

模式识别引论

An Introduction to Pattern Recognition

主讲: 李春光

www.pris.net.cn/teacher/lichunguang

模式识别与智能系统实验室

网络搜索教研中心 信息与通信工程学院 北京邮电大学

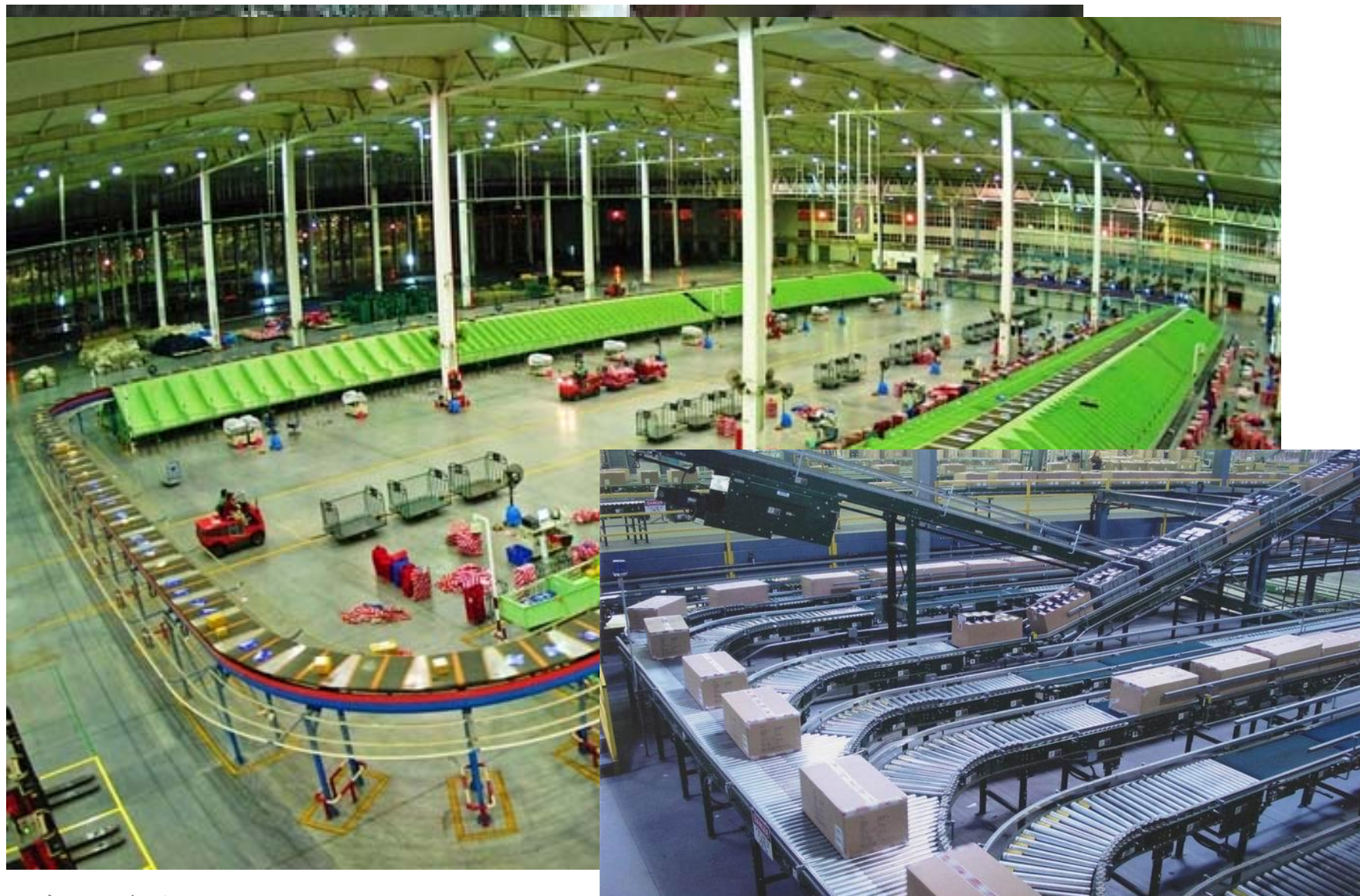
内容提要

- 什么是模式识别
- 模式识别系统的基本构成
 - 特征抽取/选择
 - 分类器设计/决策规则
- 模式识别中的典型机器学习问题

“模式识别” 的概念

- 模式识别
 - 英文:**Pattern Recognition**
 - 机器识别, 计算机识别, 或机器自动识别
- 具体含义:
 - 利用计算机去实现人的各种识别能力
- 例子:
 - 车牌识别 (e.g., 停车场、路口)
 - 文字识别 (e.g., 联机手写输入, **OCR**)
 - 语音识别 (e.g., 语音搜索, 音乐哼唱检索)
 - 人脸识别 (e.g., 机场安检)
 - 步态识别、气味识别、情绪识别

邮件自动分拣系统



请思考两个基本问题

- 为什么需要模式识别？
 - 有些工作需要计算机代替或帮助人来完成
 - 光学字符识别(OCR)
 - 视频监控
 - 控制自动化
 - ...
- 什么情况适合模式识别？
 - 能够收集到观测数据
 - 识别火星？
 - 观测数据中存在模式(**pattern**)
 - 记录体重预测成绩？记录噪声预测交通状况？...

Q / A

- 提问...

内容提要

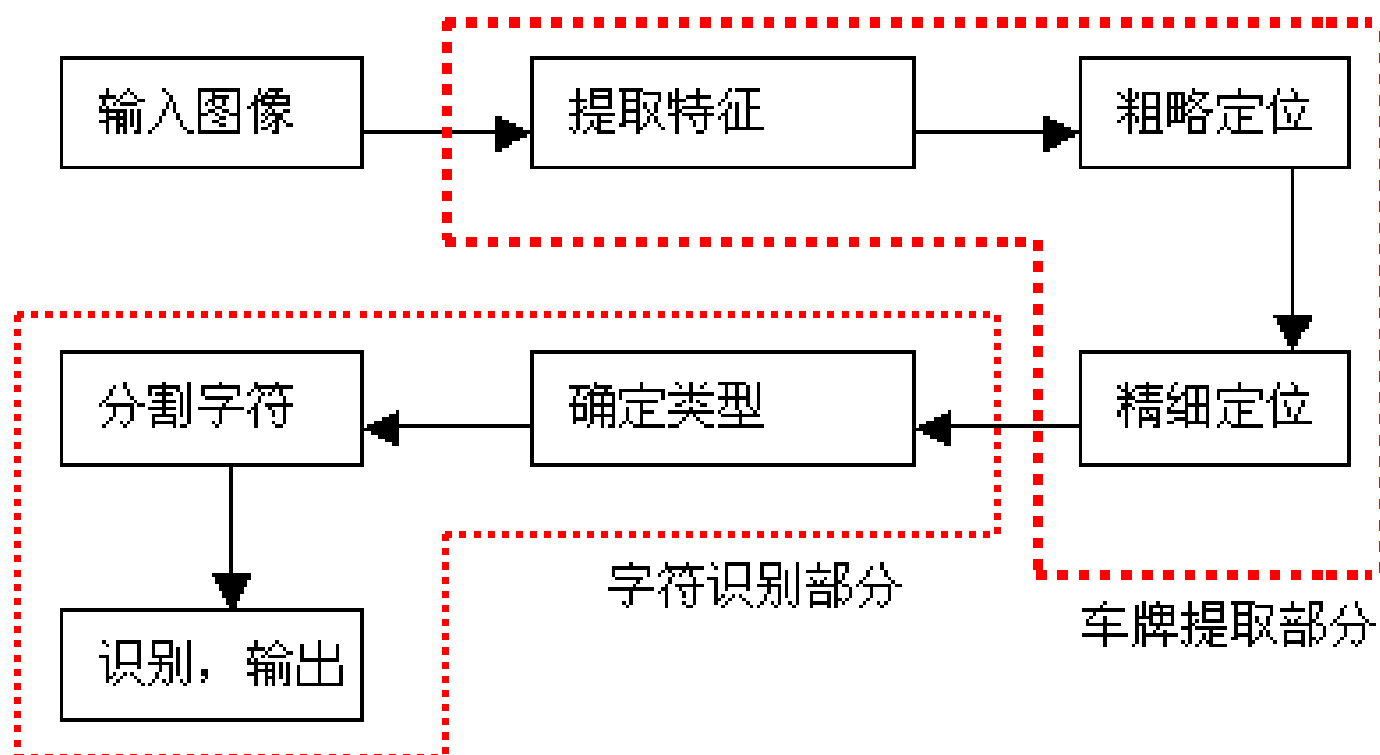
- 什么是模式识别
- 模式识别系统的基本构成
 - 特征抽取/选择
 - 分类器设计/决策规则
- 模式识别中的典型机器学习问题

模式识别系统的基本构成

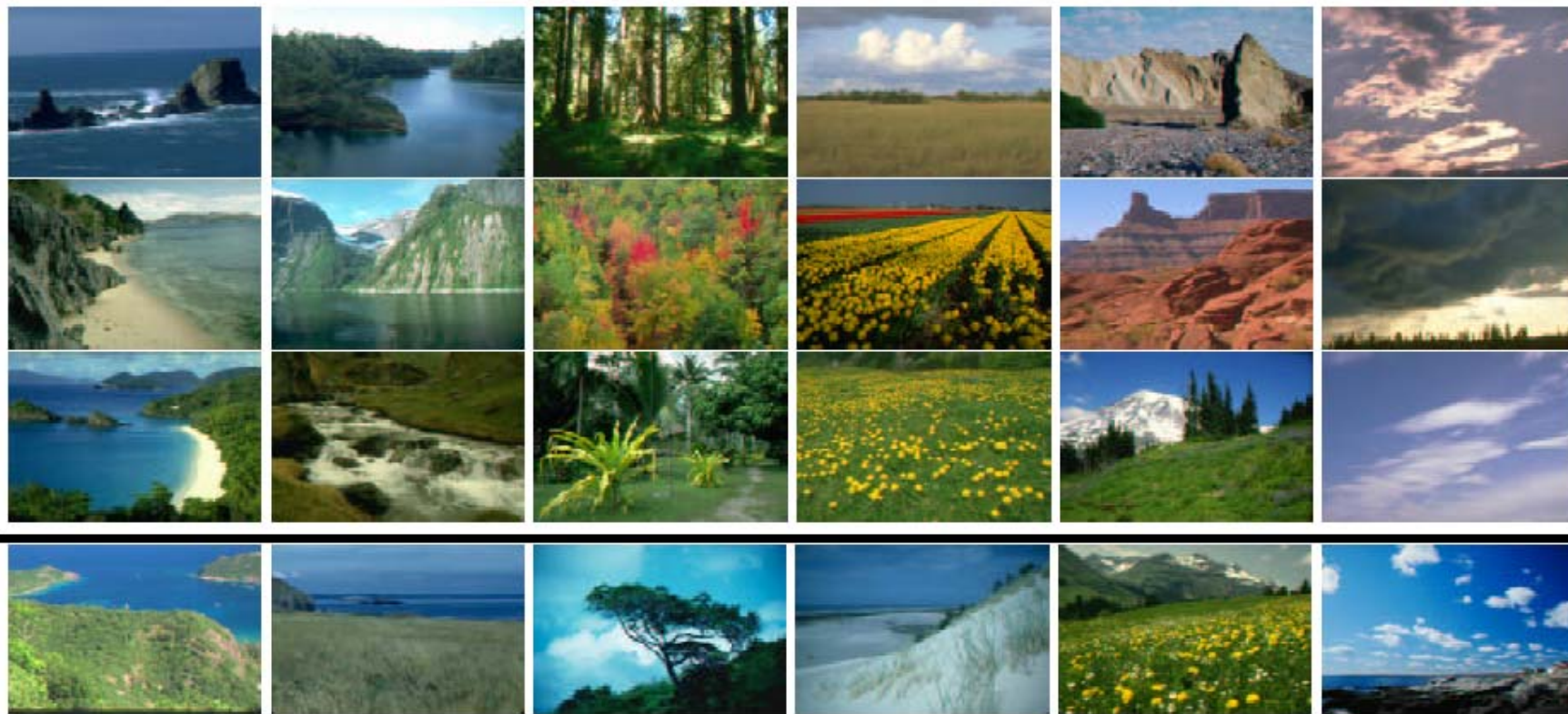
- 模式识别系统：
 - 执行对输入数据样本进行分类/识别任务的计算机程序
- 模式识别系统的基本构成
 - 数据获取
 - 数据预处理
 - 特征抽取或选择
 - 分类器设计/决策规则

