



模式识别

中国科学技术大学 汪增福

教师阵容

- 主讲

汪增福教授， zfwang@ustc.edu.cn

- 辅讲

郑志刚讲师， zhengzg@ustc.edu.cn

- 助教

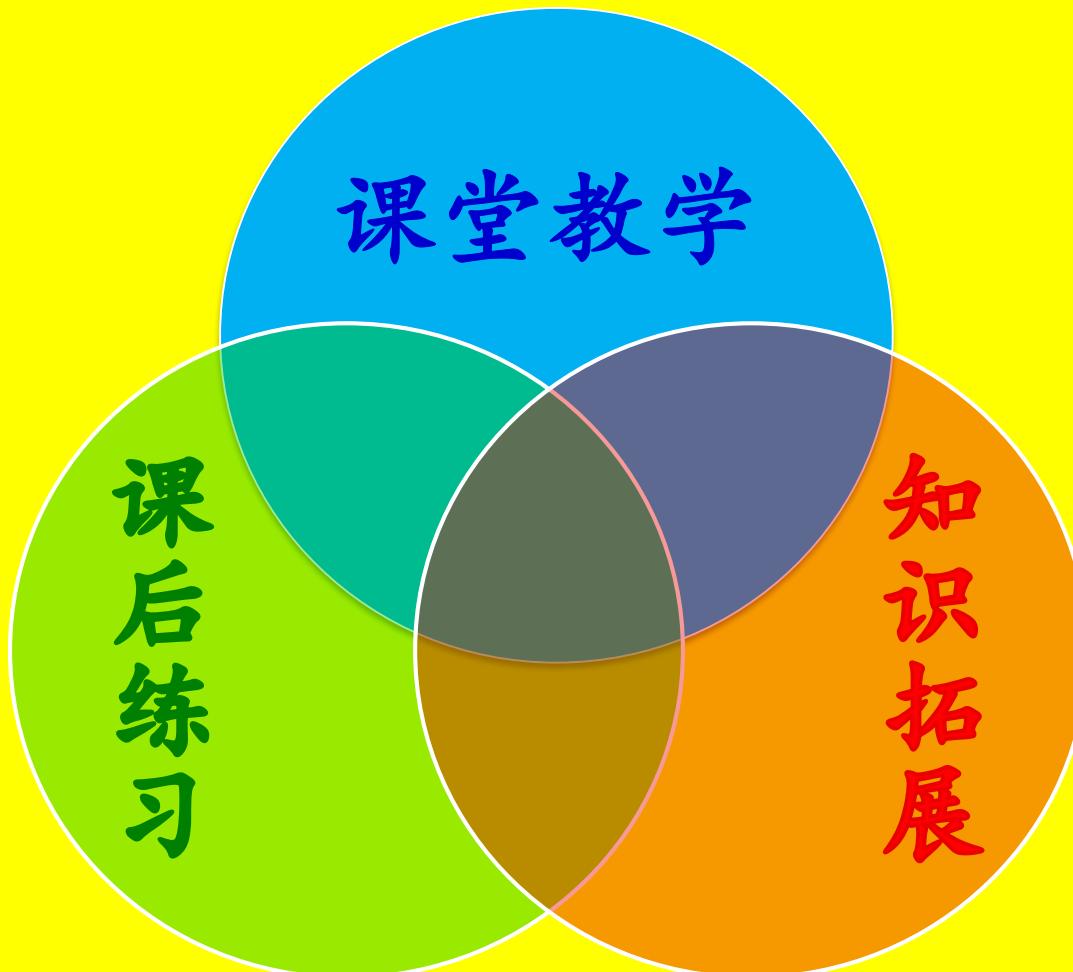
陈纪伟， cjwbdw6@mail.ustc.edu.cn，

罗鹏飞， luopf@mail.ustc.edu.cn，

石胡森， husencd@mail.ustc.edu.cn，

Tel : 63600634； 西区科技实验楼西楼316室。

教学方式



- 基本概念
- 基本方法
- 相关算法
- 学以致用

教材及参考书目

- 汪增**福** 模式识别

中国科学技术大学出版社，2010年。

- 边肇**祺**、张学工等 模式识别(第2版)

清华大学出版社，2000年。

- 孙即**祥**等 现代模式识别(第1版)

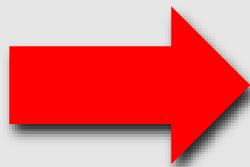
国防科技大学出版社，2002年。

参考书目（续）

- R.O. Duda, P.E. Hart and D.G. Stork
Pattern Classification ,
John Wiley & Sons, Inc., 2001.
影印版(英文第2版) , 机械工业出版社, 2004年。
- Sergios Theodoridis and Konstantinos Koutroumbas
Pattern Recognition ,
Elsevier Science, 2003.
影印版(英文第2版) , 机械工业出版社, 2003年。

成绩评定方式

- 平时作业，15%。 → x
- 课程大作业，15%。 → y
- 期末考试，70%。 → z



总成绩 = 三项的加权平均
= $0.15x + 0.15y + 0.70z$



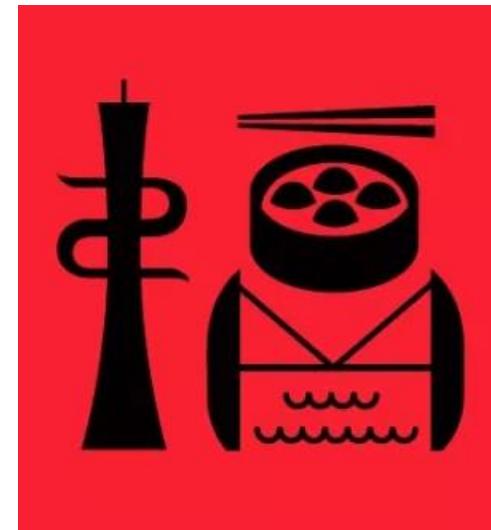
- 第一章 绪论
- 第二章 统计模式识别中的几何方法
- 第三章 统计模式识别中的概率方法
- 第四章 分类器的错误率
- 第五章 统计模式识别中的聚类方法
- 第六章 结构模式识别中的句法方法
- 第七章 总结



✓ 第一章 绪论

- 第二章 统计模式识别中的几何方法
- 第三章 统计模式识别中的概率方法
- 第四章 分类器的错误率
- 第五章 统计模式识别中的聚类方法
- 第六章 结构模式识别中的句法方法
- 第七章 总结

