



# 第3章 环境感知

---



# 第08讲 机器视觉

---

我们已经对人类视觉工作的基本原理有了初步了解。那么，目前我们的机器是如何进行视觉计算工作的呢？相对于人类精妙无比的视觉机制，**机器视觉**还处于十分初步的研究阶段。所谓**视觉计算**，就是人工智能研究用以解决**机器视觉感知**问题的。具体地讲，就是**采用摄象机和机器来部分代替人类视觉系统来进行视觉感知**。



# 1、机器视觉概述

机器视觉开展的研究工作就是让机器具备一定视觉观看的能力。具体讲是通过视觉观察设备使得机器能够像人类视觉系统一样对环境目标进行识别、理解和跟踪。可以将机器视觉看作是机器智能的一个分支，主要是针对视觉环境信息的处理来构建机器智能系统。因此机器视觉的研究涉及到机器智能理论、方法和技术的方方面面，可以看作是机器智能研究的一种浓缩。

那么，目前我们的机器是如何进行视觉计算工作的呢？严格地说，机器视觉就是采用智能计算方法的人工手段，通过机器装置，在某种程度和范围上去替代自然视觉的研究工作。机器视觉的主要任务就是通过对采集图像或视频进行处理以恢复并理解相应的动态场景及其含义。



# 1、机器视觉概述

---

有关视觉计算理论、方法与技术的研究工作，自**1965**年肇始以来，已经有近**50**年的时间了。在上个世界**60**年代中期，美国科学家**L.R.罗伯兹**率先开展有关积木世界中多面体的识别理解研究。罗伯兹主要采用**自底向上**的方法，通过运用**预处理、边缘检测、轮廓线构成、对象建模、匹配**等技术来对图像进行处理，最终识别中图像中的多面体。



# 1、机器视觉概述

---

到了上个世纪**70**年代，机器视觉已经形成若干重要研究方向，比如目标制导的**图像识别**、**图像处理和分析的并行算法**、**从二维图像提取三维体视信息**、**序列图像分析**和**运动参量求值**、**视觉知识的表示**以及**视觉系统的知识库**等等。

大约在上个世纪**80**年代，以美国著名科学家**马尔（D.Marr）**建立的**视觉计算理论**为标记，机器视觉研究走向了迅速发展的崭新阶段。



# 1、机器视觉概述

随着机器性能的不断提高，能够更加有效处理图像和视频大规模数据，机器视觉的发展也更加迅速。目前人类正在进入智能社会时代，智能科学技术将越来越被广泛地应用到几乎所有领域，自然机器视觉的理论、方法和技术也不断成熟。因此，随着机器视觉研究的不断深入，其应用领域也不断拓广、应用前景日益广阔。

目前机器视觉的应用领域已经遍及工业、国防、农业、交通、医学、公安等各个领域。在智能机器人、航空图像分析、医学图像分析以及公共安全监控等方面尤为突出。比如可以漫步在太空的机器人、美国的SDI星际大战系统、运动员水下训练辅助系统、以及家居安防监控系统等，都是机器视觉应用的实例。



# 1、机器视觉概述

---

在更大的应用范围来看，机器视觉可以应用的具体方面还有：自动光学检测、生物特征识别（虹膜、指纹、人脸等等）、无人驾驶汽车、产品质量检测、物品自动分拣、文字符号识别、目标识别追踪、图像视频检索、医学图像分析、遥感图像分析、卫星跟踪定位、军事空中侦察，等等。

总之，机器视觉是一个年轻而诱人的学科领域，并有着广阔的应用前景。当然，开展机器视觉的研究工作，也会涉及到众多的相关学科。许多理论和应用问题有待于人们不断去探索、研究和解决。



## 2、视觉计算过程

按照研究对象与目标的不同，视觉计算有可以分为图像处理、模式识别、图像理解、景物分析、目标检测与跟踪等不同的方面。如果按照视觉计算的不同阶段来划分，由浅入深，分别需要经过如下不同的处理步骤：

(1) 图像获取：通过某种视觉图像采集设备，比如照相机、摄象机、遥感仪、X光断层扫描仪、雷达、超声波接受器、红外感应器等等，可以获取二维图像、三维图像、甚至图像序列。





## 2、视觉计算过程

---

(2) **预处理**: 对于获取的图像, 进行各种**滤波**或**矫正**处理, 使得获取的图像**质量**更好、**效果**更佳。

(3) **特征提取**: 根据研究目标的不同, 获取描述图像的各种**基本要素**, 比如**边缘与线条**、**区域与纹理**、**深度与运动信息**等, 属于**低层**信息处理阶段。

