



新工科建设 · 人工智能与智能科学系列

# 类脑智能

## 大脑情感学习模型 的应用研究



梅 英 著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

# 版权信息

COPYRIGHT

书名：类脑智能：大脑情感学习模型的应用研究

作者：梅英

出版社：电子工业出版社

出版时间：2023年3月

ISBN：9787121453274

字数：167千字

版权方：电子工业出版社有限公司

版权所有·侵权必究

# 内容简介

类脑智能技术是当前国际重要的科技前沿，研究类脑智能技术对发展新型信息产业意义重大。本书介绍了一种新颖的类脑模型——大脑情感学习模型，并介绍了其学习算法、改进技术及应用。大脑情感学习模型根据哺乳动物大脑边缘系统的结构建立，在模拟生物智能行为上表现出了良好的自适应性能，模型结构简单，运算速度快。本书共9章，分为3篇：基础篇、改进篇和应用篇。基础篇主要介绍大脑情感学习模型的研究现状、神经生理学基础与学习算法；改进篇主要介绍大脑情感学习模型的改进技术，通过加入监督学习和竞争学习机制改进模型性能；应用篇主要介绍将改进的大脑情感学习模型用于混沌时间序列预测、疾病诊断、表情识别及人机情感交互等领域的例子。

本书可以作为研究生、高校教师及工程技术人员的自学和参考用书，也适合对类脑模型研究感兴趣的研究人员和工程技术人员阅读。

# 前言

近些年，随着信息技术的发展，类脑智能成为人工智能和计算机科学领域的研究热点。研究者们借鉴脑科学、认知科学和神经生理学等知识，试图让机器模拟大脑的信息处理方式和认知行为，使机器具有更高的智能。于是，类脑智能技术诞生了。目前，借鉴大脑的信息处理机制和神经编码原理，类脑神经网络模型、类脑芯片、类脑智能机器人及脑机接口等得以出现，类脑智能技术正蓬勃发展。

本书介绍的大脑情感学习模型（Brain Emotional Learning, BEL）是一个新颖的类脑模型，由学者Morén受神经生理学研究的启发而提出。大脑情感学习模型根据哺乳动物大脑边缘系统的结构建立，不完全地模拟了杏仁体和眶额皮质之间的情感学习机制。与传统人工神经网络相比，大脑情感学习模型在模拟生物智能行为上表现出了良好的自适应性，并且其结构简单、计算复杂度低、运算速度快，但大脑情感学习模型存在通用性不足的问题。

本书主要围绕大脑情感学习模型的优化方法及应用展开研究，结合智能优化技术，对大脑情感学习模型进行了改进，提出了监督型大脑情感学习网络和竞争型大脑情感学习网络，并通过典型实例验证了大脑情感学习模型的性能。

本书的特色有以下3点。

（1）内容新颖，本书以一种新颖的类脑模型——大脑情感学习模型为主线进行介绍。

（2）结构合理，基础篇、改进篇和应用篇3部分层层递进，注重理论与实践结合。

（3）深度与广度适中，根据读者群体，本书先介绍大脑情感学习模型的神经生理学基础后介绍应用实例，符合认知规律。

本书共9章，分为3篇，系统地介绍了大脑情感学习模型的原理、改进技术和应用。基础篇包括第1~3章，主要介绍大脑情感学习模型的研究现状、神经生理学基础和学习算法；改进篇包括第4~5章，主要介绍大脑情感学习模型的改进技术，通过加入监督学习和竞争学习机制改进模型性能；应用篇包括第6~9章，主要介绍将改进后的大脑情感学习模型用于混沌时间序列预测、疾病诊断、表情识别及人机情感交互等领域。

本书一方面向读者介绍了一种基于大脑情感学习机制的类脑神经网络，丰富了现有人工神经网络的理论；另一方面提供了一种快速有效的

数据分析方法，可为智能系统的下一步决策提供依据。

本书是作者从事湖南省自然科学基金项目（编号：2020JJ4060）和湖南文理学院博士启动项目的研究成果，感谢湖南文理学院和湖南省自然科学基金的基金资助。本书可以作为研究生、高校教师及工程技术人员自学和参考用书，也适合对类脑模型研究感兴趣的研究人员和工程技术人员阅读。本书在编写的过程中，参考并引用了相关文献资料的观点和素材，在此向相关文献作者表示感谢。在内容审校和出版过程中，本书得到了电子工业出版社张小乐编辑的大力支持和指导，在此表示感谢。同时，感谢读者对本书的支持。

