http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1\_py1\_EQmu

**BP神经网络**

BP（Back Propagation）神经网络是1986年由Rumelhart和McCelland为首的科学家小组提出，是一种按误差逆传播算法训练的多层前馈网络，是目前应用最广泛的[神经网络模型](http://baike.baidu.com/view/3406239.htm" \t "_blank)之一。BP网络能学习和存贮大量的输入-输出模式映射关系，而无需事前揭示描述这种映射关系的数学[方程](http://baike.baidu.com/view/5925.htm" \t "_blank)。它的学习规则是使用梯度下降法，通过反向传播来不断调整网络的权值和阈值，使网络的[误差平方和](http://baike.baidu.com/view/2135069.htm)最小。BP神经网络模型[拓扑结构](http://baike.baidu.com/view/82343.htm" \t "_blank)包括输入层（input）、隐层(hidden layer)和输出层(output layer)。

中文名

BP神经网络

外文名

Back Propagation Neural Network

适用领域

互联网

提出时间

1986年

## 目录

1. 1 [研究背景](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#1)
2. 2 [起源学说](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#2)
3. ▪ [神经元](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#2_1)
4. ▪ [树突](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#2_2)
5. ▪ [速度比较](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#2_3)
6. 3 [发展历史](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#3)
7. 4 [工作原理](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#4)
8. 5 [特性](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#5)
9. 6 [研究方向](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#6)
10. 7 [神经网络](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#7)
11. 8 [应用不足](http://baike.baidu.com/link?url=DbOhBTF1LZ53F-y7XqybiX1uLS7igk1fLwAYW5HM-iZNSPdsA8k9XB91acO11oEoegwRreGbW4quBSESIyZrlBshgSmDrznrqOMDiEQlvaTNMcjL3WBXgw1_py1_EQmu#8)

## BP神经网络研究背景

[编辑](javascript:;)

“人脑是如何工作的？”

“人类能否制作模拟人脑的人工神经元？”

多少年以来，人们从医学、生物学、生理学、哲学、[信息学](http://baike.baidu.com/view/490376.htm" \t "_blank)、计算机科学、认知学、组织协同学等各个角度企图认识并解答上述问题。在寻找上述问题答案的研究过程中，逐渐形成了一个新兴的多学科交叉技术领域，称之为“神经网络”。神经网络的研究涉及众多学科领域，这些领域互相结合、相互渗透并相互推动。不同领域的科学家又从各自学科的兴趣与特色出发，提出不同的问题，从不同的角度进行研究。

心理学家和认知科学家研究神经网络的目的在于探索人脑加工、储存和搜索信息的机制，弄清人脑功能的机理，建立人类认知过程的微结构理论。

生物学、医学、[脑科学](http://baike.baidu.com/view/420532.htm)专家试图通过神经网络的研究推动脑科学向定量、精确和理论化体系发展，同时也寄希望于临床医学的新突破；信息处理和计算机科学家研究这一问题的目的在于寻求新的途径以解决不能解决或解决起来有极大困难的大量问题，构造更加逼近人脑功能的新一代计算机。

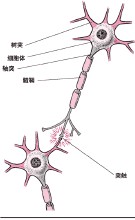
## BP神经网络起源学说

[编辑](javascript:;)

人工神经元的研究起源于脑神经元学说。19世纪末，在生物、生理学领域，Waldeger等人创建了神经元学说。人们认识到复杂的神经系统是由数目繁多的神经元组合而成。大脑皮层包括有100亿个以上的神经元，每立方毫米约有数万个，它们互相联结形成神经网络，通过感觉器官和神经接受来自身体内外的各种信息，传递至[中枢神经系统](http://baike.baidu.com/view/122861.htm" \t "_blank)内，经过对信息的分析和综合，再通过运动神经发出控制信息，以此来实现机体与内外环境的联系，协调全身的各种机能活动。

### BP神经网络神经元

[人工神经网络](http://baike.baidu.com/view/19743.htm)是由大量的简单基本元件——

[](http://baike.baidu.com/pic/BP%E7%A5%9E%E7%BB%8F%E7%BD%91%E7%BB%9C/4581827/0/d68b65cbb3c58758bf09e668?fr=lemma&ct=single)

