

第 1 章 图像的数字表示

1.1 图像处理的分类与特点

1.1.1 图像 (image) 的表述形式

♥ 函数形式图像 $I(x,y,z,t)$

函数形式本身是图像的映射关系式 (object to image), 函数形式图像维数并不受限制。

缺点：无图像的直观性

♥ 数字形式图像

计算机图像处理、图像远距离传输 (有线或无线) 之基础。

特点：传输和保存过程中抗干扰能力强，保真度高，维数不受限制。

缺点：无图像的直观性，只有计算机图像系统显示。

♥ 黑白、彩色图像

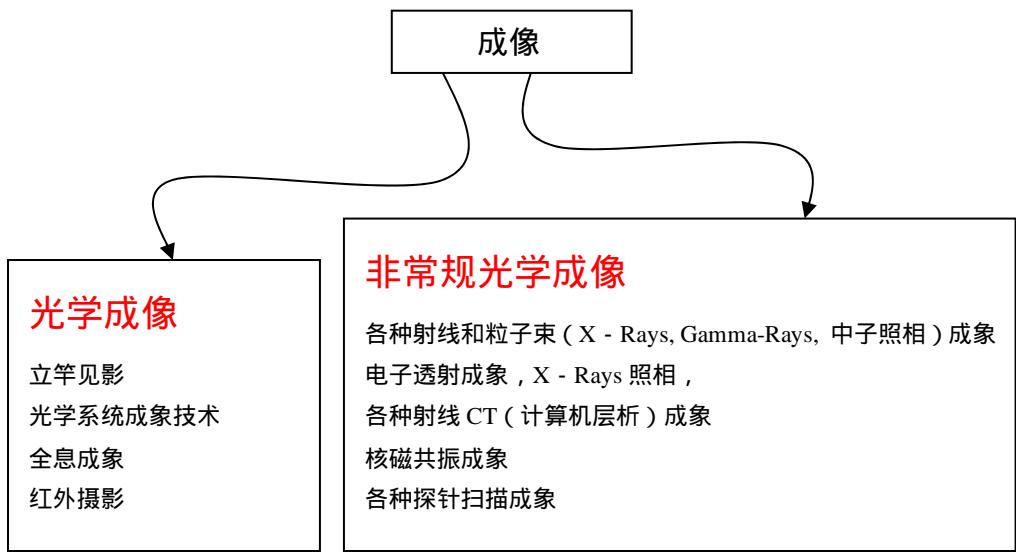
彩色图像 (如两维、三维图像)：

真彩：图像与景物的色彩完全一致。

假彩：人为编制彩色序列与远景物特征量建立对应关系，彩色由映射产生。

1.1.2 成像

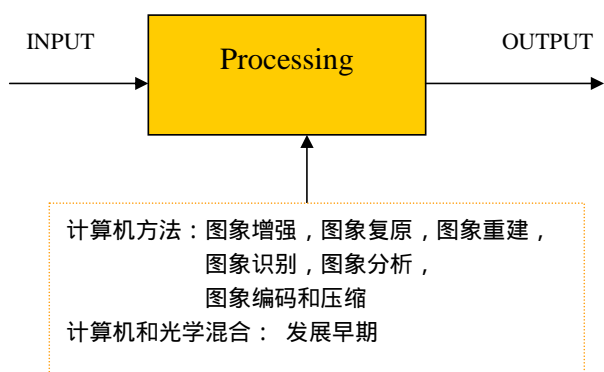
指各种形成图像的物理方法和工程技术



共同特点：需要信息载子（可传递物的特征）——各种频段的电磁波，实物粒子（中子、质子、电子、离子等）

1.1.3 图像处理

通过计算机或者光学的方法对原始图像进行处理



1.1.4 模拟图像处理 (Analog Image Processing)

♥光学模拟处理

建立在傅立叶光学基础上，进行光学滤波、频谱分析等处理，可实现图像像质改善、图像识别、图像的几何畸变校正、光度校正、光信息的编码和存储、图像的伪色彩化、三维图像显示、对非光学信号

