

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## بازشناسی الگو

درس ۱

# مقدمه‌ای بر بازشناسی الگو

**An Introduction to Pattern Recognition**

کاظم فولادی  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/pr>

مقدمه

۱

الگوها  
و  
بازشناسی  
الگو

## PATTERNS

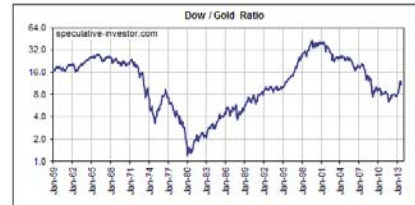
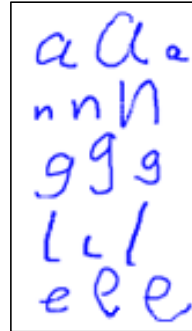
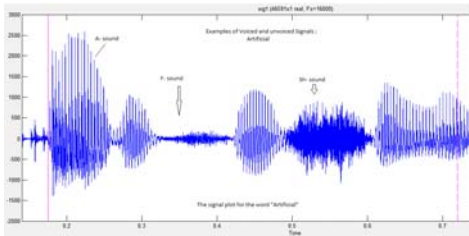
الگو یک پدیده‌ی دارای نظم است.  
(مفهومی ذهنی، معمولاً دارای یک نام)

الگو  
Pattern

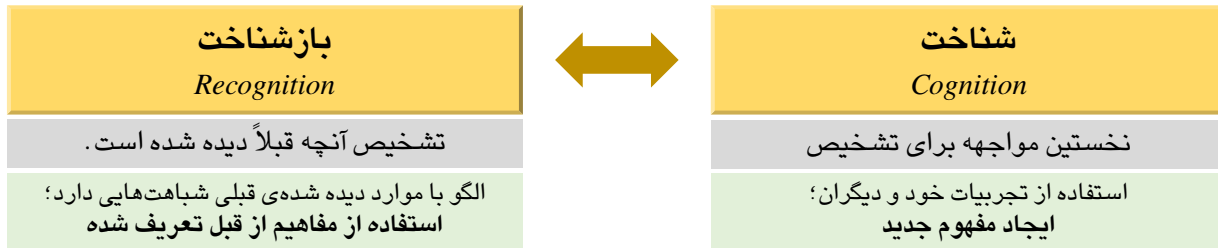


Dear Ann & Tom,  
Congratulations on your  
twenty-fifth wedding anniversary.  
There are so few who are as  
fortunate to have what you have,  
companionship, friendships, and  
a loving relationship.  
Happy anniversary.

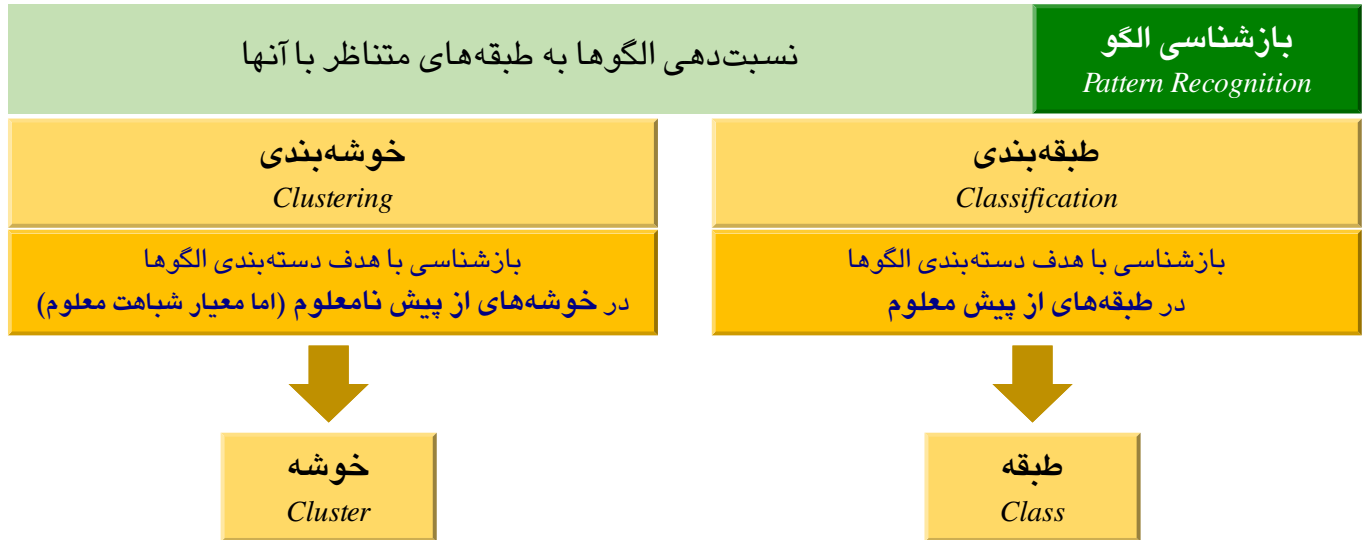
Very truly,  
Helen



## شناخت / بازشناخت

COGNITION VS. RECOGNITION

## بازشناسی الگو

PATTERN RECOGNITION

مقدمه

۲

کاربردهای  
بازشناسی  
الگو

## بازشناسی الگو

کاربردها

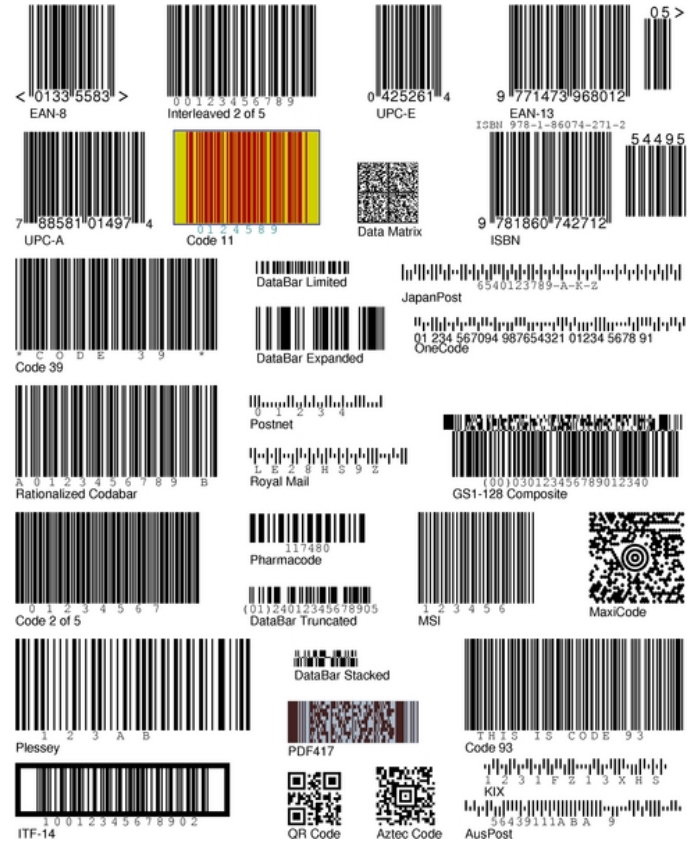
PATTERN RECOGNITION: APPLICATIONS

| Problem Domain                | Application                       | Input Pattern                    | Pattern Classes                     |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Document image analysis       | Optical character recognition     | Document image                   | Characters, words                   |
| Document classification       | Internet search                   | Text document                    | Semantic categories                 |
| Multimedia database retrieval | Internet search                   | Video clip                       | Video genres                        |
| Speech recognition            | Telephone directory assistance    | Speech waveform                  | Spoken words                        |
| Natural language processing   | Information extraction            | Sentences                        | Parts of speech                     |
| Biometric recognition         | Personal identification           | Face, iris, fingerprint          | Authorized users for access control |
| Medical                       | Diagnosis                         | Microscopic image                | Cancerous/healthy cell              |
| Military                      | Automatic target recognition      | Optical or infrared image        | Target type                         |
| Industrial automation         | Printed circuit board inspection  | Intensity or range image         | Defective/non-defective product     |
| Industrial automation         | Fruit sorting                     | Images taken on a conveyor belt  | Grade of quality                    |
| Remote sensing                | Forecasting crop yield            | Multispectral image              | Land use categories                 |
| Bioinformatics                | Sequence analysis                 | DNA sequence                     | Known types of genes                |
| Data mining                   | Searching for meaningful patterns | Points in multidimensional space | Compact and well-separated clusters |

# بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی کدهای تصویری

## IMAGE-CODE RECOGNITION

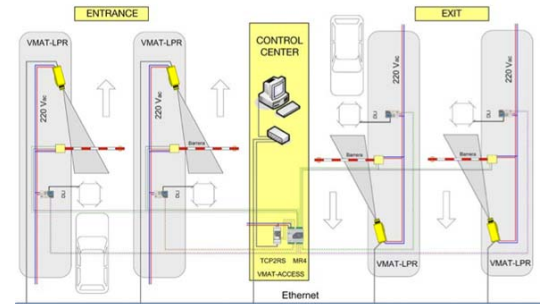
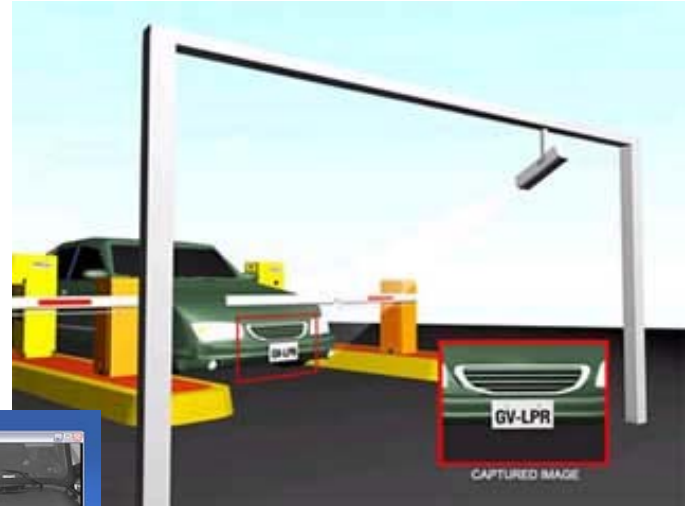
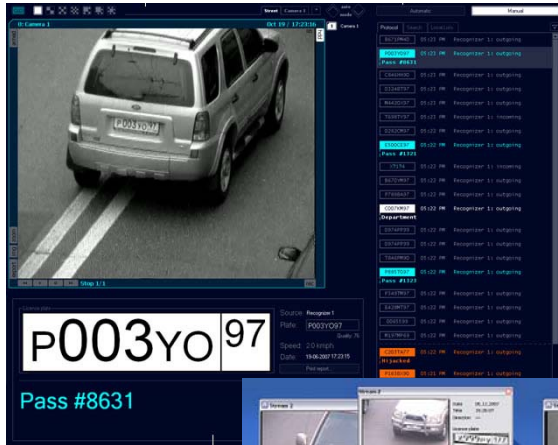




# بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی پلاک خودرو

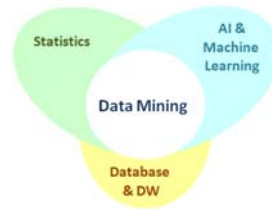
## CAR LICENSE-PLATE RECOGNITION



# بازشناسی الگو

کاربرد در داده‌کاوی

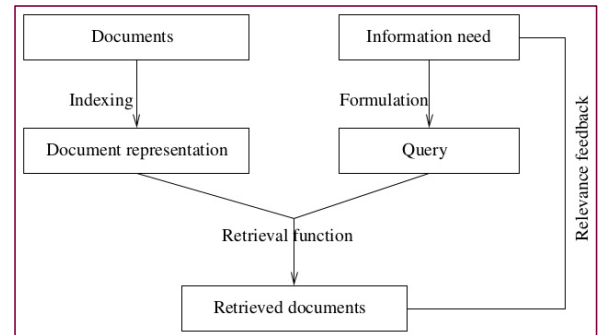
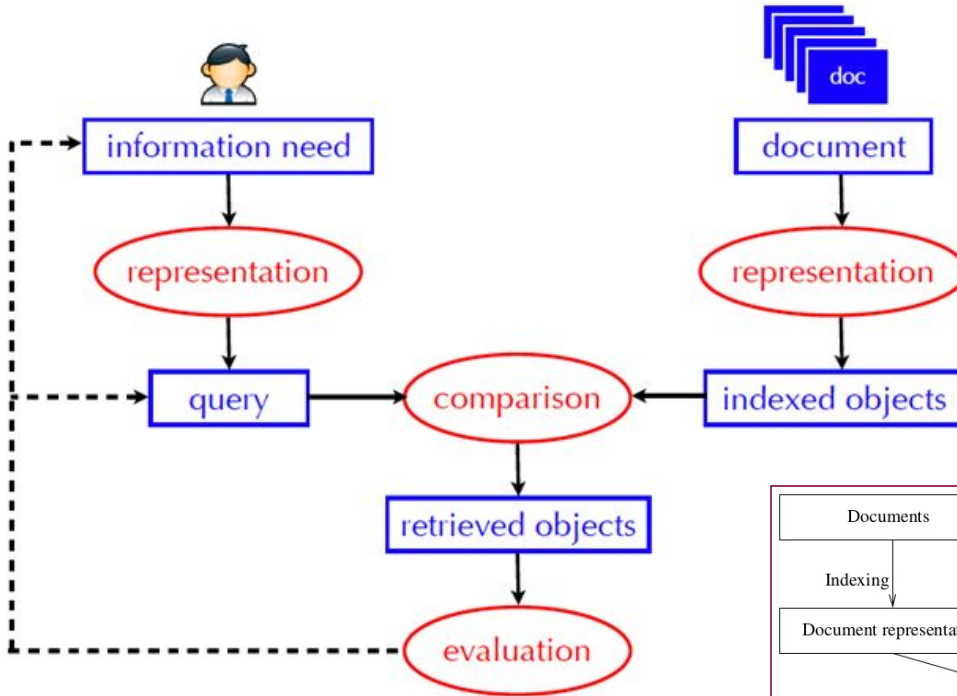
## DATA MINING



# بازشناسی الگو

کاربرد در بازیابی هوشمند اطلاعات

## INTELLIGENT INFORMATION RETRIEVAL



## بازشناسی الگو

کاربرد در دسته‌بندی متون

TEXT CATEGORIZATION

## بازشناسی الگو

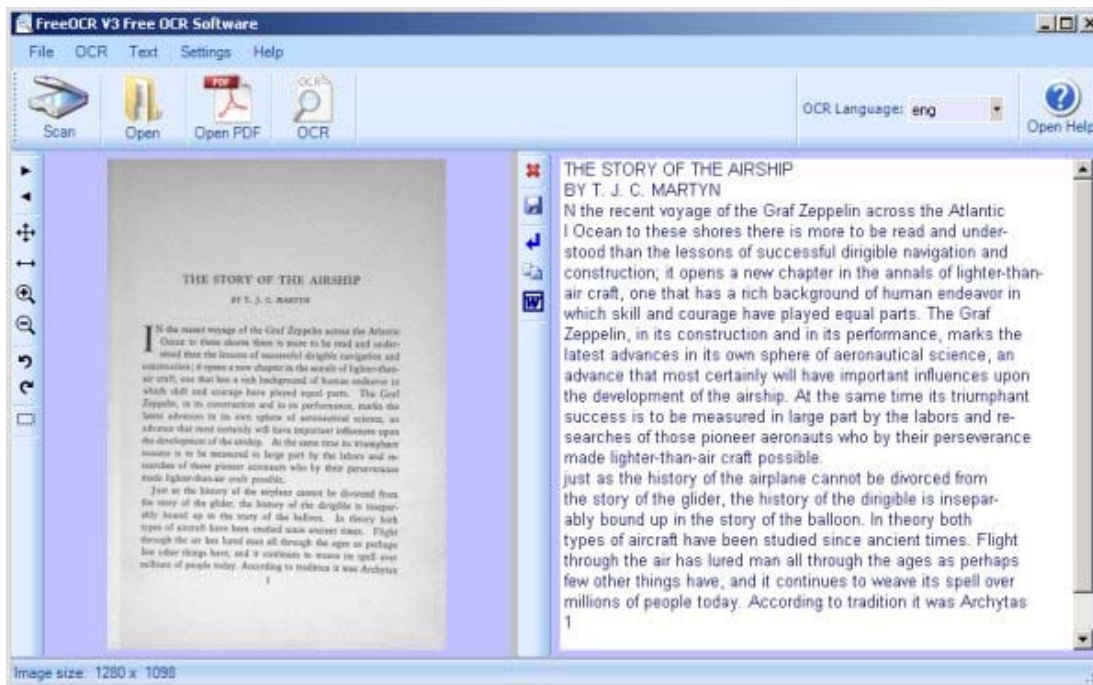
کاربرد در بازیابی تصویر

IMAGE RETRIEVAL

## بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی نوری کاراکترها

### OPTICAL CHARACTER RECOGNITION (OCR)

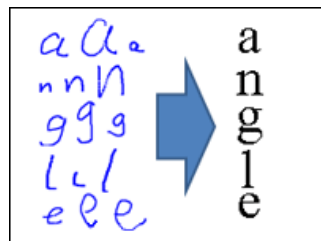




# بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی دست نوشته

## HANDWRITING RECOGNITION



## بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی فرمول

FORMULA RECOGNITION

$$f(z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(e^{i\psi}) \frac{e^{i\psi} + z}{e^{i\psi} - z} d\psi, |z| < 1$$

$$f(z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(e^{i\psi}) \frac{e^{i\psi} + z}{e^{i\psi} - z} d\psi, |z| < 1$$



## کاربرد در بازشناسی چهره

[illegible]

## بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی حالت چهره

### FACE EXPRESSION RECOGNITION



# بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی گفتار

## SPEECH RECOGNITION



## بازشناسی الگو

کاربرد در بازشناسی گوینده

### SPEAKER RECOGNITION



بازشناسی گوینده

*Speaker Recognition*

شناسایی هویت گوینده

*Speaker Identification*

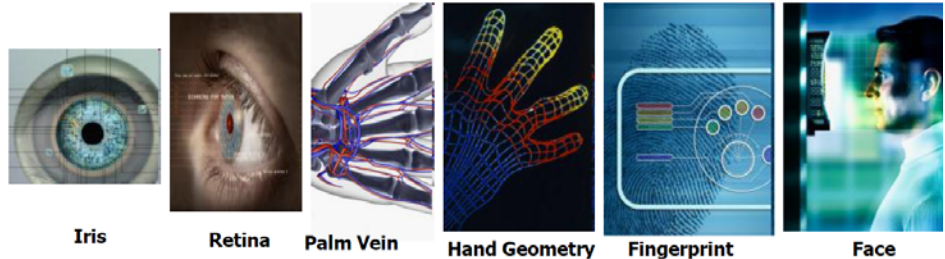
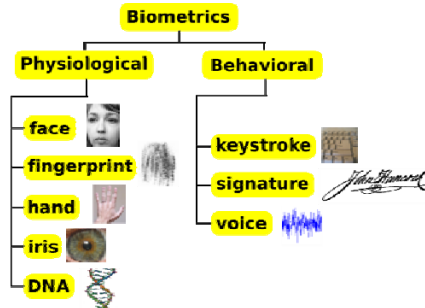
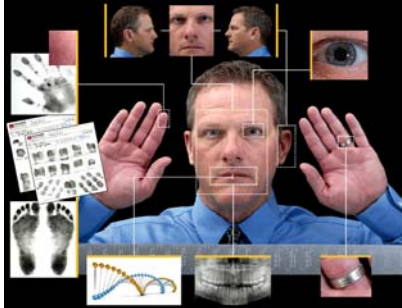
تصدیق هویت گوینده

*Speaker Verification*

# بازشناسی الگو

کاربرد در زیست‌سنجی (بیومتری)

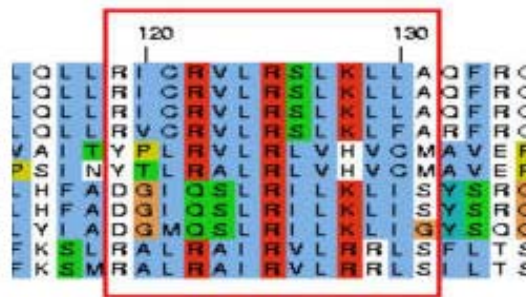
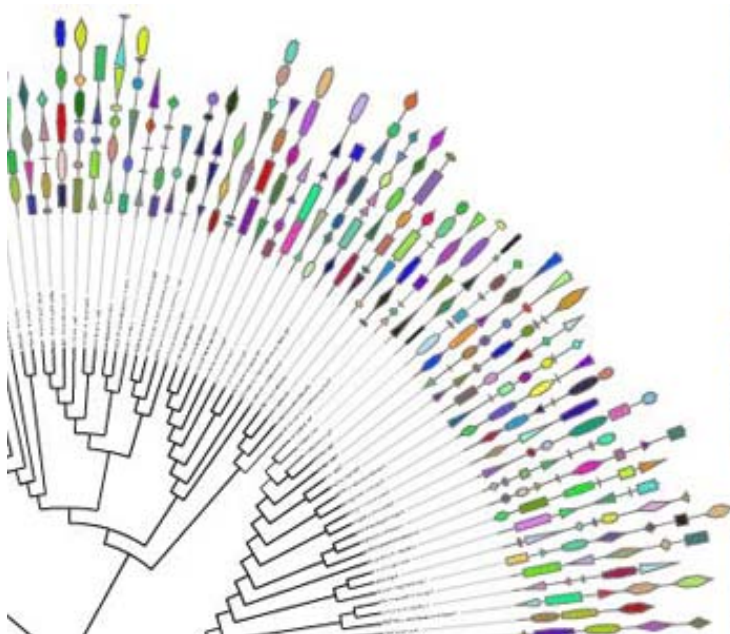
## BIOMETRICS