举例：车牌自动识别系统

- 车牌识别系统基本流程图



自然场景图像分类



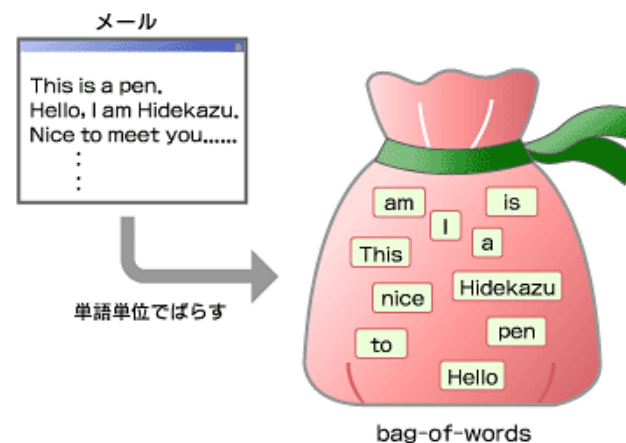
From Dataset Scene-15

图像物体分类(VOC)



From Dataset Caltech 256

文本/邮件/网页新闻

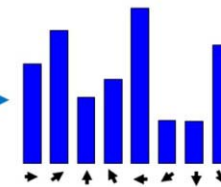
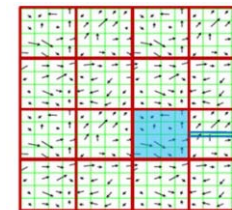
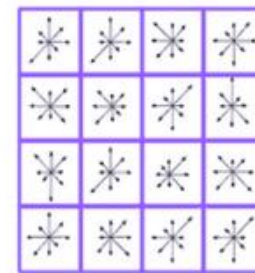
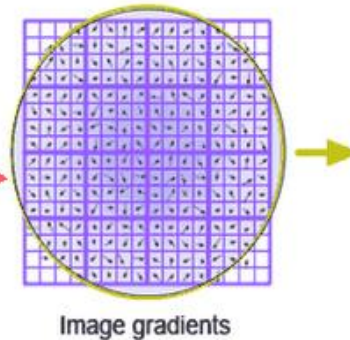
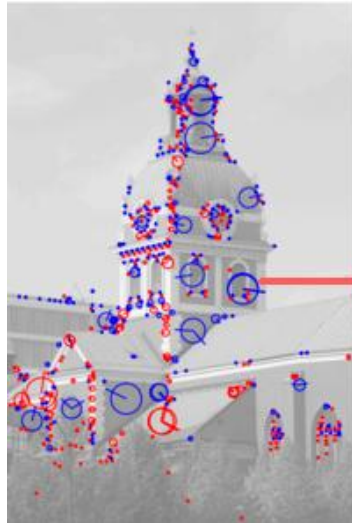


特征抽取与选择

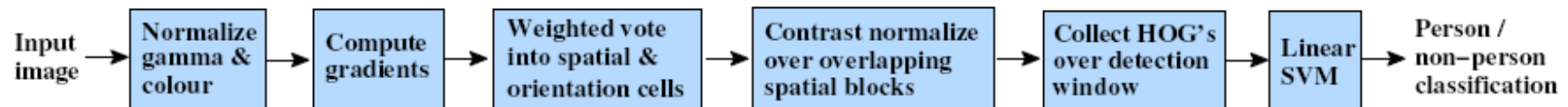
- 特征抽取:
 - 将原始测量数据变换成更能反映模式本质的、更有利于有效分类的一种表示
 - 人工构造的特征: SIFT, LBP, HOG, pHOG
 - 信号分析里的各种变换: DFT / DCT / DWT / KL变换
 - 数据分析里的各种降维算法: RP / PCA / LDA / LPP / MFA / LSH
 - 数据的某些统计量: mean/variance / Cov / histogram (BoW)/ FV
 - 通过学习算法获得某种包含特定性质的(中间)表示(RL: Rep. Learning / DL: Deep Learning): CNN / RBM
- 特征选择:
 - 基于某种准则, 利用某种算法, 从原始测量指标中选出更能反映模式本质的、更有利于有效分类的一个子集

举例：给定一图像

- SIFT



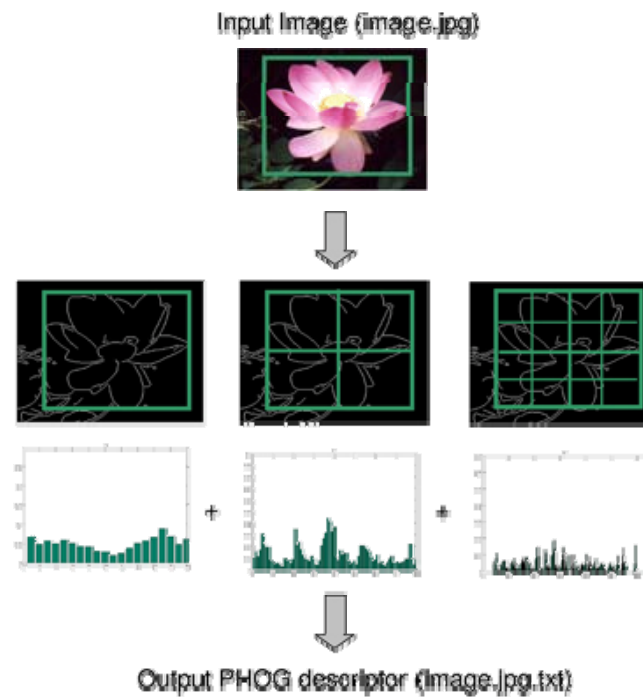
- HOG



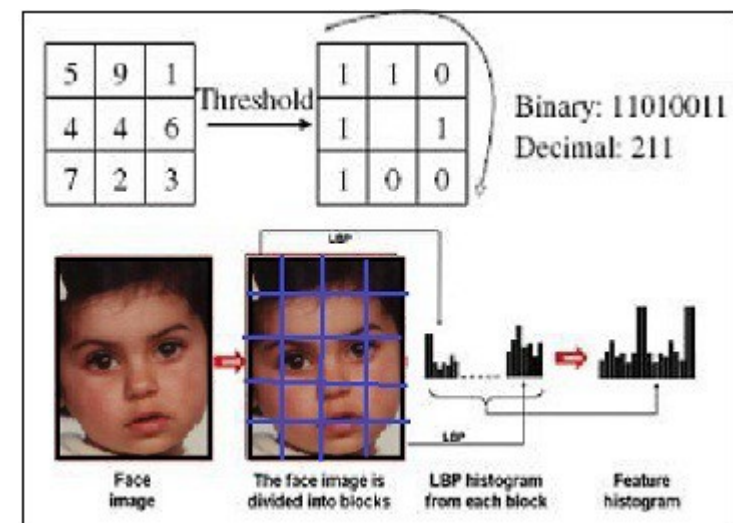
Navneet Dalal and Bill Triggs: "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection", CVPR 2005.

