

# 復旦大學



## 本科生课程论文

课程名称: 人工智能 A

学 院: 计算机科学技术学院

专 业: 计算机科学与技术

姓 名: 杨小伟

学 号: 19340246005

# 基于模糊推理的 Covid-19 症状推测系统

## 摘要

传统逻辑中只有两个状态，一个元素要么属于一个集合，要么不属于这个集合。而本次的 PROJECT 是基于模糊推理实现的 Covid-19 症状推测专家系统，因为专家系统比较适合于极度缺乏数据的场景，而基于概率统计的方式需要通过大量数据的训练来得到一个模型，专家提供通过用户提供的数据，然后用建立的模型找到输入到结果的映射关系。同时基于模糊推理的专家系统也就是一种决策支持系统在传统逻辑上拓展支持了处理不确定的信息的能力，并且可以展示出不确定性知识以及整个推理的过程。

关键词：Covid-19 症状推测；专家系统；模糊推理；人工智能

## **Abstract**

There are only two states in traditional logic, and an element either belongs to a set or does not belong to the set. This project is an expert system for Covid-19 symptom inference based on fuzzy inference, because the expert system is more suitable for scenarios with extreme lack of data, and the method based on probability statistics requires a large amount of data to be trained to obtain a model. Experts provide Through the data provided by the user, and then use the established model to find the mapping relationship between the input and the result. At the same time, an expert system based on fuzzy inference is a decision support system that expands and supports the ability to process uncertain information in traditional logic, and can display uncertain knowledge and the entire inference process.

Keywords: Covid-19 symptom speculation; expert system; fuzzy inference; artificial intelligence

## 目录

1. 引言 .....	5
2. 定义变量 .....	6
3. 模糊推理模型的输入输出设定 .....	6
3.1 输入 .....	6
3.2 输出 .....	7
4. 建立模糊规则 .....	7
5. 隶属函数设置 .....	10
6. 测试输出以检测模型性能 .....	12
7. 分析与总结 .....	13
8. 参考资料 .....	14

## 1. 引言

顾名思义，模糊推理是模糊逻辑推理系统，其将模糊性与传统的逻辑系统进行比较。在传统逻辑中，非黑即白，即 0 或 1，要么 0，要么 1，没有其他情况。另一方面，模糊逻辑可以存在于 0 和 1 之间，即灰色区域。例如，高、胖、矮、瘦之间没有明显的界限，可以说是有点、一般或非常高，所以界限（或临界条件）是模糊的。为了理解上面所说的模糊度我们引入了隶属度的概念：0 到 1 这个范围的值的大小，代表着这个事件偏向 0 或者 1 的程度，即隶属度。我们可以编写隶属函数来确定隶属度或概率来表示这种状态。隶属度的值越大，该状态的概率越高，反之，该状态的概率越低。需要指出的是，模糊逻辑系统有两个基本原则。一是模糊逻辑意味着计算机以接近人类行为的方式解决问题。其次，模糊逻辑的本质是一切都与度有关<sup>[1]</sup>。在图 1 中，这里可以看到模糊推理系统的基本架构。

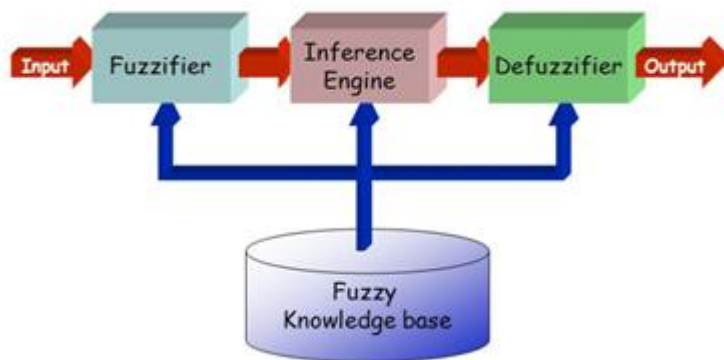


图 1

本次 PROJECT 是通过 MATLAB 实现的基于模糊推理准则的专家系统，主要应用于测试者可以根据自身的情况对如果感染 Covid-19 以后的症状进行预测。系统会通过所收集的被测试者的“健康程度”、“疫苗注射时间”、“体温”、“核酸检测病毒浓度”等数据综合来判断如果被测试者被感染后可能导致的症状程度。

