地理解程序输出的变化。可以从以下网址下载：https://www.packtpub.com/sites/default/files/downloads/PracticalGameAIProgramming_ColorImages.pdf。

About the Author 关于作者

Micael DaGraça 是一位游戏设计师以及 AR 开发者，现居葡萄牙波尔图市。他曾为多个游戏工作室工作，致力于创建与众不同的独立游戏和交互式应用程序。

Micael 的童年伴随电子游戏一起长大，对游戏的热情也从未消去过。因此，在他后来的生活中，他决定学习如何制作游戏。一开始，他没有任何编程或 3D 动画方面的知识，他便从制作一些简单的游戏开始，在这个过程中每次都学到了更多的游戏制作经验。当游戏可以正常运行并且变得有趣时，他开始计划与一个老朋友合作发布一款游戏。Micael 负责游戏的技术方面，确保游戏可以按照预期进行开发，而他的朋友则负责游戏的所有美术工作。最终，游戏成功发布，并获得了其他独立游戏开发者的一些积极反馈。由于游戏产生了一些收入，成为游戏设计师的梦想也随之变成了现实。

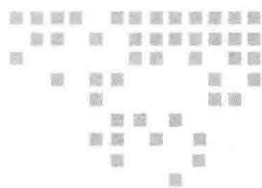
现在，Micael 为其他工作室工作，帮助他人实现他们的游戏创意，并整合了一家专注于制作游戏以及开发健康类 App 的公司。尽管他没有时间继续从事个人项目，但他还有一些在朋友的帮助下仍在开发中的游戏项目。

“我要感谢父母多年来给予我无条件的支持，因为没有他们，我不可能成为一个游戏设计师；非常感谢我的妹妹 Alexandrina，感谢她在我最需要帮助的时候帮助我，让我在她的办公室制作游戏，从而使我可以开始做游戏设计师。感谢我的老朋友兼老对手 Vicente，逼着我不断突破自己的极限，使我成为一个更好的专业人士。感谢我的女朋友 Marta，她的微笑总是让我很开心，她处理好了生活中的每件事，让我可以专注于我的工作。最后，我想把本书献给我的爷爷，是他激励我成为今天的自己。”

目 录 Contents

译者序	
前言	
关于作者	
第 1 章 不同的问题需要不同的 解决方案	1
1.1 游戏 AI 解决方案的历史简述	1
1.2 电子游戏中的敌人 AI	2
1.3 从简单到聪明的类人 AI	3
1.4 视觉和声音的感知	4
1.5 总结	5
第 2 章 可能性图与概率图	6
2.1 游戏状态	6
2.2 可能性图	7
2.2.1 怎样使用可能性图	7
2.2.2 准备一个可能性图 (FPS 游戏)	8
2.2.3 创建一个可能性图 (FPS 游戏)	9
2.3 定义状态	10
2.3.1 防守状态	12
2.3.2 进攻状态	13
2.3.3 可能性图小结	16
2.4 概率图	16
2.4.1 怎样使用概率图	17
2.4.2 接下来做什么	19
2.5 总结	19
第 3 章 产生式系统	20
3.1 自动有限状态机	22
3.2 基于效用的函数	26
3.3 游戏 AI 的动态平衡	36
3.4 总结	37
第 4 章 环境与人工智能	38
4.1 视觉交互	39
4.2 基本环境交互	40
4.2.1 移动环境中的物体	40
4.2.2 环境中的障碍物	48
4.2.3 用区域阻断环境	52
4.3 高级环境交互	54
4.3.1 适应不稳定的地形	55
4.3.2 使用射线检测评估决策	56