举例：给定一图像

- pHOG

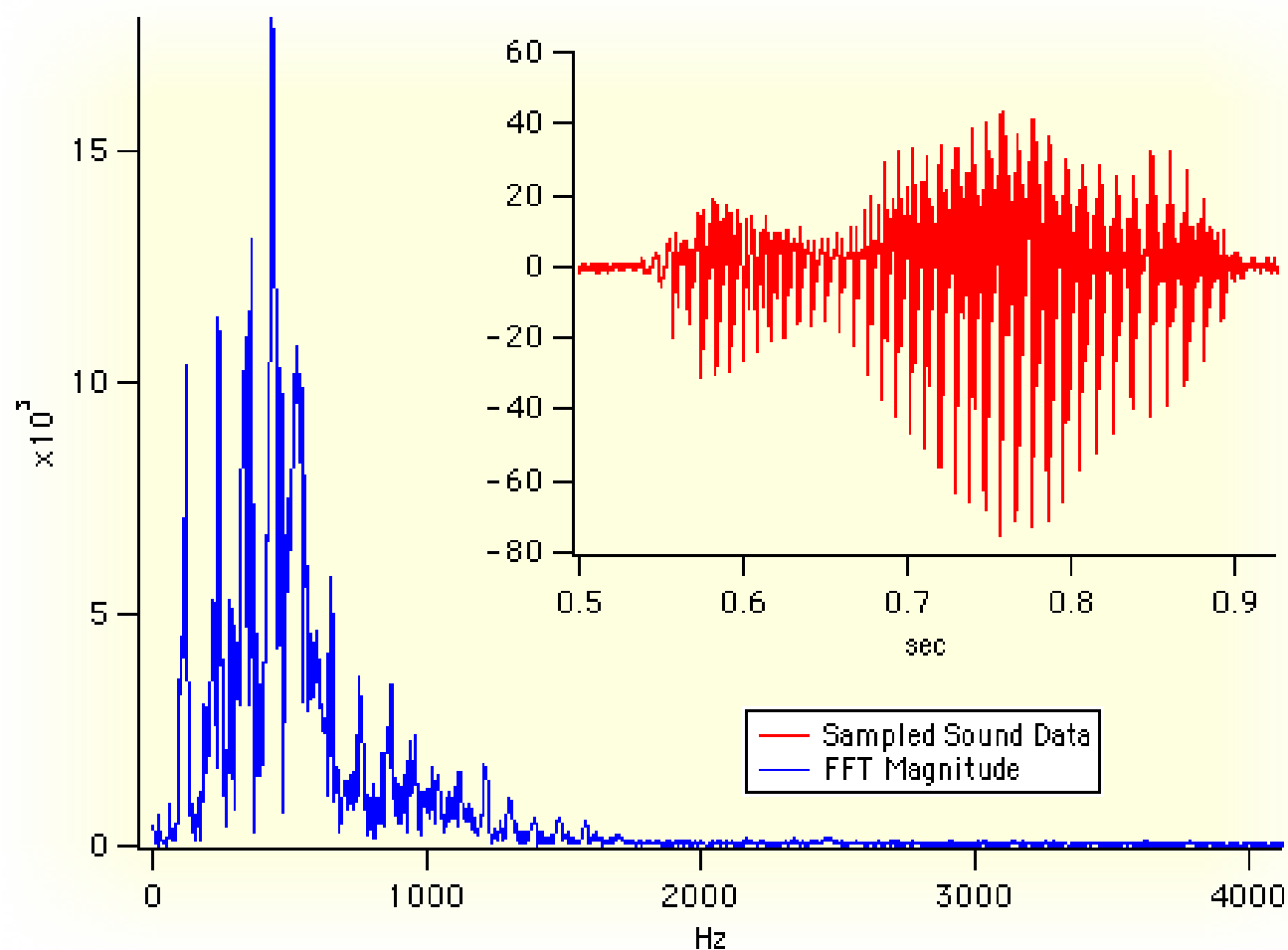


- LBP



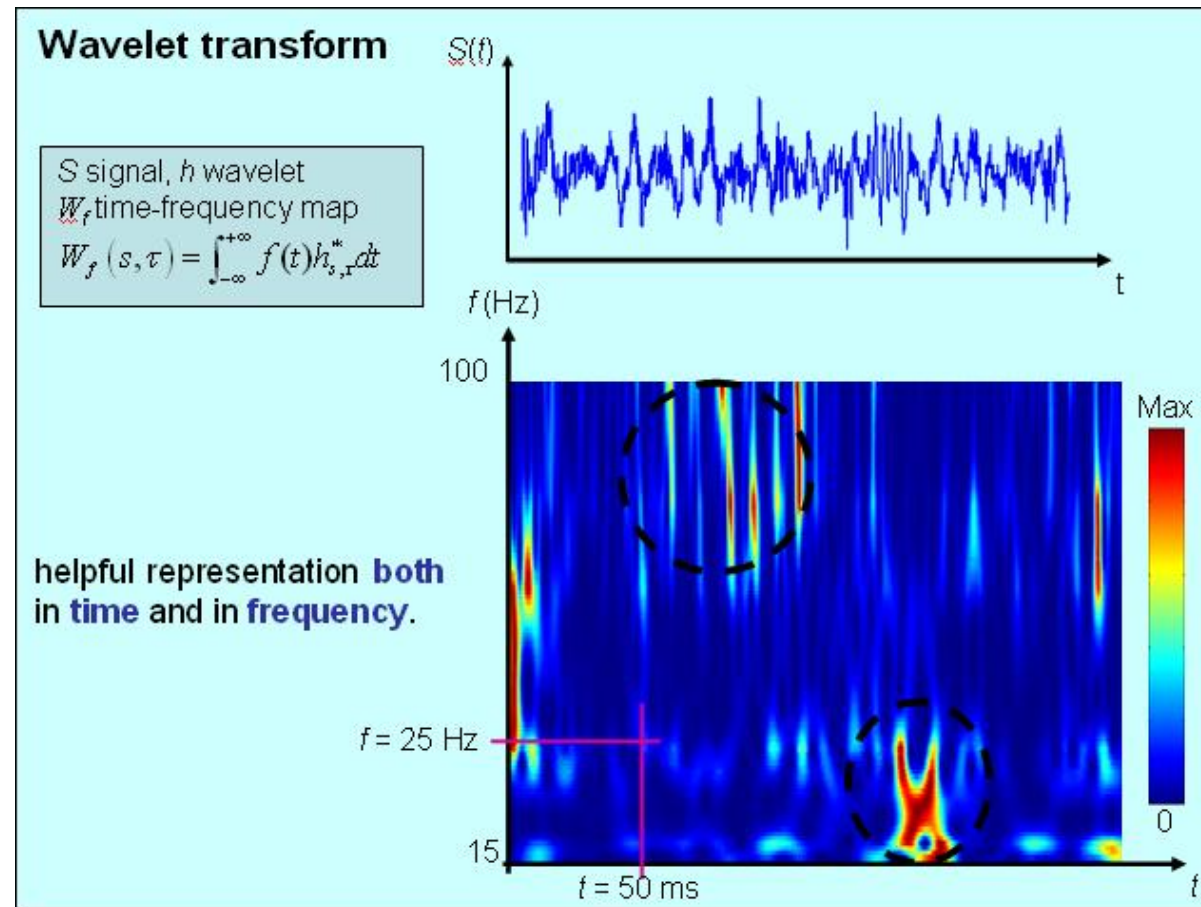
举例：给定一段信号

- DFT



举例：给定一段信号

- DWT



举例：给定一人脸图像



- RP

- Randomface



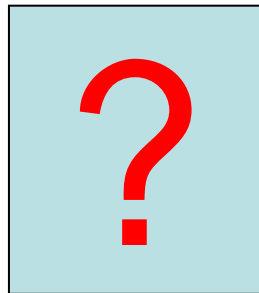
- DS

- Down-Sampling



- LDA

- Fisherface



- PCA

- Eigenface



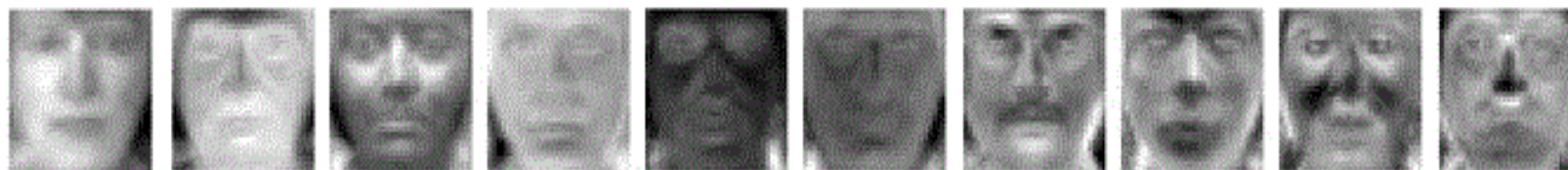
- LPP

- Laplacianface



举例：给定一人脸图像

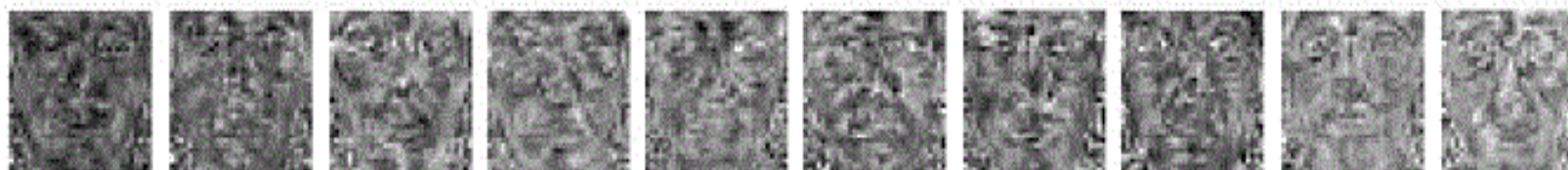
- Eigenface vs. Fisherface vs. Laplacianface



(a)



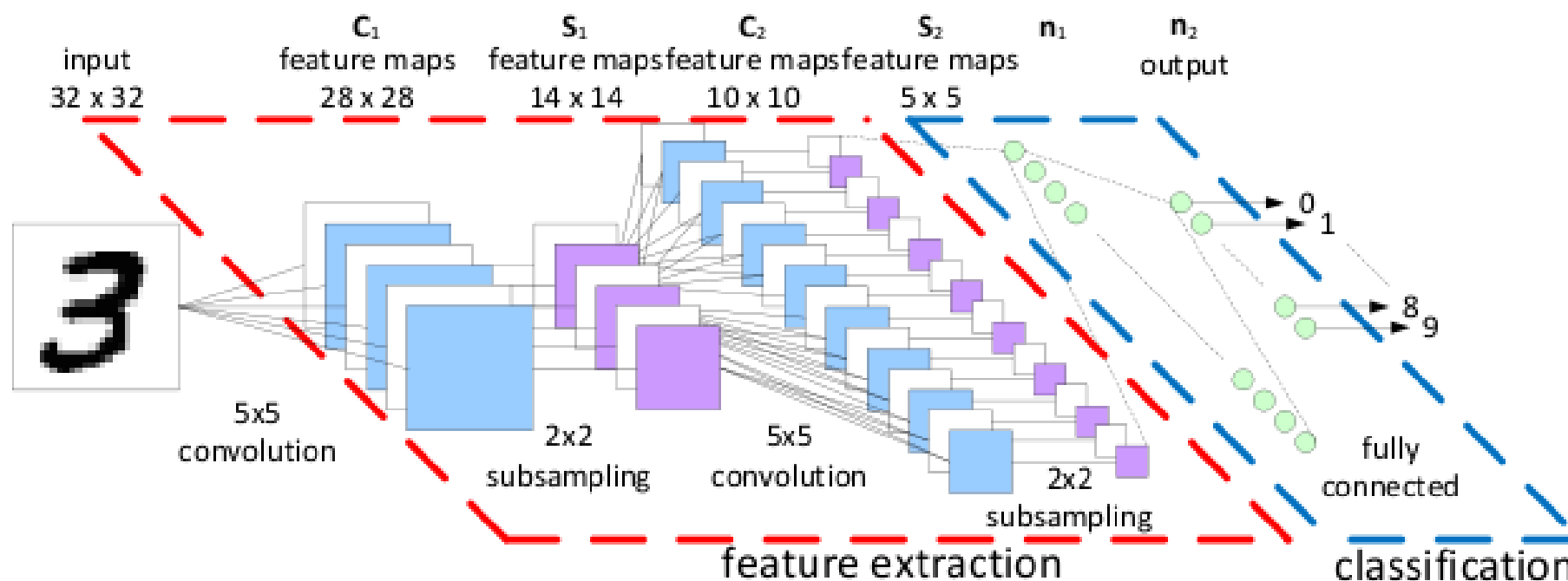
(b)



(c)

举例：给定一手写数字图像

- CNN



- RBM



举例：给定一批文本

- BoW



Document

In the beginning God created
the heaven and the earth.
And the earth was without form,
and void; and darkness was
upon the face of the deep.
And the Spirit of God moved
upon the face of the waters.
And God said, Let there be
light: and there was light.

Representation

beginning	1
earth	2
God	3

メール

This is a pen.
Hello, I am Hidekazu.
Nice to meet you.....
...

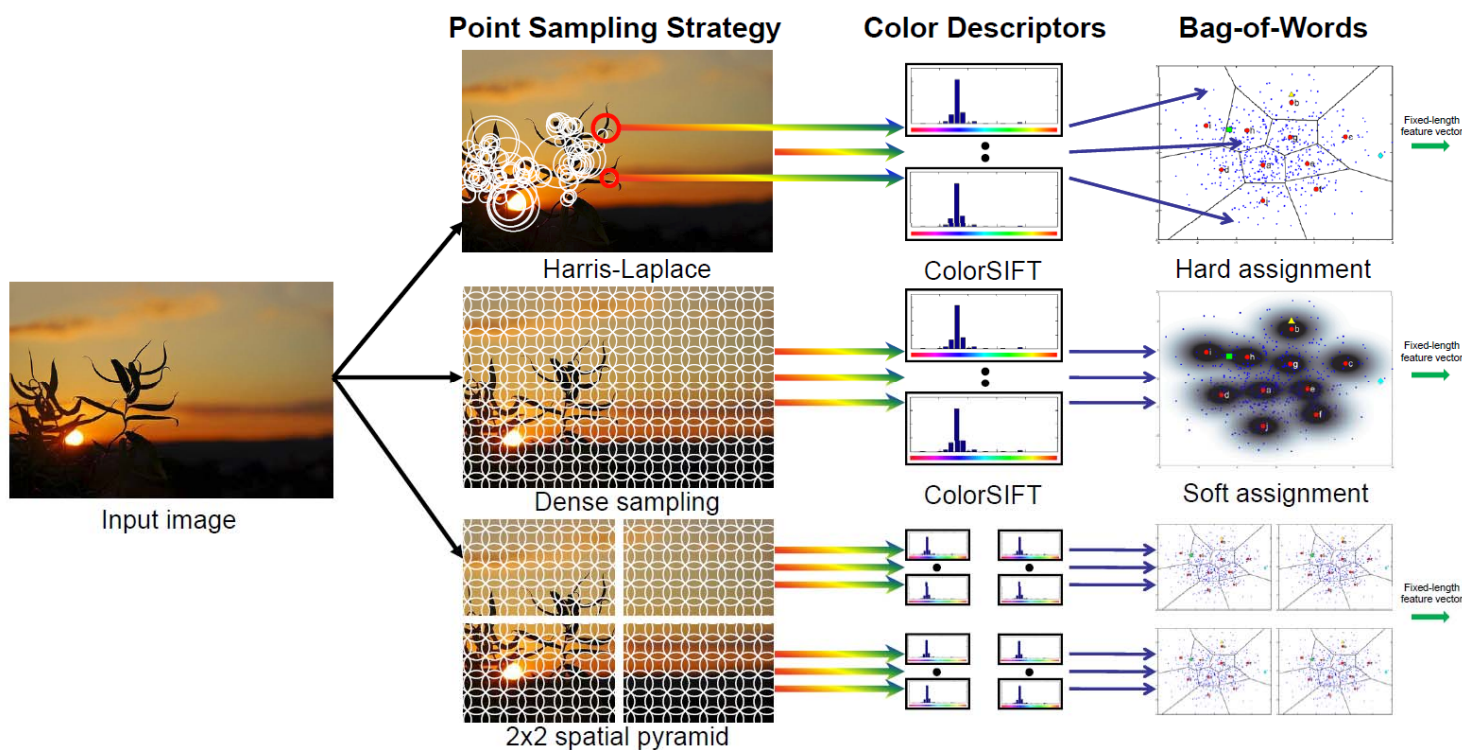
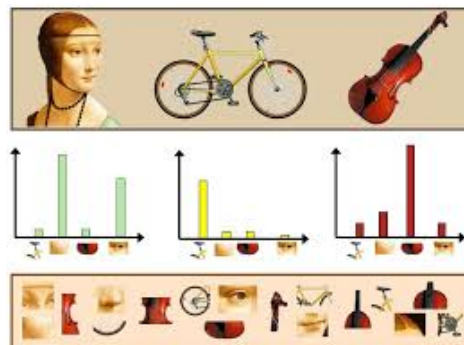
単語単位でばらす



bag-of-words

举例：给定一批物体图像

- BoW



测量空间 & 特征空间

- 测量空间

- 由测量仪器或传感器获取的原始数据所组成的空间

- 特征选择

- 特征空间

- 由原始数据经过某种变换所获得的新的表示，所构成的空间

- 特征抽取

Q / A

- 提问...