第一章 绪论



第一章 绪论



第一章 绪论



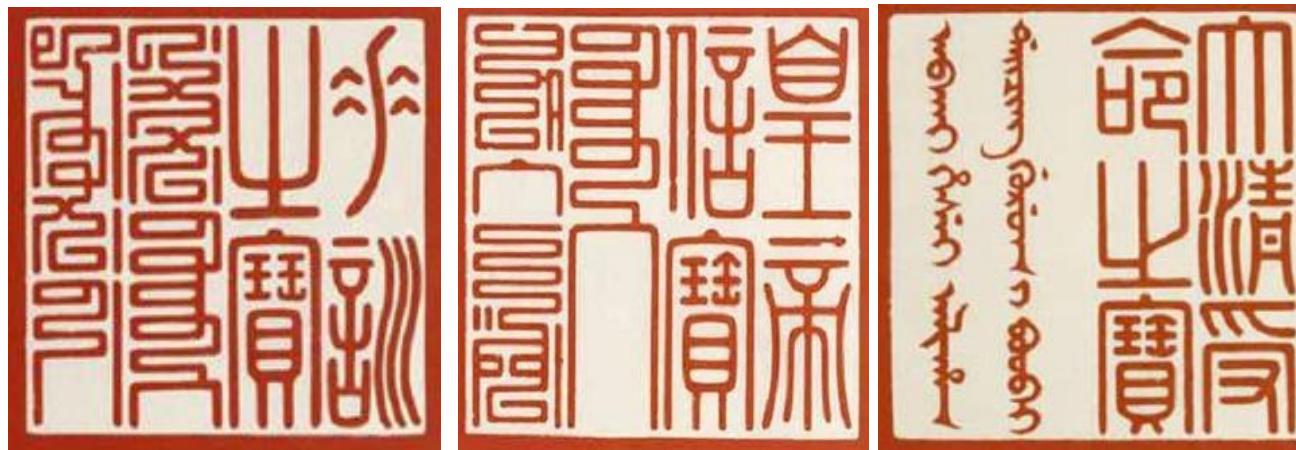
福



第一章 绪论

● 模式识别历史的简短回顾

- 在中国古代，盛行用印章和指纹作为鉴别身份的特征。



印章识别，指纹识别

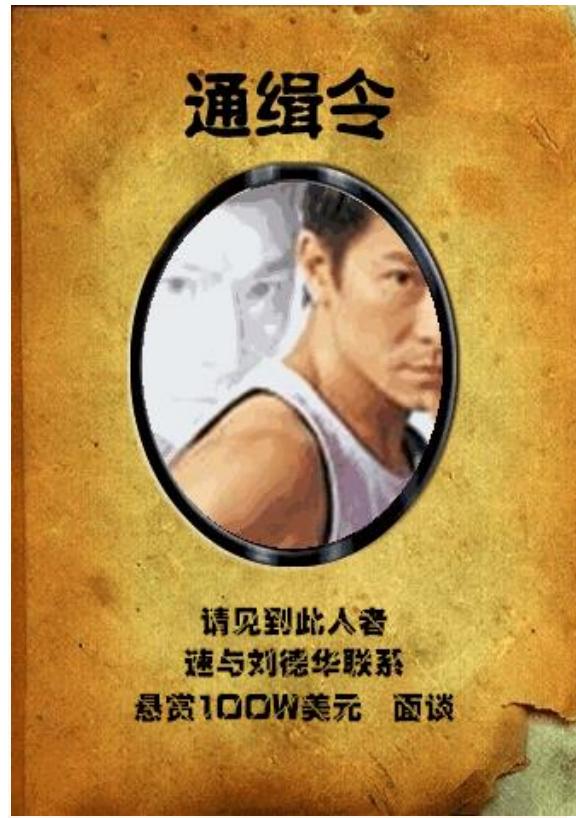


中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

第一章 绪论

● 模式识别历史的简短回顾

- 在中国古代，盛行用人头像作为鉴别身份的特征。



例如，通缉犯人时，为了获得更多的缉拿线索，一般采取张榜悬赏的方法。其榜文即为现时的通缉令。

水浒情节：魯提轄三拳打死镇关西后不得已外逃。途中，挤到人群中看捉拿自己的告示。



人像识别，人脸识别

第一章 绪论

● 模式识别历史的简短回顾（以指纹识别为例）

- 19世纪后期，出现现代意义上的指纹识别。

Henry Fauld, Oct. 28 1880, Nature.

William Herschel , Nature.

Sir Francis Galton, 1892.

✓ 指纹细节特征分类：

斗型(Whorl) , 箕型(Loop)、弧型(Arch)

Edward Henry, 1899.

✓ Henry指纹分类系统

- 20世纪60年代，出现计算机指纹识别。

自动指纹识别系统AFIS, 1960, 美、英、法，司法领域。

第一章 绪论

● 模式识别历史的简短回顾（以语音识别为例）

- **1950年代**

实现单个英文数字的语音识别系统。

- **1960年代**

动态规划和线性预测分析技术

- **1970年代**

动态时间归正技术，矢量量化和隐马尔可夫模型

- **1980年代**

隐马尔可夫模型的工程应用

- **2010年代**

深度神经网络技术



第一章 绪论

● 模式识别大事记

- ✓ 1929 年, G. Tauschek, 获德国光学字符识别专利。
- ✓ 1936 年, R.A. Fisher, 多元统计分析和鉴别分析。
- ✓ 1957 年, C.K. Chow, 基于统计决策的字符识别。
- ✓ 1966 年, IBM组织召开第一次模式识别专题学术会议。
- ✓ 1972年, 第一届国际模式识别大会 (ICPR) 召开。
- ✓ 1978年, 国际模式识别协会 (IAPR) 正式成立。

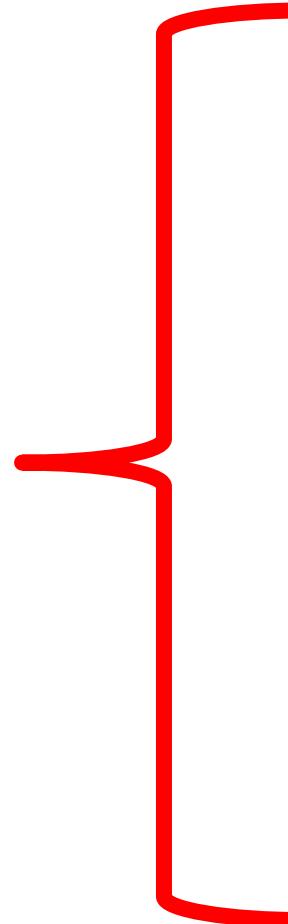


从内容到形式, 标志模式识别领域的形成。

第一章 绪论

● 模式识别大家族

工业领域
农业领域
商业领域
安全领域
军事领域
办公领域
医学领域
网络领域



- ✓ 指纹识别
- ✓ 人脸识别
- ✓ 虹膜识别
- ✓ 手形识别
- ✓ 掌纹识别
- ✓ 语音识别
- ✓ 签名识别
- ✓ 步态识别



第一章 绪论

- 模式识别关联杂志和主流国际会议

IEEE Trans. On PAMI,IP,SP,C

Pattern Recognition

Pattern Recognition Letters

Machine Learning

IJCAI International Joint Conference on
Artificial Intelligence

CVPR IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition

ICML International Conference on Machine Learning

AAAI AAAI Conference on Artificial Intelligence

ICPR International Conference on Pattern Recognition

§ 1.1 模式和模式识别

模式识别  Pattern Recognition

何谓模式？

本意：供模仿用的、完美无缺的标本。

领域定义：存在于空间和时间中的可观测事物的全体。

基本属性：可观测，即可由某种类型的传感装置获取或采集。

模式类：由彼此相似的模式构成的集合。

模式类别：赋予每个模式类的标识符。

应用场景下的涵义：以一定的观测手段，在一定的观测条件下对特定事物进行观测所获得的被观测事物的具体表象。

观测样本：观测中所获得的被观测事物的分布信息。

试验：为获取观测样本所进行的观测。

§ 1.1 模式和模式识别

模式识别  Pattern Recognition

何谓识别？

识别 = Recognition = Re + cognition

侧重于对人的认知行为进行模仿，把人的知识和经验转化为可以为机器所利用的一些规则和方法，赋予机器对被观测事物进行综合分析和自动分类的能力，使机器可以根据被观测事物过往的观测样本形成相应的分类规则并据此完成对新的观测样本进行分类的任务。

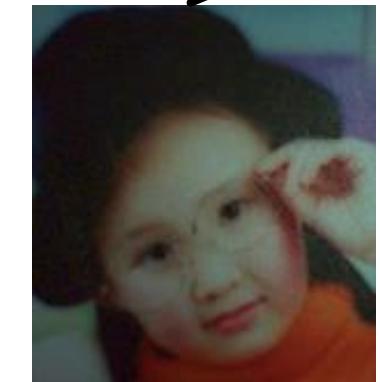
难点所在：观测样本中不仅包含待识别特定事物的固有信息，也包含有害的环境信息。因此如何排除环境干扰是进行正确分类的关键。