## 2. 定义变量

在这个症状判断系统中，将使用 Temperature 代表人体体温并且使用摄氏度（°C）作为单位，并且范围设置在 36.1~37.2°C 因为这是在通常情况下人体的正常体温。Health 代表测试者得健康程度（0~100），比如是否有既往病史等。Vaccine 是以月为单位表示完成注射疫苗到测试时的时间，Concentration 是指核酸检测时所检测出的病毒浓度（0~100）。最后的输出也就是通过五个不同的等级来区分判断测试者如果感染 Covid-19 以后症状的严重程度（0~100）。

## 3. 模糊推理模型的输入输出设定

专家系统主要是由知识库和推理机构成，其中知识库就是包括了所有的规则而推理机则使用知识库中的知识进行推理。而本次 PROJECT 中模糊模型处理信息通过首先将输入的数据模糊表示，然后经过推理产生的输出模糊集，最后将模糊抉择转化为实际决策。

### 3.1 输入

变量名	范围设定
Temperature	36.1°C ≤ T ≤ 37.2°C : 体温正常 37.2°C : 体温异常
Health	0-25: 不健康 25-50 : 亚健康 50-75 : 健康 75-100 : 非常健康
Vaccine	V ≥ 12 个月 : 疫苗效果较弱 6 个月 ≤ V ≤ 12 个月 : 疫苗有一定效果 V ≤ 6 个月 : 疫苗较强效果
Concentration	0-30 : 病毒浓度低 30-60 : 病毒浓度中

	60-90 : 病毒浓度高
	90-100 : 病毒浓度非常高

### 3.2 输出

变量名	范围设定
Output	0-10 : 无症状 10-40 : 轻症 40-60 : 中度症状 60-80 : 重症 80-100 : 导致死亡

### 4. 建立模糊规则

模糊控制的核心是模糊规则也就是产生式规则也是整个系统中最为关键的一部分，下表显示了我为模糊模型建立的比较详细的 12 条模糊规则：

规则条目	规则描述
1	If (Health is unhealthy) and (Vaccine is strongVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is high) then (output is severeSymptom)
2	If (Health is unhealthy) and (Vaccine is normalVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is high) then (output is causeDeath)
3	If (Health is unhealthy) and (Vaccine is strongVaccine) and

	(Temperature is fever) and (Concentration is low) then (output is mediumSymptom)
4	If (Health is subHealthy) and (Vaccine is normalVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is high) then (output is severeSymptom)
5	If (Health is subHealthy) and (Vaccine is strongVaccine) and (Temperature is normal) and (Concentration is low) then (output is asymptomatic)
6	If (Health is subHealthy) and (Vaccine is weakVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is veryHigh) then (output is causeDeath)
7	If (Health is healthy) and (Vaccine is normalVaccine) and (Temperature is normal) and (Concentration is high) then (output is asymptomatic)
8	If (Health is healthy) and (Vaccine is weakVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is low) then (output is mildSymptom)
9	If (Health is healthy) and



	(Vaccine is strongVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is veryHigh) then (output is mildSymptom)
10	If (Health is veryHealthy) and (Vaccine is normalVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is medium) then (output is mildSymptom)
11	If (Health is veryHealthy) and (Vaccine is strongVaccine) and (Temperature is normal) and (Concentration is high) then (output is asymptomatic)
12	If (Health is veryHealthy) and (Vaccine is weakVaccine) and (Temperature is fever) and (Concentration is veryHigh) then (output is mildSymptom)

