

图像处理与机器视觉

第一章 图像增强的研究和发展现状

图像在采集过程中不可避免的会受到传感器灵敏度、噪声干扰以及模数转换时量化问题等各种因素的影响，而导致图像无法达到令人满意的视觉效果，为了实现人眼观察或者机器自动分析、识别的目的，对原始图像所做的改善行为，就被称作图像增强。图像增强包涵了非常广泛的内容，凡是改变原始图像的结构关系以取得更好的判断和应用效果的所有处理手段，都可以归结为图像增强处理，其目的就是为了改善图像的质量和视觉效果，或将图像转换成更适合于人眼观察或机器分析、识别的形式，以便从中获取更加有用的信息。

常用的图像增强处理方式包括灰度变换、直方图修正、图像锐化、噪声去除、几何畸变校正、频域滤波和彩色增强等。由于图像增强与感兴趣的物体特性、观察者的习惯和处理目的密切相关，尽管处理方式多种多样，但它带有很强的针对性。因此，图像增强算法的应用也是有针对性的，并不存在一种通用的、适应各种应用场合的增强算法。于是，为了使各种不同特定目的的图像质量得到改善，产生了多种图像增强算法。这些算法根据处理空间的不同分为基于空间域的图像增强算法和基于变换域的图像增强算法。基于空间域的图像增强算法又可以分为空域的变换增强算法、空域的滤波增强算法以及空域的彩色增强算法；基于变换域的图像增强算法可以分为频域的平滑增强算法、频域的锐化增强算法以及频域的彩色增强算法。

尽管各种图像增强技术已取得了长足的发展，形成了许多成熟、经典的处理方法，但新的增强技术依然在日新月异地发展完善，不断推陈出新，其中尤其以不引起图像模糊的去噪声方法（如空域的局部统计法）和新的频域滤波器增强技术（如小波变换，K-L 变换等）最为引人注目。

第二章 图像增强的基本方法

一般而言，图像增强是根据具体的应用场景和图像的模糊情况而采用特定的增强方法来突出图像中的某些信息，削弱或消除无关信息，以达到强调图像的整体或局部特征的目的。常用的图像增强方法有灰度变换、直方图修正、噪声清除、图像锐化、频域滤波、同态滤波及彩色增强等。图像增强的方法主要分为两类：空域增强法和频域增强法。空域增强法直接针对图像中的像素，对图像的灰度进行处理；频域增强法是基于图像的 Fourier 变换式对图像频谱进行改善，增强或抑制所希望的频谱。

2.1 灰度变换

灰度变换增强的原理如下：设 r 和 s 分别代表原始图像和增强图像的灰度， $T(\cdot)$ 为映射函数，通过映射函数 $T(\cdot)$ ，将原始图像 $f(x, y)$ 中的灰度 r 映射成增强图像 $g(x, y)$ 中的灰度

s, 使得图像灰度的动态范围得以扩展或压缩, 用以改善对比度。灰度变换是图像对比度增强的一个有效手段, 它与图像的像素位置及被处理像素的邻域灰度无关。灰度变换处理的关键在于设计一个合适的映射函数(曲线)。映射函数的设计有两类方法, 一类是根据图像特点和处理工作需求, 人为设计映射函数, 试探其处理效果; 另一类设计方法是从改变图像整体的灰度分布出发, 设计一种映射函数, 使变换后图像灰度直方图达到或接近预定的形状。映射变换的类型取决于所需增强特性的选择。常用的灰度变换有如下几种: 线性变换, 分段线性变换和非线性变换。

2.2 直方图修正

直方图修正是以概率论为基础演绎出来的对图像灰度进行变换的又一种对比度增强处理。图像 $f(x, y)$ 中的某一灰度 f_i 的像素数目 n_i 所占总像素数目 N 的份额 n_i/N , 称为该灰度像素在该图中出现的概率密度 $p_i(f_i)$ 。常用的直方图修正有如下几种: 直方图均衡化和直方图规定化。