# بازشناسی الگو

کاربرد در بیوانفورماتیک

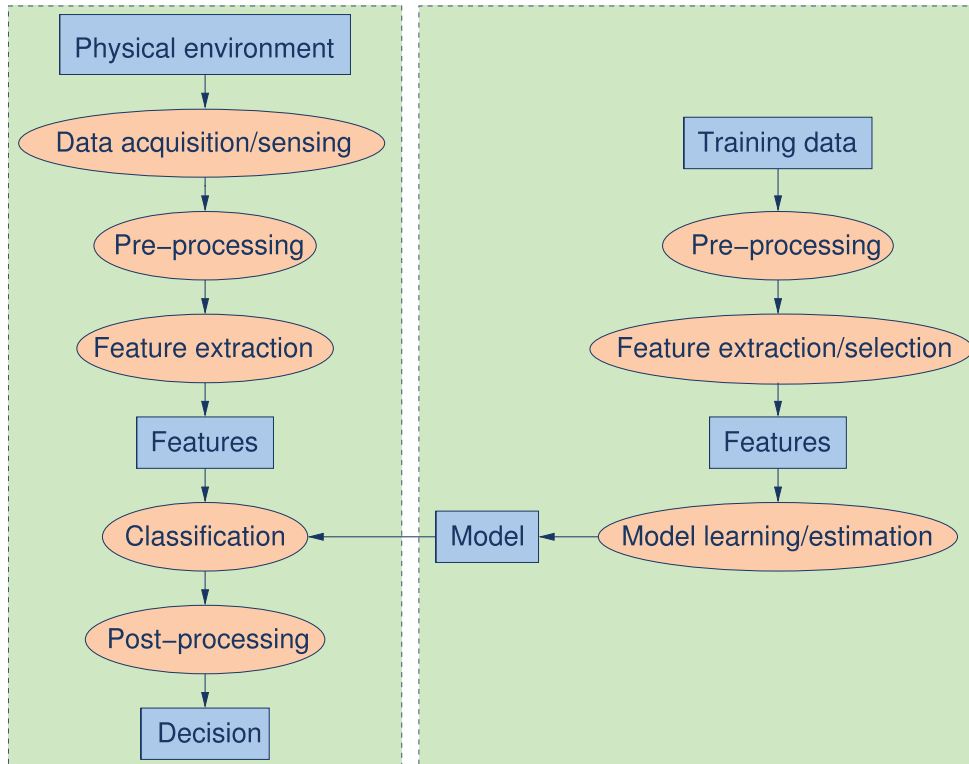
## BIOINFORMATICS



۳

# سیستم بازشناسی الگو

## سیستم بازشناسی الگو

PATTERN RECOGNITION SYSTEM



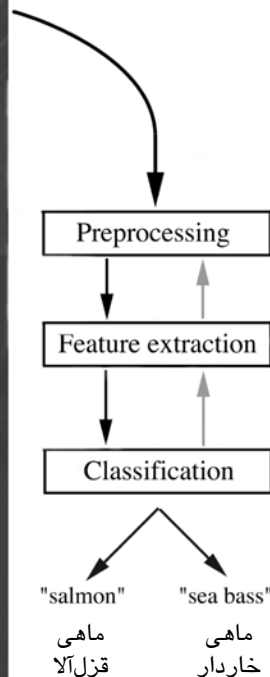
## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی

### OBJECT RECOGNITION

اشیایی که باید طبقه‌بندی شوند،  
ابتدا توسط یک تراگذر (دوربین)  
حس می‌شوند و سیگنال‌های  
دریافتی پیش‌پردازش می‌شوند.  
سپس ویژگی‌ها استخراج  
می‌شوند و سرانجام طبقه‌بندی  
(دو نوع ماهی) انجام می‌شود.

جریان اصلی اطلاعات از مبدأ به  
سمت طبقه‌بندی کننده است  
(پیکان‌های سیاه) اما  
در برخی سیستم‌ها مراحل قبلی  
پردازش می‌توانند بر اساس  
مراحل بعدی پردازش تغییر پیدا  
کنند (پیکان‌های خاکستری).



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (استخراج ویژگی: طول ماهی)

## OBJECT RECOGNITION

طول تعدادی از دو نوع ماهی را  
محاسبه و ثبت می‌کنیم.

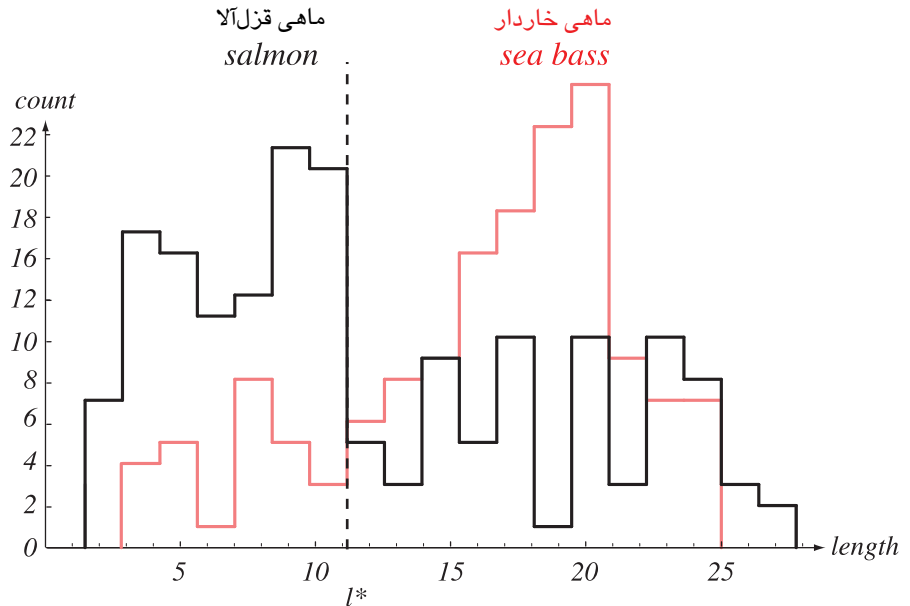
به طور متوسط، طول ماهی  
خاردار، از ماهی قزل‌آلا بیشتر  
است، اما همیشه این‌گونه نیست.

در شکل، هیستوگرام ویژگی طول  
برای هر دو دسته رسم شده است.

یک آستانه‌ی واحد برای مقدار طول  
که بتواند بدون ابهام دو دسته را از  
هم تفکیک کند، وجود ندارد.

با استفاده از طول به عنوان تنها  
ویژگی، مقداری خطا خواهیم داشت.

مقدار  $l^*$  حداقل مقدار خطا به طور  
متوسط را ایجاد می‌کند.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (استخراج ویژگی: وزن ماهی)

### OBJECT RECOGNITION

وزن تعدادی از دو نوع ماهی را  
محاسبه و ثبت می‌کنیم.

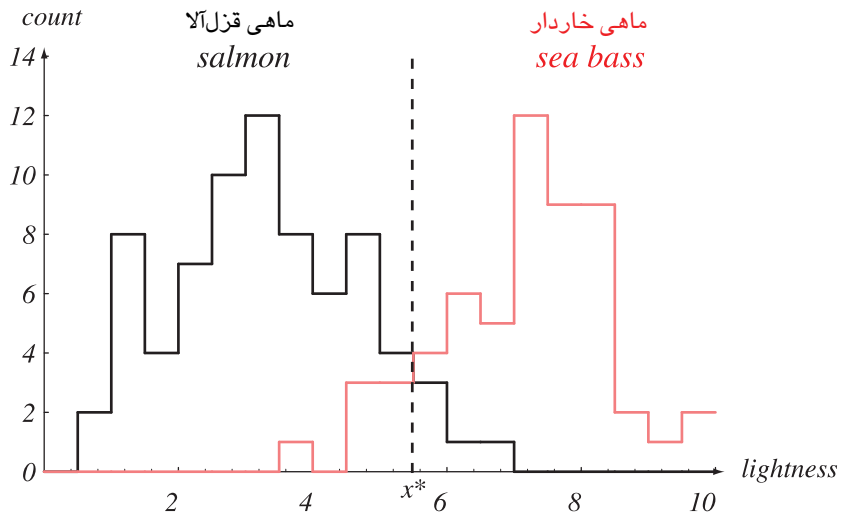
به طور متوسط، سبکی ماهی  
خاردار، از ماهی قزل‌آلا بیشتر  
است، اما همیشه این‌گونه نیست.  
اما همپوشانی مقادیر وزن این دو  
نوع ماهی از همپوشانی طول آنها  
کمتر است ( $\Leftarrow$  وزن: ویژگی بهتر)

در شکل، هیستوگرام ویژگی وزن  
برای هر دو دسته رسم شده است.

یک آستانه‌ی واحد برای مقدار وزن  
که بتواند بدون ابهام دو دسته را از  
هم تفکیک کند، وجود ندارد.

با استفاده از وزن به عنوان تنها  
ویژگی، مقداری خطا خواهیم داشت.

مقدار  $x^*$  حداقل مقدار خطا به طور  
متوسط را ایجاد می‌کند.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (استخراج ویژگی: طول و وزن ماهی)

### OBJECT RECOGNITION

بهتر است از بیش از یک ویژگی استفاده کنیم.

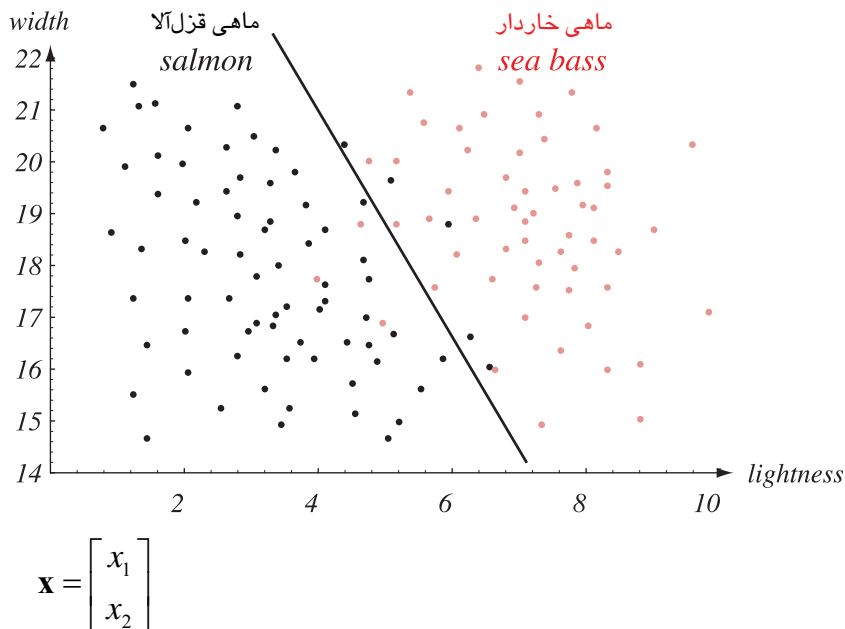
فضای الگوها با استفاده از تعداد بیشتری ویژگی، بیشتر تفکیک می‌شود.

در این مثال،  
از دو ویژگی وزن  $x_1$  و طول  $x_2$  دو نوع ماهی استفاده می‌کنیم.  
⇒ فضای ویژگی دوبعدی  
⇐ بردار ویژگی دوبعدی

خط سیاه:

مرز تصمیم برای طبقه‌بندی کننده

خطای کلی طبقه‌بندی بر روی این داده‌ها، کمتر از زمانی است که فقط از یک ویژگی استفاده می‌شود، اما هنوز مقداری خطا وجود دارد.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

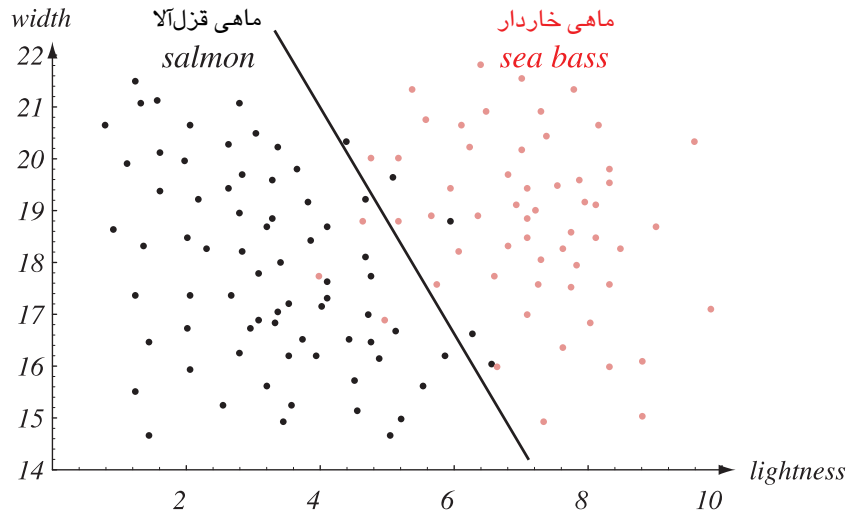
مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (استخراج ویژگی: تعداد ویژگی؟)

## OBJECT RECOGNITION

می‌توان از بیش از دو ویژگی هم استفاده کرد  
(مثلاً نسبت طول به عرض ماهی / تعداد باله‌های ماهی / ...).