4.4 总结	58	8.2 电子游戏与群体交互	151
第5章 动画行为	59	8.2.1 《刺客信条》	151
5.1 2D 动画与 3D 动画的对比	59	8.2.2 《侠盗猎车》(GTA)	152
5.1.1 2D 动画 - 精灵	59	8.2.3 《模拟人生》	152
5.1.2 3D 动画 - 骨骼结构	61	8.2.4 FIFA/ 实况足球	153
5.2 动画状态机	62	8.3 规划群体交互	154
5.3 平滑过渡	78	8.3.1 小组战斗	154
5.4 总结	79	8.3.2 通信 (警告区域)	157
第6章 导航行为和寻路	80	8.3.3 通信 (与其他 AI 角色交谈)	160
6.1 导航行为	80	8.3.4 团队竞技	161
6.1.1 选择新的方向	80	8.4 群体碰撞避免	169
6.1.2 点到点的移动	90	8.5 总结	171
6.2 总结	123	第9章 AI 规划与碰撞避免	172
第7章 高级寻路	124	9.1 搜索	172
7.1 简单寻路与高级寻路	124	9.2 总结	189
7.2 A* 搜索算法	126	第10章 感知	190
7.3 总结	149	10.1 潜人类游戏	190
第8章 群体交互	150	10.2 关于战术	190
8.1 什么是群体交互	150	10.3 关于感知	191
		10.4 实现视觉感知	191
		10.5 总结	225



不同的问题需要不同的解决方案

1.1 游戏 AI 解决方案的历史简述

为了更好地理解游戏开发者如何战胜当前正在面对的问题，我们需要探究一点电子游戏开发的历史，看看当时那些非常重要的问题以及它们的解决方案。它们中的一些方法是相当超前的，实际上改变了整个电子游戏设计的历史，甚至直到今天我们仍然在使用相同的方法，去创造独特且有趣的游戏。

在讨论游戏 AI 时，最值得一提的标志性事件之一总是 AI 与人类的国际象棋对决。这也是开始研究人工智能时的理想选择，因为国际象棋通常需要很多思考和预先计划，这对当时的电脑来说还是无法做到的事情。AI 为了顺利地进行比赛甚至赢得胜利，还需要一些人类特性，因此，首先是使电脑能够处理游戏规则，并且为了能够实现最终目标——将死对方获胜，要能自己进行适当的思考，为下一步做出良好的判断。问题在于国际象棋有很多的可能性，因此，即便电脑有一个完美的策略来赢得比赛，也需要对这个既有策略进行重新计算、适应、改变，甚至是在首选策略发生错误时，创造新的策略。

人类每次下棋都是全然不同的，这让程序员输入所有可能性到计算机中以获胜的这种做法，变成一项巨大无比的任务。所以，为全部的可能性编写代码不是一个可行的方案。正因如此，程序员们需要重新思考这个问题。接着，某一天他们终于想出了一个更好的办法，那就是让计算机自己决定每一轮怎么做，去选择看上去最好的选项。这种方法让计算机能够适应比赛中的任何一种情况。不过，这带来另一个问题——计算机只能想到短期有利的走法，而不是建立计划以便在将来的步骤中击败人类。所以人类想要打败这种计算机很容易，但是至少我们让事情前进了一步。直到几十年以后，才有人定义了人工智能（AI）这个

词语，他尝试做出了一台具有打败人类玩家的能力的计算机，解决了我们前面提到的困扰了许多研究者的问题。Arthur Samuel 正是那个人，他创造了能够自我学习而且能记住所有可能组合的计算机。这样，不必有任何的人工干预，计算机就能自我思考，这是一个巨大的进步，即使以今天的标准来看依然让人印象深刻。

1.2 电子游戏中的敌人 AI

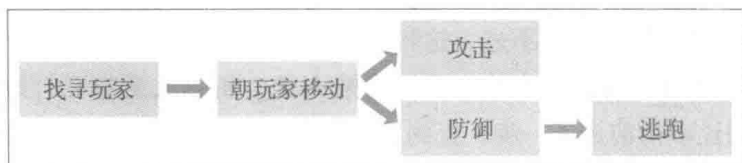
现在，让我们来到电子游戏产业中，分析一下第一个敌人和障碍物是如何编写的，以及是否与我们现在的做法有所差别。下面让我们试着找出答案。