神经元相互联接而成的自适应非线性[动态系统](http://baike.baidu.com/view/3821780.htm" \t "_blank)。每个神经元的结构和功能比较简单，但大量神经元组合产生的系统行为却非常复杂。

人工神经网络反映了人脑功能的若干基本特性，但并非[生物系统](http://baike.baidu.com/view/1187064.htm" \t "_blank)的逼真描述，只是某种模仿、简化和抽象。与数字计算机比较，人工神经网络在构成原理和功能特点等方面更加接近人脑，它不是按给定的程序一步一步地执行运算，而是能够自身适应环境、总结规律、完成某种运算、识别或过程控制。神经元也和其他类型的细胞一样，包括有细胞膜、细胞质和细胞核。但是神经细胞的形态比较特殊，具有许多突起，因此又分为细胞体、轴突和树突三部分。细胞体内有细胞核，突起的作用是传递信息。树突是作为引入输入信号的突起，而轴突是作为输出端的突起，它只有一个。

### BP神经网络树突

树突是细胞体的延伸部分，它由细胞体发出后逐渐变细，全长各部位都可与其他神经元的轴突末梢相互联系，形成所谓“突触”。在突触处两神经元并未连通，它只是发生信息传递功能的结合部，联系界面之间间隙约为（15～50)×10米。突触可分为[兴奋性](http://baike.baidu.com/view/570870.htm" \t "_blank)与抑制性两种类型，它相应于神经元之间耦合的极性。每个神经元的突触数目正常，最高可达10个。各神经元之间的连接强度和极性有所不同，并且都可调整、基于这一特性，人脑具有存储信息的功能。利用大量神经元相互联接组成人工神经网络可显示出人的大脑的某些特征。下面通过人工神经网络与通用的计算机工作特点来对比一下：

### BP神经网络速度比较

若从速度的角度出发，人脑神经元之间传递信息的速度要远低于计算机，前者为毫秒量级，而后者的频率往往可达几百兆赫。但是，由于人脑是一个大规模并行与串行组合处理系统，因而，在许多问题上可以作出快速判断、决策和处理，其速度则远高于串行结构的普通计算机。人工神经网络的基本结构模仿人脑，具有并行处理特征，可以大大提高工作速度。

利用突触效能的变化来调整存贮内容

人脑存贮信息的特点为利用突触效能的变化来调整存贮内容，也即信息存贮在神经元之间连接强度的分布上，存贮区与计算机区合为一体。虽然人脑每日有大量神经细胞死亡 （平均每小时约一千个），但不影响大脑的正常思维活动。

普通计算机是具有相互独立的存贮器和运算器，知识存贮与[数据运算](http://baike.baidu.com/view/1309809.htm)互不相关，只有通过人编出的程序使之沟通，这种沟通不能超越程序编制者的预想。元器件的局部损坏及程序中的微小错误都可能引起严重的失常。

人类大脑有很强的自适应与自组织特性，后天的学习与训练可以开发许多各具特色的活动功能。如盲人的听觉和触觉非常灵敏；聋哑人善于运用手势；训练有素的运动员可以表现出非凡的运动技巧等等。

普通计算机的功能取决于程序中给出的知识和能力。显然，对于智能活动要通过总结编制程序将十分困难。

## BP神经网络发展历史

[编辑](javascript:;)

人工神经网络早期的研究工作应追溯至上世纪40年代。下面以时间顺序，以著名的人物或某一方面突出的研究成果为线索，简要介绍人工神经网络的发展历史。

1943年，心理学家W·Mcculloch和数理逻辑学家W·Pitts在分析、总结神经元基本特性的基础上首先提出神经元的数学模型。此模型沿用至今，并且直接影响着这一领域研究的进展。因而，他们两人可称为人工神经网络研究的先驱。

1945年[冯·诺依曼](http://baike.baidu.com/view/20003.htm" \t "_blank)领导的设计小组试制成功存储程序式电子计算机，标志着电子计算机时代的开始。1948年，他在研究工作中比较了人脑结构与存储程序式计算机的根本区别，提出了以简单神经元构成的再生自动机网络结构。但是，由于指令存储式计算机技术的发展非常迅速，迫使他放弃了神经网络研究的新途径，继续投身于指令存储式计算机技术的研究，并在此领域作出了巨大贡献。虽然，冯·诺依曼的名字是与普通计算机联系在一起的，但他也是人工神经网络研究的先驱之一。