- تعداد ویژگی لازم؟
- خوب بودن یک ویژگی؟
- ویژگی‌های همبسته؟

- ❖ هر چه استخراج یک ویژگی ساده‌تر باشد، بهتر است.
- ❖ هر چه یک ویژگی قدرت تفکیک بالاتری داشته باشد، بهتر است.
- ❖ هر چه افزونگی ویژگی‌ها پایین‌تر باشد، بهتر است.
- ❖ هر چه تعداد کل ویژگی‌ها کمتر باشد، بهتر است.
- ❖ هر چه پردازش یک ویژگی ساده‌تر باشد، بهتر است.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

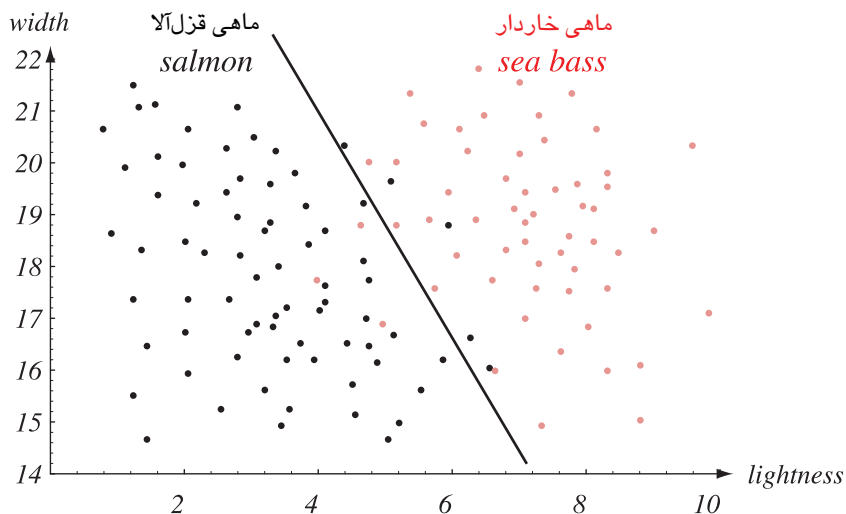
## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (مرز تصمیم ساده)

### OBJECT RECOGNITION

مرز تصمیم ساده = مرز خطی  $\Leftarrow$

- دسته‌بندی نادرست
- برخی نمونه‌ها
- واریانس بالا
- تعمیم‌پذیری بالا



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (مرز تصمیم پیچیده)

## OBJECT RECOGNITION

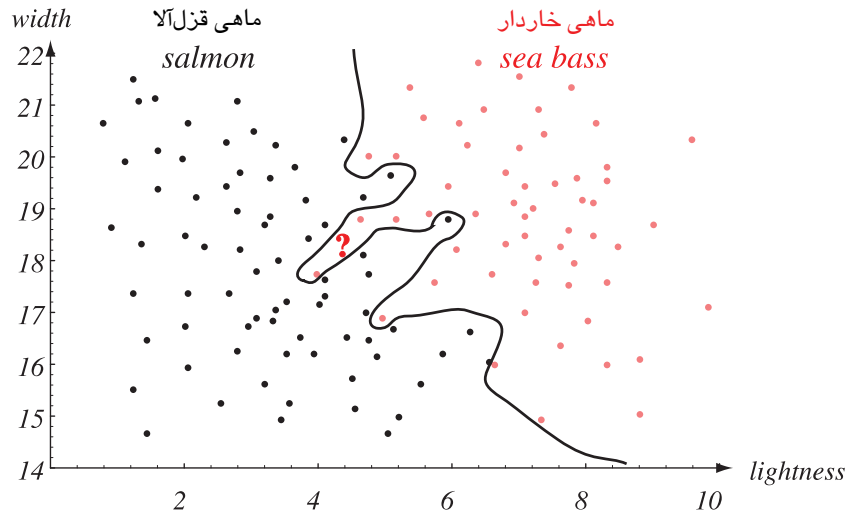
مرز تصمیم خیلی پیچیده  $\Leftarrow$

- دسته‌بندی درست
- تمام (اغلب) نمونه‌ها
- بایاس بالا (حساسیت به تغییر داده‌ها)
- تعمیم‌پذیری پایین

مدل‌های خیلی پیچیده برای ماهی، به مرزهای تصمیمی منجر می‌شوند که پیچیده هستند.

با وجود اینکه چنین مرز تصمیمی می‌تواند به طبقه‌بندی کامل نمونه‌های آموزشی ما منجر شود، اما برای الگوهای آینده کارایی ضعیفی خواهد داشت (تعمیم‌پذیری پایین):

نمونه‌ی آزمایشی جدید که با ? نشان داده شده است، اتفاقاً بیشتر شبیه قزل‌آلا است اما مرز تصمیم پیچیده باعث شده است که در دسته‌ی ماهی‌های خاردار قرار گیرد.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## بازشناسی شیئی

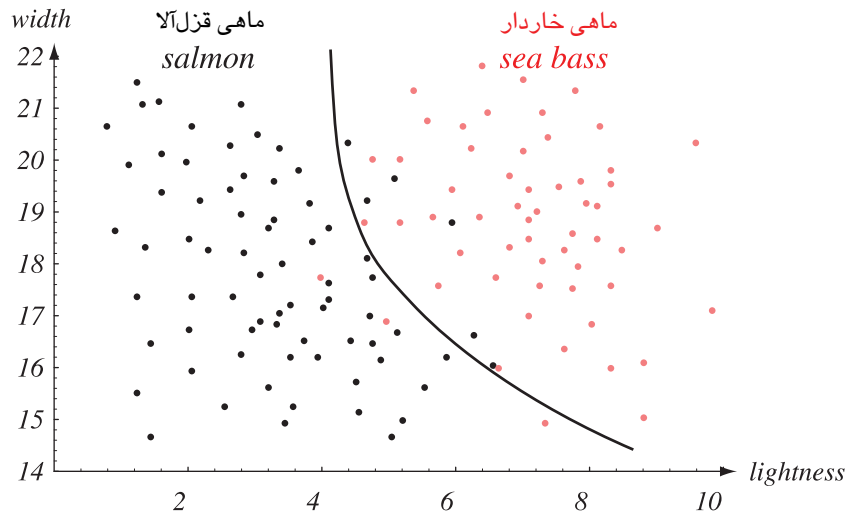
مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (مرز تصمیم نه‌چندان پیچیده)

### OBJECT RECOGNITION

مرز تصمیم نه‌چندان پیچیده  $\Leftarrow$

- دسته‌بندی درست
- تمام (اغلب) نمونه‌ها
- بده‌بستان میان بایاس و واریانس
- تعمیم‌پذیری بالا

مرز تصمیم نشان داده‌شده، می‌تواند یک بده‌بستان بهینه بین کارایی روی داده‌های مجموعه‌ی آموزشی و سادگی طبقه‌بندی‌کننده باشد، که از این طریق بالاترین دقت روی الگوهای جدید حاصل می‌شود.



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.



## بازشناسی شیئی

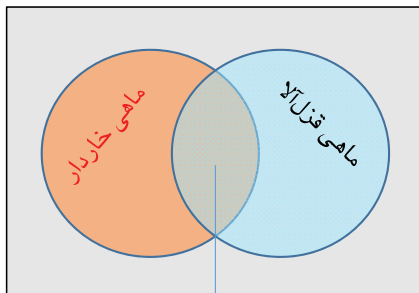
مثال: طبقه‌بندی دو نوع ماهی (فضای الگو)

