

# 模式识别

# Pattern Recognition

苏智勇

可视计算研究组

南京理工大学

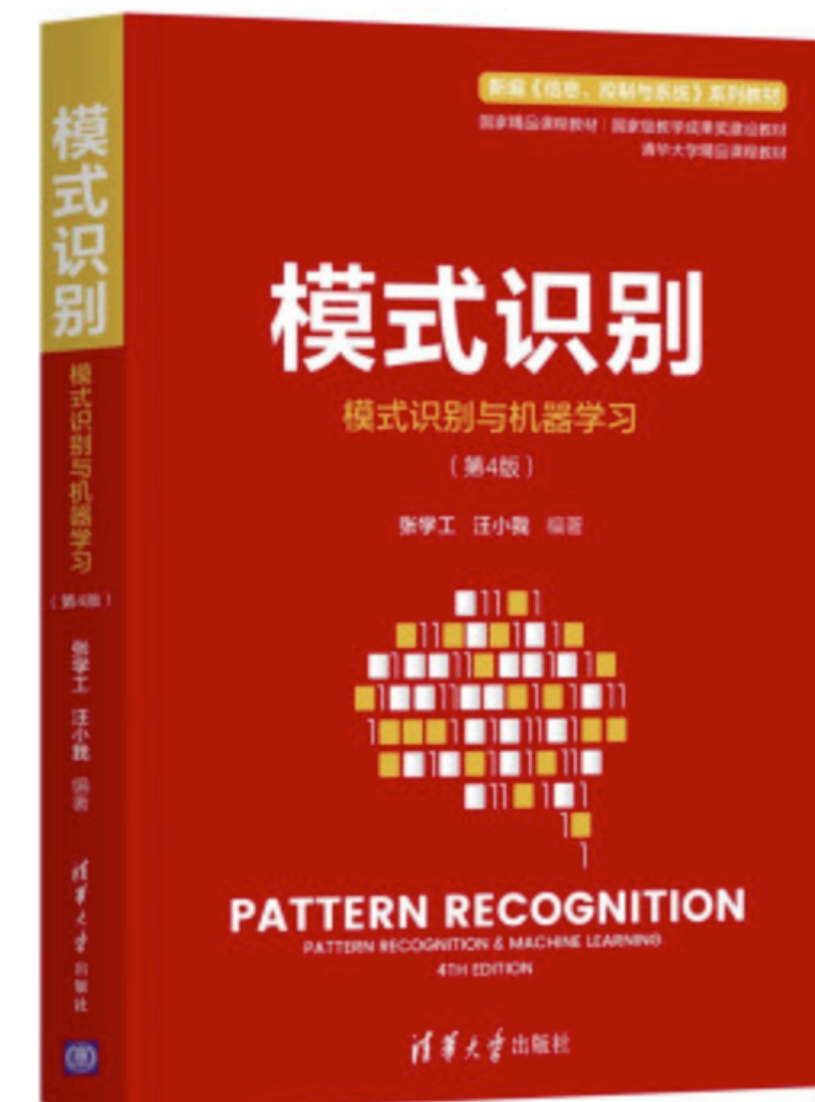
[suzhiyong@njust.edu.cn](mailto:suzhiyong@njust.edu.cn)

<https://zhiyongsu.github.io>

# 课程说明

## 一、教材

- 教材：《模式识别》（第四版），张学工主编，清华大学出版社，2021
- 参考资料：
  - [吴恩达《Machine Learning》公开课](#)
  - 李航《统计学习方法》
  - S.Theodoridis《Pattern Recognition》
  - 周志华《机器学习》



# 课程说明

## 二、课程内容

- 第一章 绪论
- 第二章 统计决策方法
- 第三章 概率密度函数的估计
- 第四章 隐马尔可夫模型与贝叶斯网络
- 第五章 线性学习机器与线性分类器
- 第六章 典型的非线性分类器

# 课程说明

## 二、课程内容

- 第七章 统计学习理论概要
- 第八章 非参数学习机器与集成学习
- 第九章 特征选择
- 第十章 特征提取与降维表示
- 第十一章 非监督学习与聚类
- 第十二章 模式识别系统的评价

# 课程说明

## 三、预修课程

高等数学、线性代数、概率统计、机器学习。

## 四、考核方式

期末大作业 50% + 平时作业 40% + 考勤 10%

## 五、联系信息

- 课程 QQ 群: 771029620
- 超星在线教学平台-学习通 (作业提交)



# 第一章 绪论

# 主要内容

1.1 引言

1.2 模式与模式识别

1.3 模式识别的主要方法

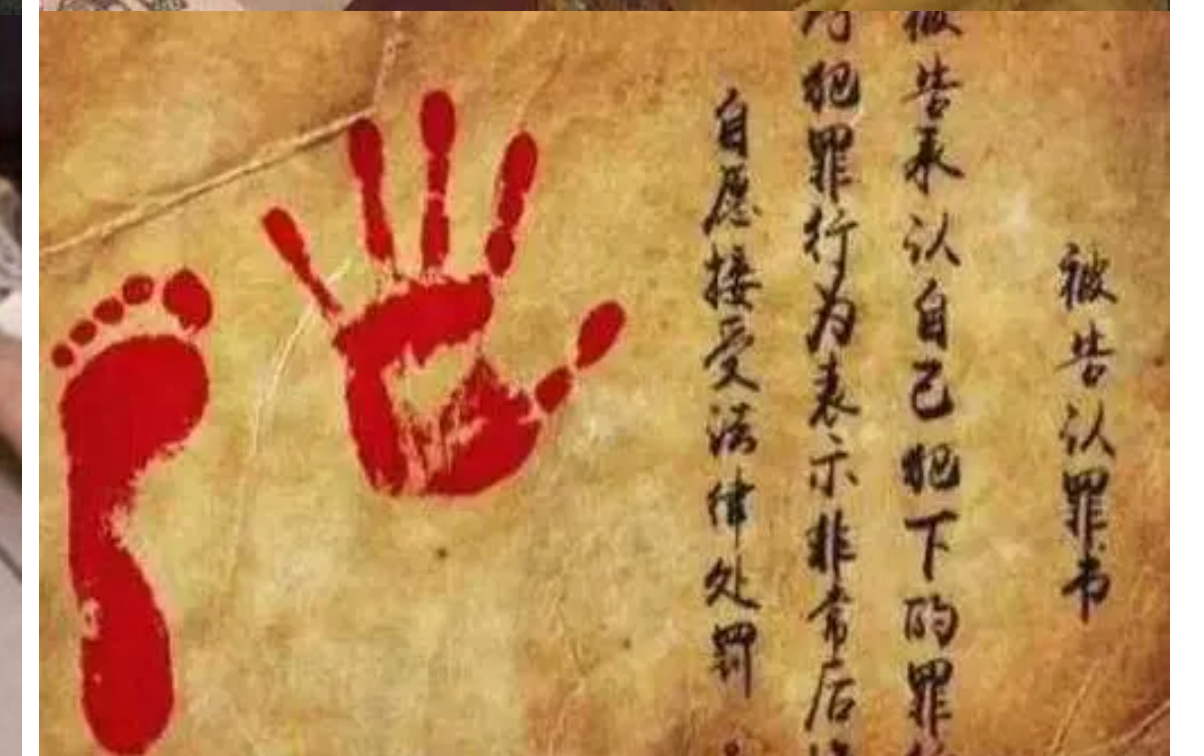
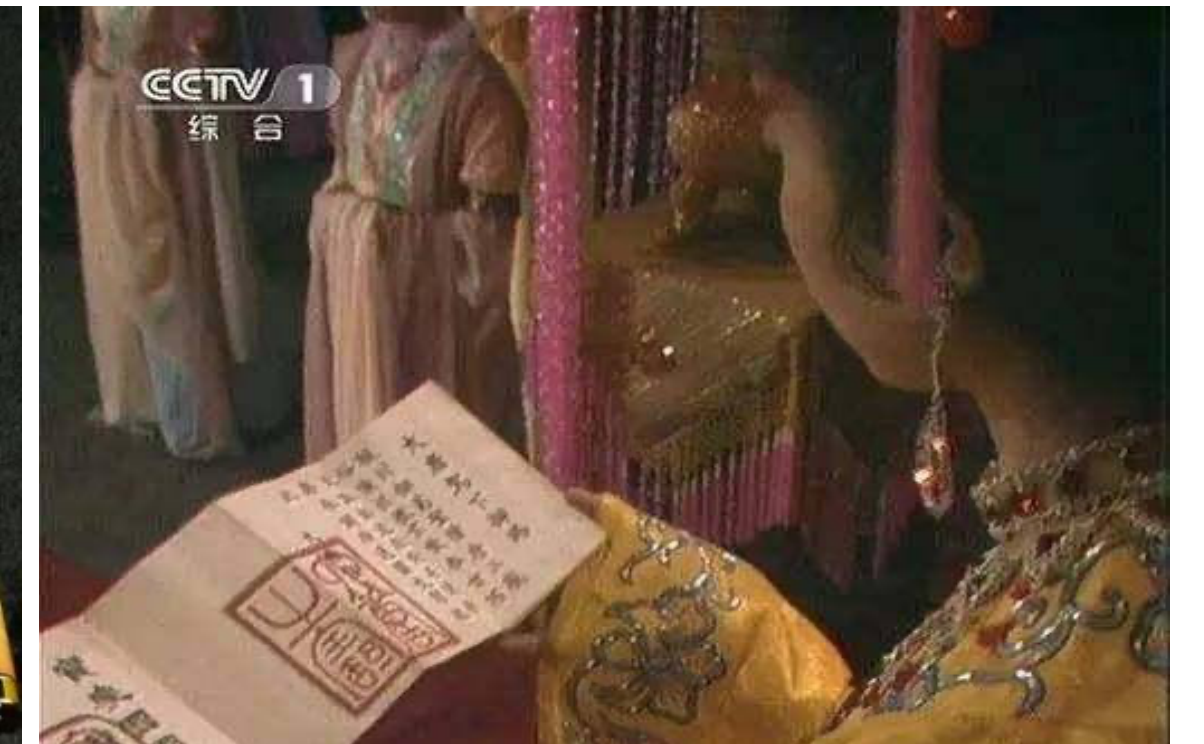
1.4 监督模式识别与非监督模式识别

1.5 模式识别系统举例

1.6 模式识别系统的典型构成

# 1.1 引言

- 模式识别历史简短回顾
  - 古代流行的身份鉴别方式
    - ✓ 印章识别
    - ✓ 指纹识别
    - ✓ 人像识别
    - ✓ .....