50年代末，F·Rosenblatt设计制作了“感知机”，它是一种多层的神经网络。这项工作首次把人工神经网络的研究从理论探讨付诸工程实践。当时，世界上许多实验室仿效制作感知机，分别应用于文字识别、声音识别、声纳信号识别以及学习记忆问题的研究。然而，这次人工神经网络的研究高潮未能持续很久，许多人陆续放弃了这方面的研究工作，这是因为当时数字计算机的发展处于全盛时期，许多人误以为数字计算机可以解决人工智能、模式识别、专家系统等方面的一切问题，使感知机的工作得不到重视；其次，当时的电子技术工艺水平比较落后，主要的元件是电子管或晶体管，利用它们制作的神经网络体积庞大，价格昂贵，要制作在规模上与真实的神经网络相似是完全不可能的；另外，在1968年一本名为《感知机》的著作中指出线性感知机功能是有限的，它不能解决如[异或](http://baike.baidu.com/view/674171.htm" \t "_blank)这样的基本问题，而且多层网络还不能找到有效的计算方法，这些论点促使大批研究人员对于人工神经网络的前景失去信心。60年代末期，人工神经网络的研究进入了低潮。

另外，在60年代初期，Widrow提出了自适应[线性元件](http://baike.baidu.com/view/1823368.htm" \t "_blank)网络，这是一种连续取值的线性加权求和阈值网络。后来，在此基础上发展了非线性多层自适应网络。当时，这些工作虽未标出神经网络的名称，而实际上就是一种人工神经网络模型。

随着人们对感知机兴趣的衰退，神经网络的研究沉寂了相当长的时间。80年代初期，模拟与数字混合的[超大规模集成电路](http://baike.baidu.com/view/1081357.htm" \t "_blank)制作技术提高到新的水平，完全付诸实用化，此外，数字计算机的发展在若干应用领域遇到困难。这一背景预示，向人工神经网络寻求出路的时机已经成熟。美国的物理学家Hopfield于1982年和1984年在美国科学院院刊上发表了两篇关于人工神经网络研究的论文，引起了巨大的反响。人们重新认识到神经网络的威力以及付诸应用的现实性。随即，一大批学者和研究人员围绕着 Hopfield提出的方法展开了进一步的工作，形成了80年代中期以来人工神经网络的研究热潮。

## BP神经网络工作原理

[编辑](javascript:;)

人工神经网络就是模拟人思维的第二种方式。这是一个[非线性动力学](http://baike.baidu.com/view/1234194.htm)系统，其特色在于信息的分布式存储和并行协同处理。虽然单个神经元的结构极其简单，功能有限，但大量神经元构成的网络系统所能实现的行为却是极其丰富多彩的。

人工神经网络首先要以一定的学习准则进行学习，然后才能工作。现以人工神经网络对手写“A”、“B”两个字母的识别为例进行说明，规定当“A”输入网络时，应该输出“1”，而当输入为“B”时，输出为“0”。

所以网络学习的准则应该是：如果网络作出错误的的判决，则通过网络的学习，应使得网络减少下次犯同样错误的可能性。首先，给网络的各连接权值赋予(0，1)区间内的随机值，将“A”所对应的图象模式输入给网络，网络将输入模式加权求和、与门限比较、再进行非线性运算，得到网络的输出。在此情况下，网络输出为“1”和“0”的[概率](http://baike.baidu.com/view/45320.htm" \t "_blank)各为50%，也就是说是完全随机的。这时如果输出为“1”(结果正确)，则使连接权值增大，以便使网络再次遇到“A”模式输入时，仍然能作出正确的判断。

如果输出为“0”(即结果错误)，则把网络连接权值朝着减小综合输入加权值的方向调整，其目的在于使网络下次再遇到“A”模式输入时，减小犯同样错误的可能性。如此操作调整，当给网络轮番输入若干个手写字母“A”、“B”后，经过网络按以上学习方法进行若干次学习后，网络判断的正确率将大大提高。这说明网络对这两个模式的学习已经获得了成功，它已将这两个模式分布地记忆在网络的各个连接权值上。当网络再次遇到其中任何一个模式时，能够作出迅速、准确的判断和识别。一般说来，网络中所含的神经元个数越多，则它能记忆、识别的模式也就越多。