### OBJECT RECOGNITION

فضای الگوی رئال

*Real Pattern Space*

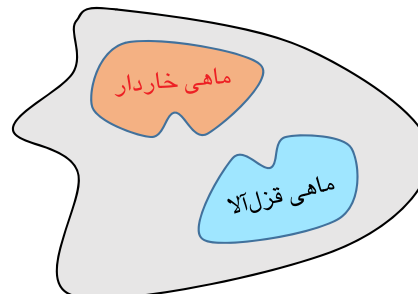
حاصل از ویژگی‌های استخراج‌شده



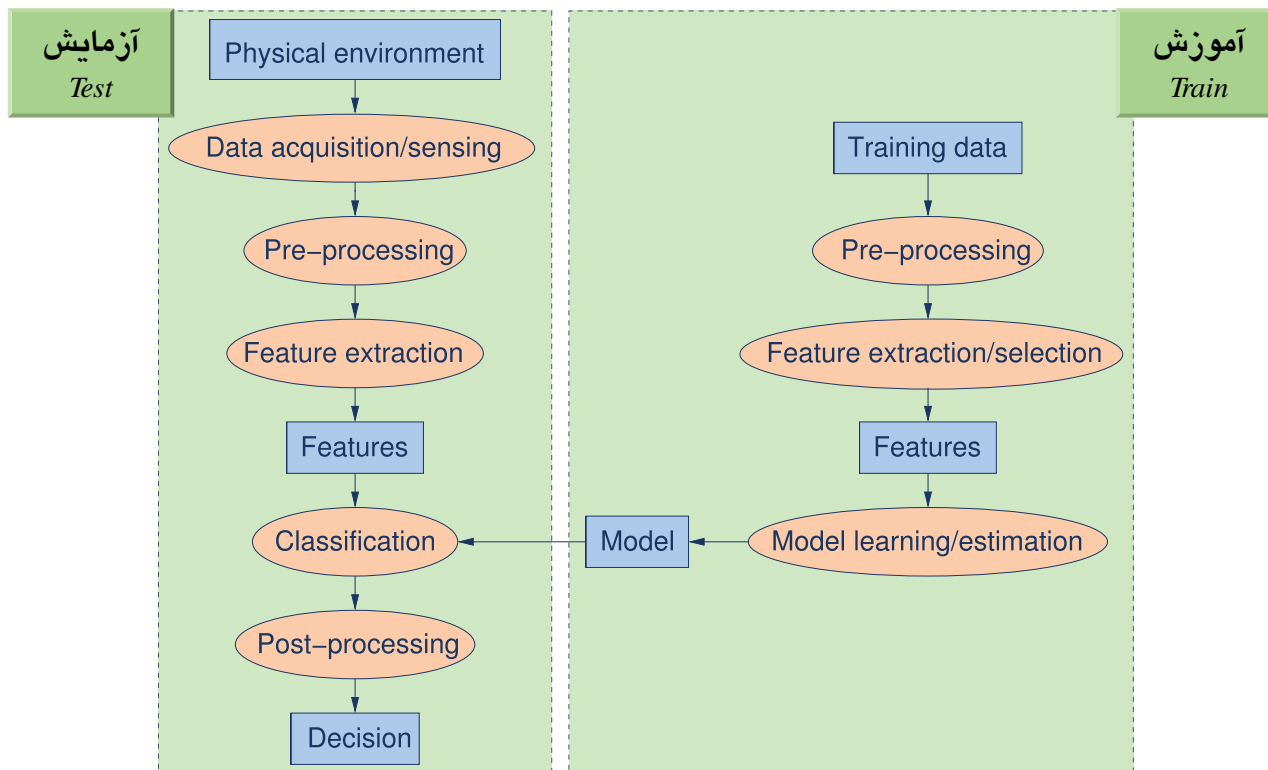
خطای طبقه‌بندی

فضای الگو ایده‌آل

*Ideal Pattern Space*



## سیستم بازشناسی الگو

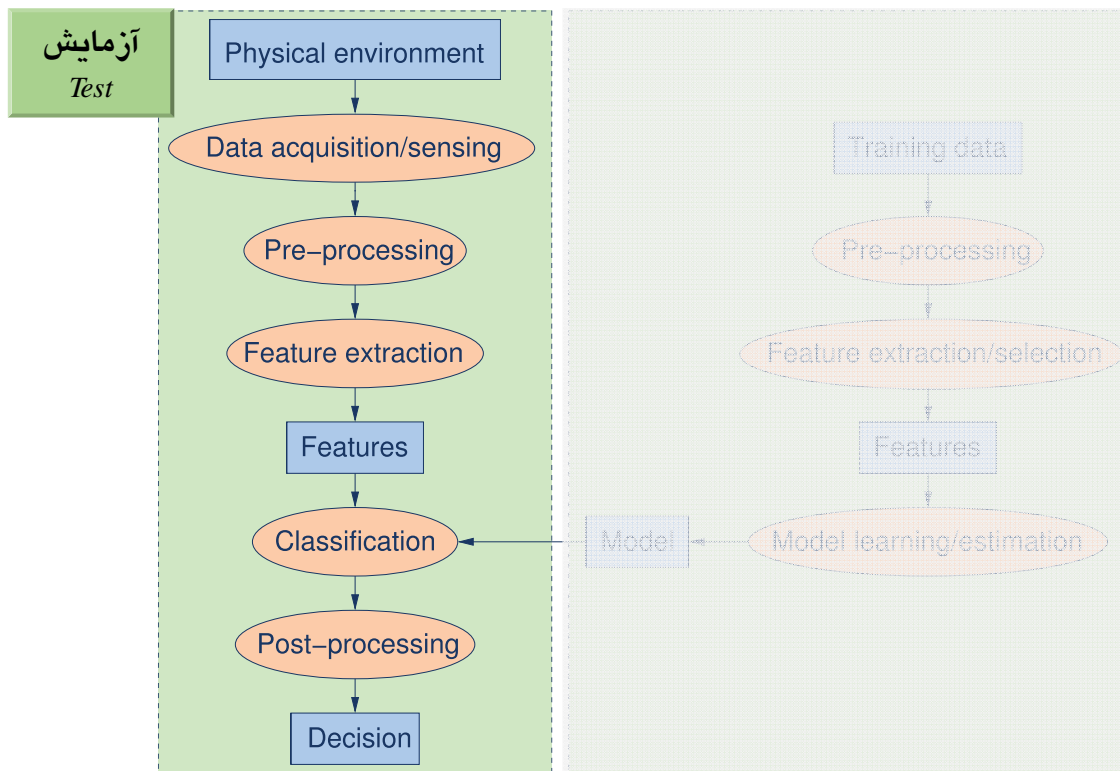
PATTERN RECOGNITION SYSTEM

استفاده از مدل آموزش یافته

ساخت مدل در مرحله‌ی آموزش بر اساس داده‌های آموزشی

## سیستم بازشناسی الگو

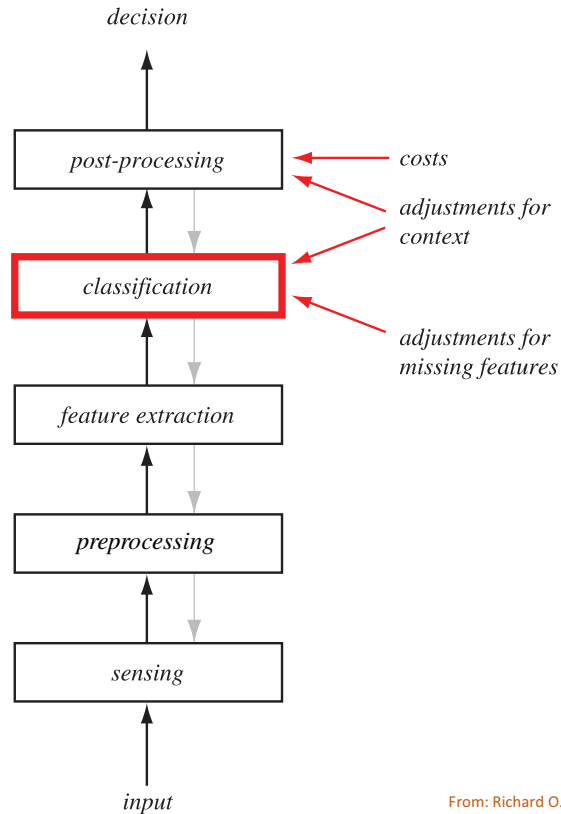
زیرسیستم تصمیم‌گیری

PATTERN RECOGNITION SYSTEM

استفاده از مدل آموزش‌یافته

## سیستم بازشناسی الگو

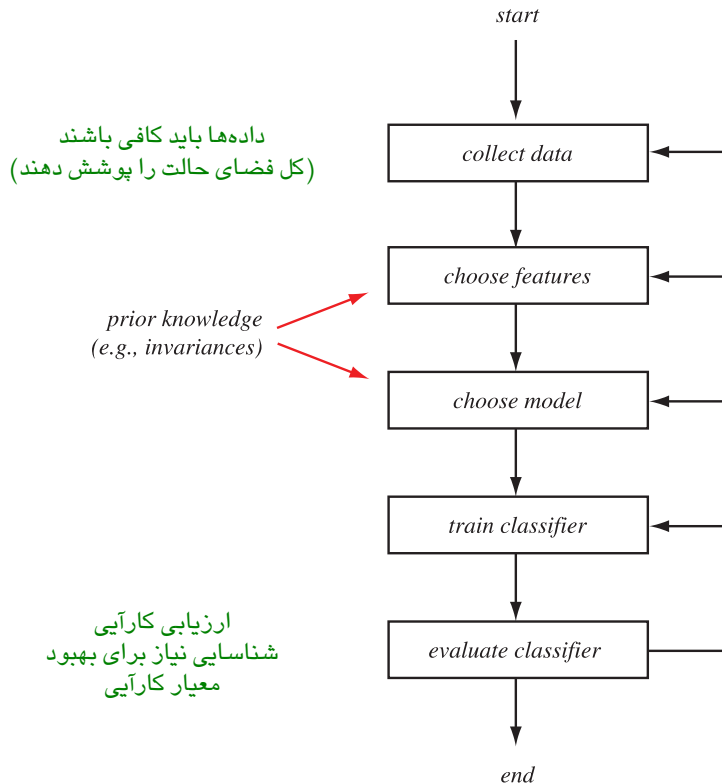
## فرآیند بازشناسی



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## چرخه طراحی سیستم بازشناسی الگو

### PATTERN RECOGNITION SYSTEM: THE DESIGN CYCLE



From: Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork,  
Pattern Classification, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

# ۴

## روی کردها در بازشناسی الگو

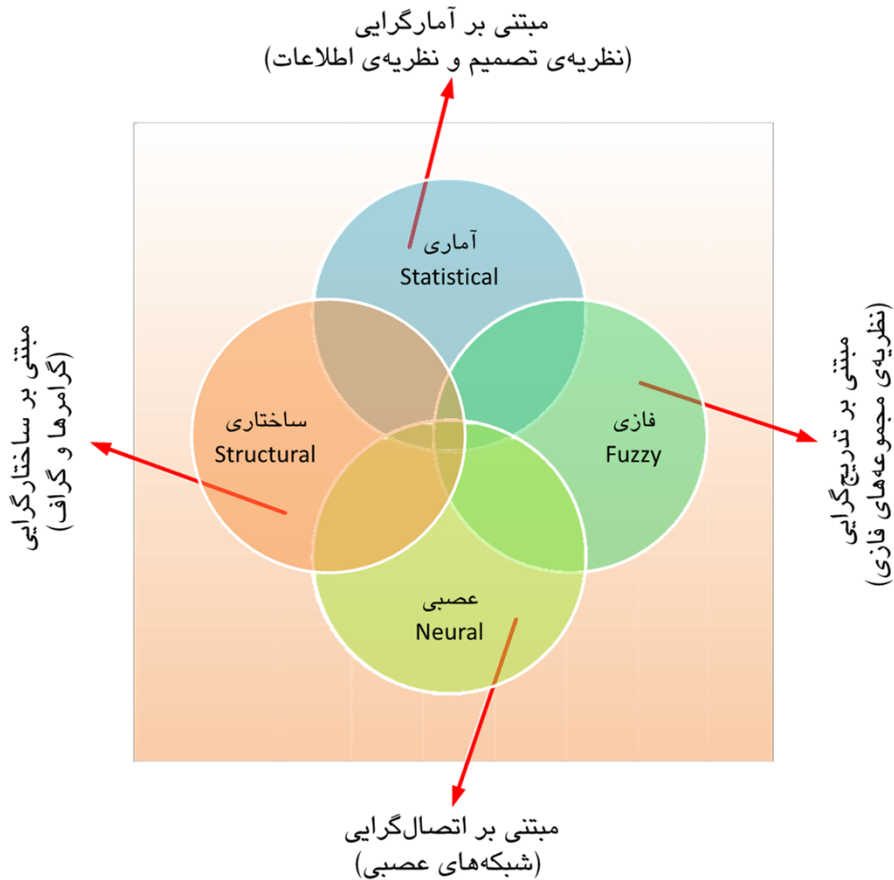
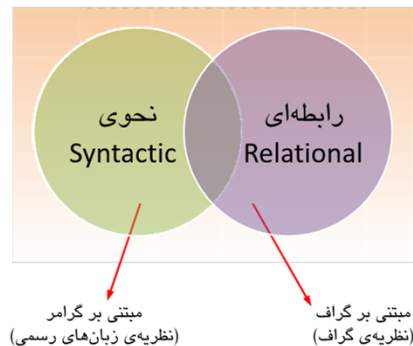
## چیدمان الگوها

PATTERN ARRANGEMENTS

| چیدمان الگوها<br><i>Pattern Arrangements</i> |                     |                       |                        |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| گراف<br><i>Graph</i>                         | درخت<br><i>Tree</i> | رشته<br><i>String</i> | بردار<br><i>Vector</i> |
| برای<br>توصیف‌های ساختاری                    |                     | برای<br>توصیف‌های کمی |                        |