2.3 噪声清除

图像在处理过程中可能会受到多种噪声的干扰, 如传感器噪声、相片颗粒噪声和信道传输误差噪声等。通常情况下, 这些噪声在图像上表现为孤立像素的离散变化, 在空间上是不相关的。去除噪声的方法很多, 从大的方面来说有统计滤波、频域滤波和空域处理等, 但它们各有千秋。前二者运算量大, 比较复杂, 精度较高; 后者运算简便, 但精度较低。目前比较经典的去噪声方法有邻域平均法、空域低通滤波和中值滤波等, 但他们都或多或少给图像带来模糊。

2.3.1 邻域平均法

邻域平均法的原理是, 对于一幅给定图像 $f(x, y)$, 其像素大小为 $N \times N$, 取围绕点 (x, y) 的预设邻域内的几个像素点(不含点 (x, y))的灰度平均值作为增强图像中该点的灰度, 然后依次对 $N \times N$ 个像素点做上述相似处理, 由此构成新的图像 $g(x, y)$ 。邻域平均法虽然简单易行, 抑制噪声的效果也较为明显, 但存在着边缘模糊的效应。随着邻域的增大, 抑制噪声效果和边缘模糊效应同时增加。为了减轻边缘模糊效, 可利用设定阈值的邻域平均。

2.3.2 空域低通滤波

在一幅图像的灰度级中, 边缘和其他尖锐的跳跃(例如噪声)对 Fourier 变换的高频分量有很大的贡献。因此, 通过一个适当的低通滤波器将一定范围的高频分量加以衰减, 可以起到较好的去噪声效果。设 $f(x, y)$ 为带有噪声的原始图像(大小 $N \times N$), $g(x, y)$ 为经滤波后的输出图像(大小 $M \times M$), $h(x, y)$ 为滤波系统的脉冲响应函数(大小 $L \times L$), 则存在,

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y)$$

式中, 符号*代表卷积运算符。

显然, 简单形式的滤波器矩阵的卷积滤波也会给图像带来一定的模糊。

2.3.3 中值滤波

中值滤波是一种优于邻域平均的去噪声方法，它不仅能像邻域平均一样可以抑制噪声，而且还可以使边缘模糊效应大大降低。二维窗口的形状可以有方形、矩形和十字形等，但不管哪种形状，随窗口的增大有效信号的损失也将明显增加。另外，随着窗口的移动，一个像素要参与重复计算多次，处理时间变长，且窗口越大，处理时间愈长。因此窗口大小的选择以能兼顾两者为佳。

2.4 图像锐化

图像锐化就是为了使图像的边缘更为鲜明，心理物理学实验表明，边缘加重的图像比精确光度复制的图像更令人满意，更能让人容易接受。图像锐化即边缘增强处理，可以有多种方法，如统计差值法、离散空间差分法及空域高通滤波等。在图像增强的实际应用中，往往是各种方法相结合，充分发挥各自优势组合运用，这样会产生更好的增强效果。

2.5 频域滤波增强

在实际应用当中，频域滤波增强往往比空域滤波方法简单。空域滤波都是基于卷积运算

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y)$$

其中， $f(x, y)$ 为原始图像函数， $h(x, y)$ 为滤波器脉冲响应函数，视低通或高通滤波的需要而定， $g(x, y)$ 为空域滤波的输出图像。由卷积定理可知，上式的 Fourier 变换式为：

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v)$$

式中， $G(u, v)$ 、 $F(u, v)$ 和 $H(u, v)$ 分别为 $g(x, y)$ ， $f(x, y)$ 和 $h(x, y)$ 的 Fourier 变换，即相应的频谱。该式为频域滤波的基本运算式， $H(u, v)$ 称为滤波系统的传递函数。根据具体的增强要求设计适当的 $H(u, v)$ ，再与 $F(u, v)$ 作乘法运算，可获得频谱改善的 $G(u, v)$ ，从而实现低通、高通和带通等不同形式的滤波，然后再求 $G(u, v)$ 的逆 Fourier 变换，便可获得频域滤波增强的图像 $g(x, y)$ 。因此，频域滤波的关键 $H(u, v)$ 的设计。