由于类脑智能研究涉及神经科学、认知科学、计算机科学和人工智能技术等领域，大脑情感学习模型作为一个新颖的类脑模型，在理论方法和应用技术上还有待进一步探索。限于作者水平，书中难免存在不足之处，恳请有关专家和读者批评指正（电子邮件请发至63641214@qq.com）。

作者  
2022年11月

# 第1篇 大脑情感学习模型基础篇

## 第1章 大脑情感学习模型概述

如今，类脑智能成为人工智能和计算科学领域的研究热点。人类大脑神经网络极其复杂，其中有多个特殊的环路，这些环路是实现感知和认知功能的基础。近年来，科学家们一直试图开发具有类似人脑功能的机器，使其具有更高的智能。本章在阐述类脑智能研究意义与发展现状的基础上，介绍了一种新颖的类脑模型——大脑情感学习模型，包括大脑情感学习模型的结构、工作原理，并且分析了大脑情感学习模型的研究现状，最后给出了大脑情感学习模型的特点。

### 1.1 类脑智能

目前，类脑智能技术在一定程度上代表国家竞争力，是新的国际竞争焦点。类脑智能的发展主要体现在两个方面：一是类脑智能技术和产品的开发，即借鉴大脑处理信息机制和神经编码原理开发新的神经网络模型、类脑芯片和类脑智能机器人；二是脑机接口技术，即将大脑活动产生的信号转换成控制信号，并使用这些信号控制身体外的装置。

类脑智能技术处于重要的科技前沿，受到国内外研究学者的广泛关注。2016年3月，Google旗下子公司DeepMind的戴密斯·哈萨比斯团队通过对人脑认知机制的研究，开发了人工智能机器人AlphaGo，该机器人采用深度学习技术，通过模拟大脑神经网络的工作机制，在围棋比赛中打败了围棋世界冠军李世石。2017年5月，在中国乌镇围棋峰会上，AlphaGo与排名世界第一的围棋选手柯洁对战，最后以3:0的总比分获胜。此外，IBM Watson、百度自动驾驶汽车等，也从不同视角展示了类脑智能的研究成果。

其实在很早以前，一些国家就积极出台政策支持类脑研究。2007年，瑞士洛桑联邦理工学院发起的“蓝脑计划”是历史上首次尝试制造人脑的工程，负责人亨利·马卡兰教授试图利用分子层级的哺乳动物脑部原理，逆向建立一个电子模拟大脑；2013年，美国奥巴马政府投入大量资金支持脑科学研究项目，提出“以机器人为核心”的高端制造业回归；2014年，日本启动“脑/智计划”（Brain/MIND），着力研究大脑认知功能的脑回路机制。

我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》

中明确提出了关于“脑科学与认知科学”的研究规划，包括对脑式信息处理系统的研究。2016年，我国正式提出进行“脑科学与类脑科学”研究，简称“中国脑计划”，由此搭建了脑科学与信息科学的桥梁。2017年5月，我国建立了“类脑智能技术及应用”国家工程实验室，旨在开展多模态信息处理、脑神经计算、基于神经网络的类脑机器人等研究工作。2018年3月，北京脑科学与类脑研究中心成立。同年12月，北京脑科学与类脑研究中心联合北京师范大学、中国神经科学学会认知神经生物学分会共同举办了脑科学与类脑研究论坛。2021年9月，《科技部关于发布科技创新2030—“脑科学与类脑研究”重大项目2021年度项目申报指南的通知》发布，其中涉及59个研究领域和方向，国家拨款经费预计超过31.48亿元人民币。根据国务院印发的《新一代人工智能发展规划》，2030年我国将在类脑智能、自主智能、混合智能和群体智能等领域取得重大突破，人工智能技术将成为经济发展的新引擎。类脑研究有利于开发类脑智能技术和产品，从而实现人工智能从理论走向通用。