## رویکردهای بازشناسی الگو

### APPROACHES



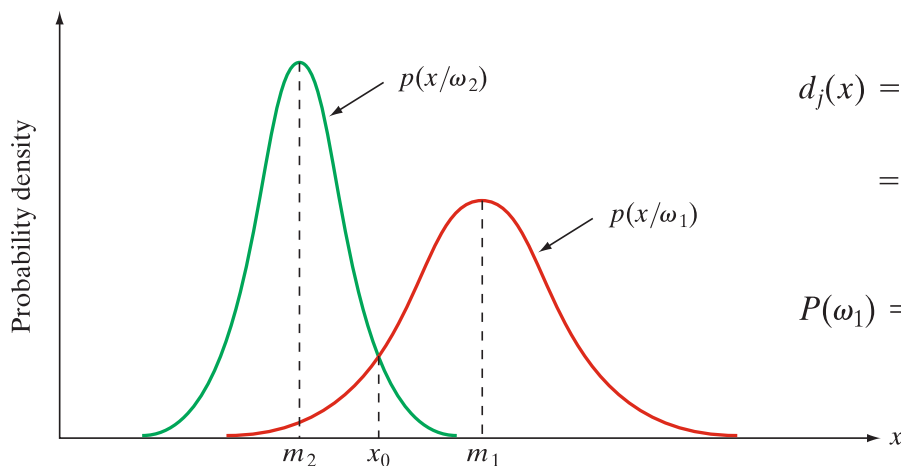


# رویکردهای بازشناسی الگو

رویکرد آماری

## STATISTICAL PATTERN RECOGNITION

استفاده از خصوصیت‌های آماری الگوها برای بازشناسی



$$d_j(x) = p(x/\omega_j)P(\omega_j)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} e^{-\frac{(x-m_j)^2}{2\sigma_j^2}} P(\omega_j) \quad j = 1, 2$$

$$P(\omega_1) = P(\omega_2) = 1/2$$

$$d_1(x_0) = d_2(x_0)$$

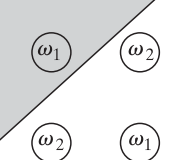
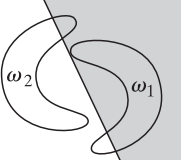
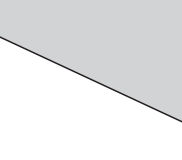
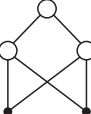
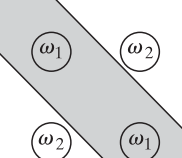
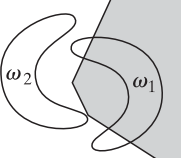
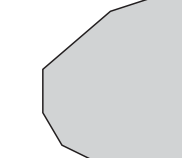
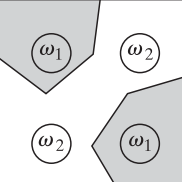
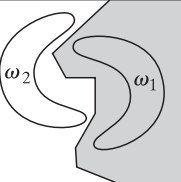
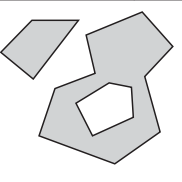
$$p(x_0/\omega_1) = p(x_0/\omega_2)$$

# رویکردهای بازشناسی الگو

## رویکرد عصبی

### NEURAL PATTERN RECOGNITION

#### استفاده از شبکه‌های عصبی برای بازشناسی الگوها

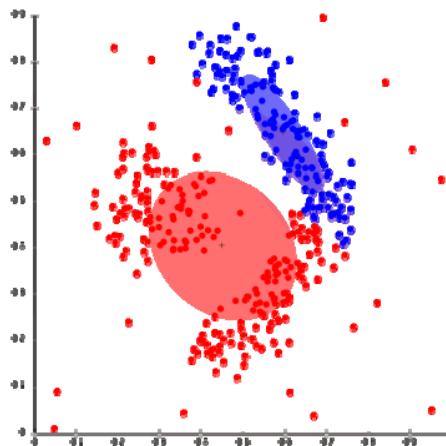
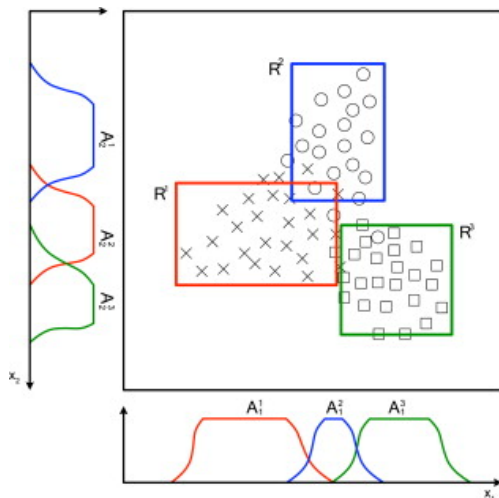
| Network structure                                                                                  | Type of decision region                               | Solution to exclusive-OR problem                                                   | Classes with meshed regions                                                         | Most general decision surface shapes                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Single layer<br>  | Single hyperplane                                     |   |   |   |
| Two layers<br>    | Open or closed convex regions                         |   |   |   |
| Three layers<br> | Arbitrary (complexity limited by the number of nodes) |  |  |  |

# رویکردهای بازشناسی الگو

رویکرد فازی

## FUZZY PATTERN RECOGNITION

استفاده از مجموعه‌ها و سیستم‌های فازی برای بازشناسی الگوها

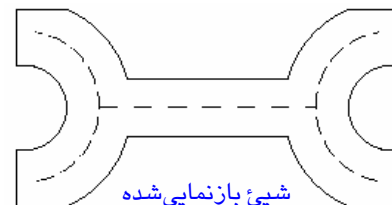
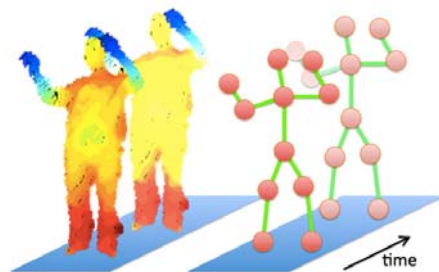


# رویکردهای بازشناسی الگو

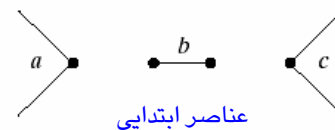
رویکرد ساختاری

## STRUCTURAL PATTERN RECOGNITION

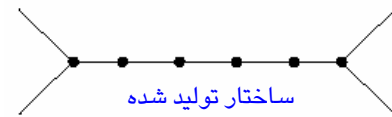
استفاده از روابط ساختاری ذاتی در پدیده‌ها برای بازشناسی الگوها



شیء بازنمایی شده  
با اسکلت (هرس شده)



عناصر ابتدایی



ساختار تولید شده  
توسط یک گرامر منظم رشته‌ای

چیدمان الگوها

Pattern Arrangements

گراف  
Graph

درخت  
Tree

رشته  
String

برای  
توصیف‌های ساختاری

مقدمه

۵

یادگیری  
ماشینی

## یادگیری ماشینی

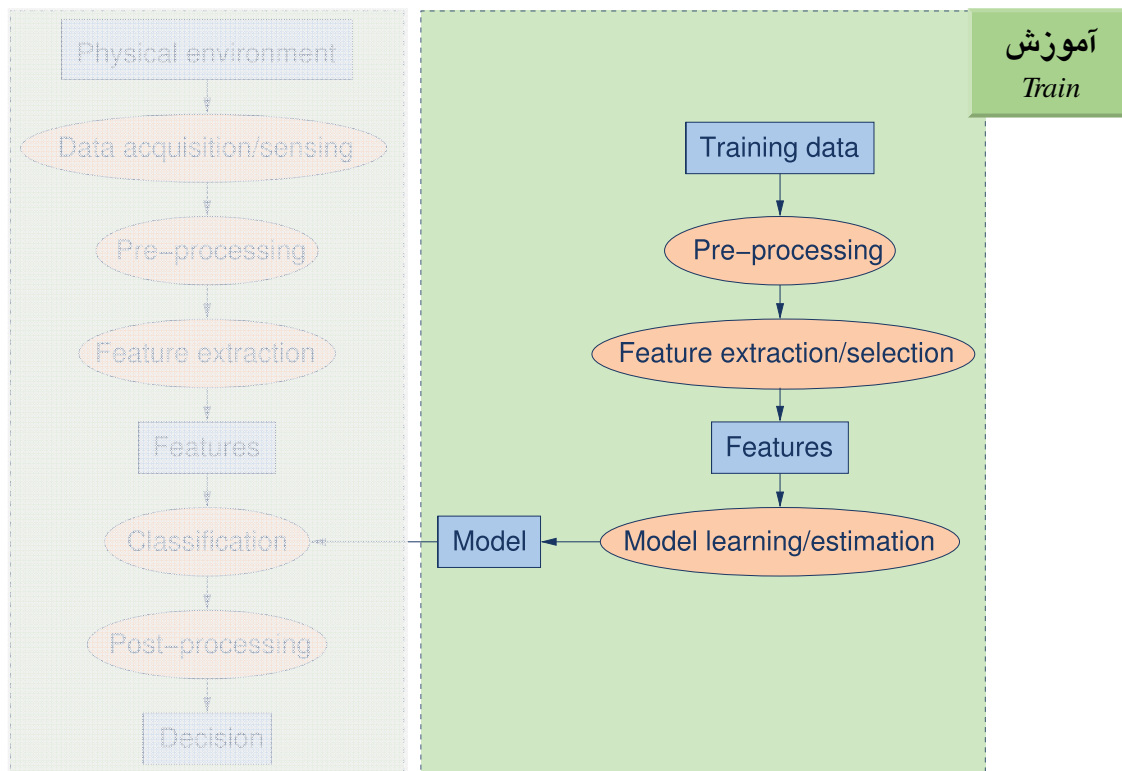
### MACHINE LEARNING

هدف:

یادگیری مدل مورد استفاده برای تصمیم‌گیری

## سیستم بازشناسی الگو

زیرسیستم یادگیری

PATTERN RECOGNITION SYSTEM

ساخت مدل در مرحله‌ی آموزش بر اساس داده‌های آموزشی

## صورت‌های یادگیری

### FORMS OF LEARNING

| صورت‌های یادگیری                                                                                                                              |                                                                                    |                                                      |                                                                  |                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| یادگیری استنباطی<br><i>Deductive Learning</i>                                                                                                 | یادگیری استقرائی<br><i>Inductive Learning</i>                                      |                                                      |                                                                  |                                                         |
| یادگیری کل به جزء                                                                                                                             | یادگیری جزء به کل                                                                  |                                                      |                                                                  |                                                         |
| یادگیری تحلیلی<br><i>Analytical Learning</i>                                                                                                  | یادگیری یک تابع یا قاعده‌ی عمومی (درست/نادرست)<br>از روی جفت‌های خاص ورودی - خروجی |                                                      |                                                                  |                                                         |
| حرکت از یک قاعده‌ی عمومی شناخته‌شده به قاعده‌ی جدیدی که منطقاً استلزام می‌شود.<br><br>(مفید است، زیرا امکان پردازش کارآمدتر را فراهم می‌کند.) | یادگیری نیمه‌نظارتی<br><i>Semisupervised</i>                                       | یادگیری تقویتی<br><i>Reinforcement</i>               | یادگیری بی‌نظارت<br><i>Unsupervised</i>                          | یادگیری بانظارت<br><i>Supervised</i>                    |
|                                                                                                                                               | یادگیری با وجود تعداد کمی مثال برچسب‌دار و مجموعه‌ی بزرگی از داده‌های بی‌برچسب     | یادگیری از روی یک سری تقویت‌ها (پاداش‌ها و جریمه‌ها) | یادگیری الگوهای درون ورودی بدون وجود فیدبک صریح (مثل clustering) | یادگیری نگاشت ورودی به خروجی با دیدن مثال‌های برچسب‌دار |
| تقسیم‌بندی بر اساس نوع فیدبک موجود برای یادگیری                                                                                               |                                                                                    |                                                      |                                                                  |                                                         |
| سه نوع اصلی یادگیری                                                                                                                           |                                                                                    |                                                      |                                                                  |                                                         |



## یادگیری استقرائی

INDUCTIVE LEARNING

یادگیری استقرائی

*Inductive Learning*

یادگیری جزء به کل

یادگیری یک تابع یا قاعده‌ی عمومی (درست / نادرست)  
از روی جفت‌های خاص ورودی - خروجی