众所周知，图像的频谱由幅值和相位两部分构成。根据图像的频谱分析可知，图像频谱的相位也是非常重要的。对相位参数的修改将会导致结果图像很大的变化，与原始图像相比，有时候甚至可能会面目全非。但是如果设计一个不带相位的实常数 $H(u, v)$ （零相位滤波器），则可在增强运算中发挥重要作用。凡是要保留的频率分量，令 $H(u, v) = k$ （ k 为常数且 $k \geq 1$ ）；凡是要抑制或衰减的频率分量，令 $H(u, v) = \omega$ （ ω 为常数且 $0 \leq \omega \leq 1$ ）。

2.5.1 频域低通滤波

低通滤波器的功能是让低频率通过而滤掉或衰减高频，其作用是过滤掉包含在高频中的噪声。所以低通滤波的效果是图像的去噪声平滑增强，但同时也抑制了图像的边界，造成图像不同程度上的模糊。应当指出的是，对于理想低通滤波器，其截止频率 D_0 的大小决定了滤波后所保存的能量的多少。 D_0 越小，通过的能量越少，平滑所带来的模糊越严重。合理的选取 D_0 是低通滤波平滑效果的关键。

2.5.2 频域高通滤波

衰减或抑制低频分量，让高频分量通过称为高通滤波，其作用是使图像得到锐化处理，突出图像的边界。经理想高频滤波后的图像把信息丰富的低频去掉了，丢失了许多必要的信息。一般情况下，高通滤波对噪声没有任何抑制作用，若简单的使用高通滤波，图像质量可能由于噪声严重而难以达到满意的改善效果。为了既加强图像的细节又抑制噪声，可采用高频加强滤波。这种滤波器实际上是由一个高通滤波器和一个全通滤波器构成的，这样便能在高通滤波的基础上保留低频信息。

2.6 同态滤波

一幅图像 $f(x, y)$ 不仅可以用像素阵列来表征，而且还可以用它的照明分量和反射分量来表示，其数学模型为

$$f(x, y) = i(x, y) * r(x, y)$$

2.7 彩色增强

彩色增强处理一般分为伪彩色（Pseudo-color）增强处理和假彩色（False color）增强处理。

2.7.1 伪彩色增强

在记录和显示图像时，根据黑白图像各像素灰度大小，按一定的规则赋给它们不同的彩色，就将黑白图像变成了彩色图像，这种由灰度到彩色的映射称为伪彩色处理。其目的是利用人眼对彩色的敏感性，增强观测者对目标物的检测性，提高人对图像的分辨能力。这种映射实际上是输入和输出图像对应像素间的一对一映射变换，不涉及像素空间位置的改变。变换后所获得的伪彩色图像的颜色与原始物体的颜色不存在一致关系。由色度学原理可知，各种彩色均可由红、绿、蓝这三种基色按适当的比例合成。伪彩色处理就是使图像灰度映射到三维色度空间，用三基色的某种合成色彩来表示某一灰度。

为此，对原始图像 $f(x, y)$ 的像素，按某一给定的函数逐点进行三个独立的映射变换，得到相应的三基色分量 $R(x, y)$ 、 $G(x, y)$ 、 $B(x, y)$ （分别表示红、绿、蓝分量）这样就完成了灰度到彩色的映射变换。

2.7.2 假彩色增强

假彩色增强处理是从彩色到彩色的映射，是将一幅真实自然的彩色图像或遥感多光谱图像逐点映射到三基色所确定的三维色度空间，然后加以合成形成新的色彩，使目标物体在重新显示后呈现出不同于原始的自然本色。

通过假彩色处理可以达到如下的增强效果：

- （1）增强图像比原始图像的自然色彩更加引人注目。
- （2）根据人眼的生理特点，可将感兴趣而又不易分辨的细节赋上人眼较为敏感的颜色。如人眼对绿色亮度的响应最为敏捷，对蓝色的对比度响应最为敏感，因此可把目标物体的细