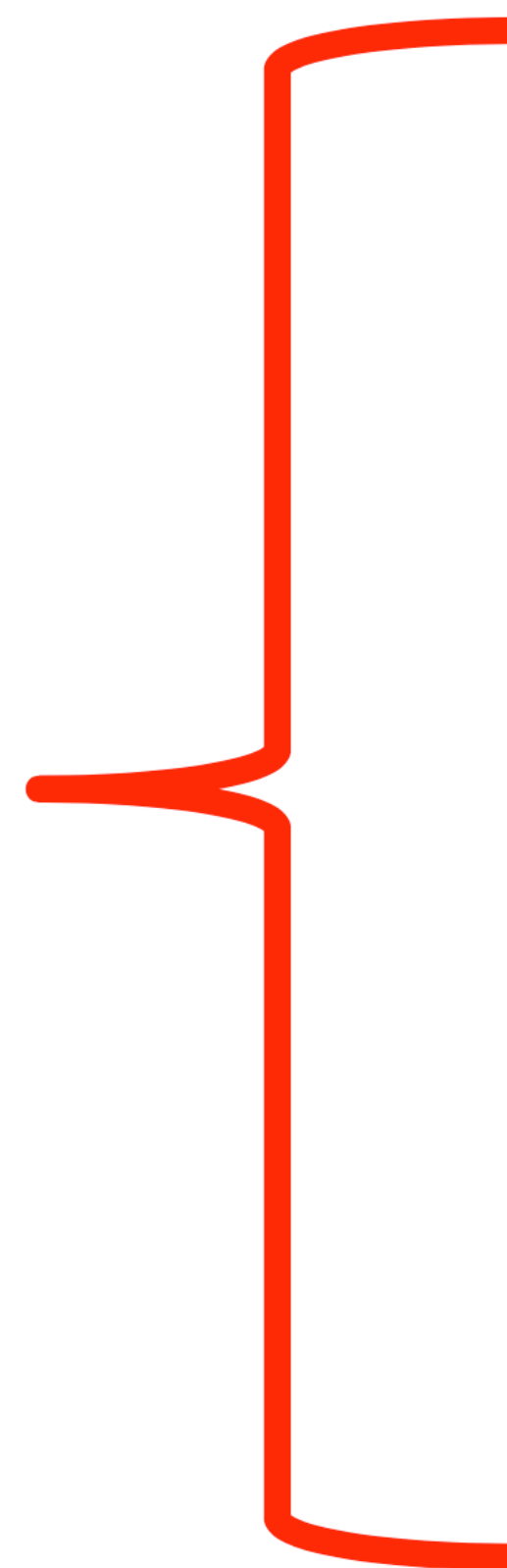




# 1.1 引言

- 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

# 1.1 引言

- 主流国际会议和杂志

- [中国计算机学会推荐国际学术刊物](#)
- [清华大学计算机学科群推荐学术会议和期刊列表](#)

中国计算机学会推荐国际学术刊物  
(● 人工智能)

A类

| 序号 | 刊物名称  | 刊物全称   | 出版社       | 地址  |
|----|-------|--|-----------|---|
| 1  | AI    | Artificial Intelligence  | Elsevier  | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ai/">http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ai/</a>     |
| 2  | TPAMI | IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence | IEEE      | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/journals/pami/">http://dblp.uni-trier.de/db/journals/pami/</a> |
| 3  | IJCV  | International Journal of Computer Vision                       | Springer  | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ijcv/">http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ijcv/</a> |
| 4  | JMLR  | Journal of Machine Learning Research                           | MIT Press | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/journals/jmlr/">http://dblp.uni-trier.de/db/journals/jmlr/</a> |

中国计算机学会推荐国际学术会议  
(● 人工智能)

A类

| 序号 | 刊物名称    | 刊物全称  | 出版社             | 地址  |
|----|---------|---|-----------------|---|
| 1  | AAAI    | AAAI Conference on Artificial Intelligence                      | AAAI            | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/aaai/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/aaai/</a>   |
| 2  | NeurIPS | Conference on Neural Information Processing Systems             | MIT Press       | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/nips/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/nips/</a>   |
| 3  | ACL     | Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics | ACL             | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/acl/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/acl/</a>     |
| 4  | CVPR    | IEEE/CVF Computer Vision and Pattern Recognition Conference     | IEEE            | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/cvpr/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/cvpr/</a>   |
| 5  | ICCV    | International Conference on Computer Vision                     | IEEE            | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/iccv/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/iccv/</a>   |
| 6  | ICML    | International Conference on Machine Learning                    | ACM             | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/icml/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/icml/</a>   |
| 7  | IJCAI   | International Joint Conference on Artificial Intelligence       | Morgan Kaufmann | <a href="http://dblp.uni-trier.de/db/conf/ijcai/">http://dblp.uni-trier.de/db/conf/ijcai/</a> |

# 1.2 模式与模式识别

- 基本概念

- **模式 (Pattern)** : 对客体 (研究对象) 特征的**描述** (定量的或结构的描述), 是取自客观世界的某一样本的测量值的集合 (或综合)
  - ✓ 空间模式 (图像、点云、网格)、时间模式 (语音信号)、时空模式 (视频、动捕数据)
- **模式识别 (Pattern Recognition)** : 确定一个样本的**类别属性** (模式类) 的过程, 即把某一样本归属于多个类型中的某个类型。亦称作**模式分类 (Pattern Classification)** 。
- **样本 (Sample)** : 所研究对象的一个个体。如手写的一个汉字, 一幅图片等。
- **样本集 (Sample Set)** : 若干样本的集合。

# 1.2 模式与模式识别

- 基本概念

- 特征 (Features) : 能描述模式特性的量 (测量值) 。在统计模式识别方法中, 通常用一个向量表示, 称之为特征向量。
- 类或类别 (Class) : 具有某些共同特性的模式的集合。
- 已知样本 (Known Samples) : 事先知道类别标签的样本。
- 未知样本 (Unknown Samples) : 类别标签未知但特征已知的样本。
- 模式识别问题: 用计算的方法根据样本特征将样本划分到一定的类中。