进行光信号信息处理。

♥ 电子模拟处理

光强转成电讯号，用电子学方法，进行加减乘除、浓度分割、反差放大、彩色合成、光谱对比等处理。如传统的照相、广播电视等进行图像处理。

优点：速度快，几乎均实时处理，如透镜处理几乎以光速进行。电视图像是模拟信号处理，是活动图像（25 帧/秒）。

缺点：精度差；灵活性差；很难有判断功能和非线性处理功能。

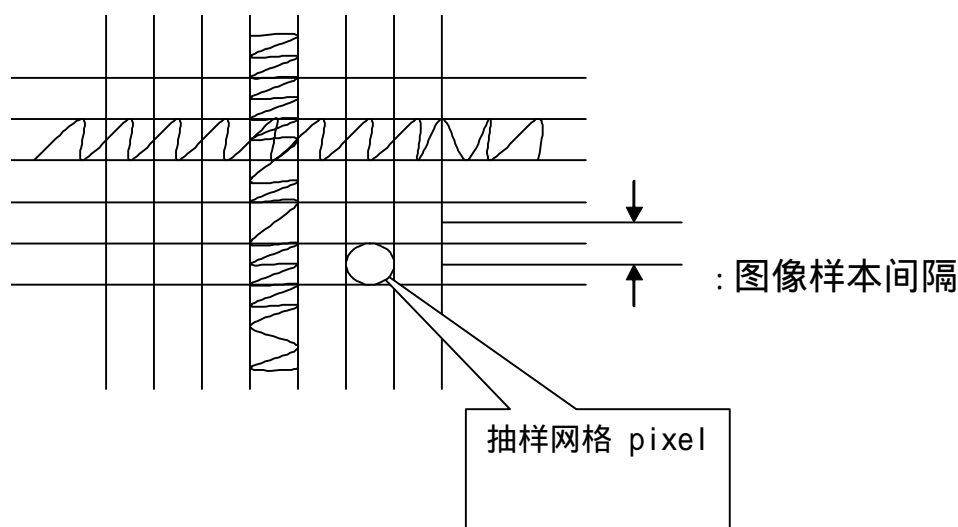
但是，光学处理技术也在不断发展，如光学的频域处理技术简单实用，还在发展中。

1.1.5 数字图像处理的特点（Digital Image Processing）

把连续的模拟图像转换成离散的数字图像，然后在数字域进行图像所含信息的提取、加工、传输等操作。

♥ Digitizing（对图像进行抽样，把模拟图像数字化，）

离散图像的网格图：



一幅数字图像是由 Digitized 后形成的离散像点矩阵组成，每一个离散象点称为象元或象素 (picture element , or pixel: The smallest image-forming unit of a video display) .

数字化 : Scanning + Sampling + Quantization

■ Scanning (扫描)

在一副图像内以**像素**为最小单元进行寻址操作，称为 Scanning。对摄影图像底片上的一个个小斑点，进行顺序扫描就得到其数字化图像。

■ Sampling (采样)

测量每一幅图像的每个像素的灰度值，就是给出上述网格图中的小方格中点 (或方格交叉点) 的模拟亮度平均值。通常由一个图像传感元件将每一个像素处的亮度转换成与其成正比的电压值。

■ Quantization (量化)

用整数表示测量的灰度值，即在图像传感元件后面用一个 ADC (数/模转换器) 将电压测量值转换成整数值。

♥ Displaying (显示，Digitizing 的逆过程)

经过了运算(Operation)操作的数字矩阵重新转换成可视的图像。

几个名词：

♥ **灰度分辨率** (gray-scale resolution, 电视中的灰度级, 亮度分辨率, 密度分辨率)

单位图像幅度上包含的灰度级别，也就是亮度层次的多少。在计

计算机中如下对应

n 值	灰度分辨率 2^n
2	$2^2 = 4$ 级
8	$2^8 = 256$ 级

每个象素的灰度级一般用 8 bit(彩色图像)表示,对应 $2^8 = 256$ 级的灰度级;高精度用 12 bit 或 16 bit 表示。

♥ Contrast (对比度)

一幅图像中灰度反差的大小。

♥ 空间分辨率

指图像网格在水平方向和垂直方向共分为多少格,记为 $M \times N$,在计算机图像处理中 M 和 N 都用二进制 2^n 幂来表示。

一般分辨率的图像像素数为 256×256 , 512×512

高分辨率的图像像素数为 1024×1024 , 2048×2048

例如: $256 \times 256 \times 8 \approx 64kB \sim 524288b = 524kb$

$512 \times 512 \times 8 \approx 256kB$

$1024 \times 1024 \times 8 \approx 1MB$

$2048 \times 2048 \times 8 \approx 4MB$

在一些医学应用中, N 和 M 都在 1024 以上; x-ray 照片一般为 $64 \sim 256kb$; 一幅遥感图像为 $3240 \times 2340 \times 4 \approx 30Mb$, 给存储、传输和处理带来很多问题。