内容提要

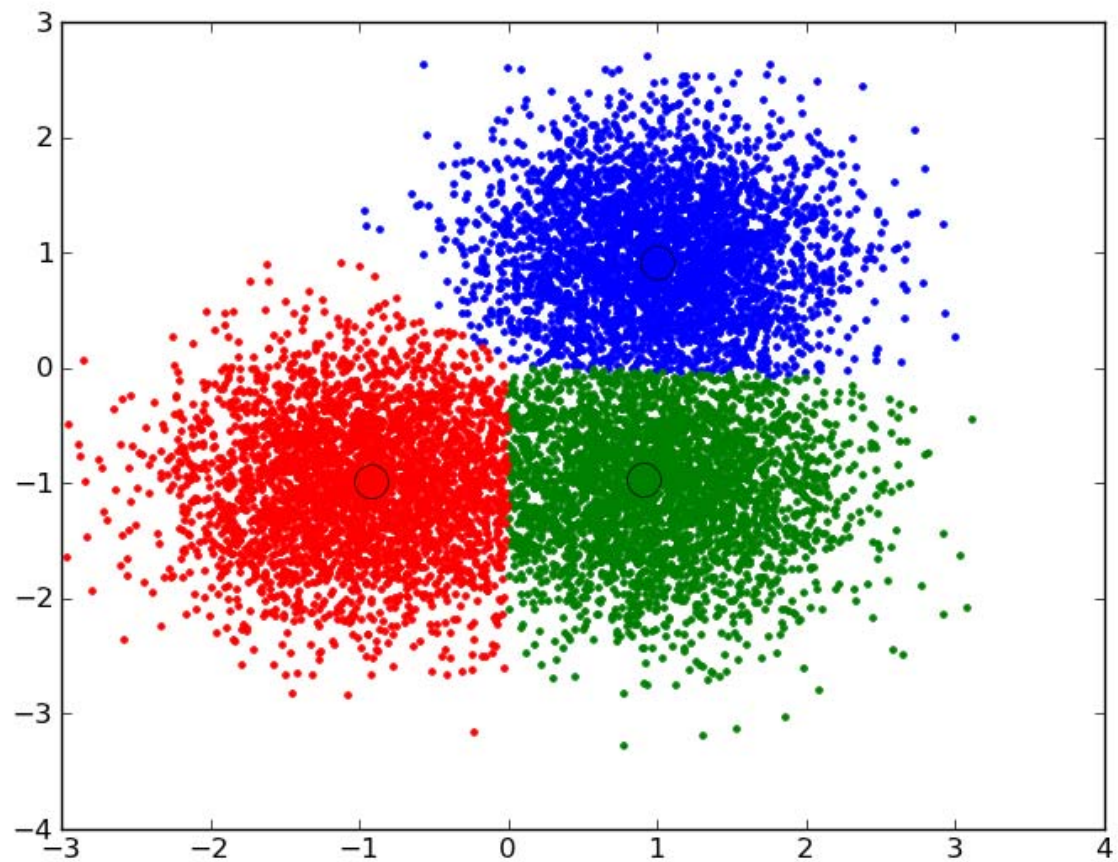
- 什么是模式识别
- 模式识别系统的基本构成
 - 特征抽取/选择
 - 分类器设计/决策规则
- 模式识别中的典型机器学习问题

分类器设计/决策规则

- 典型的分类/决策方法
 - **Template Matching**
 - **KNN**
 - **SVM**
 - **Neural network, e.g. Perceptron, MLP, RBF**
 - **Bayesian method**
 - **Decision tree / Decision forest**
 - **Bagging / Boosting / Adaboost**

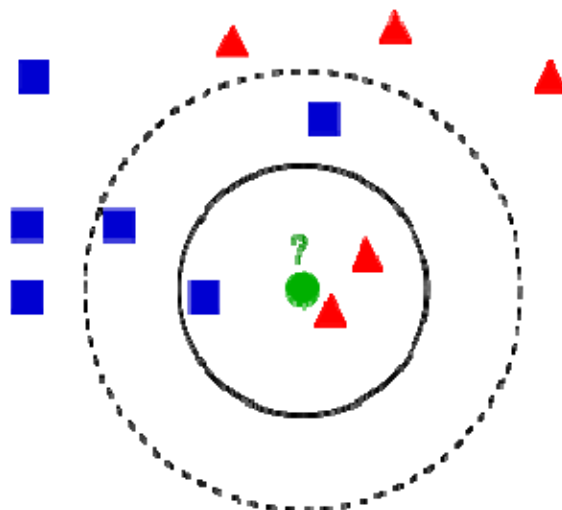
举例：给定一组样本点

- 模板匹配

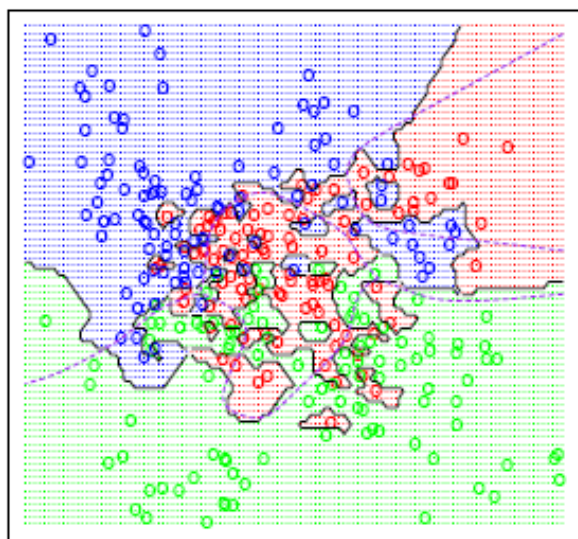


举例：给定一组样本点

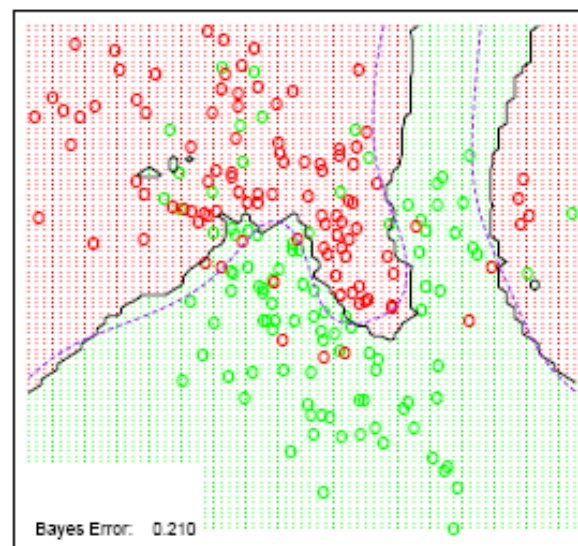
- KNN



K=1

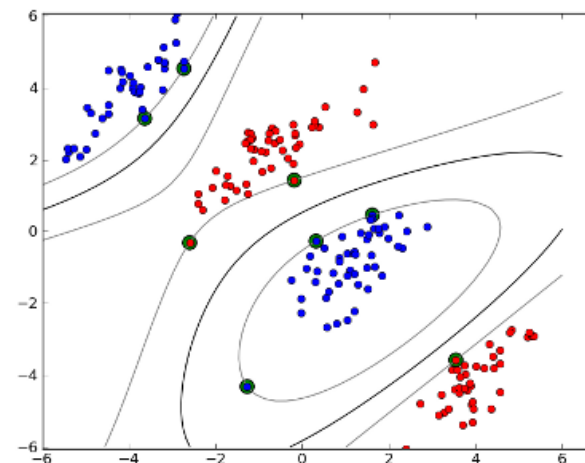
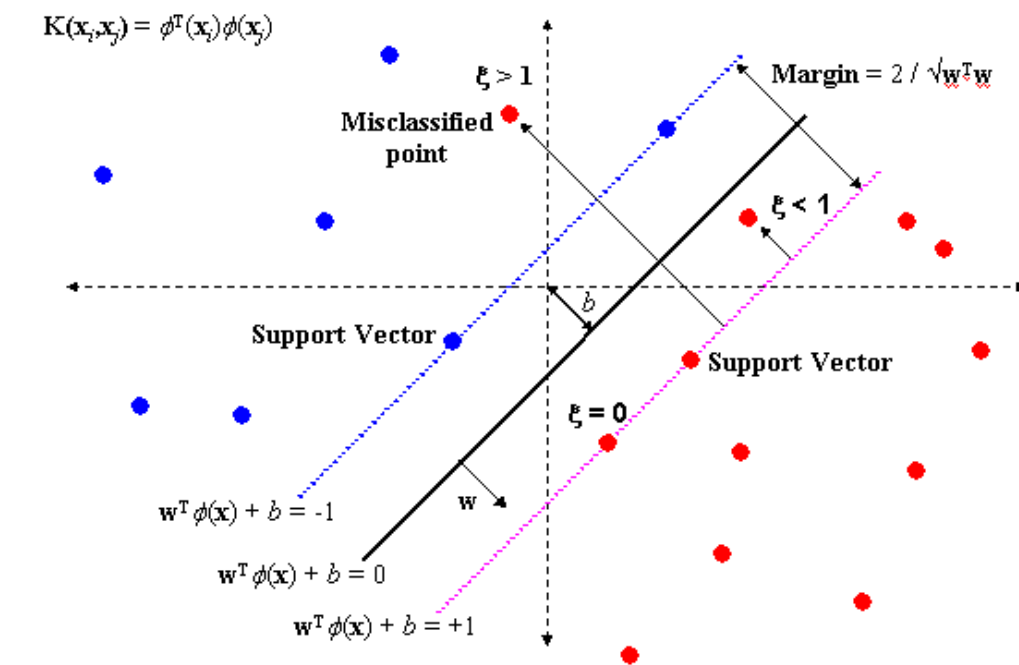


K=7



举例：给定一组样本点

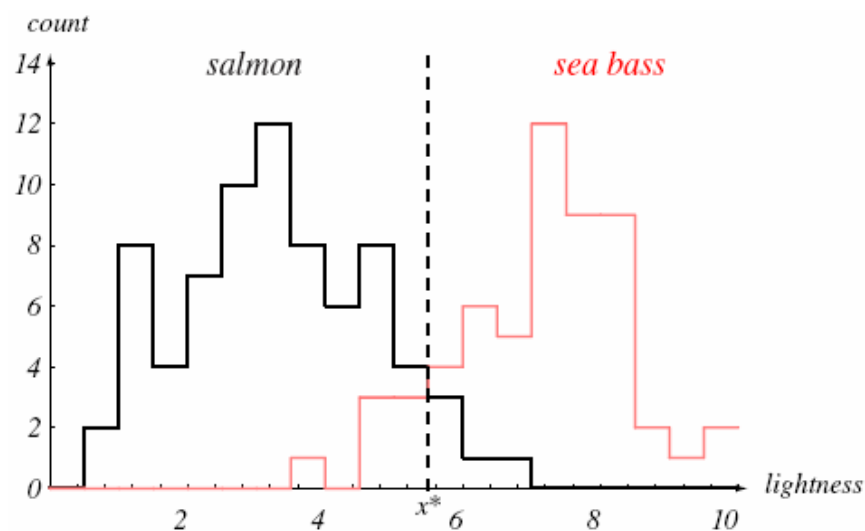
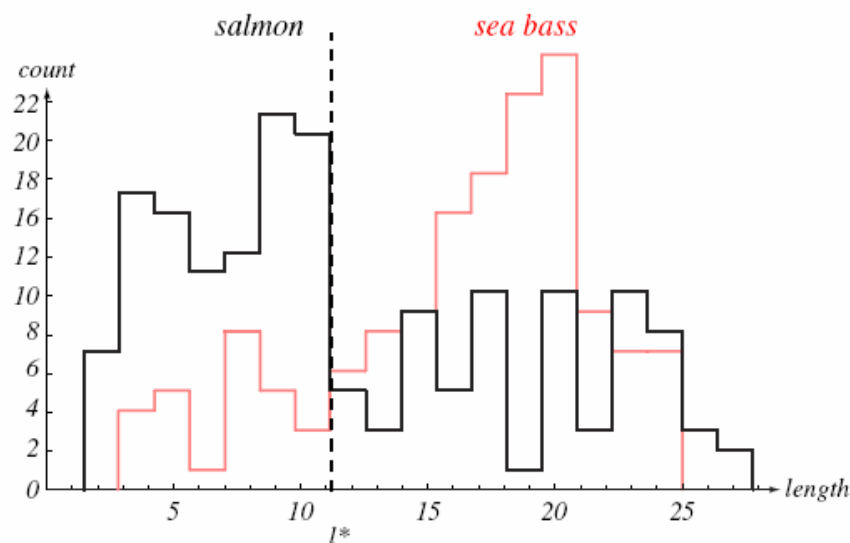
- SVM (Support Vector Machine)