§ 1.1 模式和模式识别

形成模式类**KW**



观测样本



形成模式类**YZ**

§ 1.1 模式和模式识别



任务：设计一个识别器，使对于给定的人脸观测样本，能判断其类别归属。

人：能力与生俱来，执行轻而易举。

机器：无从下手，非常困难。

为什么？ 摄像条件存在差异

- 光照条件
- 人脸姿态
- 人脸表情
- 发型及附属物
- 岁月的痕迹



§ 1.1 模式和模式识别

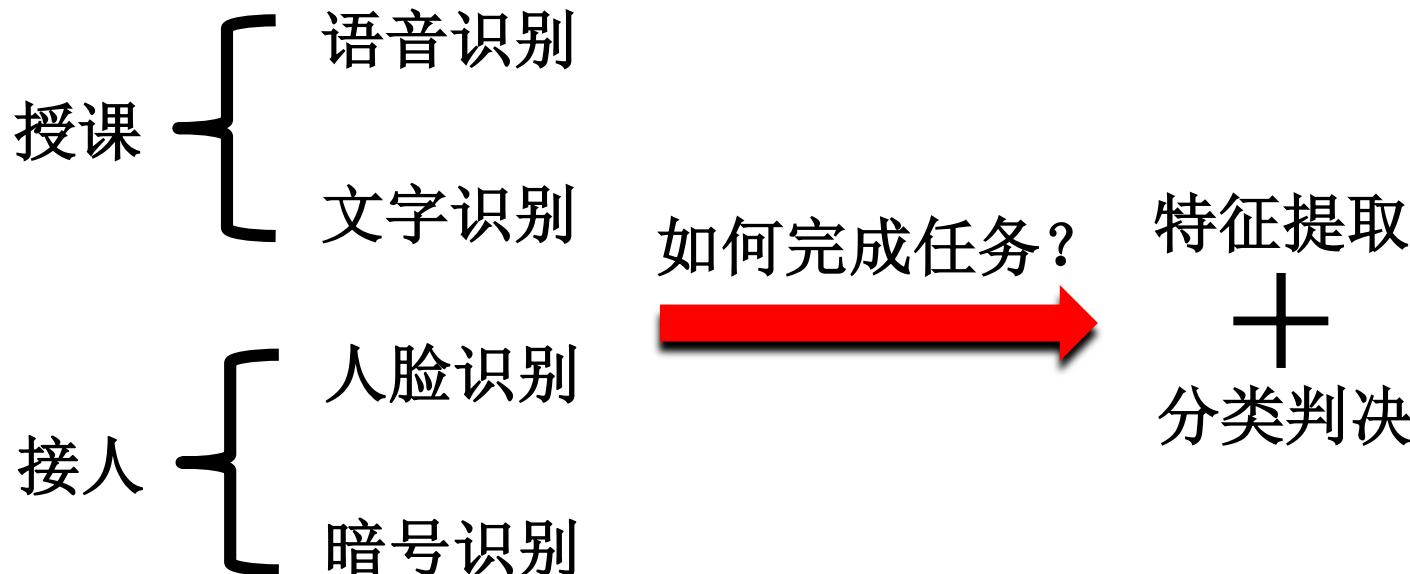
如何解决困难？

选择合适的识别特征：

可区分性 不同类别观测样本之间具有可区分特征。

相似性 同类别观测样本之间具有相似特征。

日常生活中的模式识别过程



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



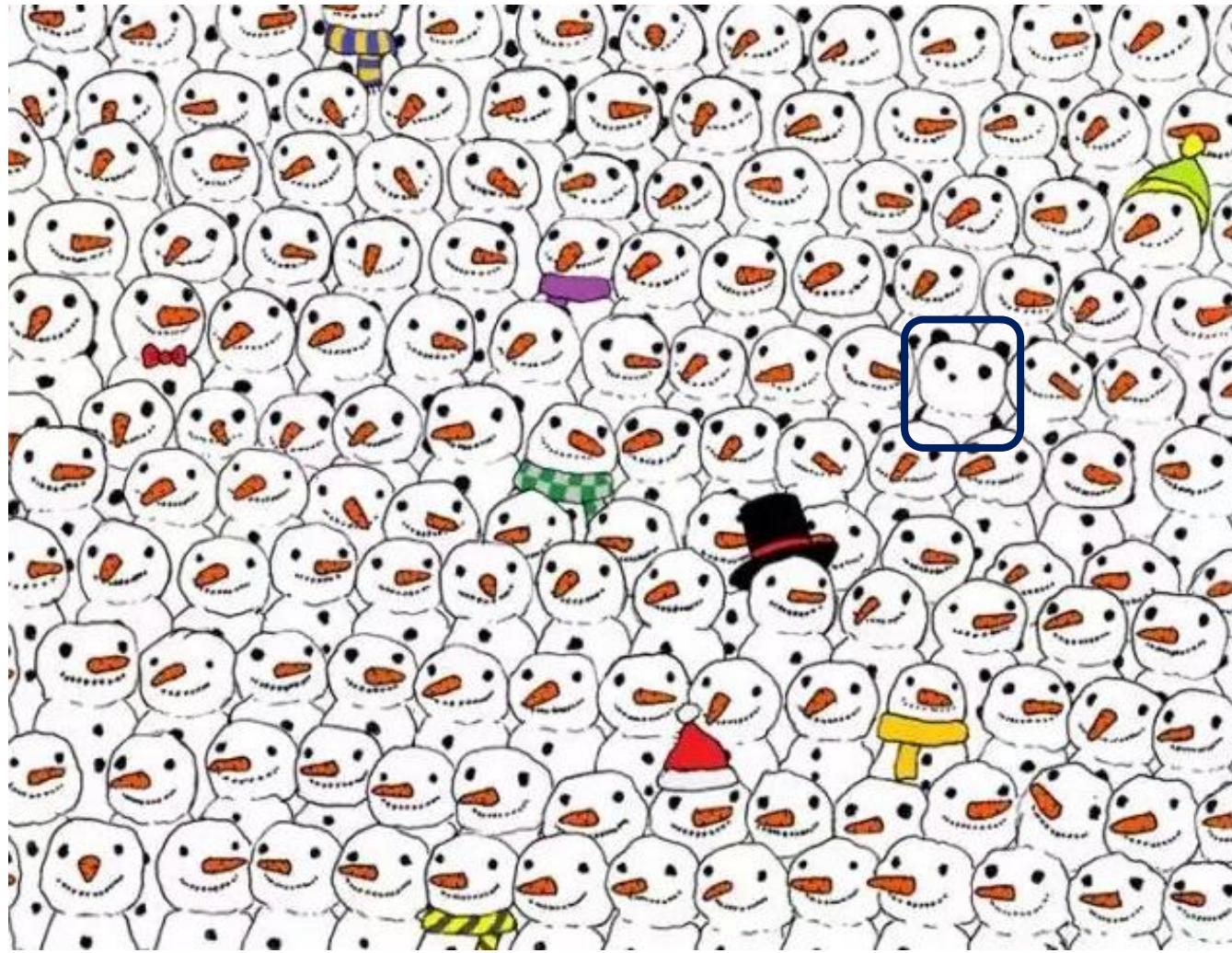
§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子：找熊猫宝宝



§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子：汉字找茬

昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 **昨** 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨

§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子：汉字找茬

昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨
昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨 昨