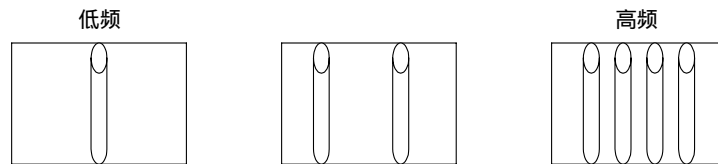
♥ 空间频率 ($y = A \cos(\frac{2\pi}{\lambda} x + \omega t + \varphi)$)

时间变量周期性变化用频率度量

对一幅图像的具有周期性的明暗变化,可引入空间频率的概念作

为图像频域处理的基础。

频率高可显示图像细节。低频可用来表征图像中大的物体。



1.1.6 数字图像处理优缺点

优点：

处理精度高；

处理内容丰富；可进行复杂的非线性处理；

灵活：改变软件就可以改变处理内容。

缺点：

速度慢：一般情况下处理静止画面多，如实时处理一般精度的数字图像，需 100Mips 的能力；

精度限制：一般精度图像是 $512 \times 512 \times 8$ bit，分辨率高的为 $2048 \times 2048 \times 12$ bit。

1.1.7 数字医学图像的特点

二高一（高分辨率、高精度和大数据量），CT 和 MRI 等成像技术一般是在 512×512 像素的分辨率、12 位灰度级下对断层扫描图像信息进行数字化采集的。若每次采集 40 或 80 帧层位片，每帧图像为 512×512 点，40 帧总长约 20M，80 帧长 40M。实际应用中，

常将 1024 称为 "1k" ; 一帧 $2k \times 2k \times 12$ 位的胸片(以 2Byte 字为单位存储)约需 8M 存储容量。各种医学图像容量如下表 :

医学影像信息容量表

名称	一幅图像容量	每次图像数	总容量
MRI	$256 \times 256 \times 12(16)$	60	8MB
CT	$512 \times 512 \times 12(16)$	40	20MB
CR (阴极射线管)	$2048 \times 2048 \times 12$	2	16MB
X 光片数字化	$2048 \times 2048 \times 12$	2	16MB

美国 Johns Hopkins 医院曾进行了一次对比实验 : 对 120 例 X 线片 (其中 60 例是不易判断的阳性病例 , 60 例是有疑点的病例) , 然后让医师分成两组 , 分别轮流在一个分辨率为 $2000 \times 2400 \times 12$ bit、80 朗伯高亮度的高分辨率诊断工作站上读软拷贝图像和在观片灯上读硬拷贝 X 线片。读片结果表明 , 两组读硬拷贝胶片都比读软拷贝图像更准确。但这种差别并不严重影响临床诊断。该院认为在高分辨率诊断工作站上读软拷贝图像可用于急诊室的初步诊断。

尽管 CR 一般可以被接受 , 但是并不能完全代替 X 线胶片 , 因为 X 线胶片具有更高的精度。在某些条件下 , 要求采用 $4k \times 4k$ ($1k=1024$) 图像 , 以保证诊断信息不丢失。目前 $2k \times 2k$ 的图像分辨力即便是用于初步诊断 , 也存在一些问题。例如 , 在观察气胸和肺间质异常或骨骼的细微裂纹时 , 需要分辨率为 $4K \times 4K \times 12$ bit 的数字监视器 ; 对

于乳房肿瘤测定是不够的,在乳房胶片上发现微钙化灶簇或对比度低的乳腺肿瘤则要求高达 $6K \times 6K \times 12 \text{ bit}$ 的数字显示点阵。而这是目前任何一种监视器都达不到的。

目前,国内 PACS 和远程医疗系统集成商对数字化医学图像质量的临床要求了解不够,普遍采用普通的、非 X 线专业用的平板扫描仪扫描 X 线片,在没有任何技术措施的情况下,用微机监视器读医学影像(一般分辨率为 800×600 ,最高 1280×1024),并以此作为疾病诊断的依据,显然是不负责任的。

数字化医学图像的质量评估应引起足够的重视。工作站的显示器集片盒、相机、洗片机和观片灯诸功能于一身。因此,它的分辨率、对比度、亮度、噪声及失真等的性能好坏直接影响着最终诊断结果。