大脑中有多个能实现各种认知功能的特殊环路，情感、学习、思维和记忆等都需要靠这些环路实现。类脑智能的一个分支——情感智能，为新一代人工智能的发展提供了新思路。神经心理学的研究表明，情感是人类智能的重要组成部分，情感对人的决策、思维和记忆等智能活动有重要影响。1995年，哈佛大学心理学博士Goleman在《情感智能》中指出：情感是人类智能的重要标志。心理学上的研究表明，情感在人类认知行为中发挥着积极的作用。例如，正面的情感使人思维敏捷，认知能力提高；负面的情感使人学习热情降低，认知能力减退。目前，一些人工智能研究者已经意识到情感对人工智能发展的重要性，正致力于情感计算的相关研究，如情感机器人、人机情感交互、情感脑机接口等。

神经生理学研究表明，大脑中的杏仁体是控制情绪反应的重要组织，杏仁体能根据感官刺激产生情绪并巩固记忆，避免重复学习。Rolls指出，大脑侧颞叶中的杏仁体可以对刺激产生情绪评估，这些评估构成了情绪状态和情绪反应的基础，还能唤起注意和长期记忆。Dias指出，大脑侧颞叶中的眶额皮质能辅助杏仁体工作，对情绪的产生起调节作用，情绪引起的巩固性记忆可以避免大脑重复学习，从而加快信息处理速度。

综上所述，情感智能研究将有助于新一代类脑智能技术的发展。

## 1.2 大脑情感学习模型

受神经生理学研究的启发，Morén提出了大脑情感学习（Brain Emotional Learning, BEL）模型，该模型根据哺乳动物大脑边缘系统的

结构建立，不完全模拟了情感刺激在大脑反射通路中的传递与处理过程。在情感信号的刺激下，哺乳动物大脑中的杏仁体和眶额皮质之间会产生情感学习，并将学习结果传给下一级神经中枢以便产生相应的行为。大脑情感学习模型模拟了哺乳动物大脑中的情感学习机制，该模型主要包括杏仁体（Amygdala）、眶额皮质（Orbitofrontal Cortex）、丘脑（Thalamus）和感官皮质（Sensory Cortex）4个部分，如图1.1所示。