یادگیری نیمه‌نظارتی

*Semisupervised*

یادگیری تقویتی

*Reinforcement*

یادگیری بی‌نظارت

*Unsupervised*

یادگیری بانظارت

*Supervised*

## یادگیری با نظارت / یادگیری بی نظارت

طبقه‌بندی / رگرسیون / خوشه‌بندی

یادگیری بی نظارت

*Unsupervised*

خوشه‌بندی

*Clustering*

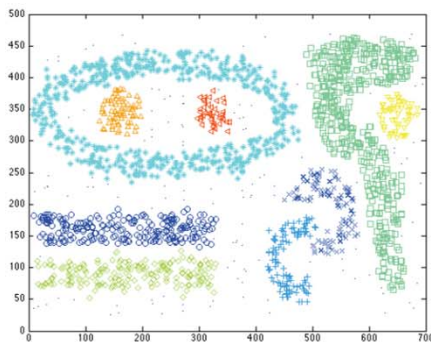
یادگیری با نظارت

*Supervised*

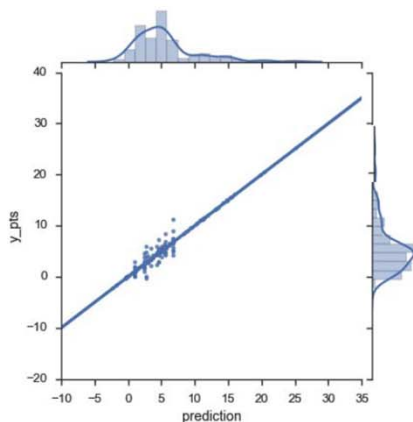
رگرسیون

*Regression*

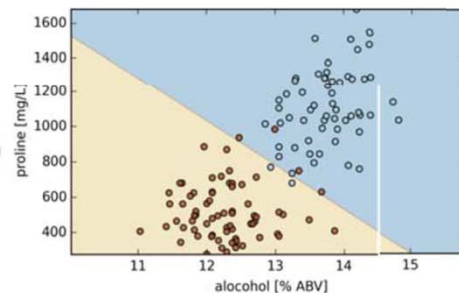
طبقه‌بندی

*Classification*

$$\{\mathbf{x}^i\}_{i=1}^N$$



$$\{(\mathbf{x}^i, y^i)\}_{i=1}^N$$



$$\{(\mathbf{x}^i, \omega^i)\}_{i=1}^N$$

## یادگیری بانظارت

SUPERVISED LEARNING

## یادگیری بانظارت

*Supervised Learning*

یک مجموعه‌ی آموزشی از  $N$  جفت ورودی-خروجی نمونه داده شده است:

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$$

که در آن هر  $y_j$  به وسیله‌ی یک تابع مجهول  $f$  تولید شده است:

$$y = f(x)$$

یک تابع  $h$  را کشف کنید که تابع واقعی  $f$  را تقریب بزند.

## یادگیری بانظارت

مفاهیم کلیدی

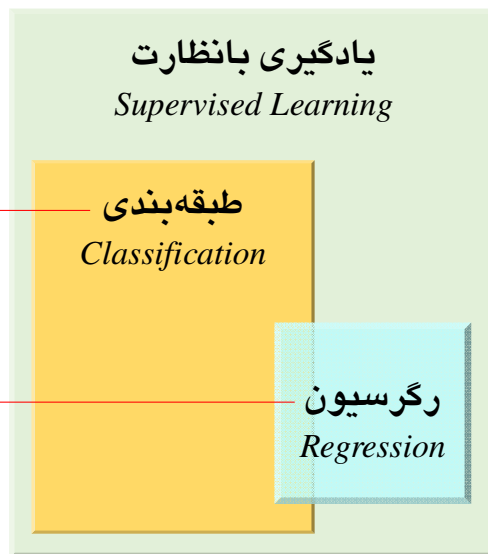
SUPERVISED LEARNING

| یادگیری بانظارت<br><i>Supervised Learning</i>            |                                        |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| مجموعه‌ی جفت‌های ورودی-خروجی معلوم برای آموزش یادگیرنده  | مجموعه‌ی آموزشی<br><i>Training Set</i> |
| مجموعه‌ی جفت‌های ورودی-خروجی معلوم برای آزمایش یادگیرنده | مجموعه‌ی آزمایشی<br><i>Test Set</i>    |
| تابع $f$ که باید یاد گرفته شود                           | هدف<br><i>Target</i>                   |
| تابع مجهول $h$ که باید تقریب مناسبی برای $f$ باشد        | فرضیه<br><i>Hypothesis</i>             |
| مجموعه‌ی همه‌ی توابع منتخب $h$ برای تقریب $f$            | فضای فرضیه<br><i>Hypothesis Space</i>  |

 $\mathcal{H}$

## یادگیری بانظارت

طبقه‌بندی و رگرسیون

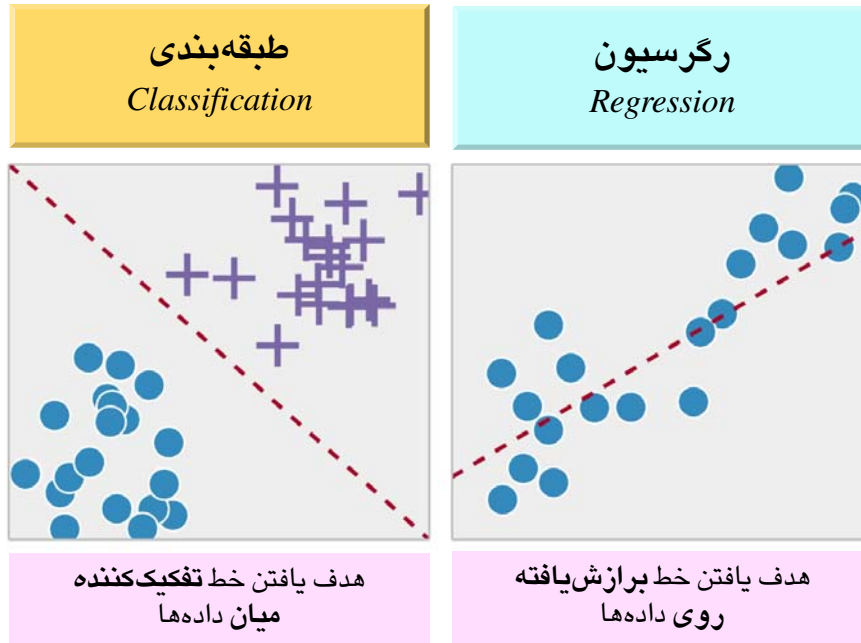
SUPERVISED LEARNING

وقتی خروجی  $y$  از یک مجموعه‌ی متناهی مشخص انتخاب شود.

وقتی خروجی  $y$  یک عدد باشد (یافتن امید شرطی یا متوسط  $y$ )

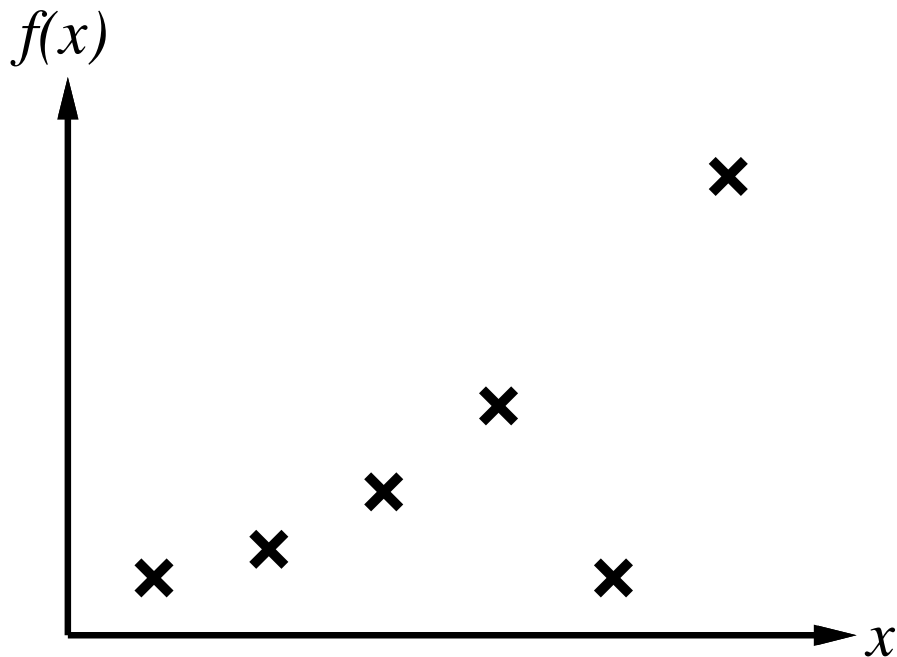
## یادگیری بانظارت

طبقه‌بندی و رگرسیون

SUPERVISED LEARNING

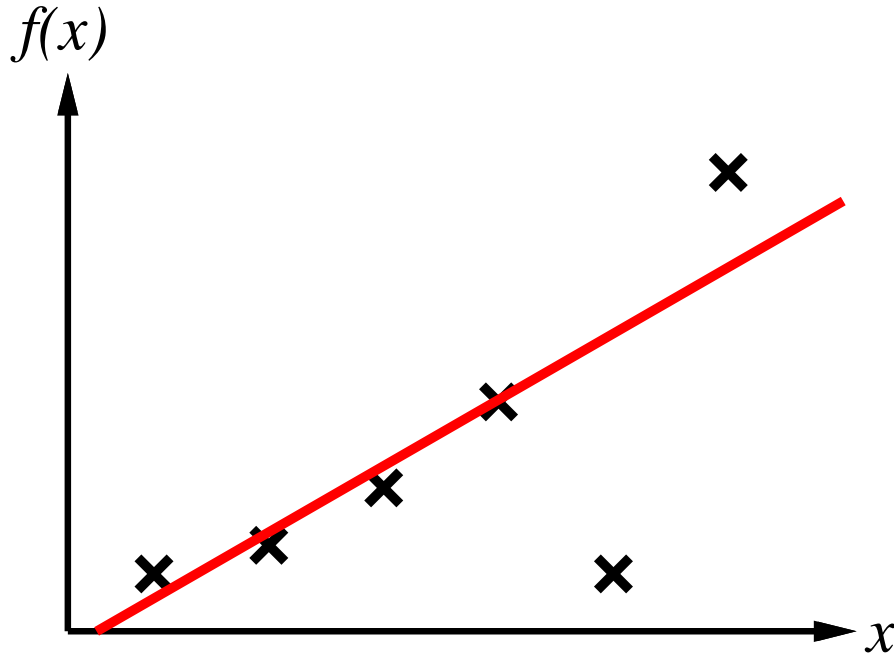
## روش یادگیری بانظارت

رگرسیون: مثال: برازش منحنی (۱ از ۵)

SUPERVISED LEARNING METHOD

## روش یادگیری بانظارت

رگرسیون: مثال: برازش منحنی (۲ از ۵)