小部分变成绿色，把细节较丰富的部分赋上深浅不一的蓝色。

(3) 将多光谱图像合成彩色图像，不仅看起来自然、逼真，而且可从合成图像中获得各波段的综合信息。

2.8 本章小结

对于几种常用的图像增强处理方法：灰度变换、直方图修正、噪声清除、图像锐化、频域滤波、同态滤波及彩色增强，本章做了简要地介绍，并阐明了各自的增强原理。由于对图像质量的要求越来越高，单一的增强处理往往难以达到令人满意的效果。因此，在图像的实际增强处理中，常常是几种方法组合运用，各取所长以达到最佳的增强效果。

第三章 基于模糊集理论的图像增强算法

模糊集理论能够在图像处理领域找到自己的应用场合和对像，并表现出优于传统方法的处理效果，归根结底其原因主要在于：图像所具有的不确定性往往呈现出模糊性。自八十年代初人们开始对基于模糊理论的图像增强研究以来，它在图像的边缘增强及检测方面取得了显著的效果，如 Pal 和 King 提出的模糊边缘算法就能有效的将物体从背景中分离出来，并在模式识别和医学图像处理中获得了广泛的应用。

3.1 模糊集理论基础

1965 年著名控制论学者 L. A. Zadeh 首次提出了一种完全不同于传统数学控制理论的模糊集合论，从此，模糊理论便得到了迅速的发展并表现出强劲的生命力和令人鼓舞的应用前景。模糊理论之所以能在信息时代获得如此迅速的发展，其主要原因在于它提供了一种新的富有魅力的数学工具与手段，并表现出如下诸多优点：

其一，模糊理论给出了一套表现自然语义的理论和方法，使自然语言能够转化成机器可以“理解”和“接受”的东西，提高了机器的灵活性。

其二，模糊理论给出了模糊逻辑和近似推理的理论和方法，用简洁的软、硬件可以使机器更聪明，智能化程度更高。

其三，模糊理论比一般数学理论应用面更广，除了在科学技术和经济发展的各种应用领域中，如气象预报、医疗诊断、人工智能、模式识别、自动控制、信息处理等，在农业、林业、地质、地震、测绘、心理、冶金、采矿和管理科学等方面也取得了可喜的成果。

概率论与统计学的产生，将数学的应用范围扩大到了随机现象领域中，而模糊理论的产生则把数学的应用范围扩大到了模糊现象领域中。

3.2 模糊特征隶属函数

若以像素的相对灰度等级作为感兴趣的模糊特征，模糊隶属函数的定义方式很多，但在实际问题中，最常用的隶属函数形式是所谓标准的 S 型函数和 π 型函数。其中，S 型函数是一种从 0 到 1 的单调增长函数； π 型函数是指“中间高两边低”的函数，它也可以用 S 型函数来定义。从图像处理的角度来看，转化成模糊域的灰度值是从低到高的连续过程，而且 S

型函数符合边缘的过渡变化过程，所以以 S 型函数作为模糊函数的基本变换形式比较合理。

3.3 本章小结

本章在简要、系统地介绍了模糊理论的基础上，以图像模糊增强的边缘提取为例对几幅图像实施了模糊增强，效果显著，其算法可归纳成如下三部分：

- (1) 首先，对原始图像进行模糊特征提取，得到图像的模糊特征平面。
- (2) 然后，在模糊特征平面上对模糊特征进行增强变换，求得增强的模糊特征。
- (3) 最后，在新的模糊特征平面上进行逆变换，得出相应的增强图像。在模糊增强处理过程中，合理选择模糊参数是保证增强效果的一个重要环节。

第四章 基于小波变换的图像增强算法

小波变换因其所具有良好的时频局部化能力和多分辨率分析能力，使其在数字图像处理的应用中占有举足轻重的地位。目前，小波变换已经广泛应用于图像纹理分析、图像编码、计算机视觉、模式识别、语音识别等科技领域。