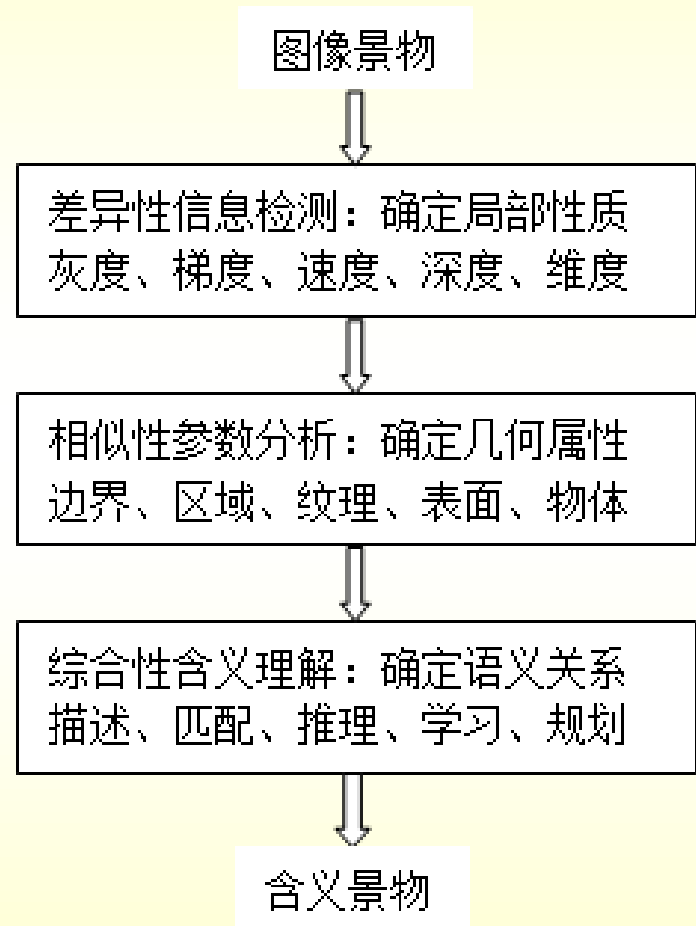
(4) **区域分割**: 对获取的**特征集合**进行初步的**整合**处理, 将图像**分割**为各个有机组成部分, 属于**中层**信息处理阶段。

(5) **高级处理**: 或进行图像**分类**、或**理解**图像含义、或进行景物**分析**或**识别**视觉目标、或**跟踪**视觉目标, 都需要有不同的高级计算处理, 属于**高层**信息处理阶段。



## 2、视觉计算过程

如果不考虑视觉图像的获取与预备处理，那么上述后面三个步骤(特征提取、区域分割、高级处理)构成了视觉计算的三个主要环节，可以分别称之为差异性信息检测、相似性参数分析以及整体性含义理解，如图所示。这些关键环节的主要研究内容，我们在下面做详细介绍。





# 3、机器视觉环节

---

机器视觉第一个重要环节就是差异性信息检测。在差异性信息检测中，首先是边缘检测问题。

边缘是那些在图像中对比反差强烈的像素点，反映了图像重要的图形信息。而图形知觉又是一切视觉感知的基础，所以边缘检测技术也就构成了视觉计算的基础。

需要指出的是，由于彩色图像可以简单地看作是由多个单色图像的叠加，比如可以看作是由红、绿、蓝三色构成的。所以对灰度图像的边缘检测技术，同样可以推广到一般的彩色图像处理之中。所不同的是，此时必须考虑边缘的叠加效果。



# 3、机器视觉环节

差异性信息检测中的运动检测涉及到视频序列图像，主要是通过前后视频多帧之间的对比匹配，来获得运动速度信息。

运动信息不仅对于分析物体运动方向和速度至关重要，而且对于分析物体的空间信息、甚至利用速度变化的不连续性来进行图像分割等，都是十分重要的。

所以从根本上讲，运动信息检测，是完整的视觉计算过程不可或缺的重要环节，特别是对于视频序列图像分析，更是至关紧要。



# 3、机器视觉环节

至于差异性信息检测中的**空间信息**，从观察者的角度看，主要是指图像景物的**表面朝向或深度**。

研究表明，人类视觉的空间信息主要是通过**双目视差**和**环境光流的分布差异**产生的。

因此，相应的也可以通过这两种途径来进行空间信息的检测。

自然，对形成的空间深度图像进行边缘检测，我们进一步还可以获得**空间边缘**图像。所有这些都是反映了表面重要的深度或朝向及其变化的空间信息，为视觉的三维景物描述，提供了重要的直接依据。