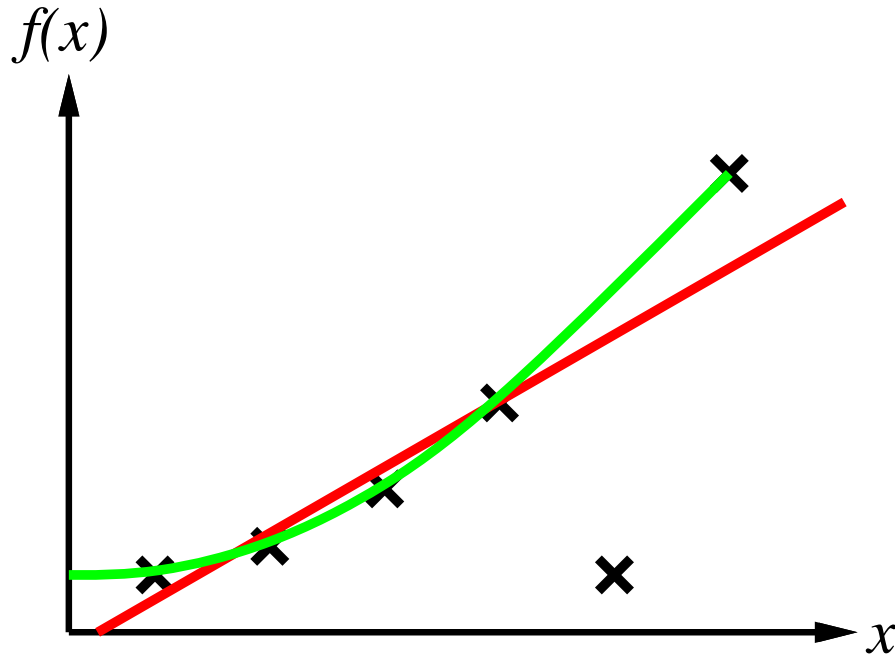
SUPERVISED LEARNING METHOD

فرضیه بسیار ساده (چند جمله ای خطی)، ناسازگار، تعمیم پذیری خوب



## روش یادگیری استقرائی

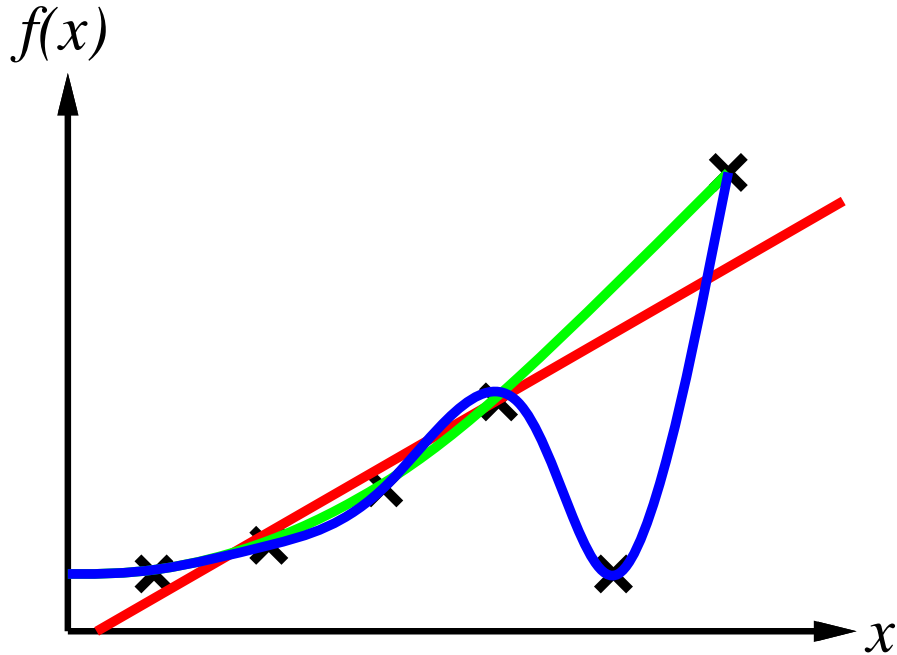
رگرسیون: مثال: برازش منحنی (۳ از ۵)

SUPERVISED LEARNING METHOD

فرضیه ساده (چند جمله ای درجه دوم)، ناسازگار، تعمیم پذیری خوب

## روش یادگیری بانظارت

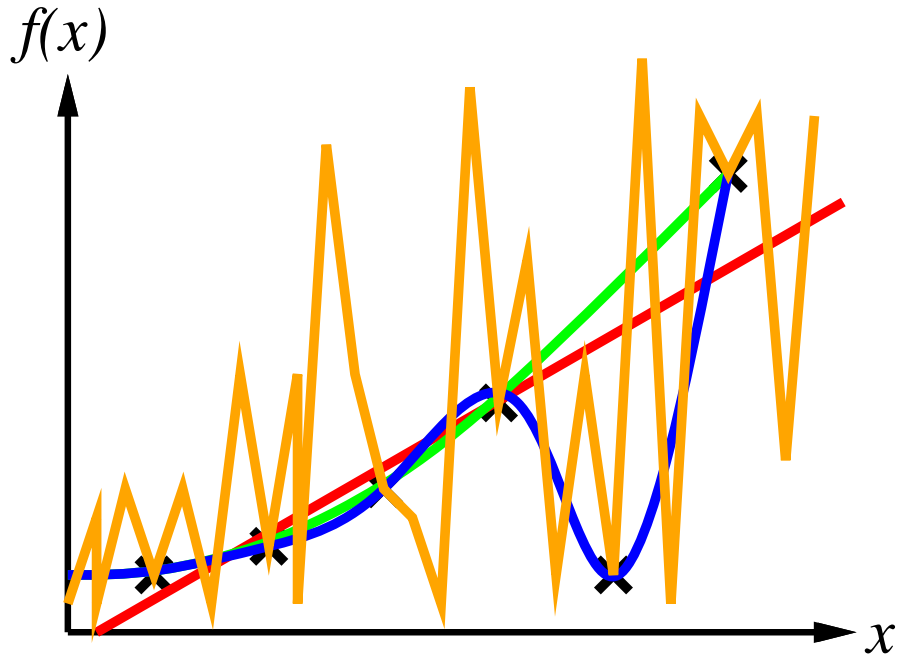
رگرسیون: مثال: برازش منحنی (۴ از ۵)

SUPERVISED LEARNING METHOD

فرضیه پیچیده (چندجمله‌ای درجه بالا)، سازگار، تعمیم‌پذیری متوسط

## روش یادگیری بانظارت

رگرسیون: مثال: برازش منحنی (۵ از ۵)

SUPERVISED LEARNING METHOD

فرضیه بسیار پیچیده (چندجمله‌ای با درجه‌ی بسیار بالا)، سازگار، تعمیم‌پذیری پایین

## یادگیری بانظارت

## سازگاری و تعمیم

| تعمیم<br><i>Generalization</i>                                                                    | سازگاری<br><i>Consistency</i>                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| یک فرضیه <b>تعمیم‌پذیر</b> است<br>اگر<br>مقادیر خروجی نمونه‌های جدید را<br>به‌درستی پیش‌بینی کند. | یک فرضیه <b>سازگار</b> است<br>اگر<br>بر روی همه‌ی نمونه‌های آموزشی<br>درست باشد. |

بده‌بستان میان سازگاری - تعمیم‌پذیری:  
فرضیه‌های **پیچیده** با **سازگاری کامل** و فرضیه‌های **ساده‌تر** با **تعمیم‌پذیری بالاتر**

بده‌بستان میان رسایی - پیچیدگی:  
رسایی یک فضای فرضیه و پیچیدگی یافتن یک فرضیه‌ی خوب در آن فضا

## تیغهی اوخامی

کدام مدل بهتر است؟

OCKHAM'S RAZOR

یک مسئله‌ی بنیادی در یادگیری استقرائی:

چگونه بین چند فرضیه‌ی سازگار یکی را انتخاب کنیم؟

ترجیح با ساده‌ترین فرضیه‌ی سازگار با داده‌ها است.

بهترین مدل برای هر پدیده، ساده‌ترین مدل توصیف‌کننده‌ی آن است.

«به نام ویلیام اوخامی فیلسوف انگلیسی قرن 14 میلادی»

تیغهی اوخامی

*Ockham's Razor*

## یادگیری بانظارت

محتمل‌ترین فرضیه برای داده‌های موجود

یادگیری بانظارت، با انتخاب فرضیه‌ی  $h^*$  انجام می‌شود:

محتمل‌ترین فرضیه با داشتن داده‌ها

$$h^* = \operatorname{argmax}_{h \in \mathcal{H}} P(h|data)$$

عبارت معادل از طریق قاعده‌ی بیز

$$h^* = \operatorname{argmax}_{h \in \mathcal{H}} P(data|h) P(h)$$

مقدمه

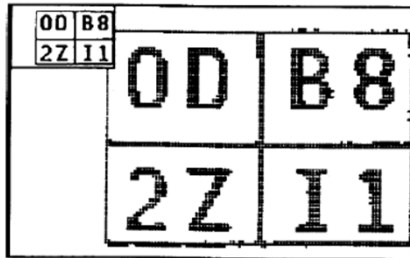
۶

چالش‌ها  
و  
ارزیابی

## چالش گوناگونی

VARIABILITY CHALLENGEگوناگونی  
*Variability*گوناگونی میان-طبقه‌ای  
*Inter-Class Variability*

ویژگی‌ها باید به گونه‌ای باشند که  
گوناگونی میان-طبقه‌ای آنها زیاد باشد.



مثال: کاراکترهای مشابه / چهره‌های مشابه

گوناگونی درون-طبقه‌ای  
*Intra-Class Variability*

ویژگی‌ها باید به گونه‌ای باشند که  
گوناگونی درون-طبقه‌ای آنها کم باشد.



مثال: شکل‌های مختلف یک کاراکتر



## معیارهای ارزیابی یک سیستم بازشناسی الگو

قوام

*Robusness*

عدم حساسیت به نویز

هزینه‌ی ساخت

*Construction Cost*

هزینه‌ی طراحی و ساخت

سرعت

*Speed*

پیچیدگی محاسباتی

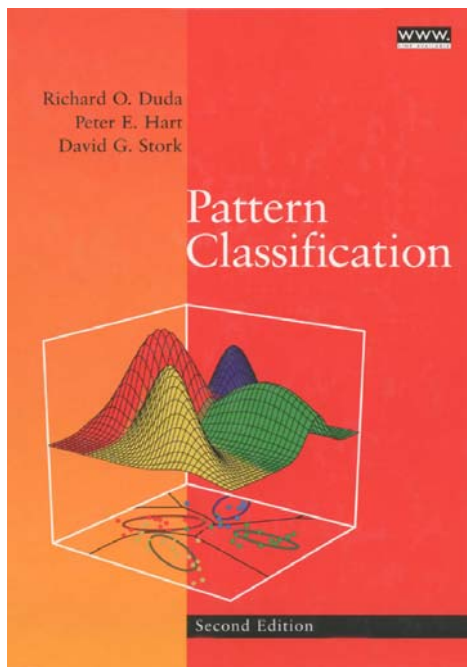
دقت

*Accuracy*نرخ خطا  
درصد بازشناسی درست

مقدمه



منابع



R.O. Duda, P.E. Hart, and D.G. Stork,  
**Pattern Classification**,  
 Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

## Chapter 1

# CHAPTER 1

## INTRODUCTION

The ease with which we recognize a face, understand spoken words, read handwritten characters, identify our car keys in our pocket by feel, and decide whether an apple is ripe by its smell belies the astoundingly complex processes that underlie these acts of pattern recognition. Pattern recognition—the act of taking in raw data and making an action based on the “category” of the pattern—has been crucial for our survival, and over the past tens of millions of years we have evolved highly sophisticated neural and cognitive systems for such tasks.

### 1.1 MACHINE PERCEPTION

It is natural that we should seek to design and build machines that can recognize patterns. From automated speech recognition, fingerprint identification, optical character recognition, DNA sequence identification, and much more, it is clear that reliable, accurate pattern recognition by machine would be immensely useful. Moreover, in solving the myriad problems required to build such systems, we gain deeper understanding and appreciation for pattern recognition systems in the natural world—most particularly in humans. For some problems, such as speech and visual recognition, our design efforts may in fact be influenced by knowledge of how these are solved in nature, both in the algorithms we employ and in the design of special-purpose hardware.

### 1.2 AN EXAMPLE

To illustrate the complexity of some of the types of problems involved, let us consider the following imaginary and somewhat fanciful example. Suppose that a fish-packing plant wants to automate the process of sorting incoming fish on a conveyor belt according to species. As a pilot project it is decided to try to separate sea bass from salmon using optical sensing. We set up a camera, take some sample images, and begin to note some physical differences between the two types of fish—length, lightness, width, number and shape of fins, position of the mouth, and so on—and these suggest *features* to explore for use in our classifier. We also notice noise or

FEATURE