举例：Salmon与Sea Bass的分类

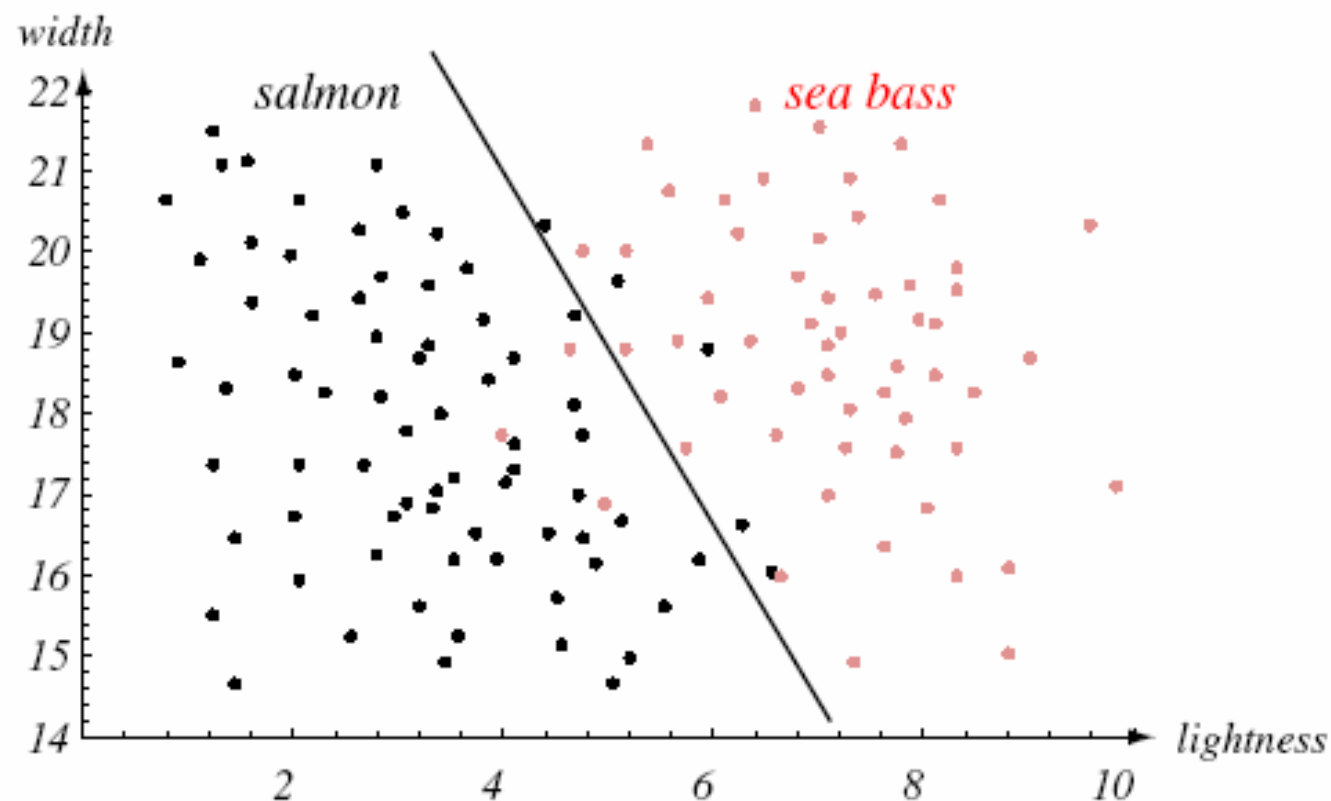
- 特征抽取:

- 长度特征
- 亮度特征



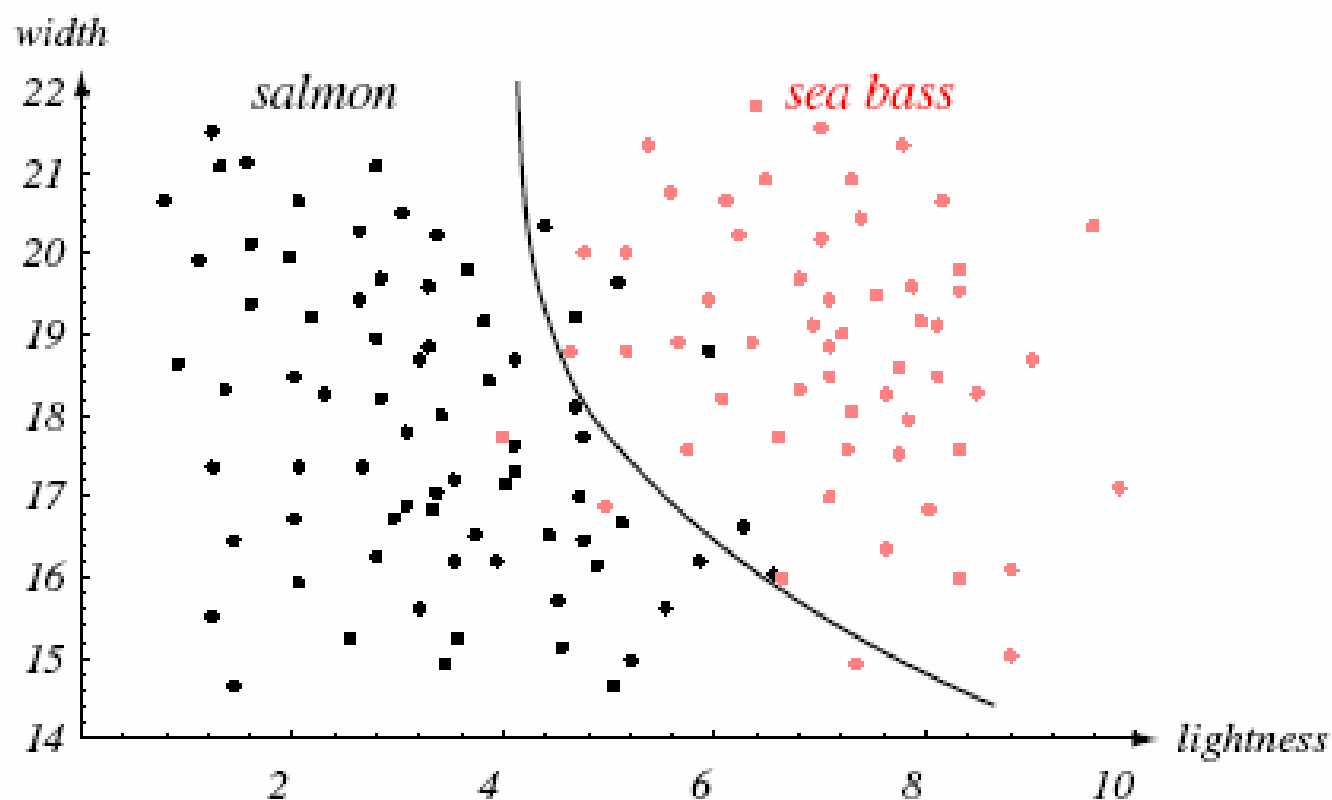
举例：Salmon与Sea Bass的分类

- 分类器设计:
 - 决策边界非常简单



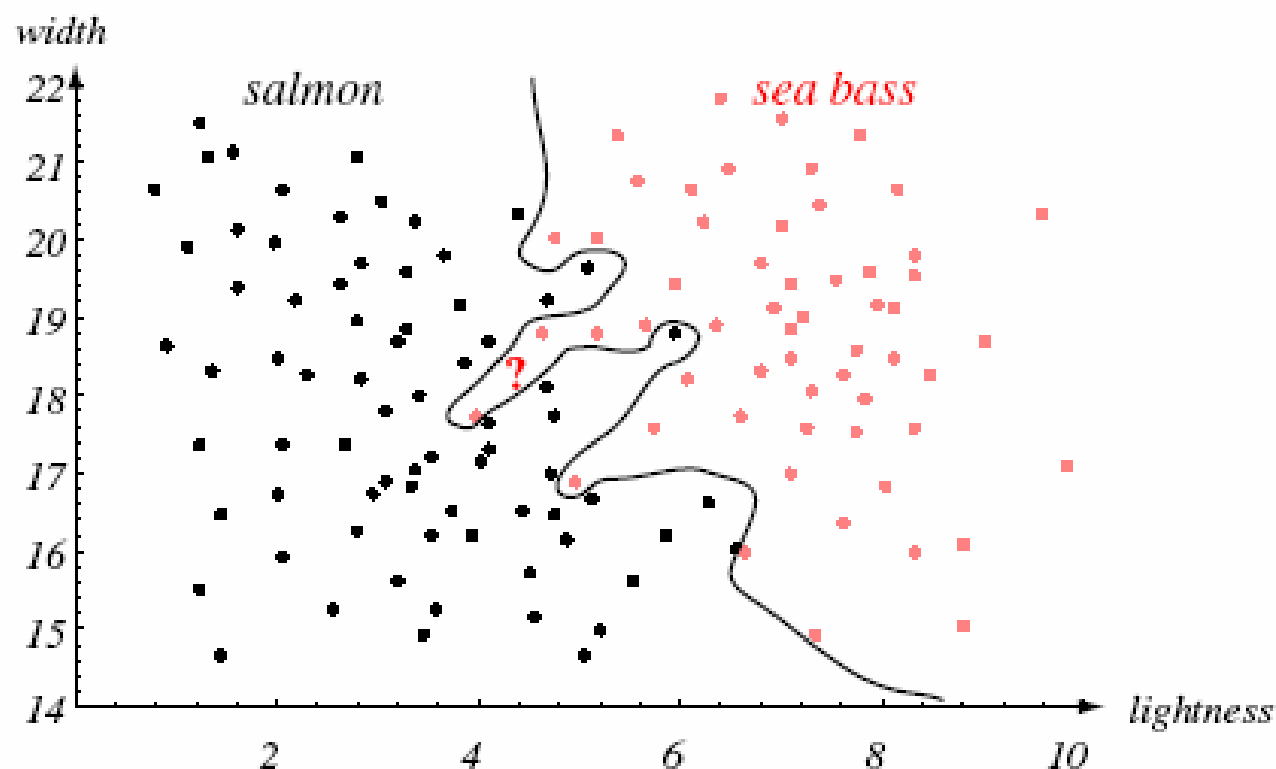
举例：Salmon与Sea Bass的分类

- 分类器设计:



举例：Salmon与Sea Bass的分类

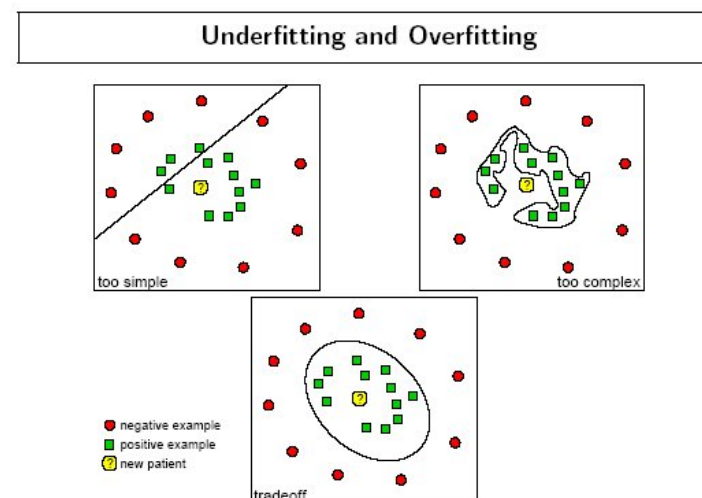
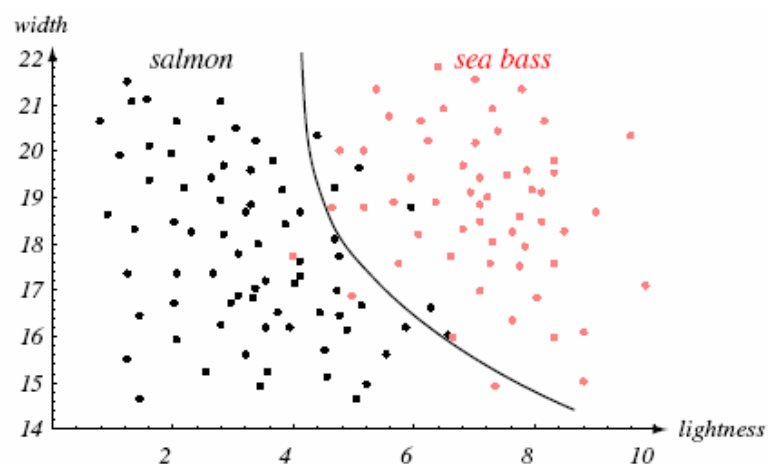
- 分类器设计：
 - 决策边界十分复杂



举例：Salmon与Sea Bass的分类

- 分类器设计:

- 具有良好泛化能力的决策边界是分类器复杂度和训练样本之间折中，避免欠拟合和过拟合



Q / A

- 请问...