# 1.3 模式识别的主要方法

人工智能 63 年发展史：三起两落

## 人工智能三大学派

- 符号主义 - 逻辑学派
- 连接主义 - 仿生学派
- 行为主义 - 控制论学派

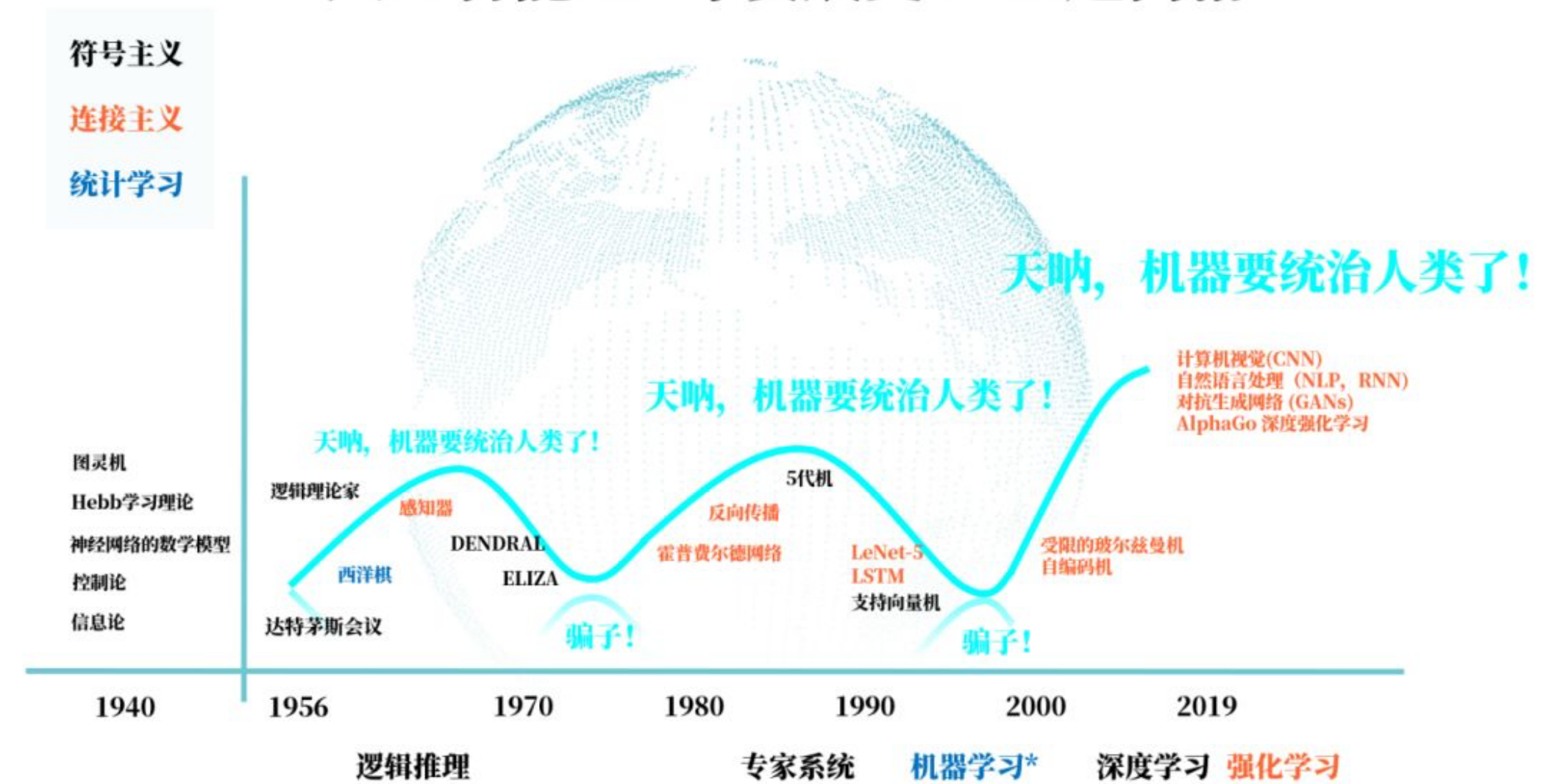


表1 符号主义、联结主义和行为主义的特点

| 学派分类 | 符号主义   | 联结主义   | 行为主义                                    |
|------|--|--|---|
| 别名   | 逻辑主义、心理学派、计算机学派                                | 仿生学派、生理学派  | 进化主义、控制论学派                              |
| 思想起源 | 数理逻辑   | 仿生学  | 控制论                                     |
| 认知基源 | 符号   | 神经元  | 动作                                      |
| 主要原理 | 物理符号系统   | 人工神经网络   | 控制论、感知-控制系统                             |
| 代表成果 | 1957年纽威尔数学定理证明程序LT                             | 神经元数学模型  | 布鲁克斯六足行走机器人                             |
| 研究领域 | 知识工程、专家系统                                      | 机器学习、深度学习  | 智能机器人、智能控制                              |
| 发展阶段 | 1956年提出人工智能概念<br>20世纪80年代快速发展<br>20世纪90年代后发展缓慢 | 1943年开始<br>70年代至80年代低潮<br>90年代快速发展至今               | 20世纪末开始出现并快速发展                          |
| 代表人物 | 纽厄尔(Newell)、西蒙(Simon)和尼尔逊(Nilsson)             | 霍普菲尔德(Hopfield)、鲁梅尔哈特(Rumelhart)和罗森布拉特(Rosenblatt) | 维纳(Wiener)、麦克洛克(McCulloch)和布鲁克斯(Brooks) |

# 1.3 模式识别的主要方法

- 基于知识的方法

很多问题不能通过数学描述和计算求解



望闻问切



转炉炼钢



瓷器烧制

医生、工程师、非遗传人

→ 领域专家

→ 经验

→ 对问题的求解是基于自己的知识和推理

丰富的经验知识

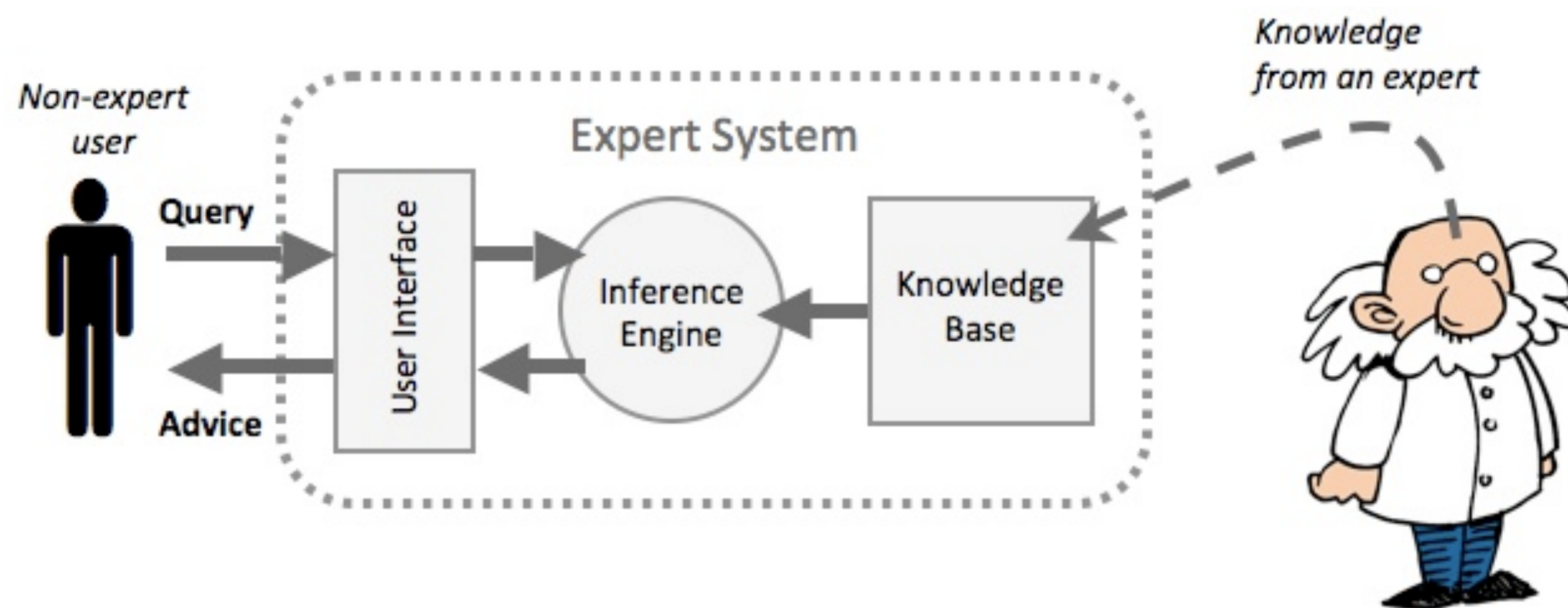
实际条件

推理

结论

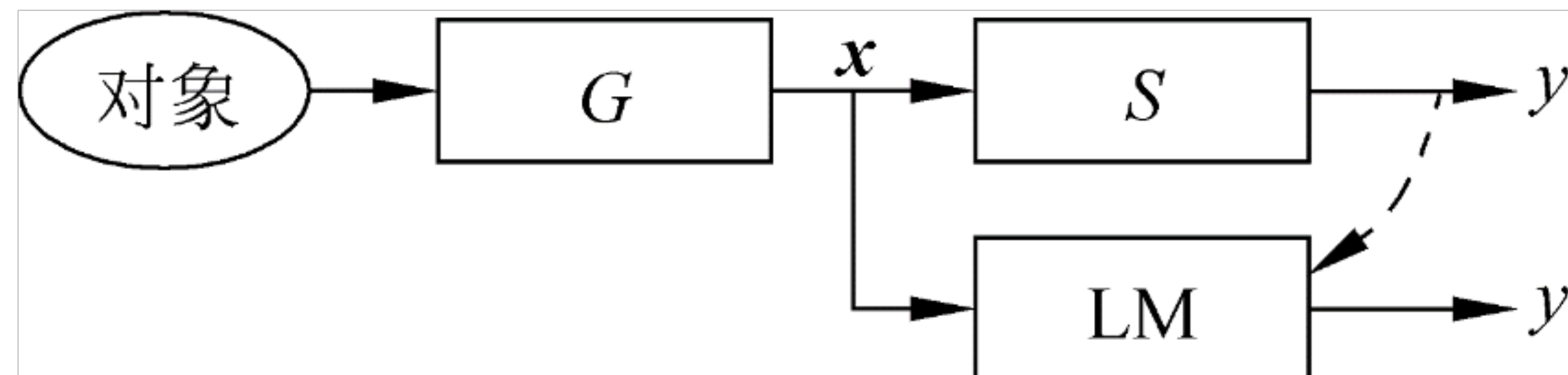
# 1.3 模式识别的主要方法

- 基于知识的方法
  - 以专家系统为代表的方法：专家系统是早期人工智能的一个重要分支，一般采用人工智能中的**知识表示**和**知识推理**技术，来模拟通常由领域专家才能解决的复杂问题。
  - 专家系统 = **知识库** + **推理机**，通过知识和推理来解决一个问题。