在单机游戏中，敌人 AI 第一次出现是在 20 世纪 70 年代，接着很快，一些游戏开始提高对电子游戏 AI 定义的质量和期望。其中的一些游戏开始发布到街机上，如来自 Taito 的《极速赛车手》(Speed Race，一个竞速电子游戏)，以及来自 Atari 的《小鸭子大冒险》(Qwak，一只鸭子使用光枪狩猎的游戏)和《追击》(Pursuit，一个战斗机游戏)。其他值得关注的例子是个人电脑上的文字游戏，例如《捕获狮头象》(Hunt The Wumpus)和《星际旅行》(Star Trek)，这些游戏都有着敌人。这些游戏之所以如此令人愉快，正是由于 AI 敌人没有像以前那样做出固定的反应，它们有着随机的元素，同时还混合了预先存储的模式，从而变得无法预测，因此，在你每次玩游戏时都有着独特的体验。无论如何，当时微处理器的加入极大地扩展了程序员的能力。《太空入侵者》(Space Invaders)带来的移动模式和《小蜜蜂》(Galaxian)改进增加的更多变化，使得 AI 愈加复杂。《吃豆人》(PAC-MAN)后来也带来了迷宫类型上的移动模式。

《吃豆人》在 AI 设计上带来的影响与其在游戏自身带来的影响同样重要，这个经典的街机游戏使得玩家相信游戏中的敌人真的在追逐他们，且不是以粗糙的没有任何谋略的方式。鬼魂们以不同的方式追逐玩家(或躲避玩家)，就好像它们具有独特的个性一样。这给予了人们一种错觉——与他们在对阵的是四、五个完全不同的鬼魂，而不是同一个电脑敌人的多个副本。

之后，《空手道冠军》(Karate Champ)引入了第一个 AI 战斗角色，《勇者斗恶龙》(Dragon Quest)引入了 RPG 类型游戏的战术系统。多年来，探索人工智能并用其创造独特游戏概念的游戏名单不断增多，所有这些都来自同一个问题：我们如何使电脑能够在游戏中战胜人类？

上面提及的所有游戏都是不同类型的，它们都有自己独特的风格，但是它们的 AI 都使用着同样的方法——有限状态机(FSM)。在这里，程序员输入好所有电脑挑战玩家所需的行为，就好像第一次下棋的电脑一样。程序员准确地定义了电脑应该如何在不同的场合有序地移动、躲避、攻击，或者执行任何其他挑战玩家的行为，即使在最新的大制作游戏中，这种方法也同样被使用。



1.3 从简单到聪明的类人 AI

程序员在开发 AI 角色时面临许多挑战，不过其中最大的挑战是如何使得 AI 的动作和行为能够与玩家当前正在做或未来将要做的事相关。之所以存在这种困难是因为 AI 是按照预定的状态来编程的，其中使用了概率图和可能性图来有序地根据玩家的动作和行为调整自身的动作和行为。如果程序员拓展了 AI 决策的可能性，这一技术将变得非常复杂，就好像是国际象棋中的所有可能情况发生在了游戏中。

这对于程序员来说是一项巨大的任务，因为有必要确定玩家可以做什么以及 AI 如何对玩家的每一个动作做出反应，而这需要大量的 CPU 计算能力。为了克服这个挑战，程序员开始混合使用可能性图与概率图，以及执行其他技术，让 AI 能够自己决定如何响应玩家的动作。这些因素在开发 AI 时应该被慎重考虑，因为正如我们发现的那样，这些因素提高了游戏的质量。