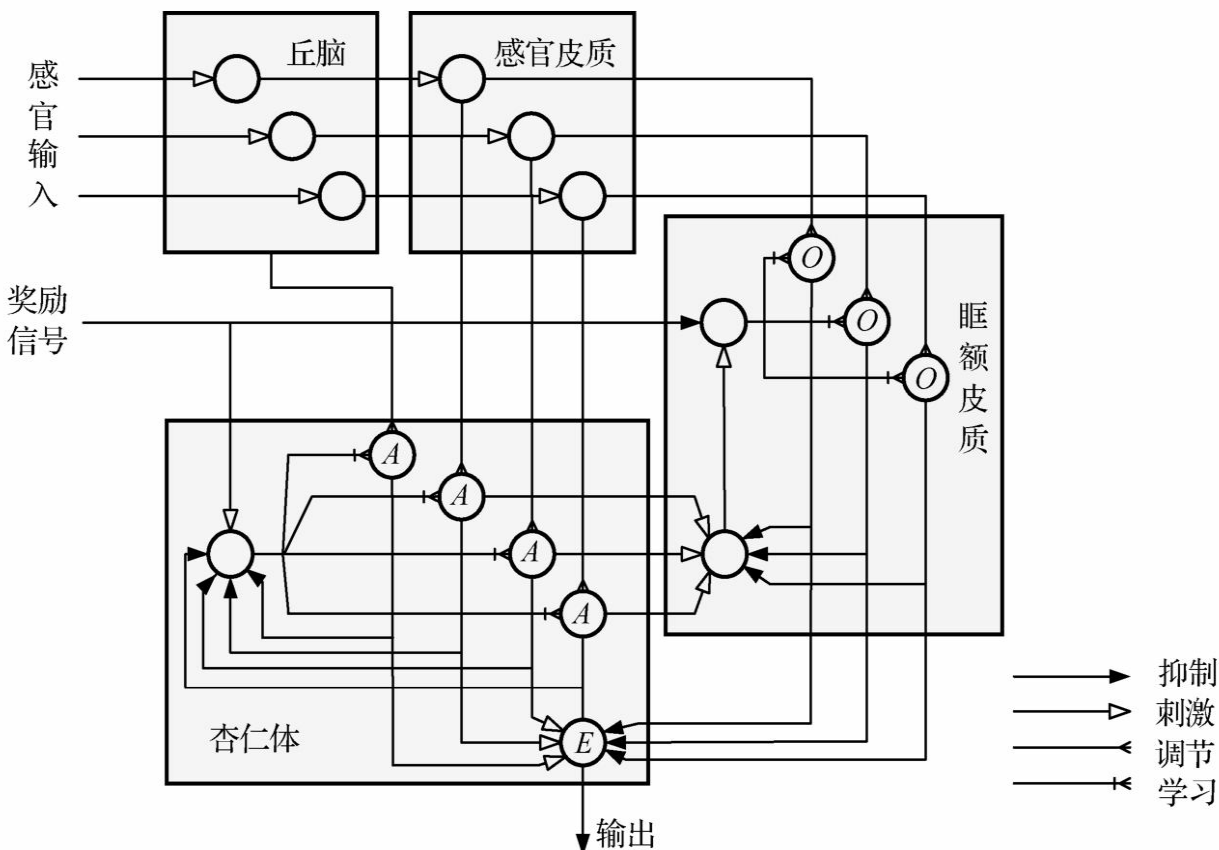


图1.1 大脑情感学习模型

杏仁体是大脑情感学习的主要部位，它对来自不同感觉器官的信息进行加工处理，并把处理结果输送到其他脑组织，如神经中枢、中脑等。杏仁体可以通过评估外部刺激产生情感，并把刺激与情感的对应关系记下来。当发生同样的情感刺激时，杏仁体便会根据记忆快速做出反应，避免大脑重复学习。

眶额皮质是辅助杏仁体调节情绪的重要大脑皮质，因覆盖在眼眶之上而得名。大脑在工作过程中会产生脑电波，根据外界刺激信号的不同，神经元的连接关系和功能也会发生改变，这个过程称为大脑的“学习”。当大脑产生情绪反应时，眶额皮质辅助调节杏仁体的输出，避免杏仁体出现“过学习”或“欠学习”现象。在大脑情感学习模型中，学习单元主要包括杏仁体和眶额皮质，两者分工不同但又协同工作，学习过程



是适应感官输入信号而进行权值调节的过程，即模拟大脑神经网络中突触连接关系的变化，重塑大脑的认知功能。杏仁体和眶额皮质协同工作的结果决定模型的总体输出，当输出值达到目标要求时，学习过程结束。

在哺乳动物大脑中有多个特殊的环路，这些环路是实现各种感知和认知功能的基础。在大脑情感学习模型中，感官输入信号反射通路如图1.2所示。杏仁体是产生情绪的核心部分，它可以接收来自不同感觉联合区的信息，根据外界刺激产生相应的情绪。感官输入信号通过两条长短不同的反射通路到达杏仁体，长通路如图1.2中的虚线所示，感官输入信号的传输通路为丘脑→感官皮质→眶额皮质→杏仁体；短通路如图1.2中的空心箭头所示，感官输入信号的最大值到达丘脑后直接送入杏仁体，即丘脑→杏仁体。大脑采用不同的反射通路加工不同的信息，在长反射通路中，信息经过精细加工后影响深层次的认知；在短反射通路中，信息只经过粗略加工便迅速反应。