# 1.3 模式识别的主要方法

- 基于数据的方法
  - 类别标号  $y$  与特征向量  $x$  存在一定的未知依赖关系
  - 已知的信息只有一组训练数据对  $\{(x, y)\}$
  - 求解定义在  $x$  上的某一函数  $y' = f(x)$ ，对未知样本类别进行预测
  - $f(x)$  称为分类器 (classifier)，建立分类器的过程称作学习过程或训练过程





# 1.3 模式识别的主要方法

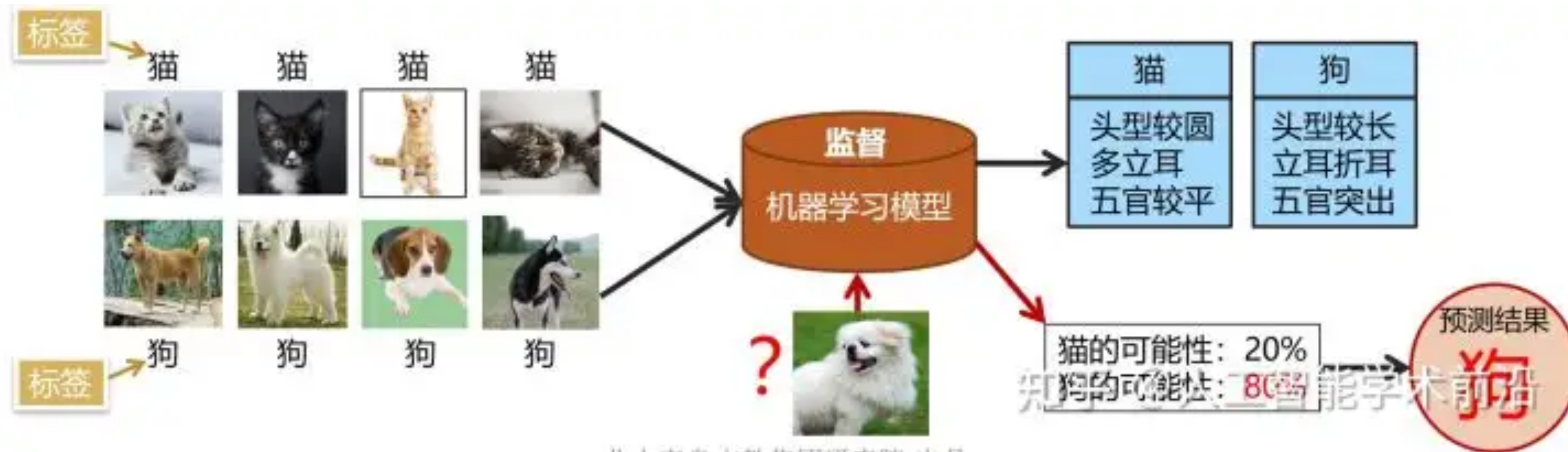
- 对比

- 基于知识的方法是人去“读”数据，“理解”数据，继而“抽象”出数据中的规则，进行建模。整个模型从材料到设计到施工都靠人力堆砌。
- 基于数据的方法靠模型自身迭代寻找最优解，人只需要提供材料（特征）和结构（模型选择），最后施工由模型自身迭代完成：统计学习、深度学习。
- 基于知识的方法适合于没有数据或数据很少的情况，而基于数据的方法则适合大量数据情况，给定数据，通过模型找到用户输入到结果的映射关系。