传统医学图像诊断是在"荧光屏--胶片--灯箱"组合模式下进行的。计算机技术为医学图像的观察提供了"数字图像信息--监视器"或"胶片--数字化仪--监视器"组合模式,极大地方便和加速了医学图像资源的形成、周转和调阅。计算机软硬件技术和多媒体技术的发展为医学图像的显示提供了多种图像监视器和图像工作站,例如高速高分辨率医学图形工作站,其分辨率为 $2.5k \times 2.5k$,亮度大于 $100FL$ (普通显示器为 $50 - 60$)几乎可瞬时显示整幅图像。对于大部分的医学图像来说,基本满足诊断的要求。

空间分辨率和灰度量化级的提高将使图像数据量急剧增加，对于 PACS 来说，这意味着存储容量和图像传送所需时间的增加。尽管高压缩比的图像压缩算法可以缓解传送速度和数据存储的限制。但这种处理使图像质量下降，将影响诊断的结果。在医学图像信息系统中，应尽量采用低压缩比的无失真压缩。

医学图像显示技术除了完成胶片模拟图像和各种模式的数字图像等软拷贝显示任务之外，还要承担图像后处理的任务。例如压缩与解压、窗口（Window）/层位（Level）的选择和控制、变焦（Zoom）、全景（Pan），直至三维图像的重构等，而且使用简便、快捷，为临床医生准确诊断提供了有效的工具。

1.1.8 图像处理技术有很强的综合性

图像处理是针对性很强的技术，根据不同应用和不同要求，采用不同处理方法。一般要涉及数学、物理、心理学、生理学、医学、信号分析技术、通讯技术、计算机技术、电子技术和电视技术等。在图像处理中涉及到软件、硬件、网络、接口多项技术，特别是并行处理技术在实时图像处理中很重要。

图像处理理论是把通讯理论由一维推广到二维。图像信息理论属于信息论科学的一个分支，是在通讯理论研究中发展起来的，二者比较如下：

通讯理论	图像理论
一维时间信息	二维空间信息
研究的是时间域和频率域的问题	研究的是空间域和空间频率域的问题
任何一个随时间变化的波形都是由许多频率不同、振幅不同的正弦波组成	任一幅平面图像都是由许多频率、振幅不同的 X-Y 方向的空间频率波叠加而成； 高频：决定图像的细节 低频：决定图像的背景和动态范围

1.1.9 广泛的应用与行业需求

♥ 通信新业务

图像处理和通信结合，衍生了众多的通信新业务：可视电话、电

视会议、远程教育、远程医疗和家庭购物等。

例 预计日本数字相机 2001 年产量可达 2000 万台，成为日本 IT 产业的主打产品。

例 日本使用数字放映机的影院有 15 家，至 2012 年将有 1300 家采用数字化技术。在制作方面，已经有《浅间山庄事件》等电影全部使用了数字化技术。

电影数字化的优点是没有拷贝成本，可利用多媒体，而且影像清晰。缺点是放映机价格昂贵，难防盗版。因此，降低放映机价格和整顿市场秩序已经成为数字化电影能否普及的关键问题。(09 ,11 ,2002)

例 **MVC-4AVS四路视频合成器**（上海市广播科学研究所研制，<http://www.sbl.sh.cn/home.html>）



MVC-4AVS 四路视频合成器是专为广播电视及相关电视系统使用而设计的专业设备。通过数字图像处理技术，将画面分割成四个大小相同的部分，分别显示四路动态的视频图像。除具有四画面分割功能外，还具备音视频信号四选一切换功能。

