

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هوش مصنوعی

# سیستم‌های خبره

Expert Systems

کاظم فولادی قلعه  
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی  
دانشگاه تهران

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

# هوش مصنوعی

سیستم‌های خبره



مقدمه

## سیستم‌های خبره

## سیستم خبره

*Expert System*

یک برنامه‌ی کامپیوتری است که توانایی حل مسئله توسط یک خبره‌ی انسانی را مدل می‌کند.

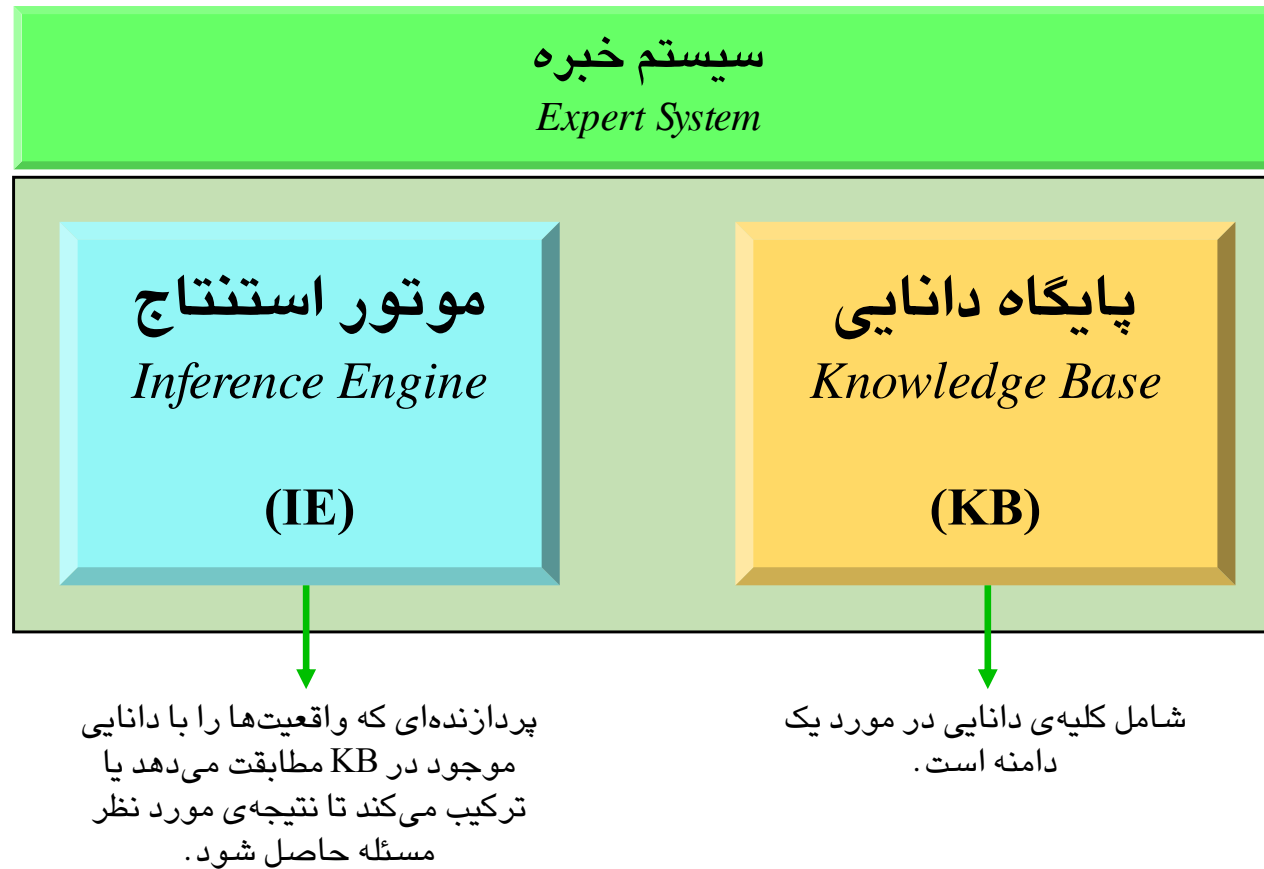


## سیستم مبتنی بر دانایی

*Knowledge-based System*

## سیستم‌های خبره

مؤلفه‌ها



## سیستم‌های خبره

مقایسه‌ی یک سیستم خبره با خبره‌ی انسانی

سیستم خبره	خبره‌ی انسانی	فاکتور
همیشه	روزهای کاری	آمادگی زمانی
همه جا	محلی	حضور جغرافیایی
نابودنشده	نابودنشده	نابودی
سازگار	متغیر	کارایی
سازگار	متغیر	سرعت
مقرون به صرفه	بالا	هزینه
قابل جایگزینی	غیر قابل جایگزینی	ایمنی

## استفاده از سیستم‌های خبره

مسائل بررسی شده توسط سیستم‌های خبره

نظارت

*Monitoring*

تفسیر

*Interpretation*

آموزش

*Instruction*

عیب‌یابی

*Diagnosis*

طراحی

*Design*

کنترل

*Control*

شبیه‌سازی

*Simulation*

انتخاب

*Selection*

تجویز

*Prescription*

پیش‌بینی

*Prediction*