## 5. 隶属函数设置

隶属函数主要是用于描述模糊集合也就是输出结果，模糊集合理论是基于隶属度这个概念而产生的，以下的隶属函数选择也是取决于平时的经验选择的。

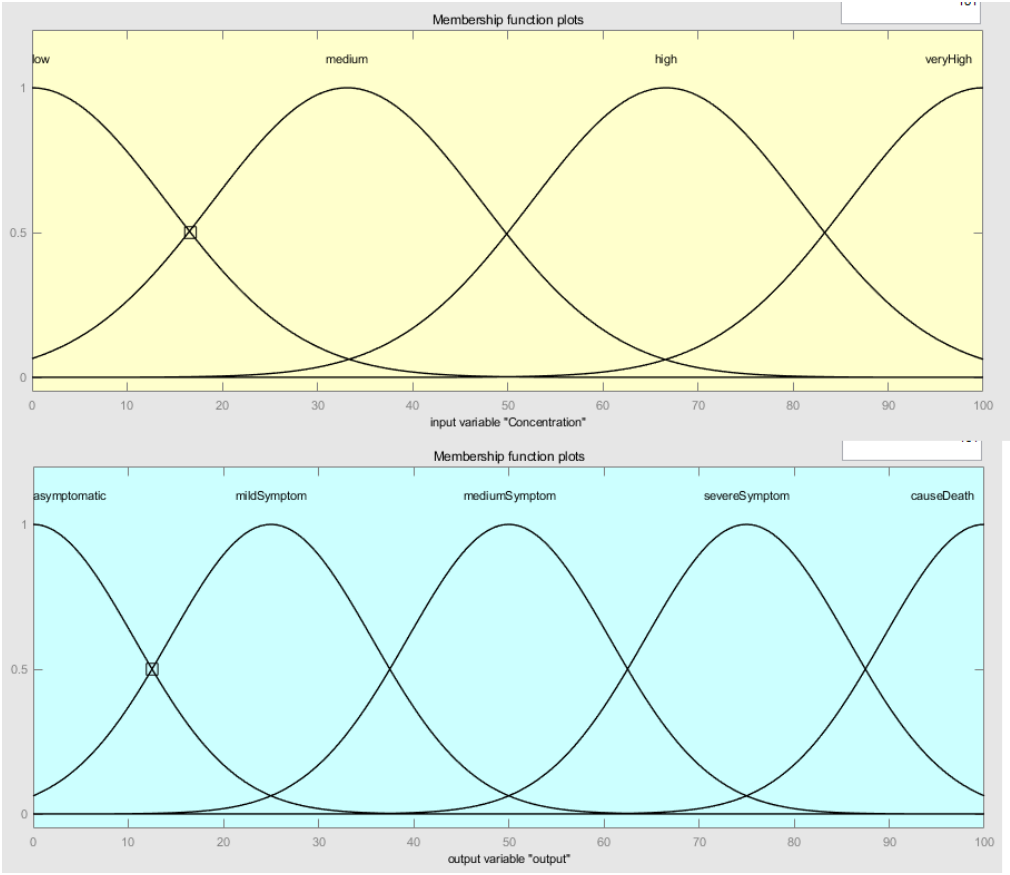


图 2

首先是图 2 中的核酸检测病毒浓度和输出我使用了高斯型隶属函数（gaussmf），原因是它可以将不同的范围与非线性覆盖相结合让我们更好的区别不同的级别分类。另外每个高斯隶属函数的平均值是根据我所了解的知识所选择的。