四画面分割功能，可以实现 1 台监视器同时监看 4 路动态的视频信号，并通过面板按键，选择其中任意一路音频监听或静音。

AVS401C 适用于演播室、转播车、播控中心、电视发射台等广播电视领域内的图像监视，以及商场、大楼、银行、交通等电视监

控系统，对于工作空间较小的场所尤为适用。

♥ 医学成像

数字图像处理除应用于通信外，也广泛应用于电子工程、医学、自动化等许多领域。

例 医学影像数字化技术 - “九五”国家重点技术开发指南

1) 国内外技术现状及发展趋势

近二十年来，突飞猛进发展的电子和计算机技术，带动着**医学影像诊断技术向数字化方向迅猛发展**。目前，国际上最先进的医学影像设备，都建立在先进的数字化信息处理技术基础上而发展，如：CT、磁共振成像系统(MRI)、数字减影血管造影系统(DSA)、PACS 系统、多普勒彩超等。这些新型医疗装备，已成为当今临床诊断不可缺少的设备和手段。进入 90 年代以来，在微电子技术和更先进的数字信息处理技术高速发展的推动下，原有的各类数字成像技术，向高速、高清晰度和丰富的辅助诊断功能方向发展，如新型 CT 采用了增环技术、螺旋扫描和二维重建技术。MRI 的高速梯度场控制技术和高速信号处理技术的发展、使得成像速度提高几十倍。加上**图像后处理软件的不断改进**，大大提高了设备的效率并拓宽了应用领域。特别是近几年来，数字化技术正在向经典医学影像领域快速渗透，使传统的常规医疗装备进入了高速的更新换代时期。例如在常规放射诊断方面，应用大尺寸的半导体面阵传感器部件，可将 X 射线图像直接采集转化为数字图像，大大降低诊断放射剂量，提高了图像的动态范围，使用灵活，效率高。利用高分辨率 CCD 的数字化影像系统，显著地提高数字血管影

像系统的图像质量和实时成像效率。大规模专用集成电路的应用，为开发数字化超声波束成型技术和高速数字转换技术提供了条件，从而也产生了全数字化 B 型超声诊断设备。上述数字化技术的应用，使医学影像设备在临床应用的效率、诊断质量产生质的飞跃，大大提高产品的市场竞争力和技术附加值，并推动临床医学的发展。

我国在医疗设备数字化技术方面也开展了大量的工作。在 DSA 和超声数字扫描变换技术(DSC)方面，都有一定的成果。MRI 在技术引进基础上也进行了开发。但与国际先进水平有较大的差距，正面临国外高新技术产品的强大威胁。

2) 技术开发的总体目标和重点任务

重点开发一批具有国际 90 年代先进水平的医学影像装备数字化技术；瞄准 90 年代国际医学影像数字化技术的发展趋势，开发医学影像装备数字化技术，实现产业化；其中既有对传统品种的更新换代开发，也包括开发在国内外都具有创新性的高新技术品种。

3) 主要技术开发内容及指标

(1)常规 x 线诊断设备的影像数字化技术

重点是大于 3.51/mm 分辨率的大尺寸 x 线面阵采集器件技术，12 位精度采级数据速度小于 10s,恢复时间小于 20s。

对于动态图像采集要求高的，可开发经影像增强器和 CCD 采集的照相/透视系统(R/F)。

开发品种为可直接安装在现有 800mm 以下各类常规医用 x 线机的直接数字成像系统。

(2)B 型超声诊断仪器的数字化技术

重点是可变增益放大器(VGA)技术、高速 A/D 转换技术、数字式动态聚焦技术、数字式波束合成技术等。

开发品种为心腹两用多功能 B 型超声诊断仪器、彩色多普勒超声诊断仪器等。

(3)医学影像数字化网络技术

包括图像存储和传输系统(PACS)、医院信息系统(HIS)、放射科信息系统(RIS)等,要求有较高的数据传输速度,足够的图像存储量,有较高的图像回放质量和先进、实用的后处理功能,系统应采用与国际标准接轨的数字图像通讯标准。

开发品种为开发用于超声科、放射科、消化道科等有医学影像设备的医院部门的或整个医院的医学影像数字化处理的网络系统。

(4)高分辨率的数字减影血管造影系统(DSA)技术

要求有较高的采像速度,12-25 帧/s,分辨率大于 1.51p/mm,满足心血管造影和介入治疗需要的图像后处理功能。

开发品种为单 C 型臂三轴数字化心、脑血管造影系统。

(5)磁共振成像的数字化技术

射频发射接收的数字化技术;高速图像重建系统及血流成像技术。开发品种为 0.3T-0.5T 永磁式磁共振成像设备、可进行血管造影的 0.5 永磁开放式磁共振成像设备。

(6)快速螺旋扫描 CT 技术

4) 经济、社会效益和市场前景

数字化技术在医学影像领域的深入开发与应用可带动一大批新型医疗器械品种的开发和产业化。预计在近期可新增年产值 1.5 亿元人民币，新增年利税 5000 万元，相当于减少进口用汇 4000 万美元，并且相当一部分品种具有较强的出口创汇潜力。医学影像设备数字化技术的开发，对提高我国医院装备的现代化水平有着重要的意义，它可以极大地提高临床诊断质量和效率，减少资源的消耗。采用数字化技术后的医学影像设备，可很好地与先进的现代通讯手段相结合，使先进的医疗技术更好地普及和延伸对提高我国人民的医疗卫生水平有着重要和长远的意义。