4.1 小波变换理论基础

为了分析和处理非平稳信号，人们对 Fourier 分析进行推广和变革，提出并发展了一些新的信号分析理论和变换技术。这些新技术是专门针对图像压缩、边缘检测、特征提取及纹理分析的，它包括多分辨率分析、时频域分析、金字塔算法和小波变换等。

小波变换最早是由法国地球物理学家 Morlet 于二十世纪八十年代初在分析地球物理信号时，作为一种信号分析的数学工具而被提出来的，到了八十年代中后期获得了较快发展，目前已成为一个重要的数学分支。小波分析对传统傅立叶分析做出了里程碑式的进展，是调和这一数学领域半个世纪以来的工作结晶，是目前在许多学科和工程技术中的一个非常广泛的课题。它可以作为表示函数的一种新基底或作为时频分析的一种新技术，是多方面有力的分析工具，已经广泛的应用于信号和图像处理、地质勘探、语音识别与合成、雷达、CT 成像、天体识别、机器视觉、机械故障诊断与监控、分形以及数字电视等领域。

小波分析通过伸缩、平移运算，对信号（函数）逐步进行多尺度细化，最终达到高频处时间细分，低频处频率细分。它能自动适应时频信号分析的要求，从而可聚焦到信号的任意细节，被誉为“数学显微镜”。此外，它还成功解决了 Fourier 变换不能解决的许多难题，成为继 Fourier 变换以来在科学方法上的一个重大突破。

4.2 多分辨率分析

1988 年，Mallat 在构造正交小波时，提出了多分辨率分析的概念。多分辨率分析（Multi-resolution Analysis）也叫多尺度分析（Multi-scale Analysis）或多分辨率逼近（Multi-resolution Approximation）。这一概念的提出是小波分析理论的一大突破，它揭示了函数的自相似性以及小波分析与分形几何（Fractal Geometry）的内在联系。它从空间的概念上形象地说明了小波的多分辨率特性，不仅把以前的各种正交小波基的构造方法巧

妙地统一起来，而且还给出了构造其他小波基的方法。

多分辨率表示法为图像信息的解释提供了一种简单的理论框架。对于多分辨率分析的理解，始终应把握一个要点：分解的最终目的是力求构造一个在频率上高度逼近 $L^2(\mathbb{R})$ 空间的正交小波基（或正交小波包基），这些频率分辨率不同的正交小波基相当于带宽各异的带通滤波器。另外，多分辨率分析只对低频空间作进一步分解，使频率的分辨率变得越来越高。多分辨率分析只是对低频部分进行逐步分解，而高频部分则不予考虑。

4.3 基于小波变换的图像增强原理

小波变换的基本理念是用一族函数去表示或逼近某一信号。这一族函数称为小波函数系，它是通过一小波母函数的伸缩和平移产生其“子波”来构成的，并用其变换系数描述原来的信号。可先充分利用小波分解，将原始图像中高频分量和低频分量进行不同程度的分离，然后采用不同的方法来增强不同频率范围内图像的细节分量，突出不同尺度的细节，从而达到改善图像的视觉效果。在实际应用中，可以根据噪声水平和感兴趣的细节所处的尺度，选用不同的阈值和增强系数对分解后的图像进行重构。

4.4 小波基的选择

任何基于小波变换的处理方法都会涉及到小波基的合理选取问题。小波基的选取原则大多是尽可能用较少的非零小波系数去有效逼近某一特定的函数。故小波的设计必须加以优化以产生更多的接近零的小波系数。与图像压缩和降噪中小波基的选取不同，图像增强小波基的选取需要满足以下两条性质。