内容提要

- 什么是模式识别
- 模式识别系统的基本构成
 - 特征抽取/选择
 - 分类器设计/决策规则
- 模式识别中的典型机器学习问题

模式识别中的典型机器学习问题

- 有监督学习
 - 分类
 - 回归
- 无监督学习
 - 聚类
 - 密度估计
 - 降维
 - 表示学习
 - 如何通过学习的方式获得问题原始数据的有效表达

有监督学习问题

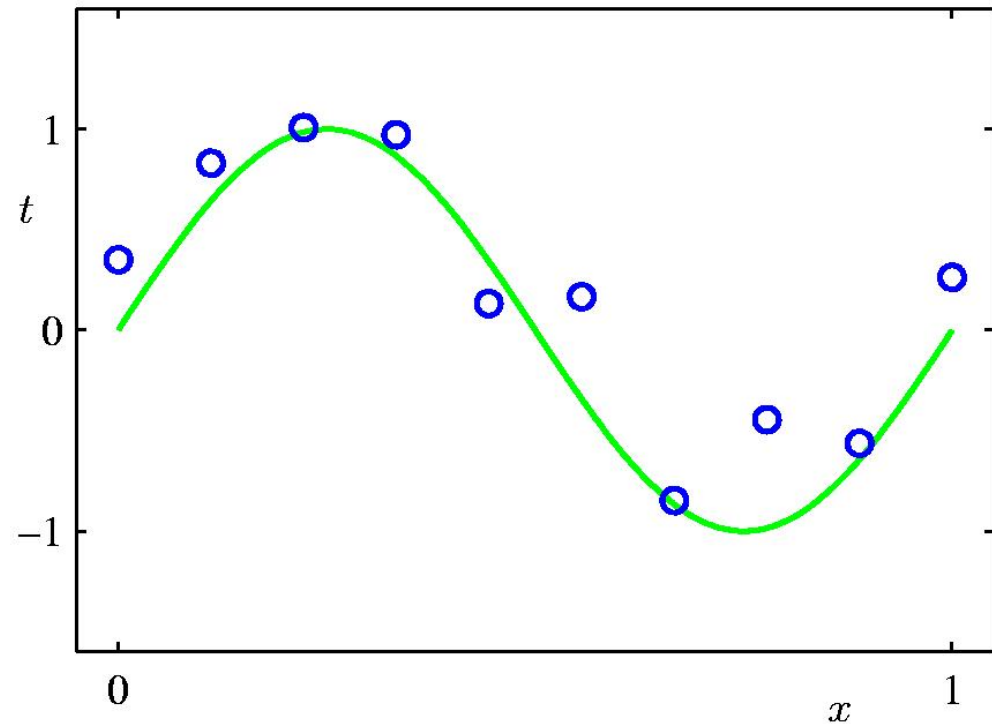
- 训练样本包括数据 x 和其对应的输出 t ，即
 - $D = \{X, T\}$,
- 有监督学习问题，即学习出从 X 到 T 的函数/映射关系，从而给定 x 预测 t
 - 有监督学习的目标: 所获得的函数关系具有好的推广能力

举例：多项式曲线拟合 (Polynomial Curve Fitting)

- 给定训练数据: (x, t)
- 数据生成过程

$$t = \sin(2\pi x) + \varepsilon$$

数据生成过程在实际问题中往往未知



- 定义线性模型

$$y(x, \mathbf{w}) = w_0 + w_1x + w_2x^2 + \dots + w_Mx^M = \sum_{j=0}^M w_jx^j$$

学习任务与方法

- 学习任务:

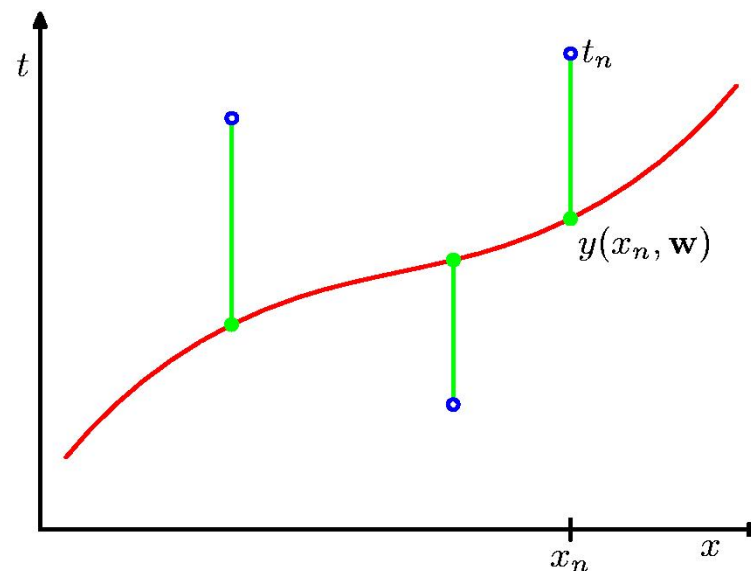
- 根据训练数据, 估计模型中的参数

$$y(x, \mathbf{w}) = w_0 + w_1x + w_2x^2 + \dots + w_Mx^M = \sum_{j=0}^M w_jx^j$$

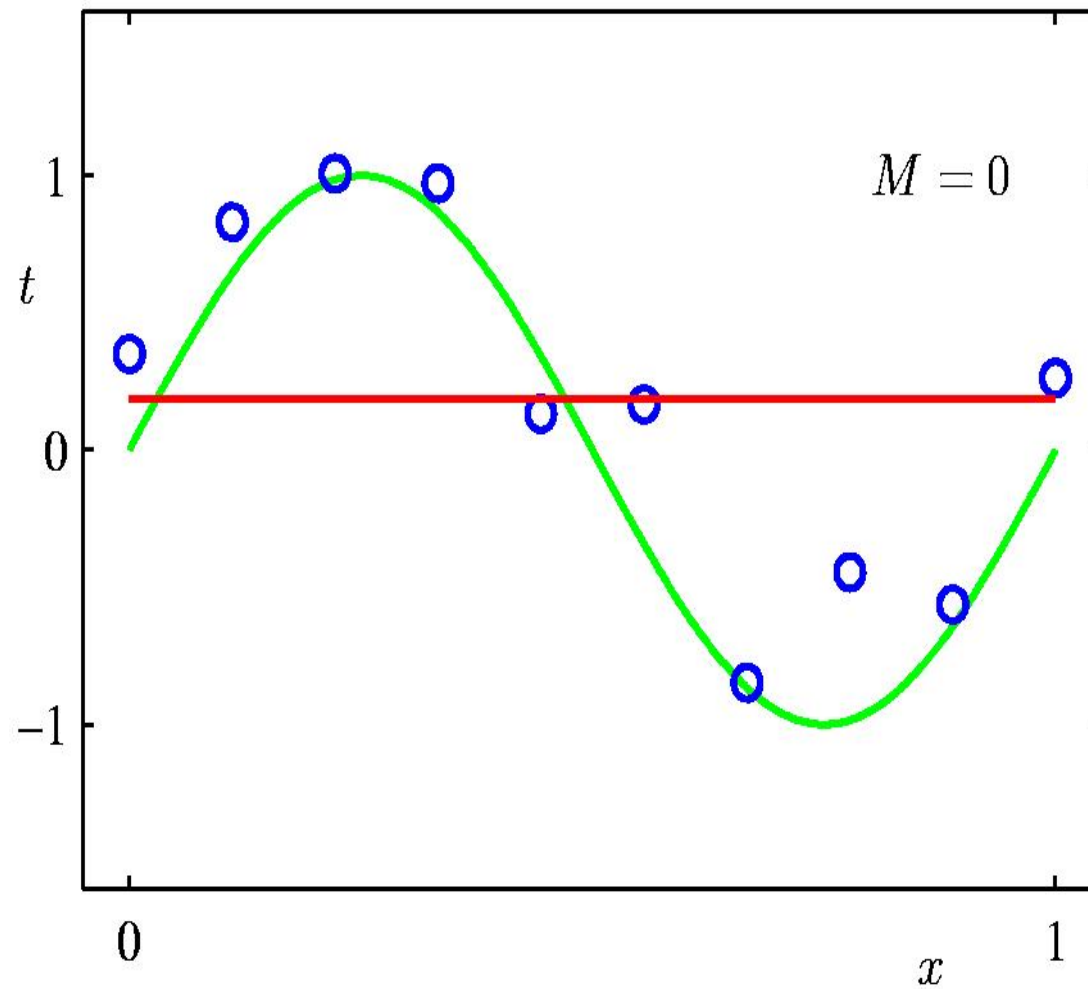
- 方法:

- 误差平方和最小

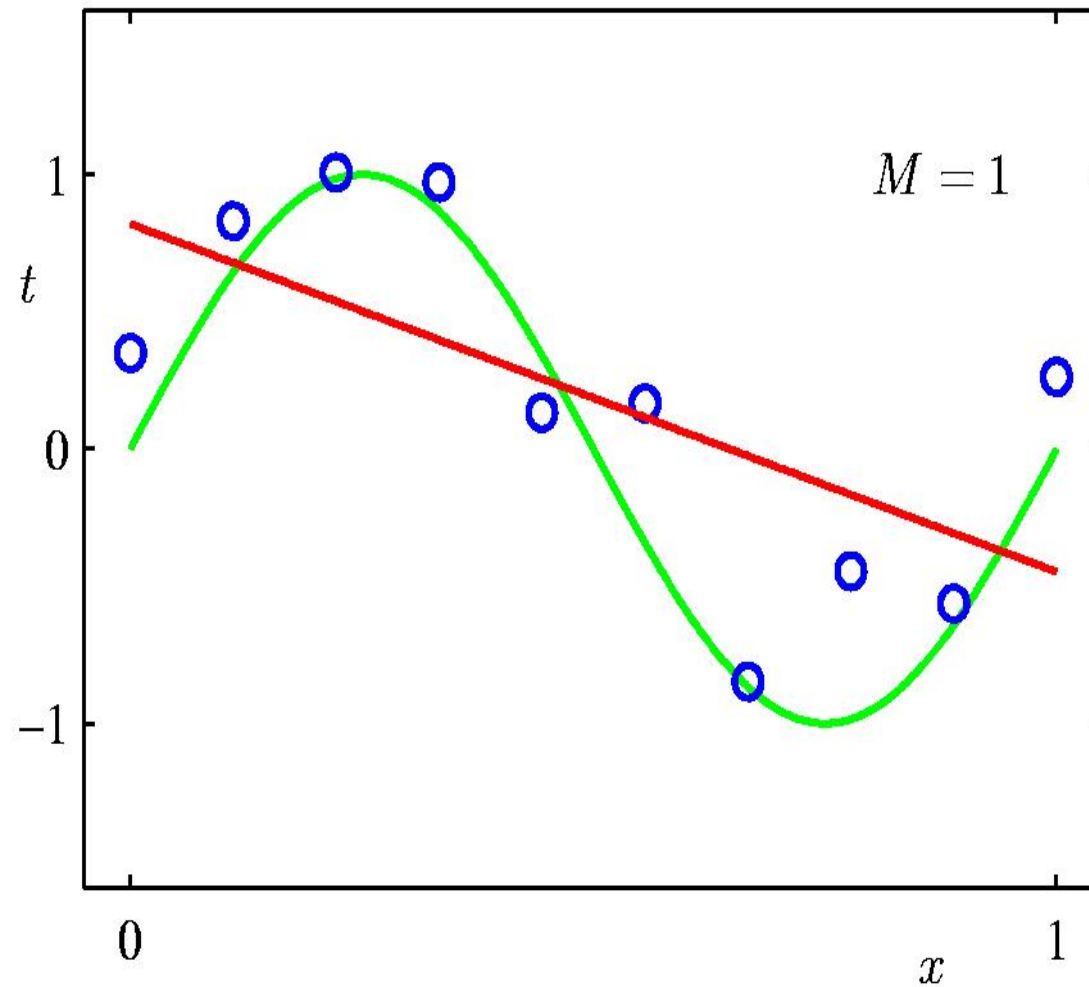
$$E(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \{y(x_n, \mathbf{w}) - t_n\}^2$$