تصمیم‌گیری

*Decision-Making*

طرح‌ریزی

*Planning*

## استفاده از سیستم‌های خبره

زمینه‌های کاربردی اصلی سیستم‌های خبره

الکترونیک <i>Electronics</i>	کامپیوتر <i>Computer</i>	مخابرات <i>Communications</i>	شیمی <i>Chemistry</i>	کسب و کار <i>Bussiness</i>	کشاورزی <i>Agriculture</i>
مدیریت اطلاعات <i>Info. Management</i>	پردازش تصویر <i>Image Processing</i>	زمین‌شناسی <i>Geology</i>	محیط زیست <i>Environment</i>	مهندسی <i>Engineering</i>	سیستم‌های قدرت <i>Power Systems</i>
نظامی <i>Military</i>	هواشناسی <i>Meterology</i>	پزشکی <i>Medicine</i>	ریاضیات <i>Mathematics</i>	تولید کارخانه <i>Manufactoring</i>	قانون <i>Law</i>
علوم اجتماعی <i>Social Science</i>	حمل و نقل <i>Transportation</i>	تکنولوژی فضایی <i>Space Technology</i>	دانش <i>Science</i>	تربیت <i>Education</i>	معدن <i>Mining</i>

## سیستم‌های خبره

## تسهیلات توضیح

تسهیلات توضیح  
*Explanation Facilities*

بخشی از یک سیستم خبره که می‌تواند  
در مورد عملکرد سیستم خبره به کاربر توضیح بدهد

چگونگی  
*How*

پاسخ می‌دهد که چگونه یک  
نتیجه را استنتاج کرده است.

چرایی  
*Why*

پاسخ می‌دهد که چرا یک پرسش  
خاص را از کاربر پرسیده است.