（1）平移不变性，避免产生假像。在某些图像处理如模式识别中，构造平移不变的信号表示是非常重要的。当模式被平移后，它的数值表示算子应当是被平移，而不是被改变。事实上，如果它的表示依赖于其位置，那么模式搜索将特别困难。连续小波变换和窗口傅里叶变换可提供平移不变表示，但对平移参数均匀采样将破坏这种平移不变性。离散小波变换不具备对信号的平移不变性，原始信号和在时间上经过一定平移后的信号分别经过离散小波变换后所得到的分解系数将会发生很大的变化。正如连续小波变换和二进小波变换一样，为了确保小波变换的平移不变性，就必须在变换系数中引入一定的冗余。冗余小波变换是目前增强算法中使用最多的小波变换。

（2）避免边界效应。选择冗余双正交小波，它具有移不变特性，且能够避免假像的出现；同时可利用折叠的方法满足对称特性，以解决边界上产生较大的小波系数的问题。

4.5 基于小波变换的图像增强算法

为了同时增强图像的全局特征，提出了基于小波变换的多尺度增强算法。多尺度表示按尺度 s 和方向 k 将图像的频谱分为低通子带图像和一系列带通图像，而不同频带的空间和频率分辨率正比于 $1/s$ 和 s 。通过选择合适的尺度 s ，可以在空间域更好的放大和分析图像细节。

Laine 等利用上述增强方法，对小波系数采用线性或非线性映射函数来增强乳腺 X 射线图像，达到了改善对比度，增强图像细节的目的。Lu 和 Helly 等[51]则利用 Mallat 的多尺度边缘表征来突出增强医学图像的边缘信息，同时抑制了噪声。Brown 更进一步研究了一般小波变换情况下如何自适应的选择映射函数用以抑制噪声。这些算法归纳起来分为以下四种：

(1) 小波变换高频增强法，这是一种补偿图像轮廓的处理方法。因为图像的轮廓是灰度陡然变化的部分，包含着丰富的空间高频分量。把高频分量相对突出，显然可使图像轮廓加强，看起来比较清晰。采用这种方法后，由于相对增强了高频成分或削弱了低频成分，因而所得图像往往偏亮或偏暗，对比度差。所以常常要在反变换后再进行对比度增强处理，这样才能得到更好的增强效果。

(2) 小波变换的反锐化掩模法。相对增强高频成分的方法，在空间域有一种称之为反锐化掩模的技术，它在摄影技术中广为采用，以增强图像的轮廓。光学上的操作方法是將聚焦的正像和散焦的负像在底板上叠加。散焦的负像就好比“模糊”掩模，它与“锐化”正好相反，因此被命名为反锐化掩模法。它和传统的方法相比有着明显的优越性。首先，小波变换使原图中不同分辨率的细节特征随尺度的不同而分离开来，避免了不断调整滤波器窗口大小来选择增强效果的繁琐工作；其次，由于是对不同尺度下的小波分量分别进行了增强，原图像中不论较粗还是较细的轮廓都能够同时得到加强。

(3) 小波变换的自适应滤波，这是一种图像平滑算法。它是利用小波分解后相邻尺间小波系数的相关性来区分边缘和噪声，在滤除噪声的同时可以很好地保护图像边缘，并且几乎不产生“粘连”、“振铃”等负效应。

(4) 方向性滤波。由于小波分解后产生的小波分量具有明显的方向性，利用传统的均值滤波思想，可获得新的去噪算法。这种方法不仅克服了普通均值滤波存在的不足，而且能够有效地抑制噪声，同时还能够保留绝大部分边缘信息，特别适宜以平滑线条为主要结构的图像。

4.7 本章小结

本章在简要地介绍了小波变换理论和多分辨率分析的基础上，着重阐述了基于小波变换图像增强的原理及其增强算法，并以小波变换的反锐化掩模算法为例，对一幅乳腺 X 射线照片实施了增强处理，其增强效果显著。由于小波变换具有良好的时域和频域局部化特性，以及能与多尺度表示相结合，使得基于它的图像增强非常适合人眼对图像的感知特性，非常适合人们对图像各个尺度（分辨率）下细节的分析，其增强效果一般要优于传统的图像增强算法。