游戏不断进化，玩家对优质游戏的期望也变得更加迫切，这不仅体现在视觉质量，还包括敌人和盟军的 AI 能力。考虑到玩家的期望，在实现新的游戏时，程序员开始为每个角色添加更多的状态，创造新的可能性和更多有趣的敌人以及重要的友军角色，这意味着玩家需要做更多的事情，并且这些新创造的功能还帮助其重新定义了新的游戏类型。当然，所有这些新增的事物是可能实现的，因为技术在不断改进，开发者可以在电子游戏中探索更多的人工智能技术。一个非常值得一提的例子是《合金装备》(Metal Gear Solid)，这款游戏通过在当时流行的普通射击游戏上实现了潜行要素，给电子游戏产业带来了新的游戏类型。然而由于当时的硬件限制，小岛秀夫(Hideo Kojima)预期中的这些要素并没有得到完全体现。从第三代到第五代游戏主机设备上，科乐美(Konami)和小岛秀夫使用了相同的标题，不过这时候游戏不再受到硬件的制约，有了更多的交互、可能性以及游戏中 AI 敌人的行为，使

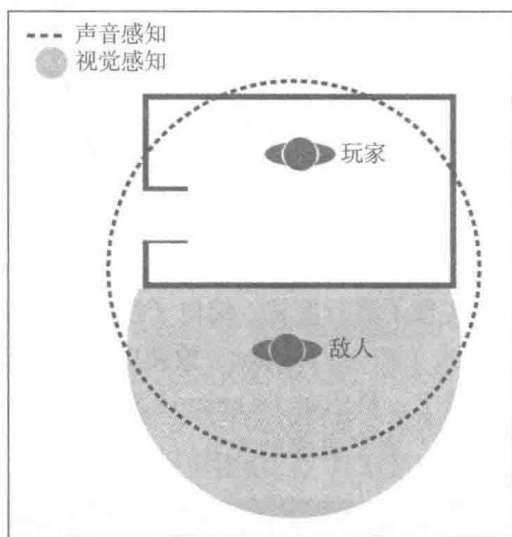


Metal Gear Solid-Sony Playstation 1

这款游戏成为了电子游戏史中非常成功且重要的一款。我们也很容易看到《合金装备》在问世后对后辈游戏造成的影响。

1.4 视觉和声音的感知

先前截图中的游戏实现了 AI 敌人对视觉和声音的感知，我们会在本书后面的章节中探索这个功能的细节，这个功能造就了我们今天所知道的潜行游戏。从电子游戏产业起步之初就已经开始使用路径查找和有限状态机了。但是他们也会创造新的特性，例如场景交互，导航行为，视觉/声音感知，以及 AI 互动。很多东西在当时不存在，但是今天这些特性广泛地被不同类型的游戏使用，例如体育、赛车、格斗以及第一人称射击（FPS）游戏，下面也会介绍到。



在游戏设计迈出巨大的一步之后，开发者仍然面临其他问题，或者我应该说，这些新的可能性带来了更多的问题，因为它们并不完美。AI 仍然没有像真正的人那样做出反应，不仅在潜行游戏中是这样，在其他所有类型的游戏中也都是这样，特别是当需要改善这些 AI 以使得游戏感觉更加逼真时，还有许多额外的要素是必须实现的。

我们讨论一下体育游戏，尤其是那些试图模拟真实世界团队行为的的游戏，例如足球和篮球。玩家的交互并不是我们唯一需要关注的事情，很早前我们就已经没有面对国际象棋那种 1V1 的情况了。现在我们想要的更多，看到其他游戏有着真实的 AI 行为，体育狂热者们开始要求他们喜欢的游戏也应该有那样棒的 AI，毕竟这些游戏是基于真实世界的事物，因此 AI 应该尽可能真实地做出反应。

在这一点上，开发者和游戏设计师开始考虑 AI 互动本身，像《吃豆人》中的敌人会使玩家得到这样一种印象，即游戏中每个角色都有自我思考，对其他角色的反应都有不同。如果我们仔细分析，体育游戏中的 AI 和 FPS 或者 RTS 游戏中的 AI 是非常接近的，都是使用不同