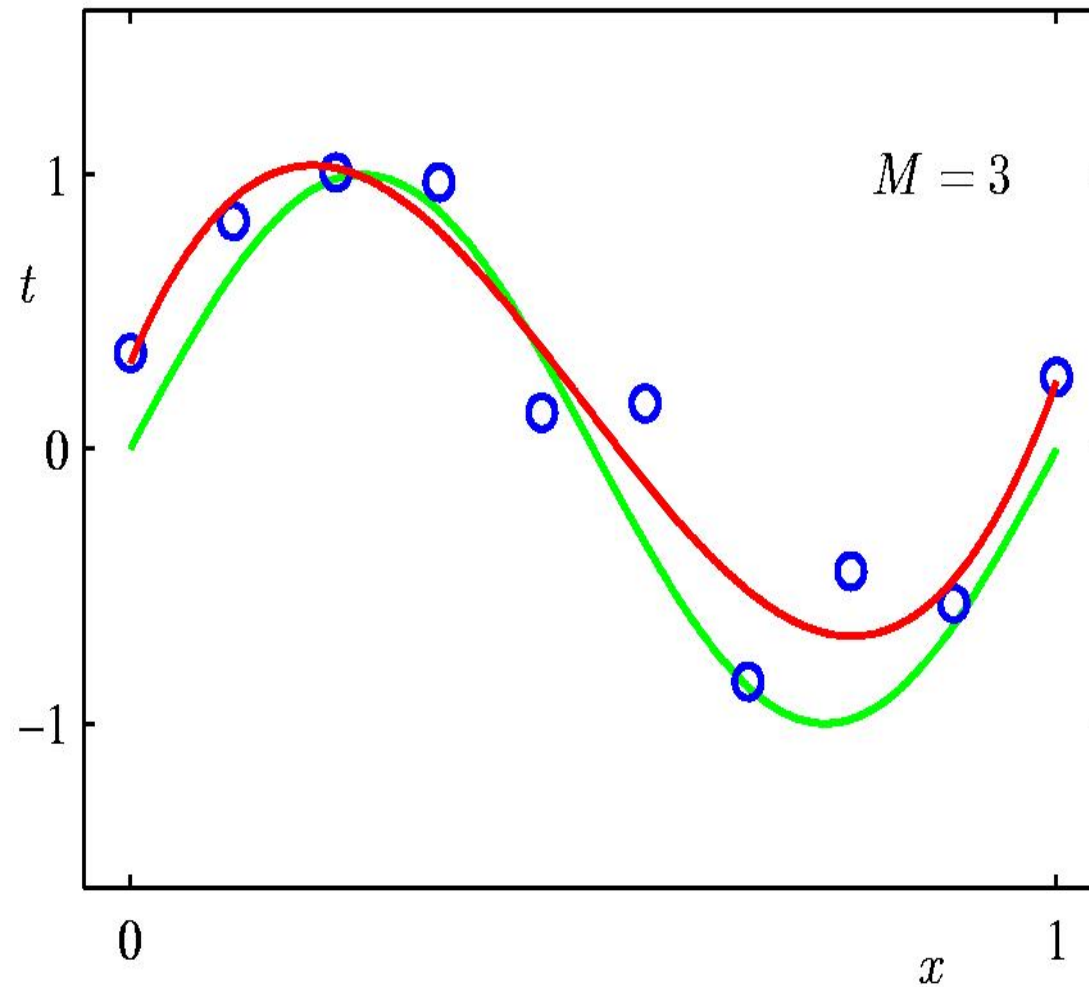
0th Order Polynomial



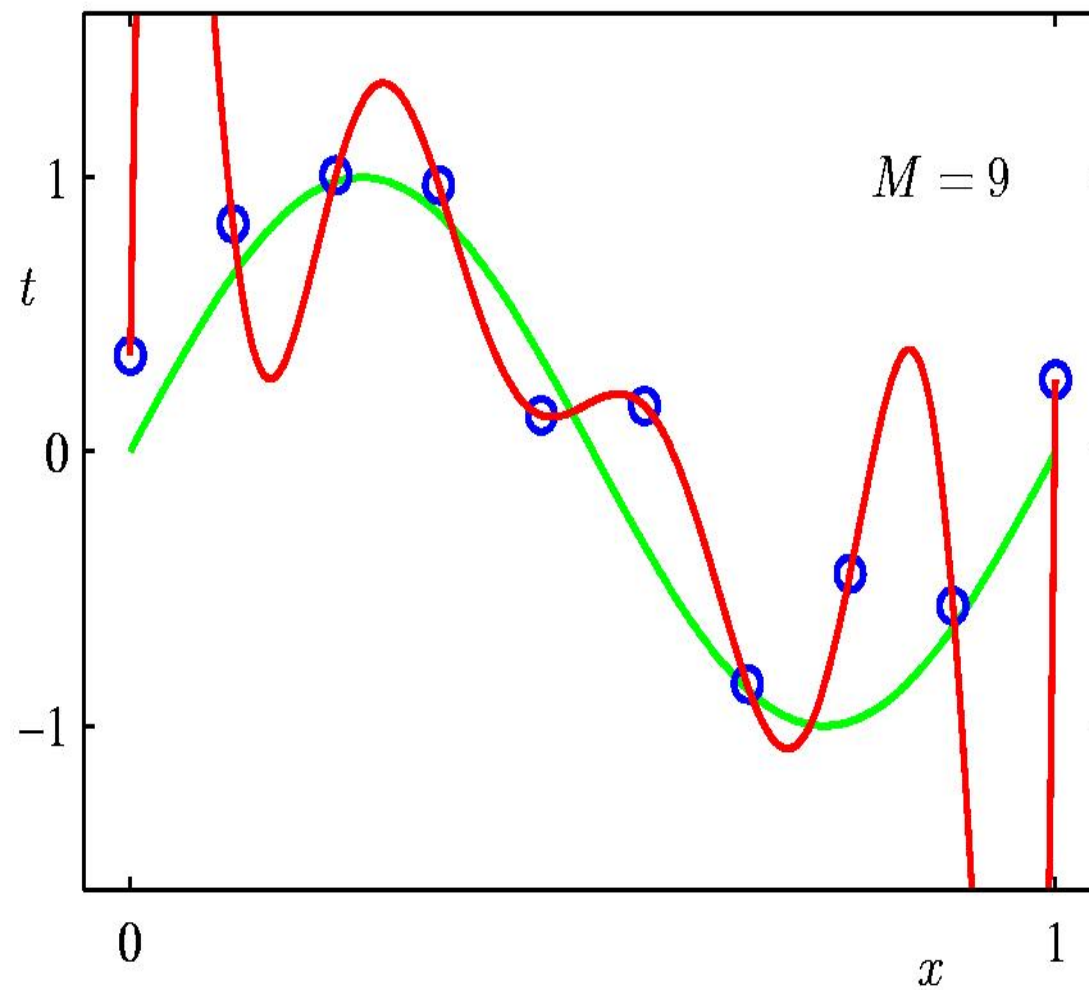
1st Order Polynomial



3rd Order Polynomial



9th Order Polynomial



性能评价

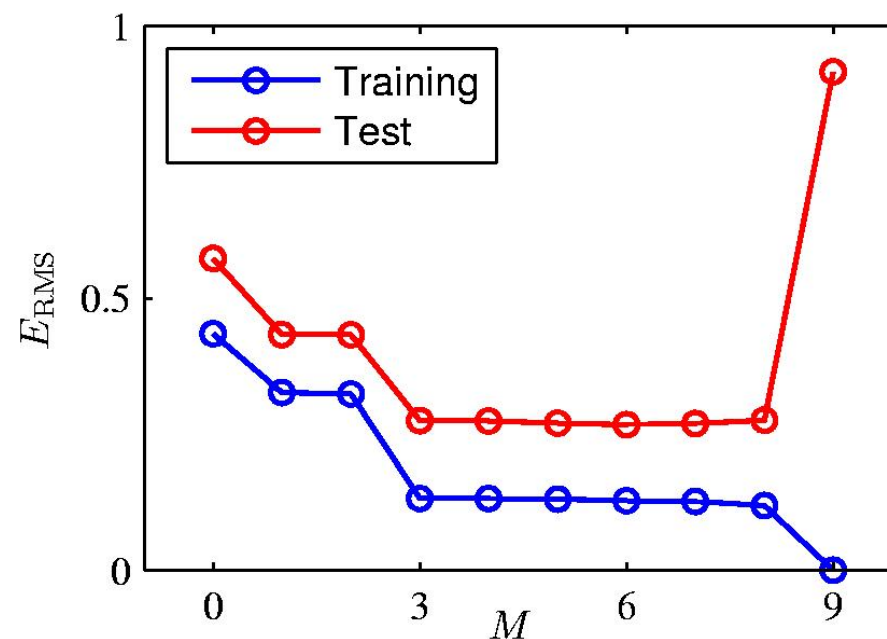
- 定义 均方误差(root-mean-square)

$$E_{\text{RMS}} = \sqrt{2E(\mathbf{w}^*)/N}$$

— 训练误差

— 测试误差

- 过拟合(over-fitting)



多项式各项的系数列表

- M为多项式的阶数

	$M = 0$	$M = 1$	$M = 3$	$M = 9$
w_0^*	0.19	0.82	0.31	0.35
w_1^*		-1.27	7.99	232.37
w_2^*			-25.43	-5321.83
w_3^*			17.37	48568.31
w_4^*				-231639.30
w_5^*				640042.26
w_6^*				-1061800.52
w_7^*				1042400.18
w_8^*				-557682.99
w_9^*				125201.43

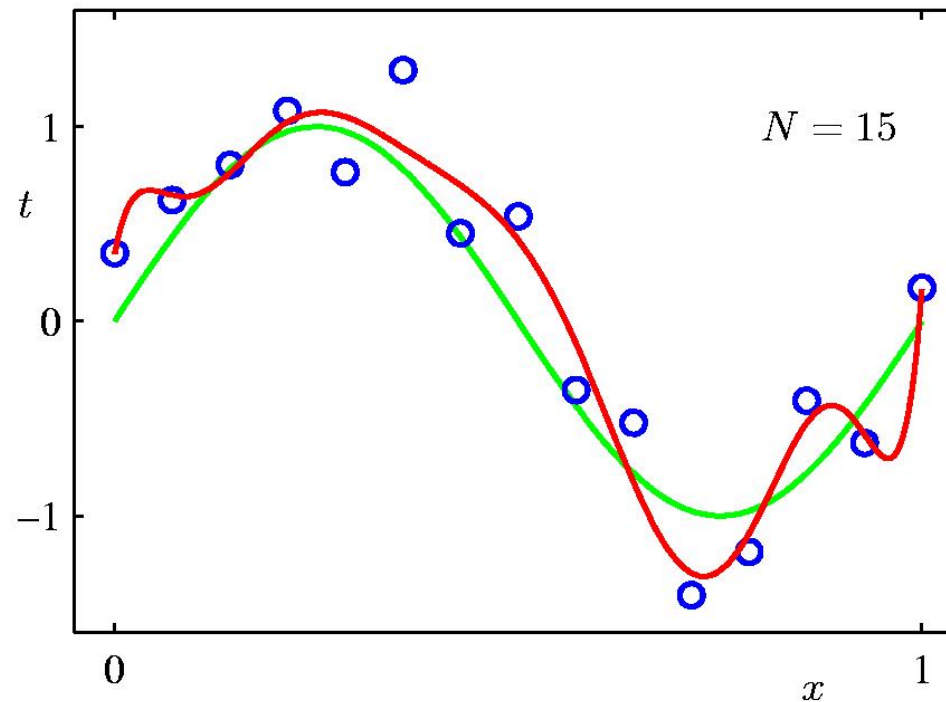
- 导致过拟合的因素:

- 模型的复杂度

- 在数据样本数目固定条件下

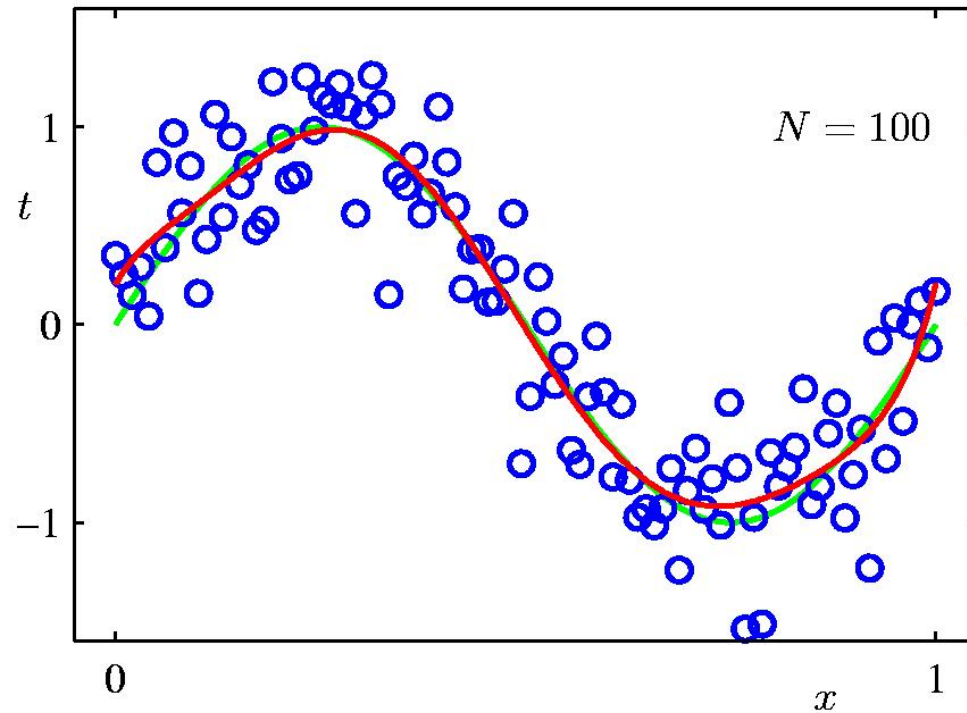
增加训练样本数目

- 仍使用 9th Order Polynomial



增加训练样本数目

- 使用 9th Order Polynomial



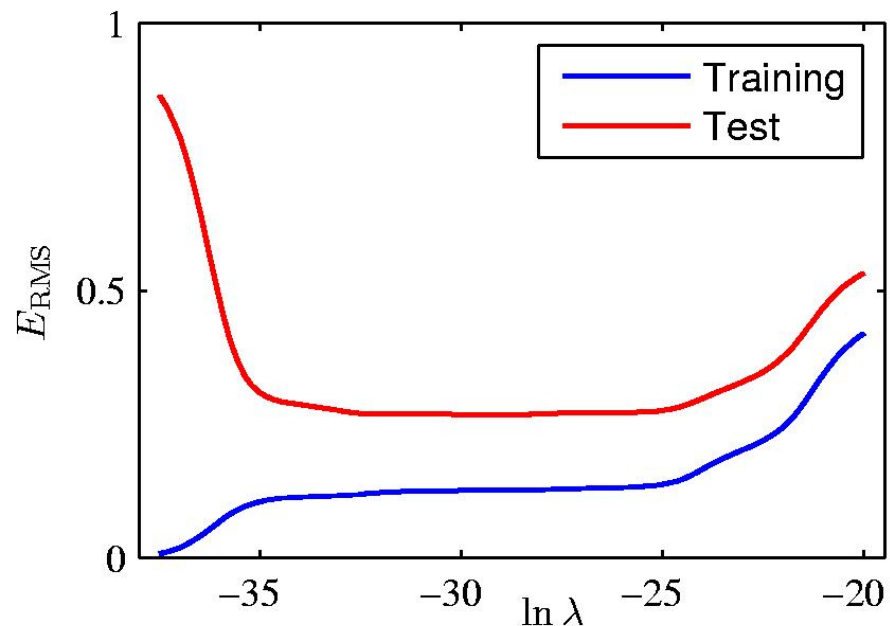
- 导致过拟合的相关因素:
 - 模型复杂度
 - 训练样本的数目

改变学习方法

- 仍使用10个训练样本，使用 9th Order Polynomial，但引入正则化项

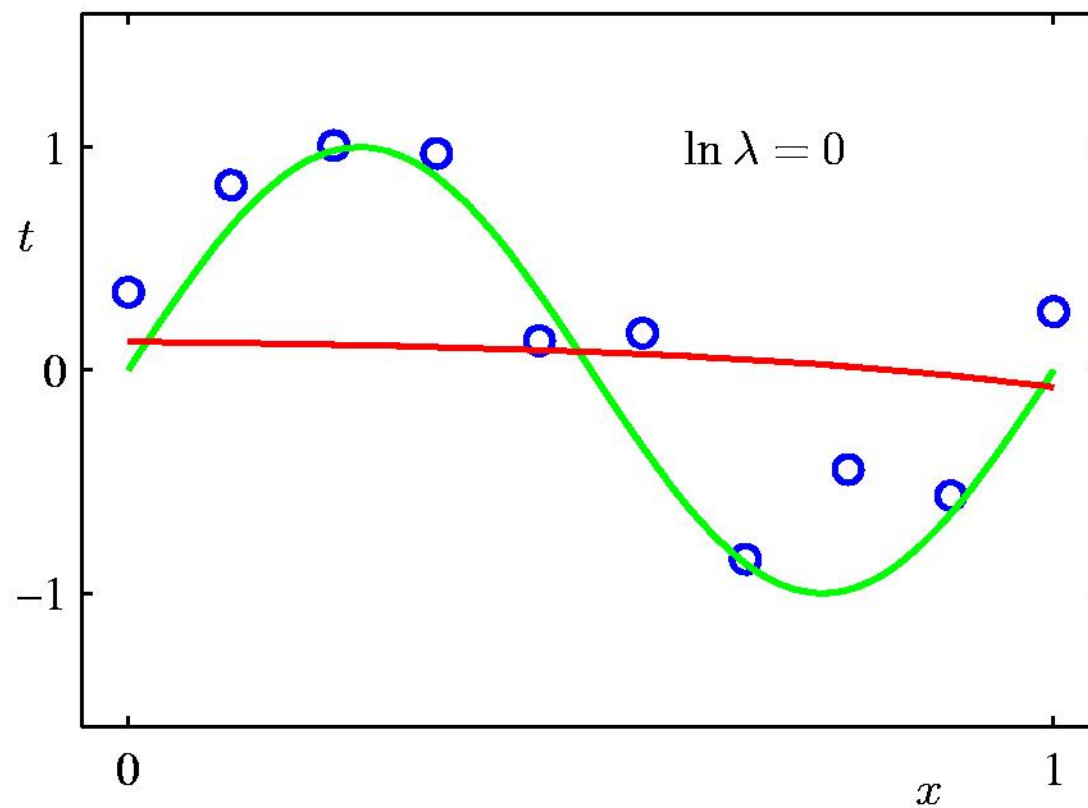
$$\tilde{E}(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \{y(x_n, \mathbf{w}) - t_n\}^2 + \frac{\lambda}{2} \|\mathbf{w}\|^2$$

– 正则化项：惩罚大的系数



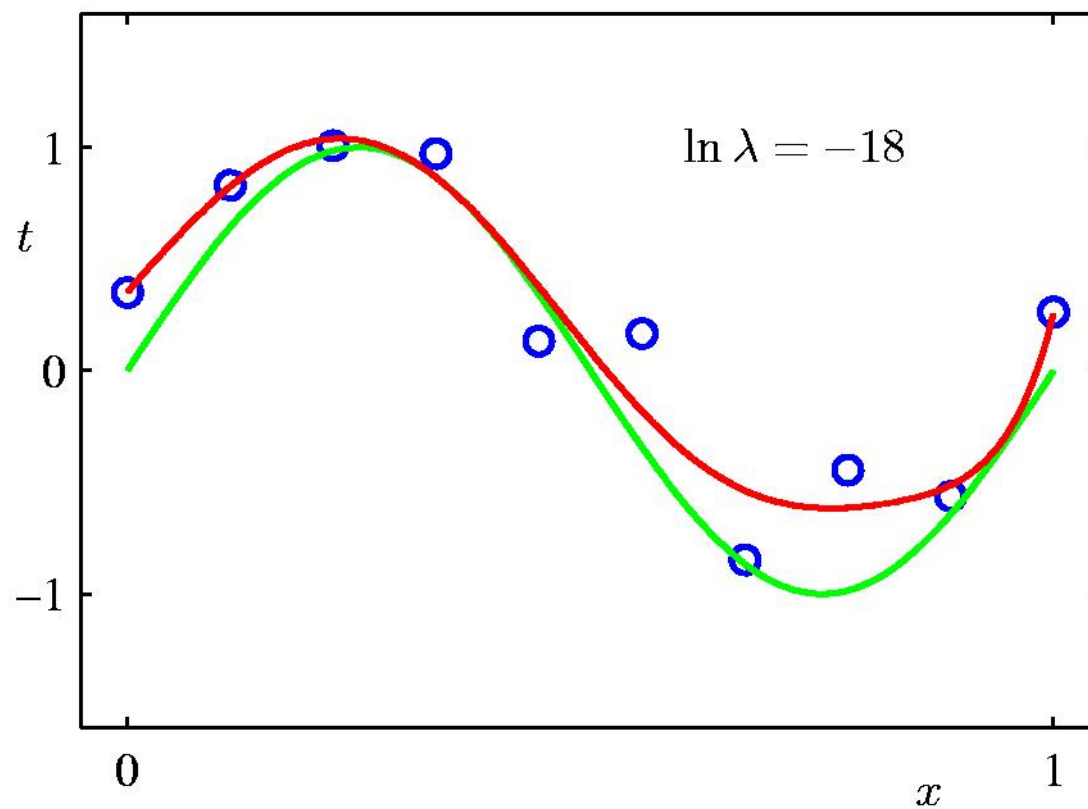
不同正则化系数下的结果

•



不同正则化系数下的结果

•



不同正则化系数下的多项式系数

•

	$\ln \lambda = -\infty$	$\ln \lambda = -18$	$\ln \lambda = 0$
w_0^*	0.35	0.35	0.13
w_1^*	232.37	4.74	-0.05
w_2^*	-5321.83	-0.77	-0.06
w_3^*	48568.31	-31.97	-0.05
w_4^*	-231639.30	-3.89	-0.03
w_5^*	640042.26	55.28	-0.02
w_6^*	-1061800.52	41.32	-0.01
w_7^*	1042400.18	-45.95	-0.00
w_8^*	-557682.99	-91.53	0.00
w_9^*	125201.43	72.68	0.01

从多项式曲线拟合例子得出的结论

- 导致过拟合的相关因素:

- 模型复杂度

- 训练样本的数目

- 学习方法

- 正则化

- MLE vs. MAP

- 贝叶斯方法

Q / A

- 请问...



051414 www.rppt.com

Bygones No.2003112607466076300

总结: 模式识别中的关键问题

- 从研究的角度

- 特征抽取

- 相似度计算

- 学习问题

附：模式识别方向主要国际会议和期刊

- CVPR:
 - **IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**
- ICPR:
 - **IEEE International Conference on Pattern Recognition**
- 其它: ICCV / ECCV / ACCV / ICASSP / ACPR
- PAMI:
 - **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**
- SMC:
 - **IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics**
- TIP:
 - **IEEE Trans. Image Processing**
- PR:
 - **Pattern Recognition**
- PRL:
 - **Pattern Recognition Letter**
- IJPRAI:
 - **International Journal on Pattern Recognition and Artificial Intelligence**

Q / A

- 请提问...



如何求解？

- 给定训练数据，考虑多项式回归模型

$$y(x, \mathbf{w}) = w_0 + w_1x + w_2x^2 + \dots + w_Mx^M = \sum_{j=0}^M w_jx^j$$

— 如何确定 \mathbf{w} ？

$$E(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \{y(x_n, \mathbf{w}) - t_n\}^2$$

$$\tilde{E}(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \{y(x_n, \mathbf{w}) - t_n\}^2 + \frac{\lambda}{2} \|\mathbf{w}\|^2$$

— 如何解释上述两种模型？

To be continued in 线性模型.....

插图资料来源声明

- 本课件中所使用的部分插图源于网络，另一部分插图来源于[1]，它们只限于教学目的。图片的版权属于原作者。我们十分感谢他们在网络上分享他们的工作。
- Some figures in this slides are collected from Web and some of them from book [1]. They are used ONLY for teaching purpose. The copyright of these figures belongs to the original owners/authors. We highly appreciate the owners/authors for sharing their artworks on Web.
- Ref:
 - [1] Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.