第五章 基于神经网络的图像增强算法

在数字图像处理中，由于图像信息本身的复杂性和它们之间存在较强的相关性，在处理

过程中的各个不同层次上可能出现不完整性和不精确性、非结构化问题以及建模困难等，将智能信息处理的方法应用于图像的处理和理解，在一些场合具有比传统的计算方法更好的效果。近年来，模糊集理论、进化计算、人工神经网络以及它们相互结合的方法在图像处理领域得到了广泛的应用。

5.1 神经网络与图像处理

随着科学技术，特别是信息技术的发展，图像处理已经成为科学研究不可缺少的强有力工具，传统的图像处理方法已无法满足日益增长的应用需要。于是人们开始探索各种新的更有效的方法，在此过程中，将人工神经网络应用于图像处理便脱颖而出。最初，人工神经网络只是作为模式识别分类器和聚类技术在图像处理领域中得到应用。随着研究的进一步深入，神经网络的特点得到了充分的认识，使它在图像处理的各个领域都得到了充分的应用，如印刷体和手写字符识别、语音识别、指纹、人脸识别、图像增强、复原、压缩等。

人工神经网络算法比起传统的算法表现出了很大的优越性，主要表现在：

- 1) 高度并行处理能力，处理的速度远远高于传统的序列处理算法。
- 2) 具有自适应功能，能够根据学习提供的数据样本找出并输出数据的内在联系。
- 3) 非线性映射功能，图像处理很多问题是非线性问题，神经网络为处理这些问题提供了有用的工具。
- 4) 具有泛化功能，能够处理带有噪声或不完全的数据。

5.2 神经网络的常用类型

人工神经网络（Artificial Neural Network，简称 ANN）是由大规模神经元互联组成的高度非线性动力学系统，是在对人脑组织结构和运行机制认识、理解的基础上模拟其结构和智能行为的一种工程系统。在图像处理中常用的神经网络模型有如下几种：

1) BP（Back Propagation）网络

BP 神经网络是一种采用反向传播算法的多层前馈网络，能够逼近任意的非线性映射关系，而且有很好的泛化功能。在图像处理领域中，作为一种非自适应的神经网络而广泛应用。

2) Hopfield 神经网络

Hopfield 神经网络是一种动态网络，该网络主要用于联想记忆和优化计算。如果我们能把某个有待研究解决的问题转化成一个 Hopfield 计算能量函数，且使这个计算能量函数的最小极值正好对应于一定约束条件下的问题解答时，那么这个问题就可以利用 Hopfield 网络来求解了。Hopfield 网络在图像边缘检测、图像模式匹配和识别等图像处理方面应用比较多。

3) 自组织网络

自组织网络是一种非监督型学习神经网络，这种网络的学习目的是从一组数据中提取感兴趣的特征或某种内在的规律性（分布特征或按某种目的聚类）。自组织性神经网络根据学

习算法的不同可以分为两类：

(a) 主元分析神经网络 (Principle Components Analysis Neural Network, 简称 PCA 神经网络)，这类网络能够抽取输入矢量的主特征矢量，并使输入数据和输出数据在均方差意义下为最优，主要用于图像压缩和特征提取。

(b) 基于 kohonen 的自组织特征映射算法的神经网络 (Self-organizing Feature Map Neural Network, 简称 SOFM 神经网络)，此类网络对输入的数据有“聚类”和特征抽取的功能，可起到数据压缩的作用，同样应用于图像压缩和特征提取。

4) 小波网络

小波网络起源于小波分解，是近年来在小波分析研究获得突破的基础上提出的一种前馈型网络。小波网络是将常规单隐层神经网络的隐节点函数由小波函数代替，相应的输入层到隐层的权值及隐层阈值分别由小波函数的尺度与平移参数所代替，它继承了小波变换和神经网络两者的优点，具有良好的函数逼近能力和模式识别、分类功能。小波网络作为一种新型的神经网络在图像处理领域中得到了广泛的应用。