的动画状态，通用的移动、交互、单独决策，以及战术和集体决策。因此，体育游戏与其他在 AI 开发方面已经非常成熟的游戏类型一样，也可以拥有足够真实的 AI，这不足为奇。不过，只有体育游戏在当时面临几个问题：如何使这么多同屏角色产生不同的反应，但同时又能让这些角色共同努力实现相同的目标。考虑到这个问题，开发者开始改进每一个角色的独立行为，不仅仅包括玩家的对立阵营 AI，还有与玩家同阵营的 AI。有限状态机在这里又一次成为人工智能的一个重要组成部分，而且，潜行游戏中的感知和预测对于创造尽可能真实的体育游戏也非常有帮助。电脑需要计算玩家正在做什么，球在哪里，以及所有这些东西的坐标，且还得让同阵营的 AI 看起来像是在团队协作。在这些数量众多的同屏角色的身上加入潜行游戏中的新特性，可以改进已有的体育类型游戏，多年来这种做法已经获得了广泛的应用。这也有助于让我们明白，我们几乎可以使用相同的方法来创造任何类型的游戏，即使它们看起来完全不同。我们看到电脑 AI 下棋时使用的核心原则，其对于 30 年后发行的体育游戏仍然是有价值的。

让我们继续最后一个例子，这个例子对于如何使得 AI 角色的行为更加真实有着非常高的价值：这个游戏是 Monolith Productions 开发的《极度恐慌》(F.E.A.R.)。使这个游戏在人工智能方面显得相当特别的是敌人角色之间的对话。虽然从技术角度来看这并不是什么进步，但它确实有助于展示角色 AI 的所有开发工作，假如 AI 之间没有这么说话，便不会使游戏显得与众不同。这在创建具有真实感的 AI 时是一个非常重要的考量因素，AI 的这种行为会让人觉得其自身的反应以及其与玩家的交互行为跟人类非常接近，使人产生错觉。对话不仅有助于创造类人的气氛，还有助于让角色显得更加立体，如果没有这些对话的话，玩家很难注意到这些。当 AI 第一次察觉到玩家时，它会大喊发现玩家了；当 AI 视野内丢失玩家时，它也会喊出来。当 AI 小队试图搜寻或伏击玩家时，AI 小队会进行讨论，让玩家想象敌人真的有能力去制定策略来迎战玩家。为什么这点这么重要？因为如果这些角色只有数字和数学公式般的机械行为，那么它们会按照既定的做，但是并没有人的特性，为了使这些 AI 角色更加人性化，就需要让它们有一些过失、错误以及对话，这可以让玩家觉得自己不是在与苍白的机器对战。

整个电子游戏的历史中人工智能距离完美还很遥远，我们可能需要花费几十年时间去一点点地改进。从 20 世纪 50 年代初期到今天，我们已经取得了很大的突破，所以不要害怕探索，你应该去学习、融合，甚至是打碎重建一些事物，以得到不同的结果。因为伟大的游戏在过去都这么做了，且它们获得了巨大的成功。

1.5 总结

在这一章中，你学习了 AI 对电子游戏历史的影响，了解了所有的一切都是如何从简单的想法开始到有电脑 AI 来和人类在传统游戏中竞争比赛，接着是如何演变到了电子游戏的世界。你还了解了自第一天来出现的挑战和困难，以及程序员不停地解决问题，但还是会有相同的问题产生的过程。在下一章节，我们将从细节开始，讨论一些更加实用的技术，以及这些技术在过去、现在和未来游戏中的争论和演化。

可能性图与概率图

本章将会讨论可能性图与概率图，理解如何使用以及何时使用它们。我们还会学习一种创建 AI 的最佳实践，它不仅能够回应玩家的行为，同时还能做出最优选择，正如我们正在探索的问题：创建一个能够像人类一样做决策的角色。