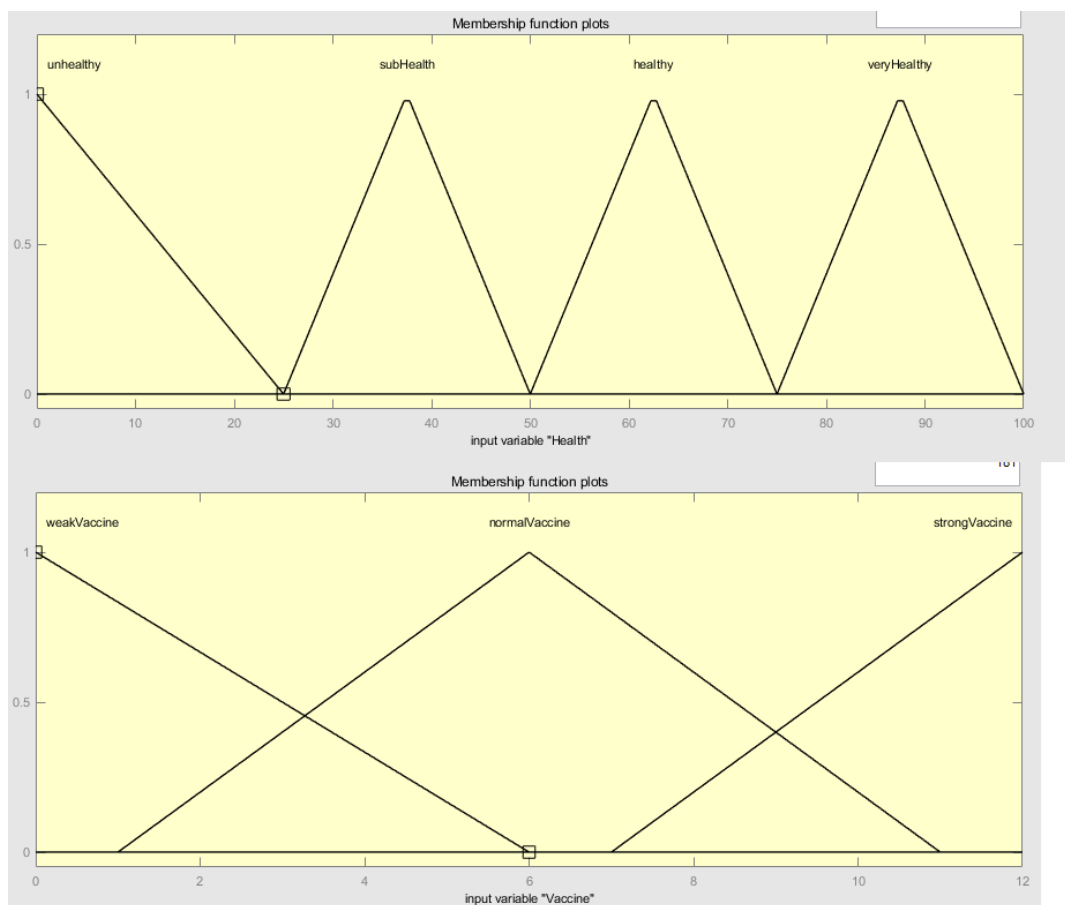


图 3

然后是图 3 中所示的健康程度和疫苗注射时间使用的是三角形隶属函数 (tripmf)，因为这样更能体现随着横轴也就分别是健康指数和注射时间的变化对于健康程度和疫苗效果的影响。