§ 1.1 模式和模式识别

识别困难的例子：汉字找茬

§ 1.1 模式和模式识别

容易发生识别错误的例子：图像识别



胡萝卜

§ 1.1 模式和模式识别

容易发生识别错误的例子：图像识别



萝卜

§ 1.1 模式和模式识别

容易发生识别错误的例子：语义理解



§ 1.1 模式和模式识别

容易发生识别错误的例子：相似事物

- 举例：家庭趣话
- 人物：小明，爸爸，妈妈。
- 地点：起居室

妈妈：家务劳动，人人有责

小明：家务劳动，大人有责

爸爸：家务劳动，夫人有责

§ 1.1 模式和模式识别

模式识别的分类目标随用途而异

例：基于语音的识别

语音识别（语言理解） 音素 → 单词 → 词组 → 句子

话者识别 判断输入语音为谁所发出。

模式识别过程：

通过对观测样本的分析完成对输入模式的分类和描述。

模式识别研究的目的

- 由机器代替人完成所需要的识别任务，把人从繁重和枯燥的劳动中解放出来。
- 扩展人的能力，代替人完成人所不能完成的识别任务。

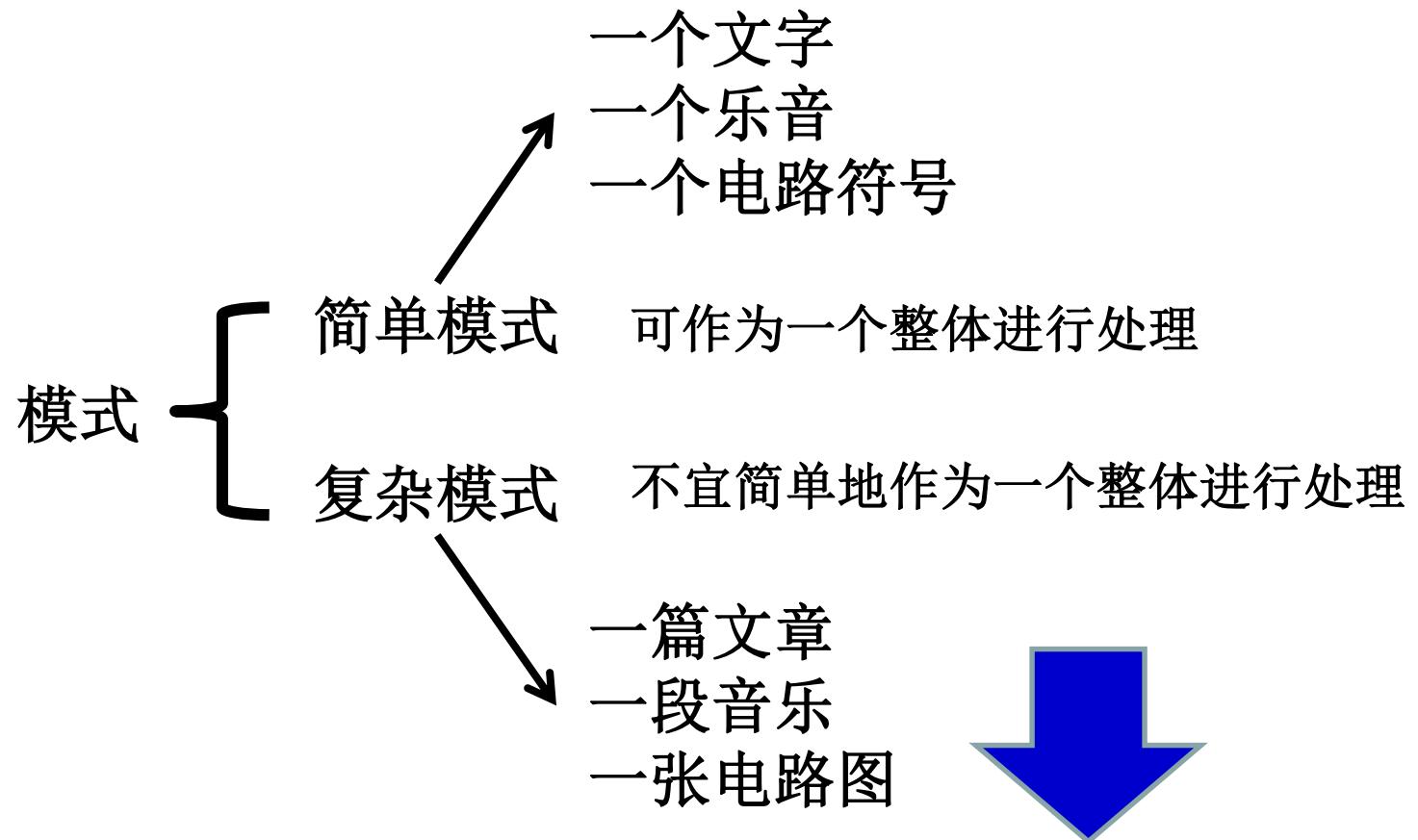
例：印刷电路板的质量检测

§ 1.1 模式和模式识别

模式识别小结

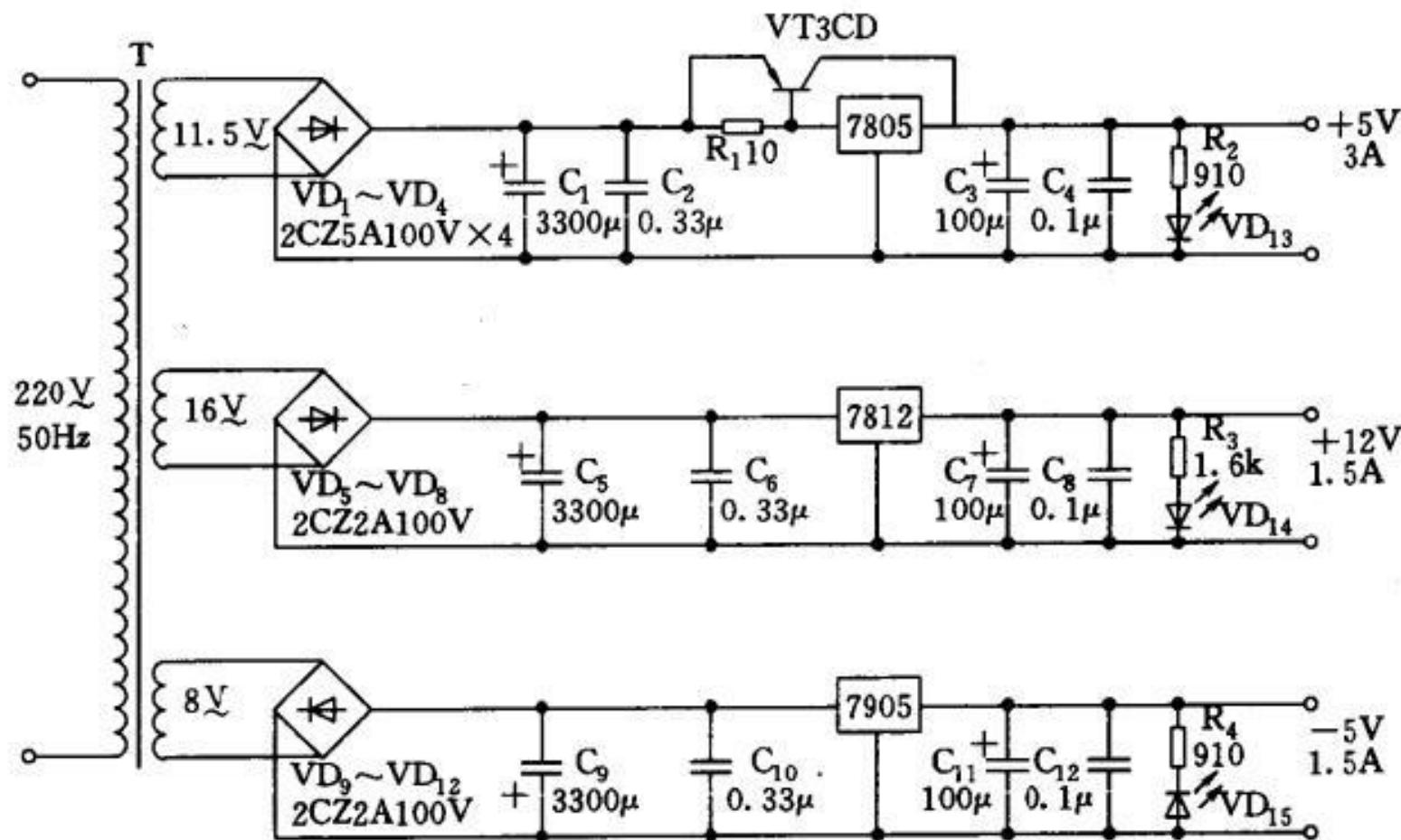
模式识别是一门应用范围非常广、目的性特别强的学科。作为一门技术学科，模式识别学科的任务是研究相应的自动技术，依靠这种技术可以让机器自动地对输入模式（即观测样本）进行分类和识别以完成通常需要由人类来完成的分类和识别功能。

§ 1.2 模式的分类

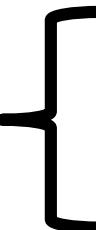


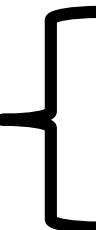
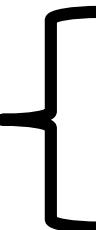
需要将它分解为更为简单的组成部分，并分析各组成部分之间的相互关系。