# 1.4 监督模式识别与非监督模式识别

- 监督模式识别

- 目标类别确定，训练样本类别已知，建立分类器对未来未知样本分类。
- 数据依赖、依赖标签



# 1.4 监督模式识别与非监督模式识别

- 非监督模式识别

- 目标类别未知，发现和划分未知样本中可能存在的类。

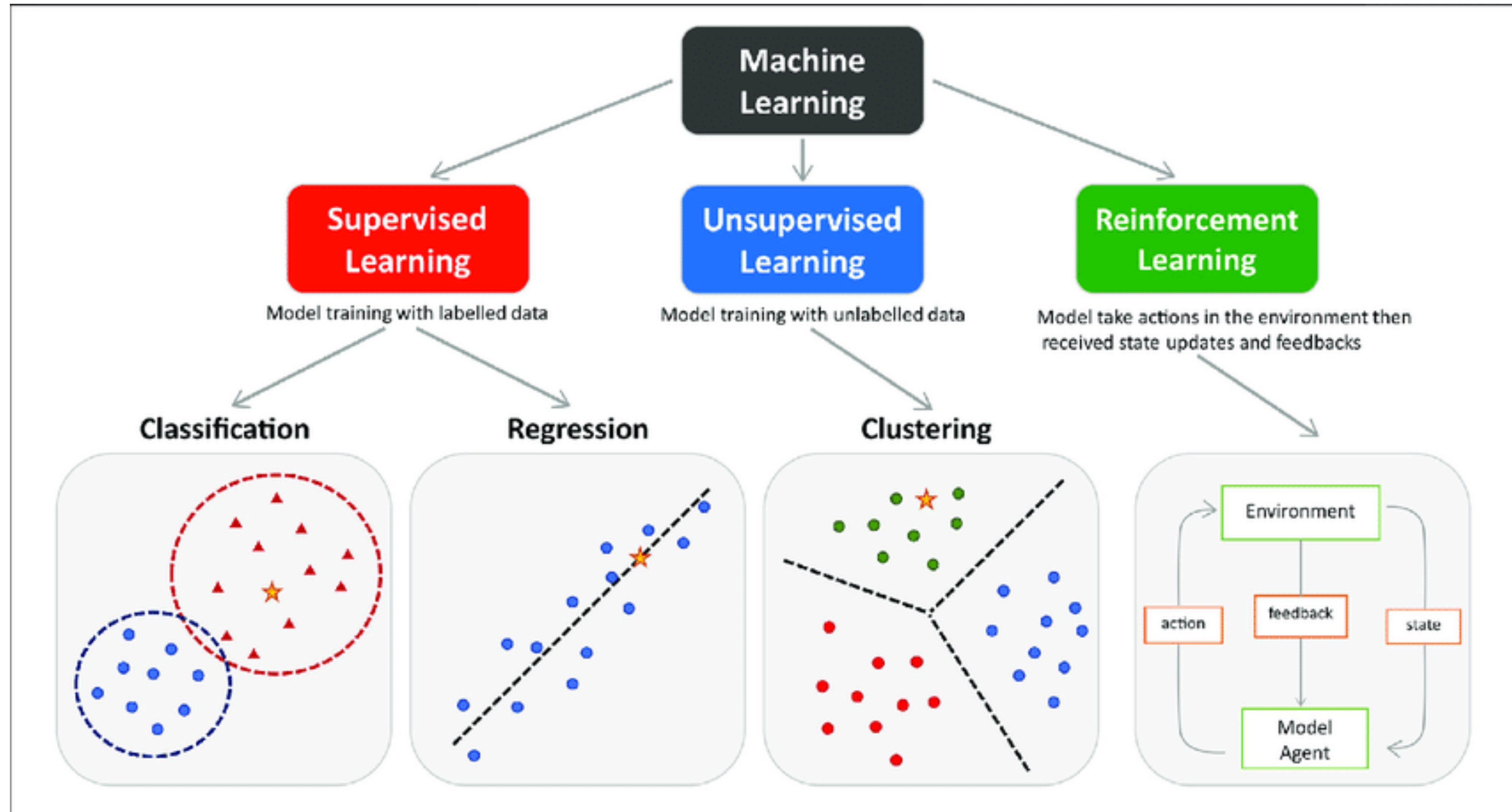


(a) 在非标签数据集中做归纳

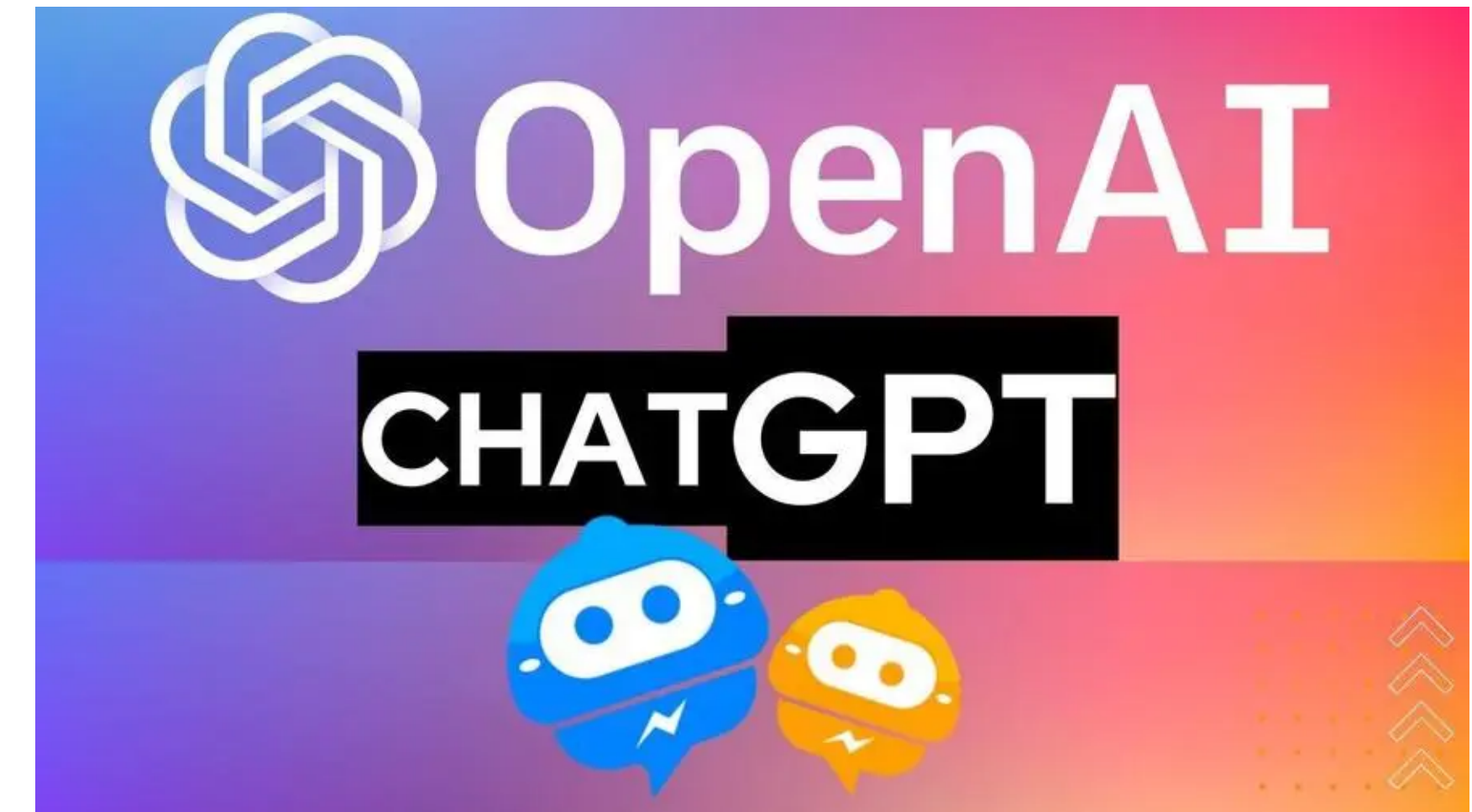
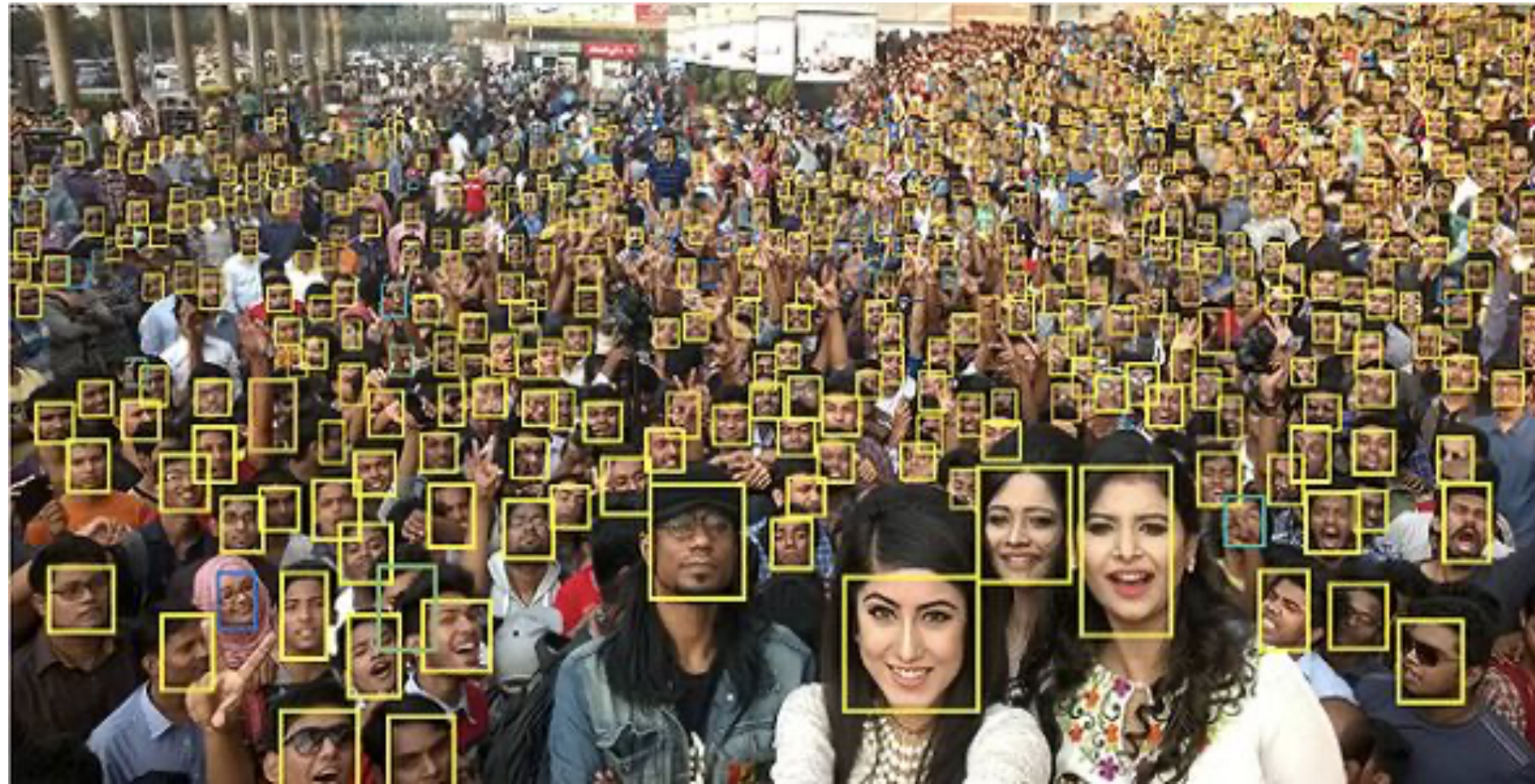


(b) 对未知数据集做归类 (预测)