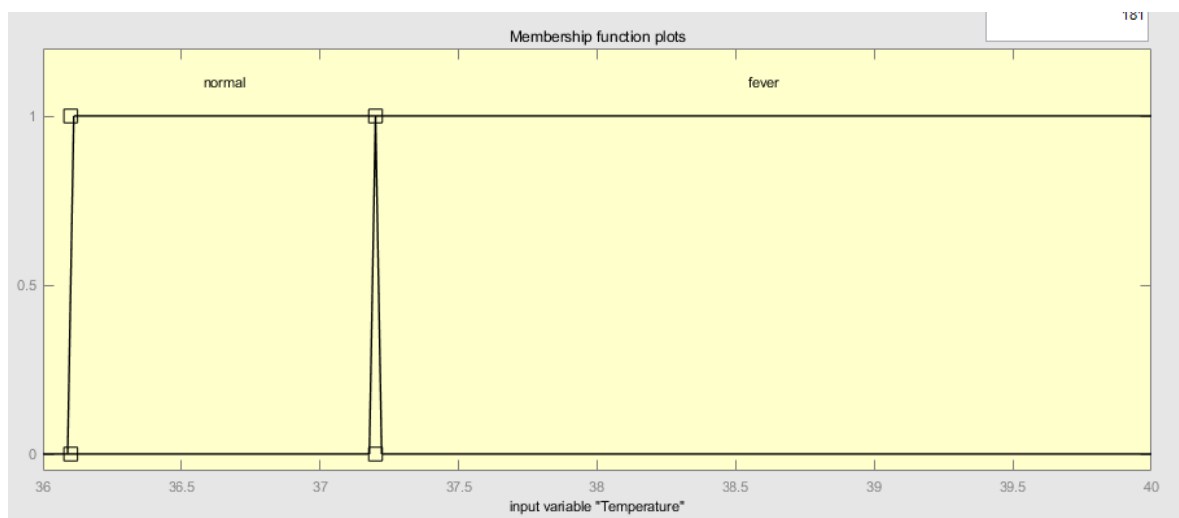


图 4

最后的是图 4 体温使用的梯形隶属函数（trapmf），这主要是因为我们知道当体温超出设定的正常范围时一定是异常的。

## 6. 测试输出以检测模型性能

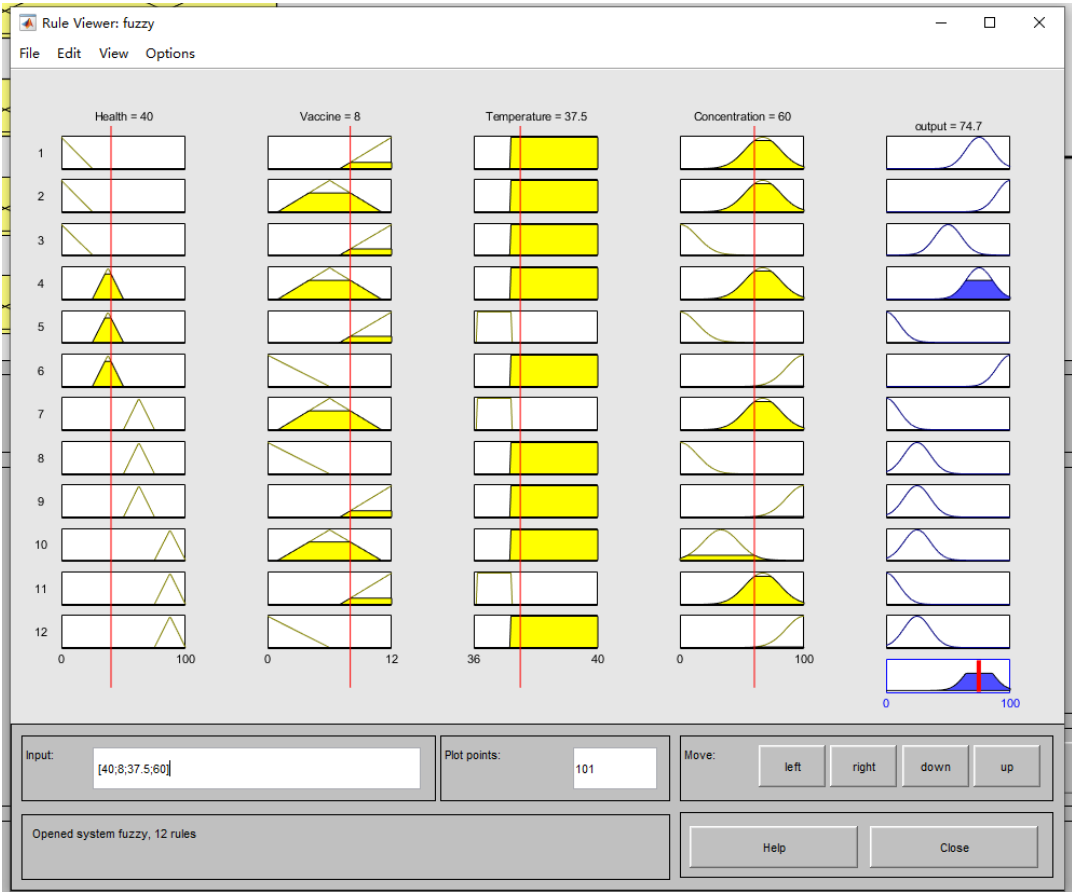


图 5

根据图 5 中的测试可以了解到，输入为测试者为一个健康指数为 40 也就是亚健康状态并且完成注射疫苗的时间距离测试时有 8 个月，另外还处于发烧状态然后核酸检测时所检测出的病毒浓度为 60 也属于一个高浓度的等级。最后的输出的结果是 74.7 也就是最后可能达到重症的级别，这个结果也比较符合我们目前对于 Covid-19 的了解，说明所建立的这个模糊模型的精度比较不错。

## 7. 分析与总结

在完成 PROJECT 过程中我对设置不同参数以及使用不同隶属函数的模糊模型进行了对比，我发现输入和输出变量的隶属函数对最终精度并不那么重要。而是模糊规则是最重要的，因此最终的模型需要通过建立十分详细的规则来实现比较好的准确率。然后通过实验以及了解一些比较专业的相关信息来选择隶属函数和每个隶属函数的精确参数。例如，假设人体的正常温度是  $36.1 \sim 37.2$ ，任何大于或低于这个范围的值都表明测试者的体温出现了异常。总体而言，模糊模型建立详细的规则会对最终的模糊推理系统影响最大。