§ 1.2 模式的分类

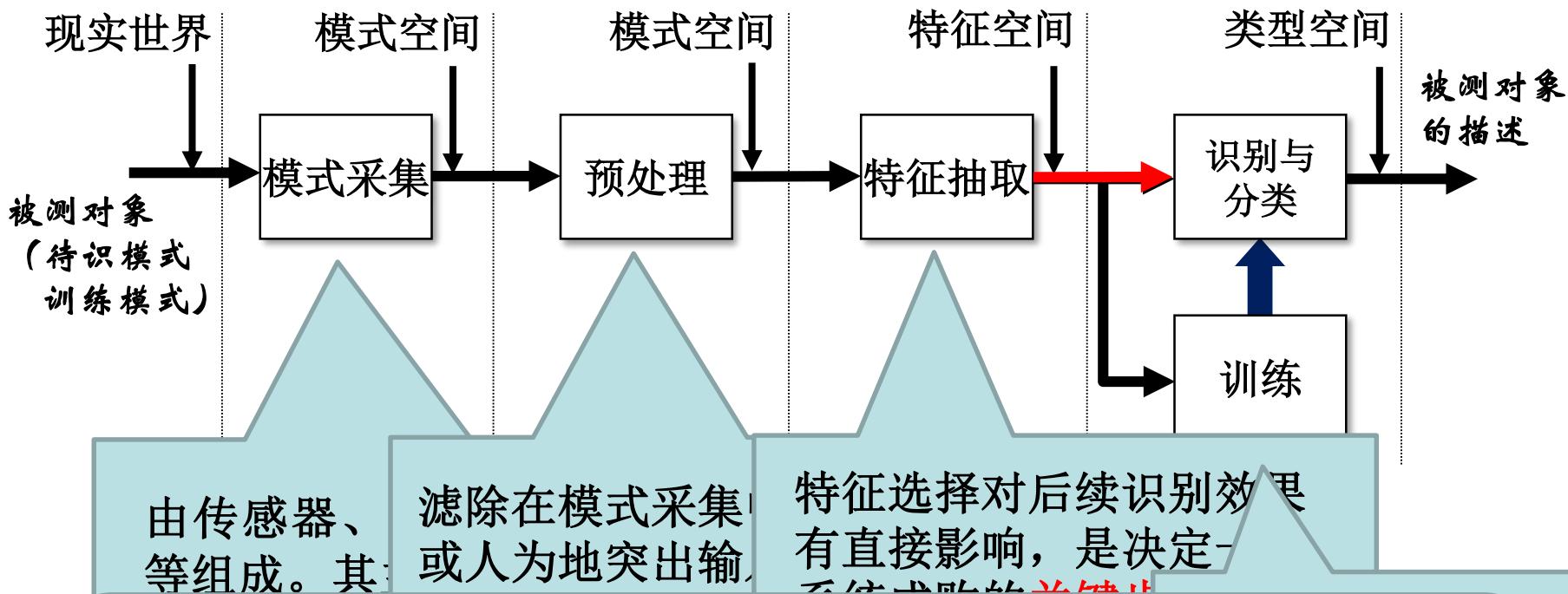


§ 1.2 模式的分类

模式  空间模式 彩色图像（被测对象在图像平面的投影）
模式  时间模式 语音信号
时空模式 视频

模式  确定性模式
模式  随机模式

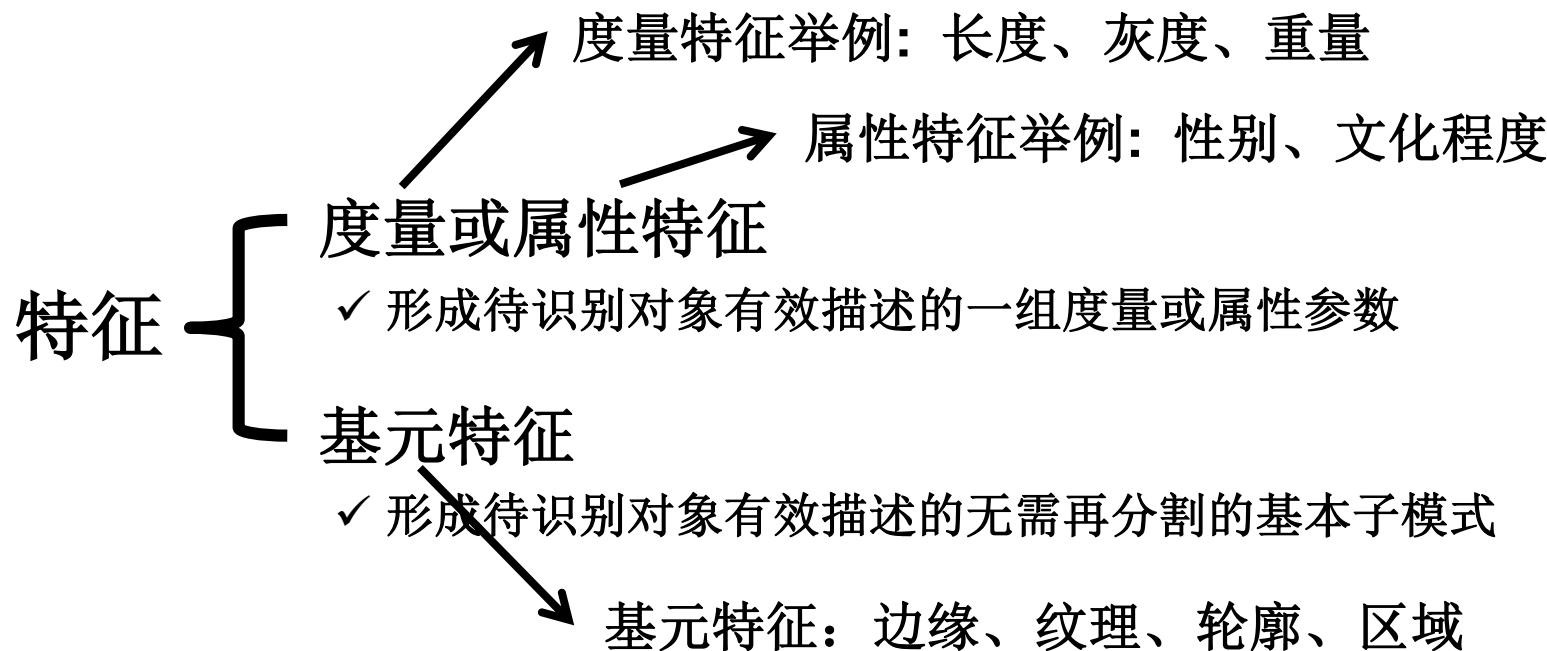
§ 1.3 模式识别系统的基本构成



模式识别是一个过程，它将现实世界中的被测对象通过一系列的变换和处理映射为符号世界中被测对象的分类和描述。

§ 1.3 模式识别系统的基本构成

特征选择和抽取



如何描述待识别对象?

- 人 → 身高、体重、性别、文化程度
 - 汉字 → 点、横、竖、撇、捺等笔画基元及其连接关系
- 不同的对象需要不同的特征!

§ 1.3 模式识别系统的基本构成

特征表达 —— 特征向量方法

待处理对象：人

$x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4$

用于表征人的一组特征：身高、体重、性别、文化程度

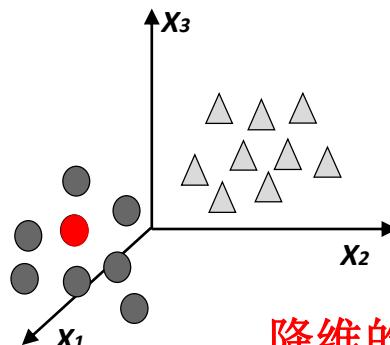
→ 人名（身高、体重、性别、文化程度） $Man-Name(x_1, x_2, x_3, x_4)$

模式空间

降维

特征向量（不至于混淆时，亦称其为观测样本。）

特征空间（特征空间的维数一般很小）

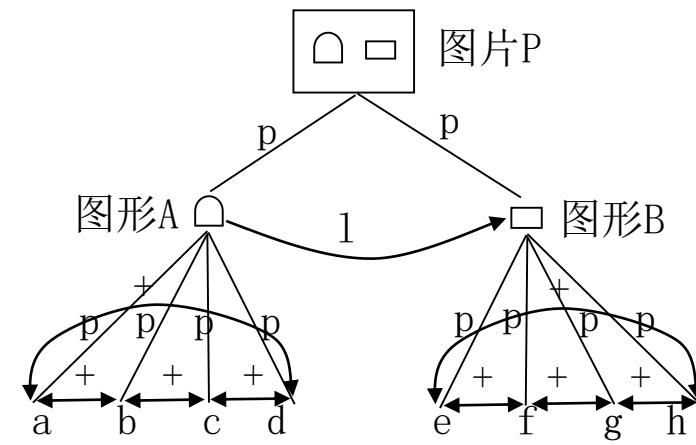
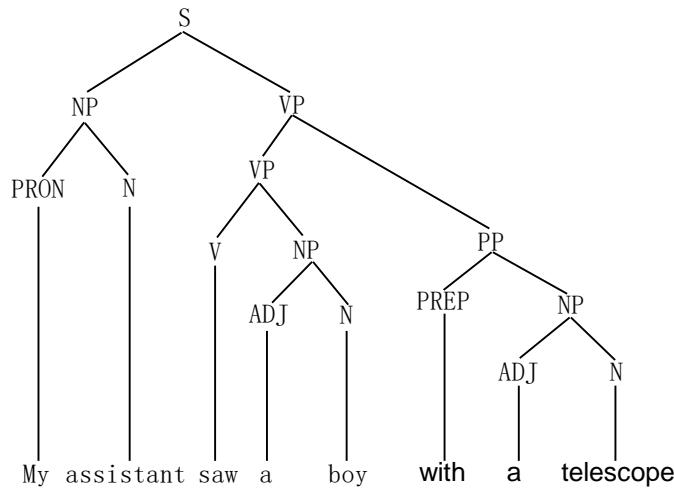