# 1.4 监督模式识别与非监督模式识别

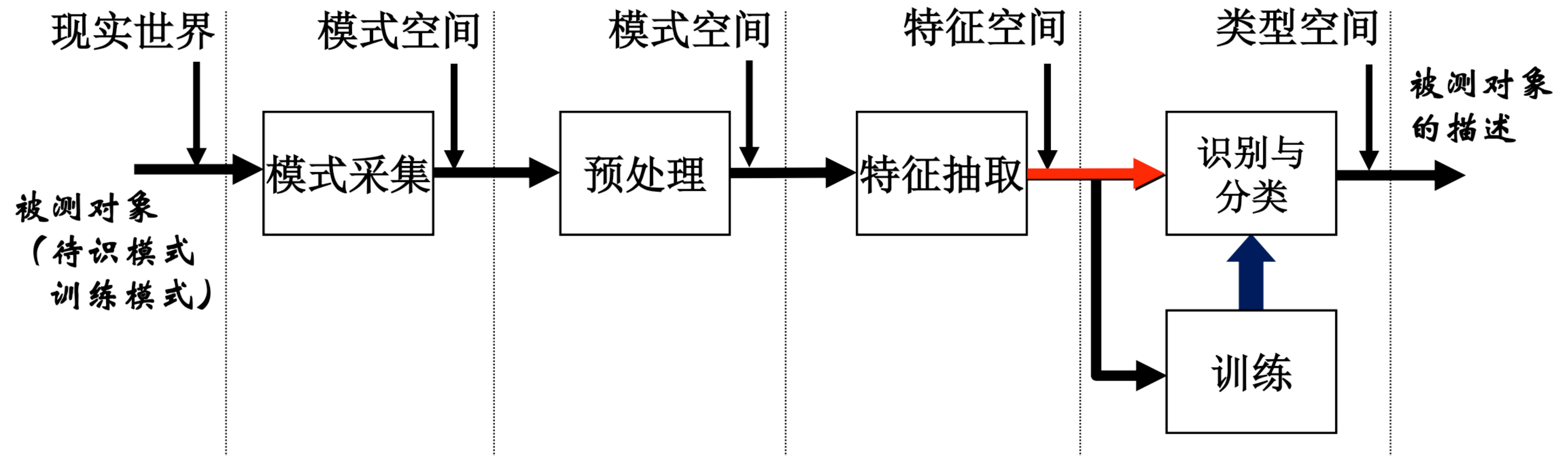


# 1.5 模式识别系统举例

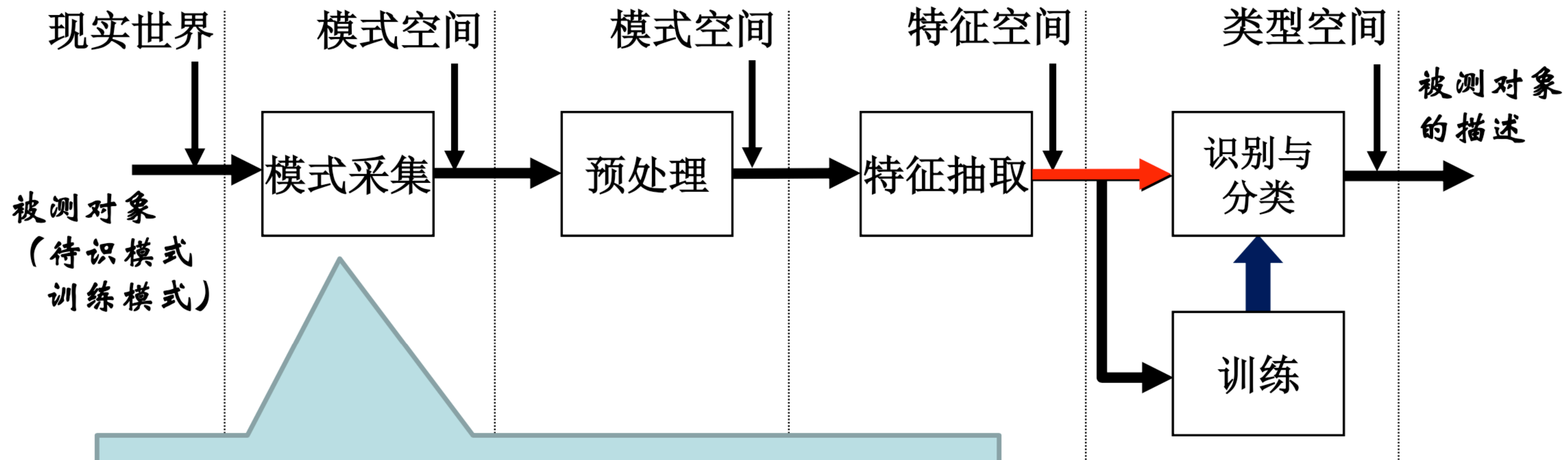


# 1.6 模式识别系统的典型构成

- 模式识别系统的共性步骤
  - 预处理
  - 特征提取
  - 分类器设计
  - 性能评价

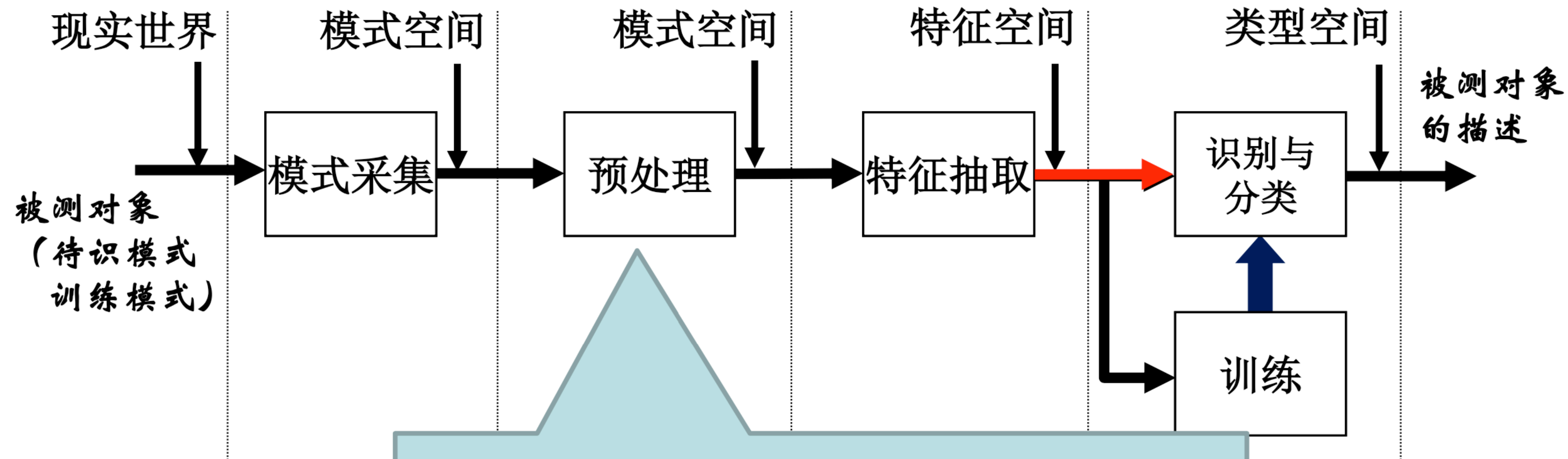


# 1.6 模式识别系统的典型构成



由传感器、模/数转换器以及辅助电路等组成。其主要功能是根据一定的物理效应（或化学、生物效应）将现实世界中的被测对象的具体表象转换成对应的时间或空间分布信息。

# 1.6 模式识别系统的典型构成

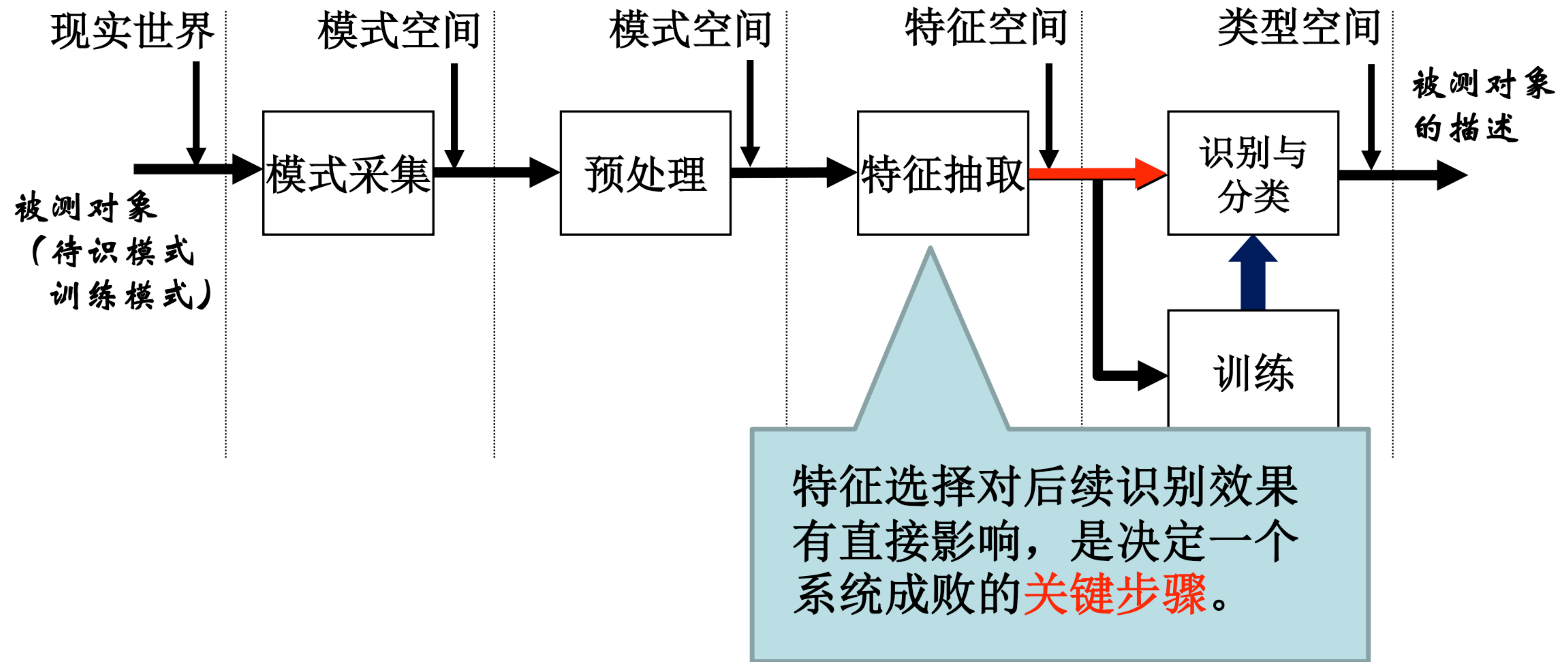


滤除在模式采集中引入的干扰和噪声，或人为地突出输入模式中所包含的有用信息为后续进行识别打下基础。

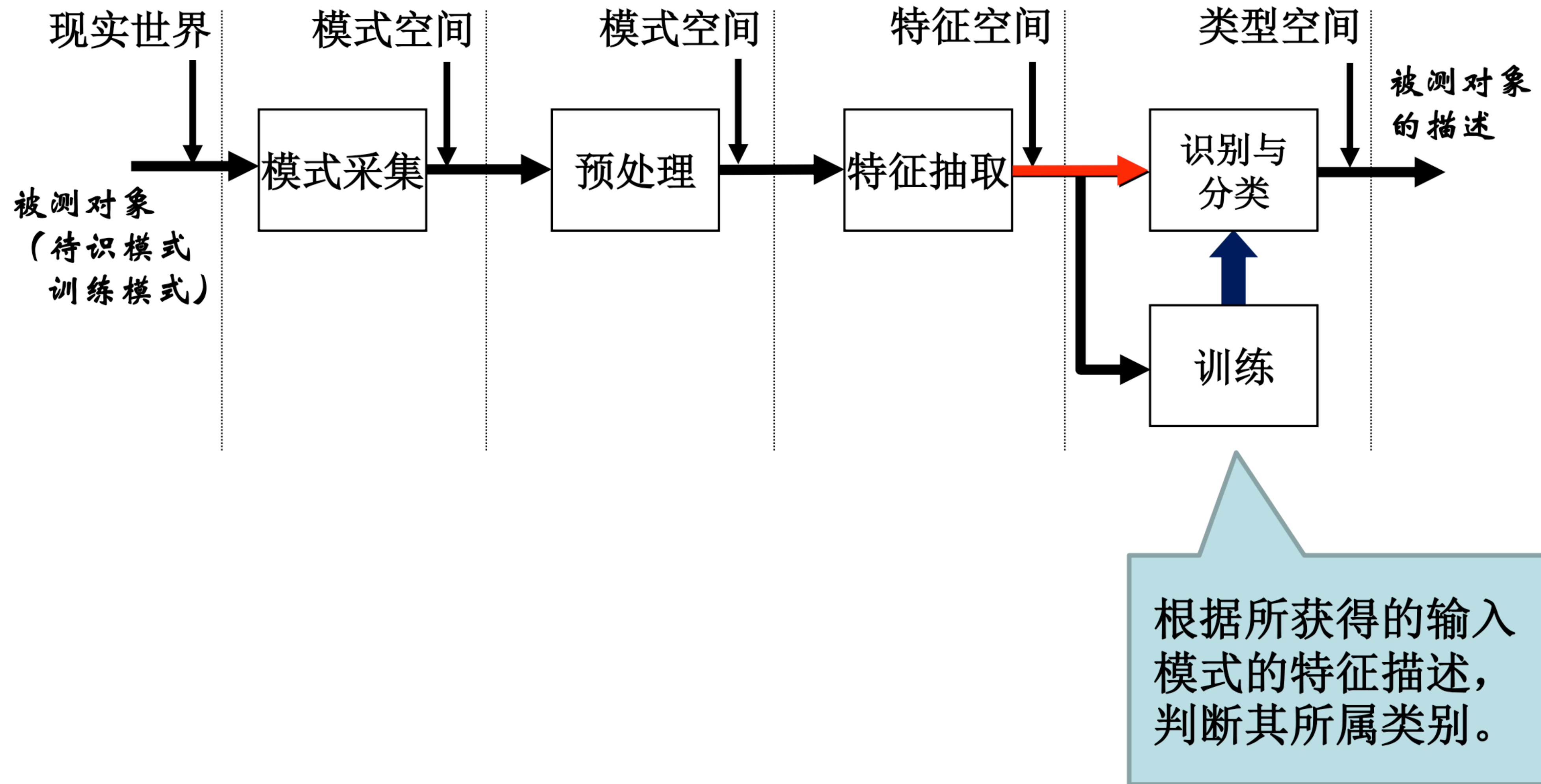
- 数字滤波