在这个任务中，我学习到了许多关于模糊推理系统的有用知识。“模糊”一词是指所涉及的逻辑可以处理不能表示为“真”或“假”而是“部分正确”的概念。尽管在许多情况下，遗传算法和神经网络等替代方法的性能与模糊逻辑一样好，但模糊逻辑的优点是问题的解决方案可以用人类操作员可以理解的术语来表达，因此他们的经验可以用于控制器的设计<sup>[2]</sup>。这使得人类已经成功执行的任务更容易机械化。模糊集理论最初由 Lofti Zahed 于 1965 年引入，是处理涉及现实世界应用的不确定性和模糊性的决策问题中的不精确特征的有力工具。模糊推理也就是通过使用模糊集理论将所给的输入映射到输出的数据集这种过程<sup>[3]</sup>。知识被编码为使用一组明确的语言规则，没有技术专长的人可以很容易地理解这些规则。当有足够的系统知识可用时，模糊系统使用语言变量直接实现推理系统。

## 8. 参考资料

- [1] 杜红. 网络游戏中一个 AI 行为决策系统的设计和实现. 复旦大学, 2012.
- [2] 陈平. 基于模糊逻辑的中文关键词抽取研究. 厦门大学, 2012.
- [3] 张锰. 用于在线判断转炉吹炼终点的炉口光辐射智能分析方法研究. 南京理工大学, 2013.

# 分析全连接神经网络的优缺点

## 1. 全连接神经网络简介

全神经网络是一种通过模仿动物大脑神经系统的机器学习算法，也常常被称为 BP 神经网络。它模拟动物神经受到外界刺激会产生一系列应激反应的特征，当神经网络模型接受输入后会根据自身判断对信息输入源实现识别和分类等等。近些年，随着人工智能领域的兴起，神经网络在经济金融，互联网电商、传统行业数据分析、乃至天文邻域都有着非常广泛的应用。虽然，全连接神经网络应用广泛且功能强大，但是这不意味着在任何邻域全神经网络都能达到最佳的效果。本文将通过神经网络的原理以及实际应用来说明全连接神经网络的优势以及缺点。

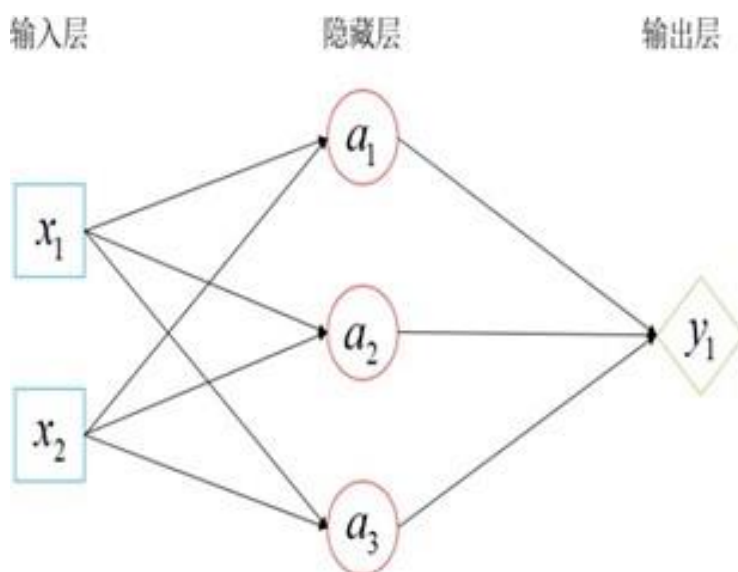


图 1 隐藏层的全连接神经网络的结构

## 2. 全连接神经网络的优点分析

全连接神经网络可以处理异或问题。异或问题可以看作是单位正方形的四个角，而响应的输入模式分别为这四个角的点如图 2 中所示，其中  $(0, 0)$  和  $(1, 1)$  属于类 0，而另外  $(0, 1)$  和  $(1, 0)$  属于类 1。传统的感知机模型只在空间内用一个超平面划分数据集合，而带有隐藏层的全连接神经网络可以用

多个超平面划分数据集，其效果更加。图 2 中 4 个子图显示了，感知机模型和带有一个隐藏层的全连接神经网络如何划分数据集，其中对于 (a), (b), (c) 子图上的数据感知机模型可以很好的分类，但是对于子图 (d) 的数据只有全连接神经网络可以进行分类。