降维的目的是为了获取输入模式更本质的特征表达

§ 1.3 模式识别系统的基本构成

特征表达 —— 结构方法

- 如果所选择的特征是一组基元特征，则从基元之间的连接关系出发来表达输入模式是一种更恰当的选择。
- 相应的模式可用一个具有一定结构的树或图来表示。



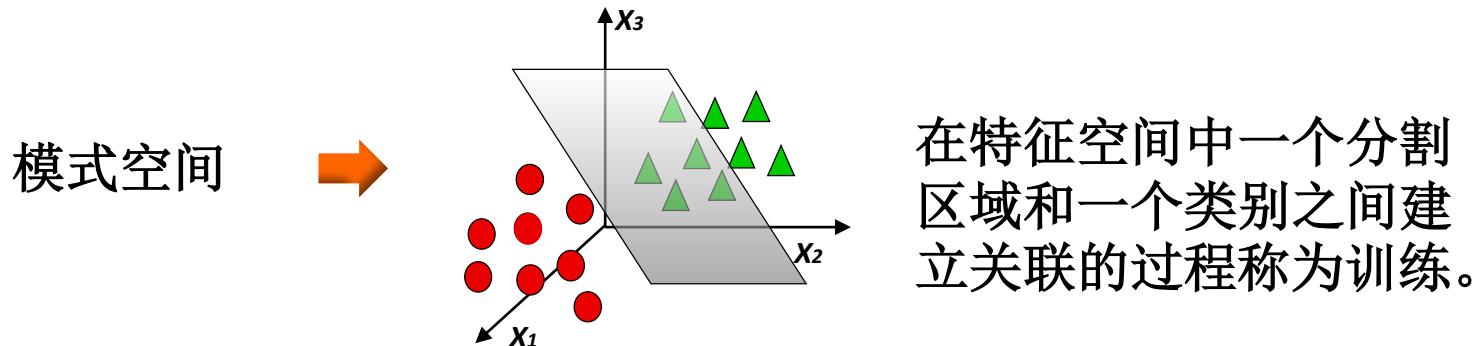
§ 1.3 模式识别系统的基本构成

分类与识别

当一个输入模式可被表征为特征空间中的一个特征向量时，相应的分类问题转化为特征空间的分割问题。

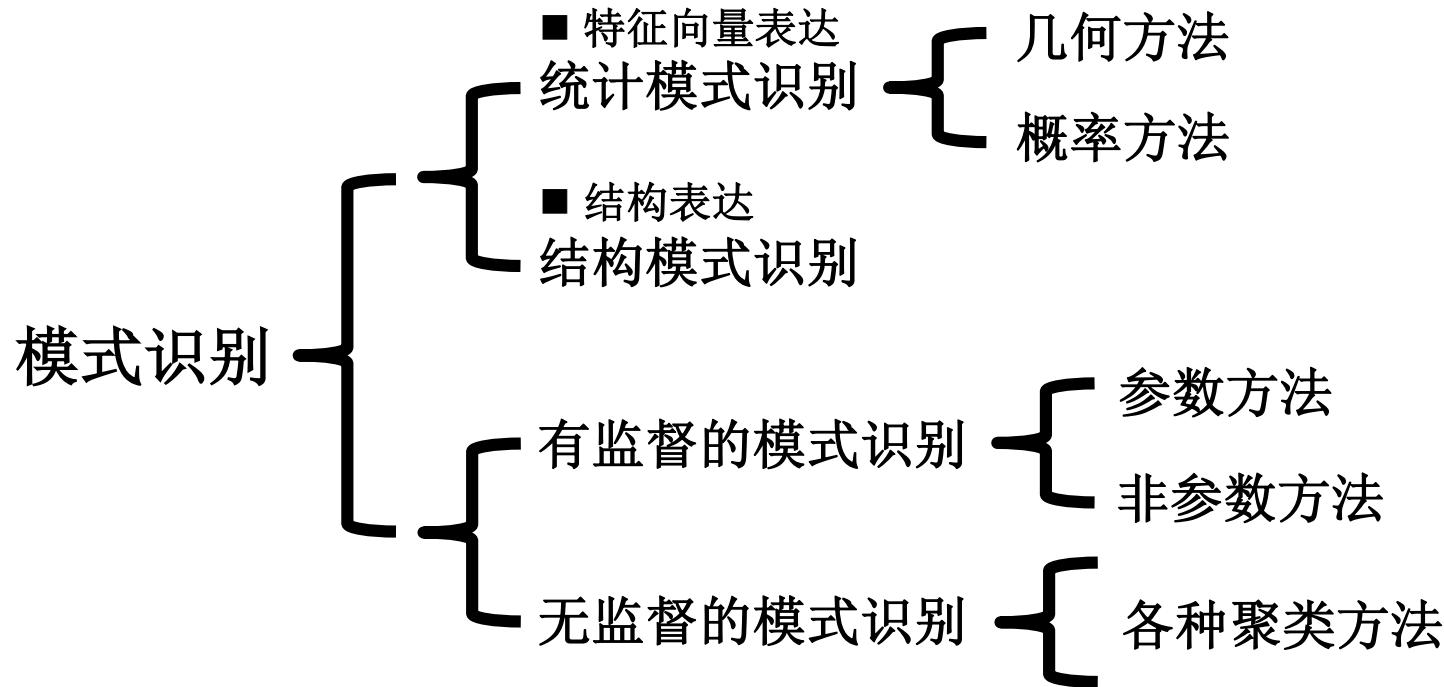
如何完成分割任务？

1. 对待识别对象进行观测，获取其大量的观测样本。
2. 通过特征抽取步骤将上述观测样本映射到特征空间中。
3. 根据观测样本在特征空间中的分布情况对特征空间实施分割，将其分割成若干个只包含来自同一个类别的样本的区域。

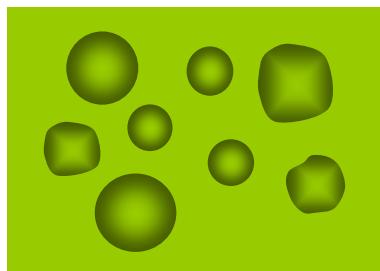


§ 1.4 模式识别方法及其分类

- 所采用的模式表达方式不同，相应的识别和分类方法一般也不同。
- 模式的表达方式在某种程度上直接决定了所采用的识别方法本身。

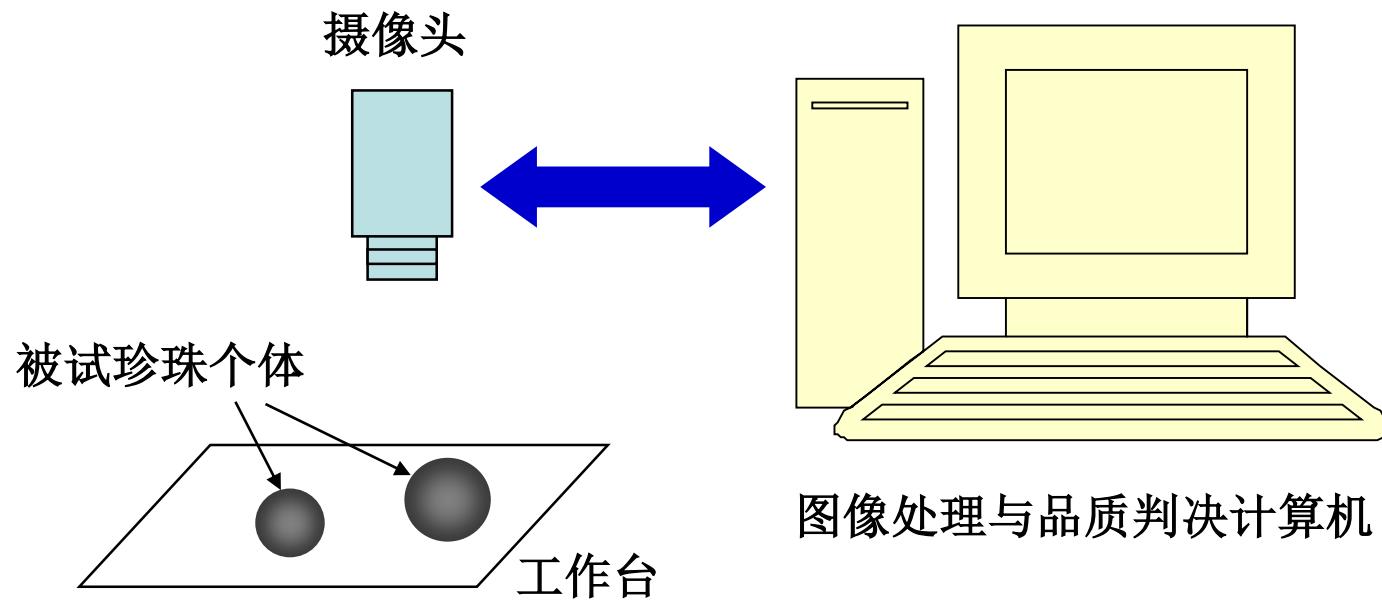


§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

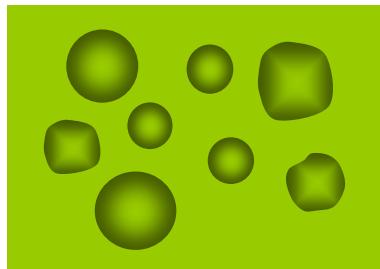


任务：设计一个识别器，对被测试珍珠个体的品质做出评判。

■ 珍珠品质图像评测系统构成



§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

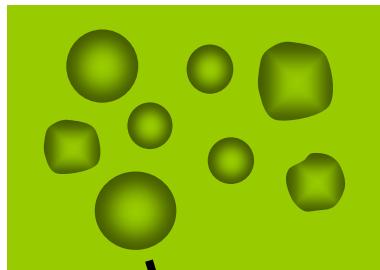


问题：如何确定识别时所使用的图像特征？

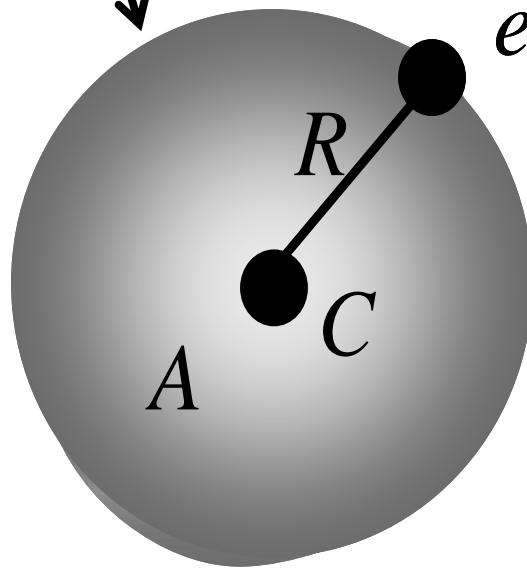
珍珠品质的好坏由**圆度**、**大小**和光泽等多个因素决定。



§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别



问题：如何根据珍珠的图像特征来定义珍珠的圆度和大小？



■ 圆度

$$RD = \frac{R_{max} - R_{min}}{\bar{R}}$$

■ 大小

$$A = \text{珍珠的图像面积}$$

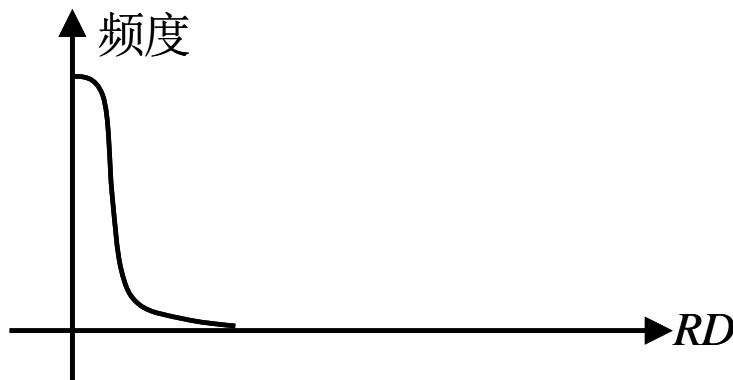
- ✓ RD 的值越小，则珍珠的圆度越好。
- ✓ A 的值越大，则珍珠的品质越好。