- 坐标变换
- 图像增强
- 图像恢复



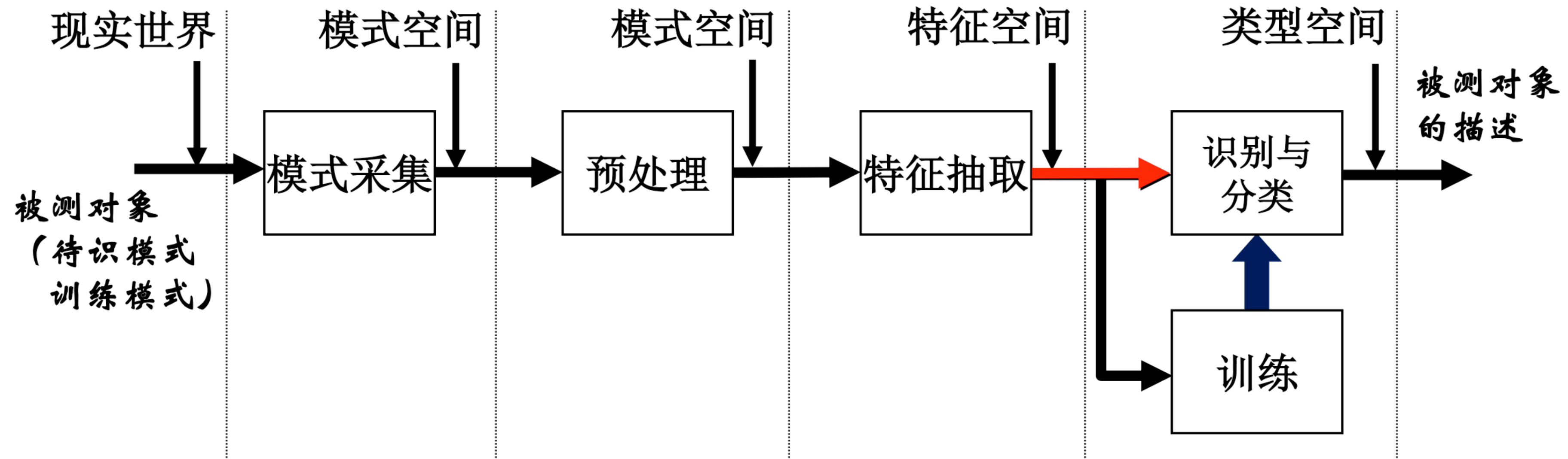
# 1.6 模式识别系统的典型构成



# 1.6 模式识别系统的典型构成



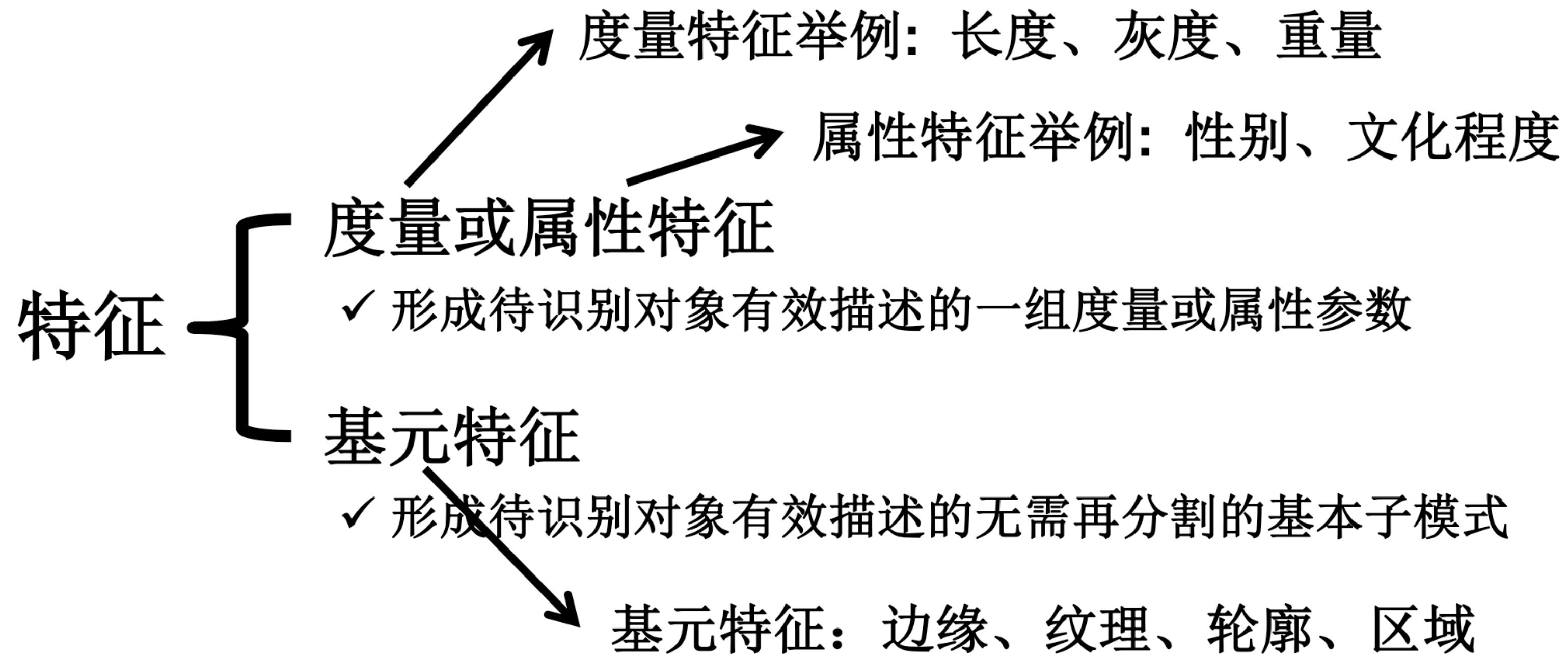
# 1.6 模式识别系统的典型构成



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。

# 1.6 模式识别系统的典型构成

## 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！

# 1.6 模式识别系统的典型构成

## 特征表达 —— 特征向量方法

待处理对象：人

$x_1$

$x_2$

$x_3$

$x_4$

用于表征人的一组特征：身高、体重、性别、文化程度

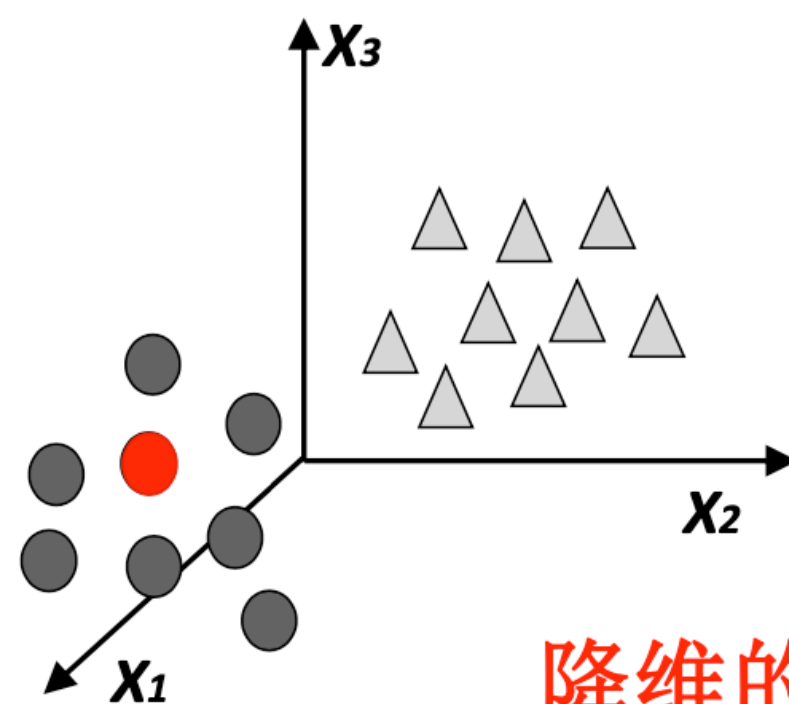
→ 人名（身高、体重、性别、文化程度）  $Man-Name(x_1, x_2, x_3, x_4)$