如图所示拓扑结构的单隐层前馈网络，一般称为三层前馈网或三层感知器，即：输入层、[中间层](http://baike.baidu.com/view/268587.htm" \t "_blank)（也称隐层）和输出层。它的特点是：各层神经元仅与相邻层神经元之间相互全连接，同层内神经元之间无连接，各层神经元之间无反馈连接，构成具有层次结构的前馈型神经网络系统。单计算层前馈神经网络只能求解线性可分问题，能够求解非线性问题的网络必须是具有隐层的多层神经网络。

## BP神经网络特性

[编辑](javascript:;)

[思维学](http://baike.baidu.com/view/137680.htm)普遍认为，人类大脑的思维分为抽象（逻辑）思维、形象（直观）思维和灵感（顿悟）思维三种基本方式。

逻辑性的思维是指根据逻辑规则进行推理的过程；它先将信息化成概念，并用符号表示，然后，根据符号运算按串行模式进行逻辑推理；这一过程可以写成串行的指令，让计算机执行。然而，直观性的思维是将分布式存储的信息综合起来，结果是忽然间产生想法或解决问题的办法。这种思维方式的根本之点在于以下两点:1.信息是通过神经元上的兴奋模式分布储在网络上;2.信息处理是通过神经元之间同时相互作用的动态过程来完成的。

人工神经网络具有初步的自适应与自组织能力。在学习或训练过程中改变突触权重值，以适应周围环境的要求。同一网络因学习方式及内容不同可具有不同的功能。人工神经网络是一个具有学习能力的系统，可以发展知识，以致超过设计者原有的知识水平。通常，它的学习训练方式可分为两种，一种是有监督或称有导师的学习，这时利用给定的样本标准进行分类或模仿；另一种是[无监督学习](http://baike.baidu.com/view/3552442.htm)或称无导师学习，这时，只规定学习方式或某些规则，则具体的学习内容随系统所处环境 （即输入信号情况）而异，系统可以自动发现环境特征和规律性，具有更近似人脑的功能。

## BP神经网络研究方向

[编辑](javascript:;)

神经网络的研究内容相当广泛，反映了多学科交叉技术领域的特点。主要的研究工作集中在以下几个方面：

（1）生物原型研究。从生理学、心理学、解剖学、[脑科学](http://baike.baidu.com/view/420532.htm" \t "_blank)、病理学等生物科学方面研究神经细胞、神经网络、神经系统的生物原型结构及其功能机理。

（2）建立[理论模型](http://baike.baidu.com/view/1550462.htm" \t "_blank)。根据生物原型的研究，建立神经元、神经网络的理论模型。其中包括[概念模型](http://baike.baidu.com/view/176360.htm)、知识模型、物理化学模型、数学模型等。

（3）[网络模型](http://baike.baidu.com/view/2814233.htm)与算法研究。在理论模型研究的基础上构作具体的[神经网络模型](http://baike.baidu.com/view/3406239.htm)，以实现计算机模拟或准备制作硬件，包括[网络学习](http://baike.baidu.com/view/439747.htm)算法的研究。这方面的工作也称为技术模型研究。

（4）人工神经网络应用系统。在网络模型与算法研究的基础上，利用人工神经网络组成实际的应用系统，例如，完成某种信号处理或[模式识别](http://baike.baidu.com/view/14685.htm" \t "_blank)的功能、构作[专家系统](http://baike.baidu.com/view/10875.htm" \t "_blank)、制成机器人等等。

纵观当代新兴科学技术的发展历史，人类在征服宇宙空间、[基本粒子](http://baike.baidu.com/view/24904.htm" \t "_blank)，生命起源等科学技术领域的进程中历经了崎岖不平的道路。我们也会看到，探索人脑功能和神经网络的研究将伴随着重重困难的克服而日新月异。

## BP神经网络神经网络

[编辑](javascript:;)