§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

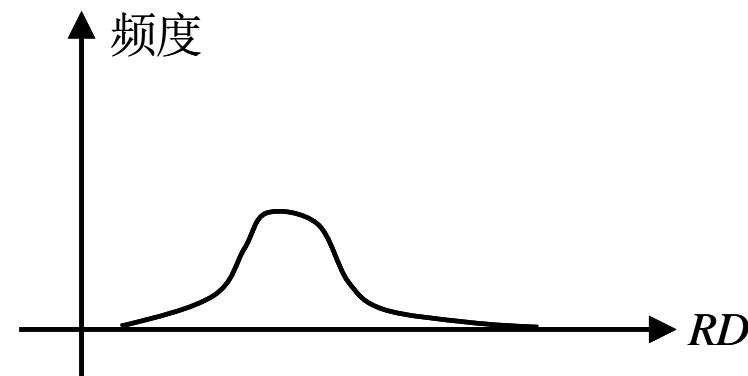
◆ 基于圆度指标的有监督概率分类法

✓ 建立珍珠圆度的概率模型

方法：利用一定数量的珍珠作为训练样本，由质量评价专家对这些珍珠样本的品质进行分类。为简单起见，假设将珍珠样本分成两类：合格品和次品。



合格品圆度统计直方图



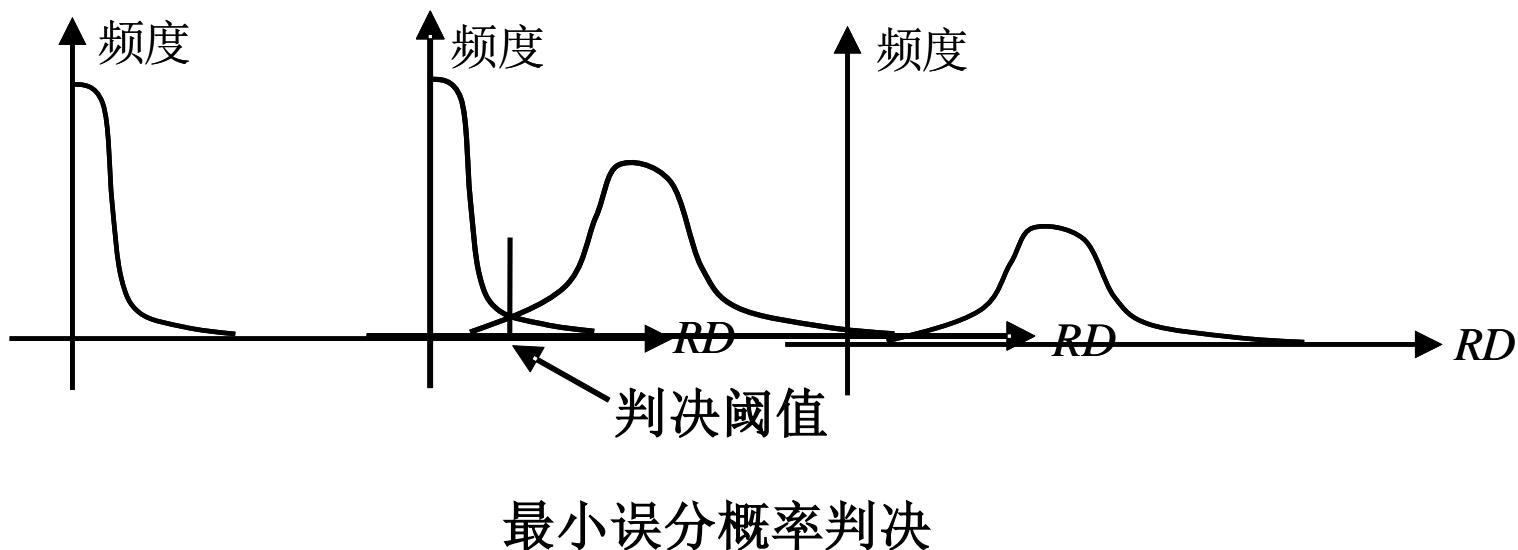
次品圆度统计直方图

§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

◆ 基于圆度指标的有监督概率分类法

- ✓ 基于圆度的概率模型进行分类判决

判决规则：当一个珍珠样本的圆度指标取值小于某个给定的阈值时，判该样本为合格品；否则，判该样本为次品。



§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

◆ 基于圆度和大小指标的二维几何分类法

为简单起见，仍假设将珍珠样本分成合格品和次品两个类别。

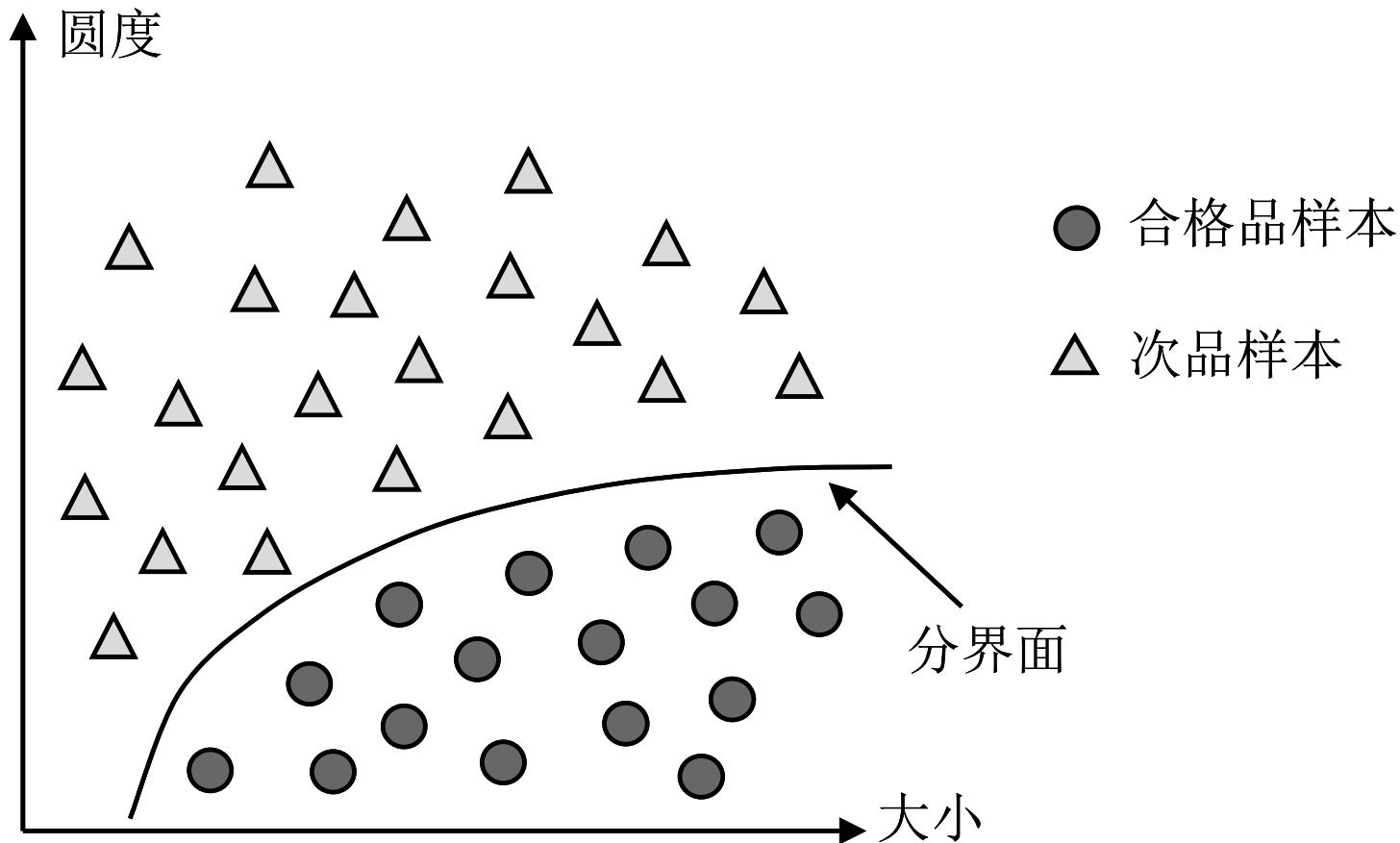
选用圆度和大小两个指标作为依据，使用几何分类法完成相应的品质判别任务。

主要步骤

- ✓ 以圆度和大小为参数构建二维圆度-大小特征空间。
- ✓ 以一定数量的珍珠作为训练样本获取不同品质的珍珠在特征空间中的分布。
- ✓ 根据不同品质的珍珠在特征空间中的分布情况，确定一个分界面将特征空间划分为分别属于合格品和次品的两个区域。