就像我们前面看到的，电子游戏往往非常依赖于提前确定 AI 在不同情景下的行为，这些情景可能是游戏本身设计的，也可能是由玩家的行动造成的。这种方法的应用从第一天开始一直持续到现在，使得可能性图与概率图变成了一种用于创造高质量 AI 角色的极其重要的方法。在解释每种图有什么作用的细节，以及演示用这两种图开发出好的 AI 行为之前，最好大致地知道什么是可能性图与概率图、知道何时何地使用它们。

作为玩家，我们倾向于整体性地享受作品，怀着热情，全身心投入体验游戏的每个部分，同时忘记了游戏技术性的那方面。基于这个理由，我们有时会忘了即便游戏中最简单的事件也是按照预定的设计发生的，而且在事件发生的那一刻背后，有许多的考虑与规划。我们常听到：事出必有因，这个词也可以用在电子游戏里。从你按下游戏开始键的一刻起，一直到你打出最后一套精彩的连招消灭了最终 BOSS，一切都是按照计划发生的，对程序员来说，需要输入游戏中所有可能发生的情况。如果你按下 A 键游戏角色跳了起来，这是因为设定就是如此。同样的事情对游戏里具有 AI 的敌人或盟友也是一样，当它们的一些行为消灭了你或是帮助了你，这种行为也是需要编程来实现的，要做到这一点，要用到状态。

2.1 游戏状态

要理解如何创建可能性图与概率图，我们需要先知道它们的基本组成部分，即游戏状

态，简称状态。游戏状态，就是游戏中的预定动作，它按场合定义，并且可以应用于玩家或敌人角色。有些行为很简单，例如跑、跳跃或攻击，也可以再扩展一点，例如当角色在空中且无法攻击的状态，或者角色魔法量低且无法释放魔法攻击的状态。这些例子里，角色要么从一个状态切换到另一个状态，要么由于正处在另一个状态中而无法切换状态。



2.2 可能性图

现在深入看看第1章的例子中的可能性图，从国际象棋到《合金装备》游戏。如我们所见，这是一项当下仍然在使用的技术，而且不用它的话我们几乎不可能做出游戏AI来。

顾名思义，可能性图允许程序员定义游戏中玩家或AI角色可以采用的行为。所有游戏中可以发生的事情需要事先设计并编码，但是当你允许角色做许多事情时会怎么样呢——角色能够同时做这些事情吗？假设游戏有不同的关卡，角色在所有的关卡都按同样的方式做出反应吗？除了允许或者限制所有这些可能的行为之外，我们还需要思考游戏中可能发生的情景，当你把所有这些放在一起，就称之为可能性图。

2.2.1 怎样使用可能性图

让我们看一个常规的第一人称射击（FPS）游戏中的简单例子，为此我们会使用之前图中所展示的状态。

想象一下我们是游戏中的敌人角色，目标是射击玩家并杀死他，只能使用走、跑、掩护、跳跃、射击和防守。我们要考虑到，玩家会尽全力杀死敌人，并且可能会出现各种各样的情景。我们从基础开始——从一个点走到另一个点来守卫地盘，当玩家靠近我们地盘的时候，我们的目标就从守卫地盘变成了更明确的目标，即杀死玩家。我们接下来做什么？射击？向玩家跑过去并从近处射击他？寻找掩护并等待玩家靠近？如果玩家先发现了我们准备射击我们怎么办？可能会发生很多情况，不过很多情况可以只用几个状态来应对。列举所有可能的情况，并计划在每种情况下我们应当怎样行动或者应对玩家。在这个游戏中，我会选择以下几种例子：

- 慢慢走到掩护位置，等待玩家靠近，然后射击他。
- 跑到掩护后面，从那里射击。
- 一边防御（远离被子弹射击的位置）一边跑向掩护位置。
- 与玩家对射，跑向他同时持续射击。