特征向量（不至于混淆时，亦称其为观测样本。）

模式空间

降维

特征空间（特征空间的维数一般很小）

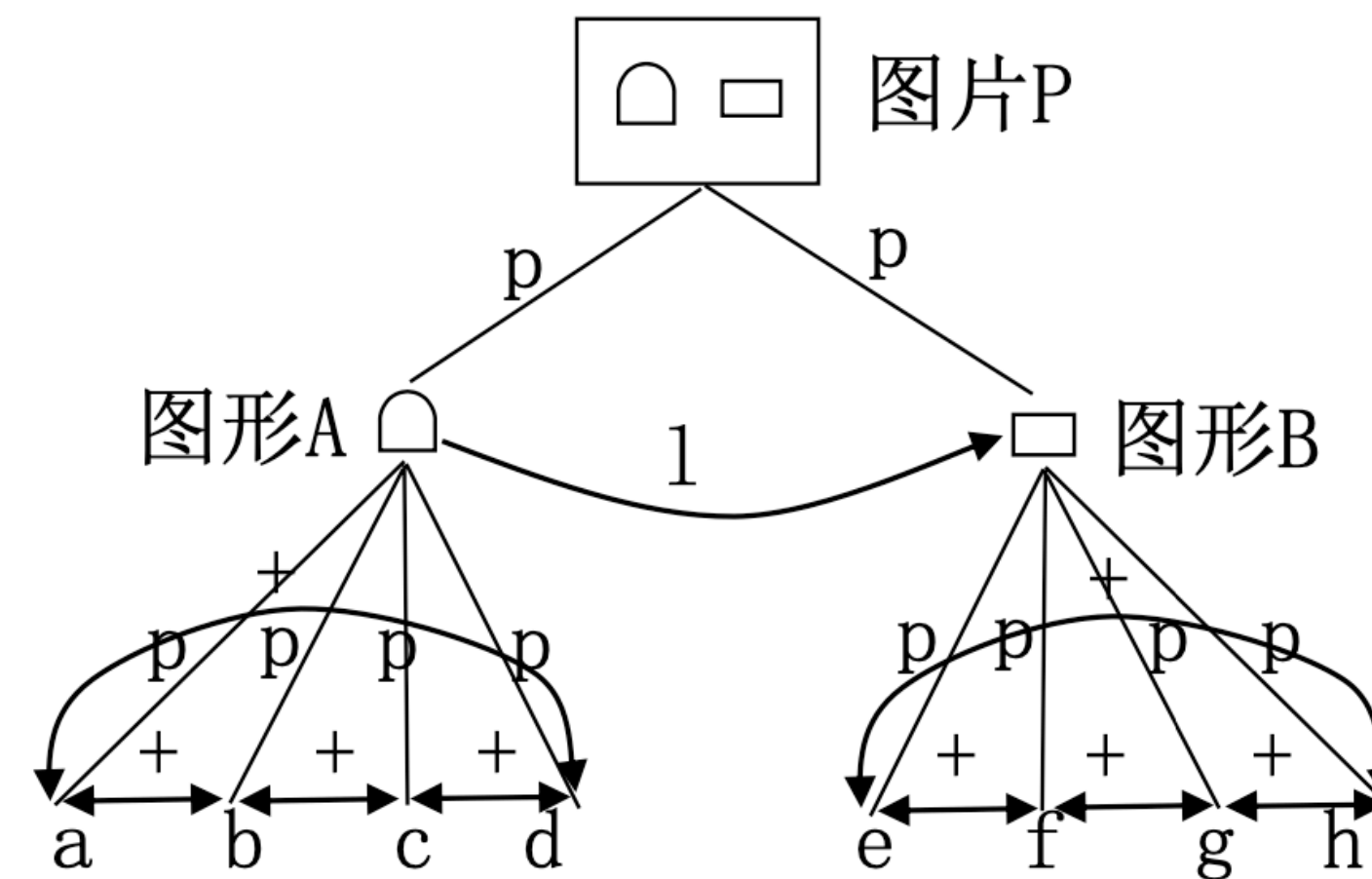
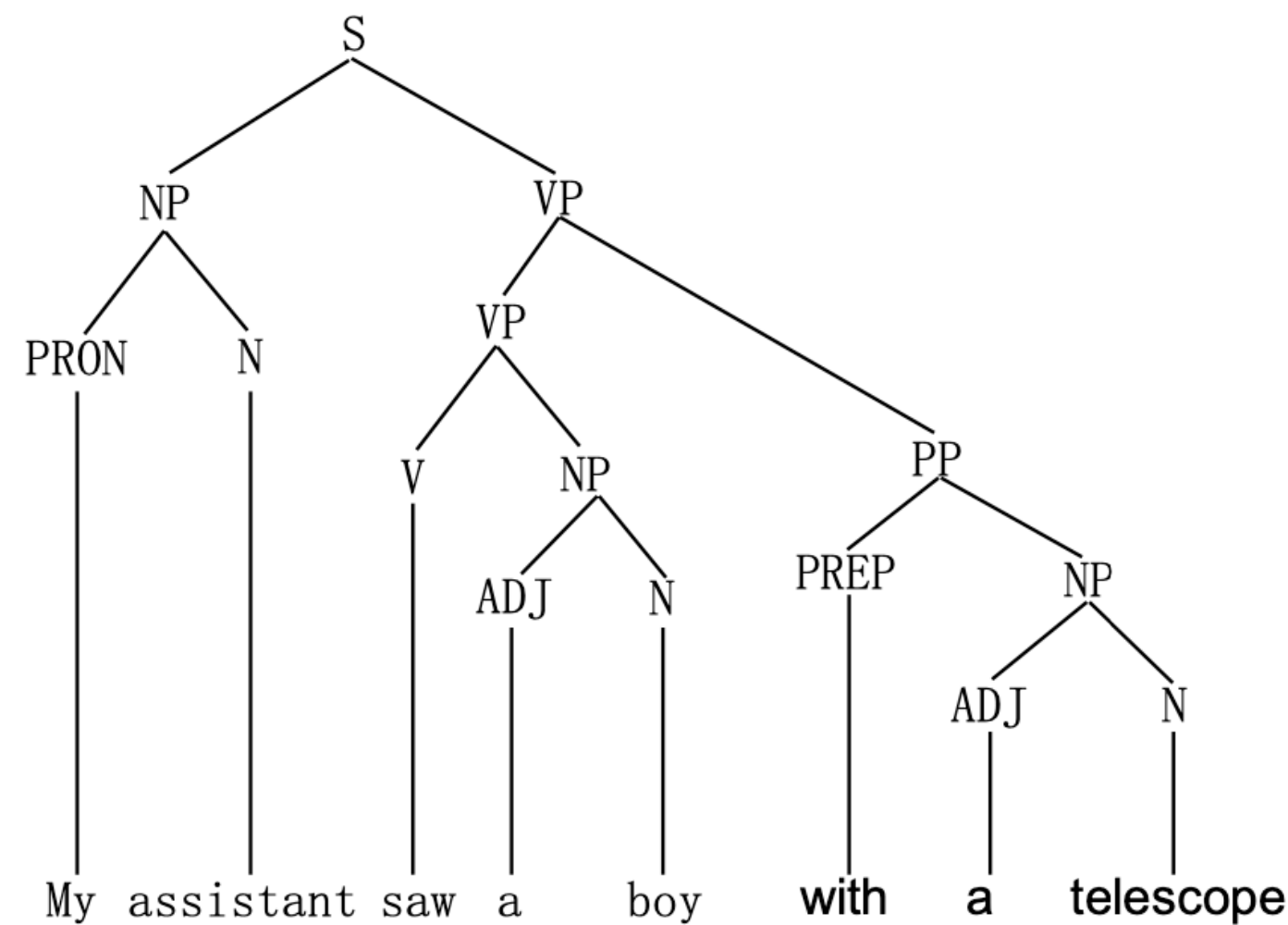


降维的目的是为了获取输入模式更本质的特征表达

# 1.6 模式识别系统的典型构成

## 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。



# 1.6 模式识别系统的典型构成

## 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。