在人工神经网络发展历史中，很长一段时间里没有找到隐层的连接权值调整问题的有效算法。直到误差[反向传播算法](http://baike.baidu.com/view/2133086.htm)（BP算法）的提出，成功地解决了求解非线性[连续函数](http://baike.baidu.com/view/150456.htm" \t "_blank)的[多层前馈神经网络](http://baike.baidu.com/view/1353261.htm)权重调整问题。

BP (Back Propagation)神经网络，即误差反传误差反向传播算法的学习过程，由信息的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。输入层各神经元负责接收来自外界的输入信息，并传递给中间层各神经元；中间层是内部信息处理层，负责信息变换，根据信息变化能力的需求，中间层可以设计为单隐层或者多隐层结构；最后一个隐层传递到输出层各神经元的信息，经进一步处理后，完成一次学习的正向传播处理过程，由输出层向外界输出信息处理结果。当实际输出与期望输出不符时，进入误差的反向传播阶段。误差通过输出层，按误差梯度下降的方式修正各层权值，向隐层、输入层逐层反传。周而复始的信息正向传播和误差反向传播过程，是各层权值不断调整的过程，也是神经网络学习训练的过程，此过程一直进行到网络输出的误差减少到可以接受的程度，或者预先设定的学习次数为止。

BP神经网络模型包括其输入输出模型、作用[函数模型](http://baike.baidu.com/view/3066559.htm" \t "_blank)、误差计算模型和自学习模型。

（1）节点输出模型

隐节点输出模型：Oj=f(∑Wij×Xi-qj) (1)

输出节点输出模型：Yk=f(∑Tjk×Oj-qk) (2)

f-非线形作用函数；q -神经单元阈值。

（2）作用函数模型

作用函数是反映下层输入对上层节点刺激脉冲强度的函数又称刺激函数，一般取为(0,1)内连续取值[Sigmoid函数](http://baike.baidu.com/view/1176976.htm" \t "_blank)： f(x)=1/(1+e乘方（-x）) （3）

（3）误差计算模型

误差计算模型是反映神经网络期望输出与计算输出之间误差大小的函数：

http://f.hiphotos.baidu.com/baike/s%3D177/sign=a644ac280eb30f24319ae804ff94d192/377adab44aed2e73561981658601a18b86d6fa83.jpg

(4)

tpi- i节点的期望输出值；Opi-i节点计算输出值。

（4）自学习模型

神经网络的学习过程，即连接下层节点和上层节点之间的权重矩阵Wij的设定和误差修正过程。BP网络有师学习方式-需要设定期望值和无师学习方式-只需输入模式之分。自学习模型为

△Wij(n+1)= h ×Фi×Oj+a×△Wij(n) （5）

h -学习因子；Фi-输出节点i的计算误差；Oj-输出节点j的计算输出；a-动量因子。

## BP神经网络应用不足

[编辑](javascript:;)

神经网络可以用作分类、[聚类](http://baike.baidu.com/view/31801.htm)、预测等。神经网络需要有一定量的历史数据，通过历史数据的训练，网络可以学习到数据中隐含的知识。在你的问题中，首先要找到某些问题的一些特征，以及对应的评价数据，用这些数据来训练神经网络。

虽然BP网络得到了广泛的应用，但自身也存在一些缺陷和不足，主要包括以下几个方面的问题。

首先，由于学习速率是固定的，因此网络的收敛速度慢，需要较长的训练时间。对于一些复杂问题，BP算法需要的训练时间可能非常长，这主要是由于学习速率太小造成的，可采用变化的学习速率或自适应的学习速率加以改进。

其次，BP算法可以使权值收敛到某个值，但并不保证其为误差平面的全局最小值，这是因为采用梯度下降法可能产生一个局部最小值。对于这个问题，可以采用附加动量法来解决。

再次，网络隐含层的层数和单元数的选择尚无理论上的指导，一般是根据经验或者通过反复实验确定。因此，网络往往存在很大的冗余性，在一定程度上也增加了网络学习的负担。

最后，网络的学习和记忆具有不稳定性。也就是说，如果增加了学习样本，训练好的网络就需要从头开始训练，对于以前的权值和阈值是没有记忆的。但是可以将预测、分类或聚类做的比较好的[权值](http://baike.baidu.com/view/2109980.htm)保存。

**词条标签：**

理学