# 3、机器视觉环节

---

获得了各类差异性信息检测结果，就可以在此基础上进一步开展相似性参数分析计算了。

此类相似性参数分析的第一个方面，就是边线合成处理。所谓边线合成就是要将检测到的边缘点有机地联结起来，形成可以用参数表示的边线。

边线合成是一个复杂问题，根据知觉组织律，边线合成的原则就是尽量将连续的边缘点连接在一起并尽可能形成简单、对称、整齐、匀称和熟悉的曲线。



# 3、机器视觉环节

---

相似性参数分析的第二个方面则是区域生成。区域生成与边线合成往往是相辅相成的两个方面。

一方面可以根据合成的边线轮廓来将图像分割为不同的区域，

另一方面自然也可以根据生成的区域来确定区域之间的边线轮廓。

不过区域生成可以借助的因素更加丰富，具有相同属性的像素往往构成同一区域，据此就可以将图像分割为有共同属性的区域组块，从而完成整个图像的区域生成。



# 3、机器视觉环节

相似性参数分析的第三个方面是纹理识别。

纹理识别的目的与边线合成、区域生成一样，也是为了将图像分割为相对独立的组块，使得视觉计算的后续处理更加容易。

不同的是，由于纹理特殊的结构，既不完全满足均匀性，又不完全满足剧变性，而是一种建立在局部剧变性上的全局均匀性，所以需要不同于边线和区域处理的方法。

一般而言，纹理识别方法要比边线合成和区域生成都要复杂，具体要视纹理的性质特点来确定。但最终都可以用参数来表示纹理的。





# 3、机器视觉环节

最后，任何边线合成、区域生成和纹理识别，最终都要与深度信息结合起来，以形成参数化描述的表面，这样才能够推得图像景物的三维形状。

所以，表面恢复就构成了相似性参数分析的最后一个方面内容。

实际上，视觉的目的就是要通过二维分析来恢复三位结构的，而表面又可直接可见的，所以其恢复和描述对于视觉计算而言，就显得特别重要。

可以这么说，要想全面有效地解决表面恢复问题，就等于说要全面有效地解决整个视觉计算问题，表面恢复已经构成了视觉计算的一个核心问题。



# 3、机器视觉环节

表面恢复处理之后，视觉计算就可以进入**综合性含义理解**阶段。最为简单的含义理解就是**景物匹配**。

景物匹配的**目的**是要对输入的**图像景物**进行**解释**，给出“景物是什么”的解答。

这一个过程，也就是要对给定的景物去建立或找出与内部预先确定的表示之间的关系。

于是，景物匹配的计算实现，就深深依赖于**描述景物的表示方法**。有了景物的表示方法，那么景物匹配就能按照表示方法的要求，去建立起景物的描述，然后找出与原有内部描述的对应关系。



# 3、机器视觉环节

除了景物匹配的理解外，推断景物所隐含的**潜在意义**，也是视觉计算中一个重要的理解过程。不同于匹配，含义推断不仅依赖于景物及其表现形式，而且还依赖于视觉问题的**背景知识**。

要正确理解一幅景物图像的含义，就需要有关因果知识并通过推理分析来获得潜在的意义。毫无疑问，含义推断离不开各种推理技术，而推理就是一种解决问题的能力，是隐含的信息明确化。

最后，拓而广之，景物的理解、含义的推断又会跟知识的**机器学习**、**问题的求解规划**等更高级的认知活动关联起来。不过，所有这一切又都是**人类视觉感知能力的深层表现**。只要不断去**揭示人类视觉活动规律**，那么机器视觉的研究也必定会越来越深入。



# 3、机器视觉环节

---

因此，随着视觉计算理论、方法及技术的不断发展，研究人员越来越认识到借鉴人类视觉运作机制的重要性。

特别是近些年来，仿造人类视觉运作机制来构造新的视觉计算方法代表了视觉计算领域前沿性的研究走向。

目前主要涉及的研究包括：

利用视觉初级皮层区功能柱结构开展的视觉计算模型研究、  
有关视觉注意机制的计算模型研究、  
以及视觉联想机制的量子计算模型研究等等。



# 3、机器视觉环节

---

总之，视觉计算研究的目标就是要构建一套行之有效的视觉计算理论、方法与技术，并应用到实际问题的解决之中。

但由于人类视觉本身的困难，在视觉计算研究中必然会存在许多意想不到的困难，甚至困境。因此，以下我们有必要对视觉计算化研究中可能会遇到的困难做较为系统的分析，使得将来有志于开展视觉计算研究工作人们一开始就明白问题关键之所在。