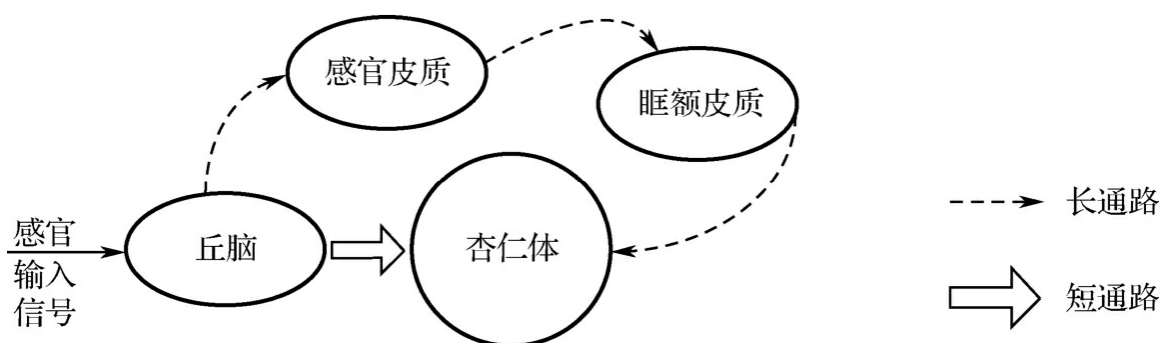


图1.2 感官输入信号反射通路

大脑情感学习模型模拟了大脑双反射通路的信息处理机制，可以满足不同信息的加工需求。

### 1.3 大脑情感学习模型的研究现状

目前，大脑情感学习模型在智能控制中取得了良好的应用，在复杂数据分析中也表现出了一定的优势。

#### 1.3.1 智能控制应用

自大脑情感学习模型被提出以来，基于大脑情感学习模型的智能控制器被广泛用于控制领域，并取得了较好的控制效果。

国外方面，2004年，Lucas等人首先将大脑情感学习模型用在了电力系统的调节上，提出了基于大脑情感学习模型的智能控制器（Brain

Emotional Learning Based Intelligent Controller, BELBIC), 用于电力系统的暂态稳定调节和电压调节。实验结果表明, 基于大脑情感学习模型的智能控制器具有较广的参数设计空间, 可以减小超调量, 缩短响应时间。随后, Mehrabian等人建立了大脑情感学习模型工具箱, 并将其用于空调系统的智能控制器中, 代替了传统的通风装置控制器, 改进了空气温度调节器的结构与功能, 实验验证了该方法的有效性。Jamali等人实现了基于大脑情感学习模型的嵌入式可编程控制器, 并将其用于室内桥式起重机的控制, 取得了良好的控制效果。Valikhani等人在双馈式感应发电机的矢量控制中采用了基于大脑情感学习模型的智能控制器。文献[10]提出了将基于大脑情感学习模型的智能控制器用于抗震控制, 通过动态抵消地壳运动的影响, 提高建筑物对地震活动的弹性, 减少地震引起的振动影响。文献[11]提出了基于大脑情感学习模型的不确定时滞非线性系统控制, 用于弹性关节远程手术机器人, 可以使机械手操作的精细度得到明显的改善。

国内方面, 大脑情感学习研究起步较晚。2013年, 有研究者实现了在自适应液压伺服控制系统中采用大脑情感学习控制器。同年, 发表了在四轮驱动机器人中采用大脑情感学习控制器进行速度补偿控制的相关论文。2014年, 有研究者成功将大脑情感学习控制器用于步进电机的控制。针对传统比例微分控制在解决高精度非线性控制问题时的效果不理想, 研究者在两关节机器人运动控制中采用了大脑情感学习控制器, 有效抵抗了关节机器人受摩擦、打滑等非线性因素的影响, 从而提高了系统控制精度和响应速度。为了改善无人驾驶车辆的性能, 一种基于大脑情感学习模型的间接自适应大脑情感神经鲁棒控制器被提出, Lyapunov理论证明了该控制器的稳定性, 仿真结果表明, 该控制器在响应速度、跟踪误差和鲁棒性方面取得了良好的效果。

为了满足复杂系统的控制要求, 一些集成了智能算法的大脑情感学习模型被相继提出。Valipour等人将粒子群优化算法引入大脑情感学习模型, 为系统的稳定控制找到了新的解决方案, 倒立摆系统实验结果表明, 该方法可以有效减小误差, 鲁棒性明显提高。Hsu等人将模糊理论引入大脑情感学习模型, 采用梯度下降法和大脑情感学习方法, 在线优化控制器参数。Lin和Pham将模糊理论引入大脑情感学习模型, 用于控制音频信号和图像信号安全通信中的加密和解密处理, 音频信号和图像信号的仿真实验证实了控制器的有效性。叶荣冠和郑飞杰设计了模糊大脑情感学习模型, 用于双足机器人的容错控制, 仿真结果表明, 该方法在双足机器人出现系统故障和外部扰动的情况下, 仍能保持正常运行。

欢迎访问：电子书学习和下载网站 (<https://www.shgis.com>)

文档名称：《类脑智能》梅英 著.pdf

请登录 <https://shgis.com/post/2740.html> 下载完整文档。

手机端请扫码查看：