5) 细胞神经网络

细胞神经网络是局部连接细胞空间排列的非线性动力学系统，其中每个细胞都具有输入、输出及与动力学规则相关状态的功能，具备很强的并行处理能力，并具有集成特性。自从被提出以后便得到了广泛的研究，适用于图像处理的各个领域。

6) 模糊神经网络

模糊神经网络指的是用神经网络方法建立和实现的一个基于规则的模糊系统。它不仅可以用表达和处理不确定性知识，而且能够自动产生或调整规则。由于它具有神经网络的结构，可实现并行高速推理，极大提高了系统建模和运行效率，在图像处理中有广阔的应用前景。

5.3 基于神经网络的图像增强

目前已经提出了多种神经网络模型用于图像去噪、增强、重建[81~85]。这些算法的基本原理是用非线性系统模型表示预处理的图像，然后用神经网络算法求解其最优解。由于神经网络能够有效地适应图像处理的非线性本质，解决图像增强的非线性模型，而且还不需要知道先验知识，同时它的高度并行处理能力使得图像增强的处理速度明显加快，因此，神经网络在图像增强上获得了广泛应用。

神经网络算法比起传统算法有很大的优点，但也存在着一些不足，如图像预处理阶段的神经网络算法大部分是非自适应的，而且这些算法是针对特定的图像模型，当原始图像模型改变时，即使是最简单的缩放和角度变换，网络的权值也需要重新训练。尽管神经网络在图像处理领域中已经得到了广泛应用，但是还有很多问题需要解决。例如，如何选择最优的网络结构，到现在为止仍没有一个确定的标准来评定网络结构的优劣。

5.4 神经网络的应用前景

5.4.1 小波网络的应用前景

小波网络是结合小波变换理论与人工神经网络的思想而构造出的一种新型神经网络模型。它不仅具备小波变换良好的时频局域化特性和神经网络的高度并行处理功能,而且以小波分解作为理论基础,从而能够有效的根据训练样本集确定网络结构,弥补传统神经网络的一些不足。同时由于小波变换的多分辨率分析的特点,使小波变换在图像处理领域应用上的优势得以淋漓尽致地发挥。结合了小波变换和神经网络各自优点的小波网络在图像处理领域中应用前景看好,一片光明。

5.4.2 模糊神经网络的应用前景

模糊神经网络是神经网络和模糊技术的有机结合,可以有效的发挥各自的优势并弥补其不足。神经网络在学习和自动模式识别方面有很强的优势,与模糊技术的结合可以大大拓宽神经网络处理信息的范围和能力,不仅能够处理精确信息,而且可以处理模糊信息。在高层次的图像处理,如图像分割,图像识别和图像理解等方面应用前景不可限量。

5.5 本章小结

本章简要的介绍了神经网络在图像处理领域应用上的优势及其常见类型。接着阐述了基于神经网络的图像增强,并进一步分析了用于图像处理的神经网络算法的优缺点。最后,阐明了小波网络和模糊神经网络在图像处理领上的广泛应用前景。

第六章 总结与展望

图像增强是对图像的低层次处理,处于图像处理的预处理阶段。它是图像处理的一个重要环节,在整个图像处理过程中起着承前启后的重要作用,为后续处理阶段做准备,对图像高层次处理的成败至关重要。其目的就是为了改善图像的质量和视觉效果,或将图像转换成更适合于人眼观察或机器分析识别的形式,以便从图像中获取更加有用的信息。

由于图像增强与感兴趣的物体特性、观察者的习惯和处理目的密切相关,带有很强的针对性。因此,图像增强算法的应用也是有针对性的,尽管增强处理方法多种多样,但并不存在一种通用的、适应各种应用场合的增强算法。

本文围绕图像增强算法而展开,在阐明图像增强处理基本方法,如灰度变换、直方图修正、图像锐化、噪声去除、频域滤波增强和彩色增强的基础上,就几种有代表性的图像增强算法进行了研究、比较,分析了各自的优缺点并指明了其最佳适用场景。