§ 1.5 模式识别举例-珍珠鉴别

◆ 基于圆度和大小指标的二维几何分类法



§ 1.5 模式识别举例-人脸识别

对照明条件和姿态变化鲁棒的人脸识别



§ 1.5 模式识别举例-情感识别

人脸表情识别



§ 1.5 模式识别举例-语音识别

讯飞语音识别系统



§ 1.5 模式识别举例-乐音识别

自动伴奏系统



MIDI Device Demo

File Preferences Help

General MIDI Patch Select

Acoustic Grand Piano ▾

MIDI Events Received

Command:	Data
Channel	Data

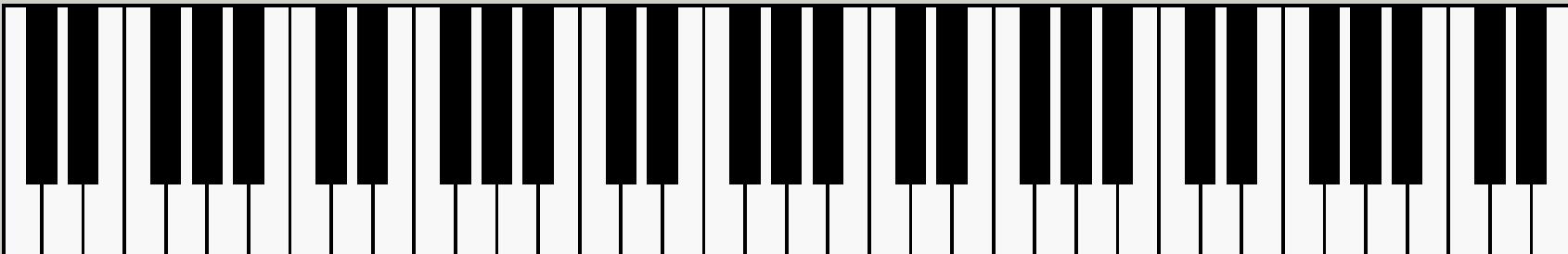
CreatePieceArrayRes

PlayStream

CreatePieceArrayDes

ReadyForPlay

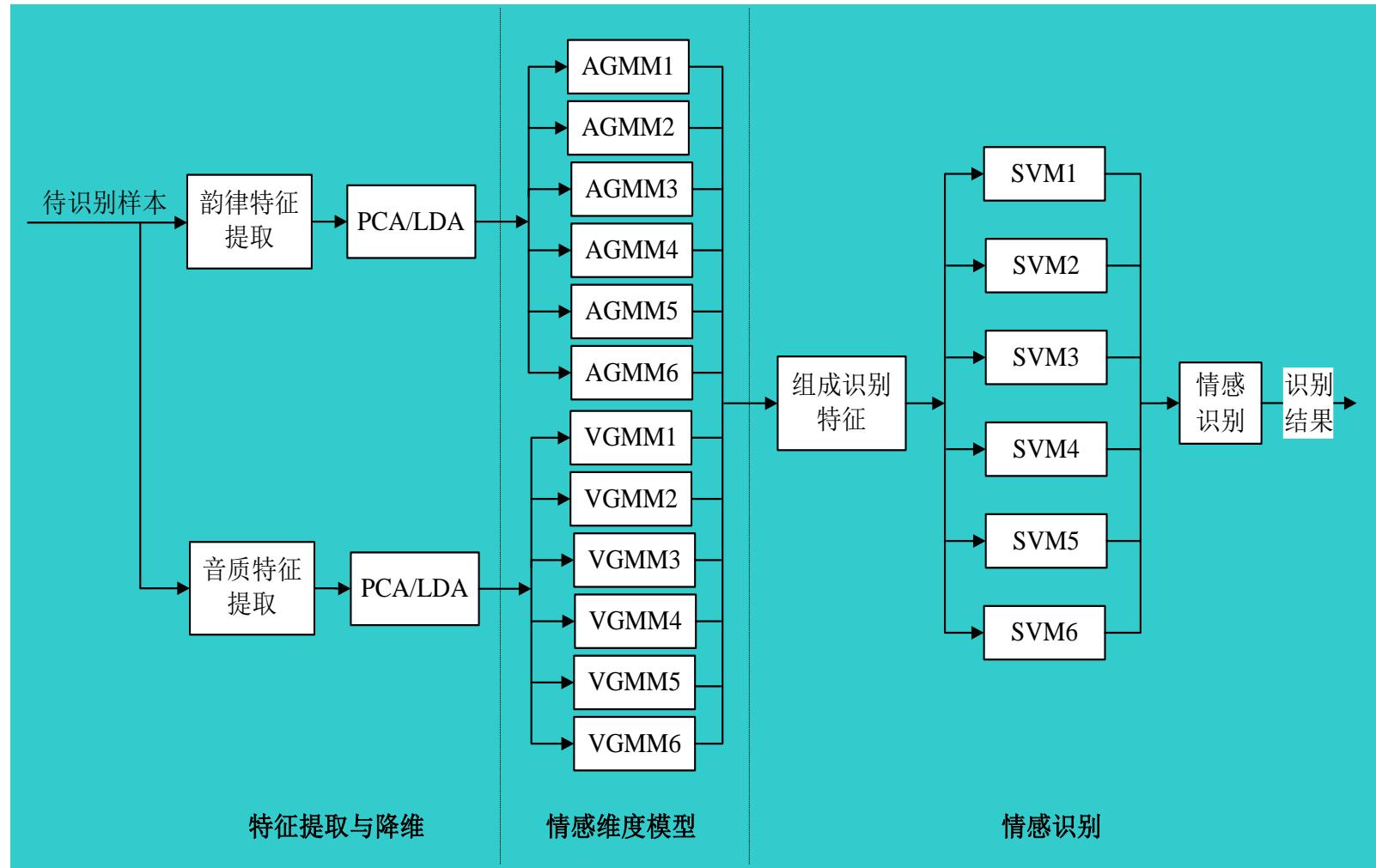
ReadyForPlay



A virtual piano keyboard with black and white keys, positioned at the bottom of the application window.

§ 1.5 模式识别举例-情感识别

语音情感识别



§ 1.5 模式识别举例-情感识别

新型类人机器人



§ 1.5 模式识别举例-增强现实

基于图像识别的增强现实



§ 1.5 模式识别举例-最新进展

艺术与幻觉



§ 1.5 模式识别举例-最新进展

最新图像识别进展

- 谷歌图像识别最新进展：可对图片场景进行准确描述

Describes without errors	Describes with minor errors	Somewhat related to the image	Unrelated to the image
			
A person riding a motorcycle on a dirt road.	Two dogs play in the grass.	A skateboarder does a trick on a ramp.	A dog is jumping to catch a frisbee.
			
A group of young people playing a game of frisbee.	Two hockey players are fighting over the puck.	A little girl in a pink hat is blowing bubbles.	A refrigerator filled with lots of food and drinks.
			
A herd of elephants walking across a dry grass field.	A close up of a cat laying on a couch.	A red motorcycle parked on the side of the road.	A yellow school bus parked in a parking lot.



§ 1.5 模式识别举例-最新进展

最新图像识别进展

- 谷歌图像识别最新进展：可对图片场景进行准确描述

在不远的将来，谷歌的图形识别引擎或许不仅能够识别出照片中的对象，还能够对整个场景进行准确的描述。

该突破性的进展来自于机器语言翻译领域的研究成果：
通过一种递归神经网络（RNN）将一种语言的语句转换成向量表达，并采用第二个RNN将向量表达转换成目标语言的语句。

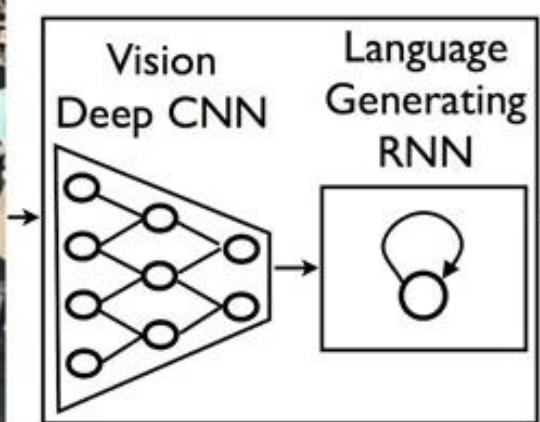
谷歌的工作：

将以上过程中的第一个RNN用深度卷积神经网络CNN取代，并据此识别图像中的物体。

§ 1.5 模式识别举例-最新进展

最新图像识别进展

- 谷歌图像识别最新进展：可对图片场景进行准确描述



A group of people shopping at an outdoor market.

There are many vegetables at the fruit stand.

§ 1.5 模式识别举例-最新进展

谷歌智能驾驶研究案例



§ 1.5 模式识别举例-最新进展

Atlas机器人研究案例



§ 1.6 怎样学好模式识别课程？

学习的过程都是相似的！

科学上没有坦途，只有那些不畏艰险，沿着陡峭山峰
向上攀登的人，才有希望到达光辉的顶点。

学习《模式识别》课程，好比学习作诗词。

诗词创作，讲究合辙押韵；
模式识别也是，有其固有的套路。

形式和内容同样重要！

汝欲果学诗，功夫在诗外。



若干图片和视频材料
取自网络，特此致谢。



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



谢谢聆听！



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



中国科学技术大学