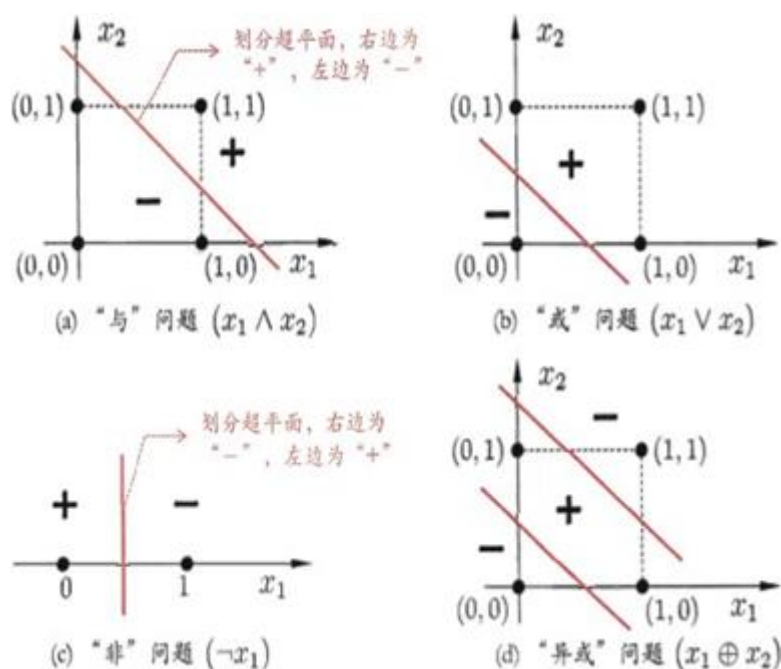


图 2

全连接神经网络不但可以适用于分类的任务同时也可以完成回归任务。当在隐藏层和输出层都使用激活函数时，神经网络可以处理分类任务。当只在隐藏层使用激活函数，在输出层不使用激活函数时，神经网络可以处理回归任务。常见的激活函数有：

- Sigmoid function

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

- Tanh function

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

- ReLU function

$$\max(0, x)$$

全连接神经网络比传统机器学习模型更加强大。支持向量机模型是一种引



入核方法机器学习模型，也是最常用的传统机器学习模型。带有一个隐藏层的全连接神经网络就与支持向量机模型功能相近，如果增加神经网络隐藏层，在不出现过拟合的情况下，神经网络功能将更加强大。并且已经证明，在隐藏层上带有一个非线性激活函数的神经网络，就可以无限逼近任何可测函数，这也表面了神经网络的强大。

其他神经网络也是基于全连接神经网络从而衍生出的。人工智能领域常见的卷积神经网络和循环神经网络，都是全连接神经网络为基础的变种，因此全连接神经网络的地位是也是非常的高。

### 3. 全连接神经网络的缺点分析

因为神经网络的可解释性较差，所以其也被看作是一个黑箱。而黑箱也就代表着：首先就是我们无法详细描述整个网络具体所进行的操作（比如在每一层提取什么样的特征）。然后就是我们无法得知其为何进行这样操作的原因以及证明它的有效性，唯一能够知道的就是这部分是否有效。这与拥有严密的数学理论的传统机器学习算法也完全不同。

全连接神经网络的模型所需要设置的参数也十分复杂，如果使用时参数设置不当容易导致过拟合。假设输入层带有  $D$  个维度，隐藏层有  $H$  个神经元，输出层有  $L$  个神经元。神经网络的参数就包涵：输入层到隐藏层的  $D * H$  个权值，隐藏层到输出层的  $H * L$  个权值，隐藏层的  $H$  个阈值，以及输出层的  $1$  个阈值。共有权重  $(D + L + 1) * H + L$  个权重。当神经神经网络的输入维度很大时，模型的参数就会增多，例如一张最普通的彩色图片，其维度就可以达到上万。从神经网络的深度考虑，为了增加模型的分类能力，我们经常需要增加神经网络的深度，但是一个有  $k$  个隐藏层的神经网络，其参数量可以达到  $(D + L + 1) * h^k + L$  个，已经呈指数级增长。过多的参数会让模型的负担更重，对数据量的大小也有更高的要求，对计算机的算力要求也更大。

### 4. 总结

全连接神经网络是一种功能强大的机器学习算法，在传统的数据挖掘领域

有着非常广泛的应用。它在设计上模拟了动物神经元，具有很多优点。但是全连接神经网络其也存在一定的缺点，针对这些缺点，人工智能学家提出了权重共享和局部连接的方法用来解决神经网络上的参数过多的问题，也就是后来的卷积神经网络。