## سیستم‌های خبره

### مشخصه‌های سیستم‌های خبره

جداسازی دانایی از کنترل

در اختیار داشتن دانایی انسان خبره

تمرکز بر ناحیه‌ی خبرگی

استدلال با نمادها

امکان استدلال هیوریستیک

امکان استدلال نادقیق / نامطمئن

محدود به مسائل قابل حل برای انسان خبره

پیچیدگی اجرا متناسب با پیچیدگی مسئله

امکان اشتباه کردن

## سیستم‌های خبره

افراد درگیر در یک پروژه‌ی ایجاد یک سیستم خبره

کاربر نهایی <i>End-User</i>	مهندس دانایی <i>Knowledge Engineer</i>	خبره‌ی دامنه <i>Domain Expert</i>
کسی که نهایتاً با سیستم خبره کار خواهد کرد	طراح، سازنده و آزمایش‌کننده‌ی سیستم خبره	دارنده‌ی دانش و مهارت حل مسئله در آن دامنه
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ توانایی کمک در تعریف مشخصات واسط کاربر</li> <li>○ توانایی کمک در اکتساب دانایی</li> <li>○ توانایی کمک در توسعه‌ی سیستم</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ دارای مهارت‌های مهندسی دانایی</li> <li>○ دارای توانایی خوب برقراری ارتباط</li> <li>○ توانایی تطبیق مسئله با نرم‌افزار</li> <li>○ توانایی برنامه‌نویسی سیستم خبره</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ دارای دانایی خبره</li> <li>○ دارای مهارت‌های کارآمد حل مسئله</li> <li>○ دارای توانایی انتقال دانایی به افراد</li> <li>○ بتواند زمان بگذارد</li> <li>○ داشتن حس همکاری</li> </ul>

## سیستم‌های خبره

## انواع

## انواع سیستم‌های خبره

سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد <i>Case-Based Reasoning S's</i>	سیستم‌های خبره نظریه تصمیمی <i>Decision Theoretic E.S's</i>	سیستم‌های خبره مبتنی بر قاب <i>Frame-Based E.S's</i>	سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده <i>Rule-Based Expert Systems</i>
---	---	--	--

# ۲

## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

## Rule-Based Expert Systems

سیستم‌های خبره‌ای که پایگاه دانایی آنها در قالب قاعده‌های منطقی باشد  
(معمولاً گزاره‌های به فرم هورن: اگر-آنگاه)

## مبتنی بر قاعده با زنجیره‌سازی پیش‌رو

## Forward Chaining Rule-Bases E.S's

الگوریتم استنتاج زنجیره‌سازی پیش‌رو  
(از واقعیت‌های معلوم به سمت هدف)

## مزایا

- حرکت از دانسته‌ها به سمت نادانسته‌ها
- از اطلاعات ناچیز حجم زیادی اطلاعات تولید می‌کند.

## معایب

- عدم بررسی اهمیت نتایج حاصل و اولویت آنها
- امکان پرسیدن سؤال‌های بی‌ربط از کاربر

مناسب برای مسائل داده‌محور:  
طرح‌ریزی، نظارت، کنترل، تفسیر، ...

## مبتنی بر قاعده با زنجیره‌سازی پس‌رو

## Backward Chaining Rule-Bases E.S's

الگوریتم استنتاج زنجیره‌سازی پس‌رو  
(از هدف به سمت واقعیت‌های معلوم)

## مزایا

- تمرکز خود را بر روی موضوع از دست نمی‌دهد.
- تنها دانایی مورد نیاز برای اثبات هدف را دنبال می‌کند.

## معایب

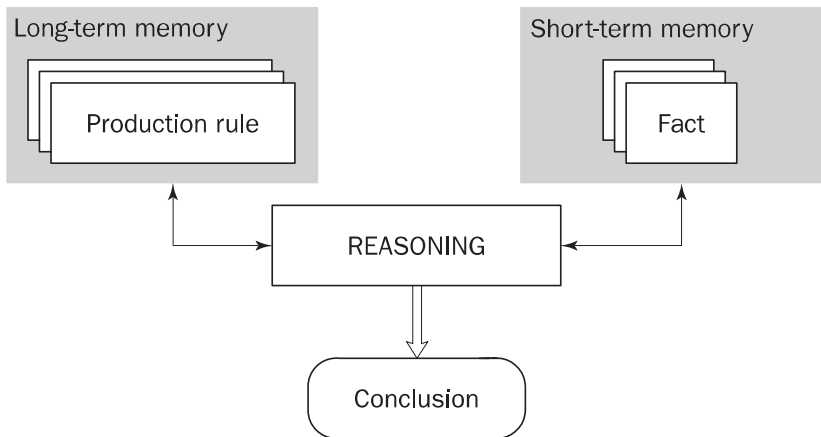
- فقط یک مسیر استنتاجی پیگیری می‌شود و بررسی مسیر جایگزین پس از شکست/پایان مسیر اول ممکن است.

مناسب برای مسائل هدف‌محور:  
تشخیص، تجویز، رفع نقص، ...

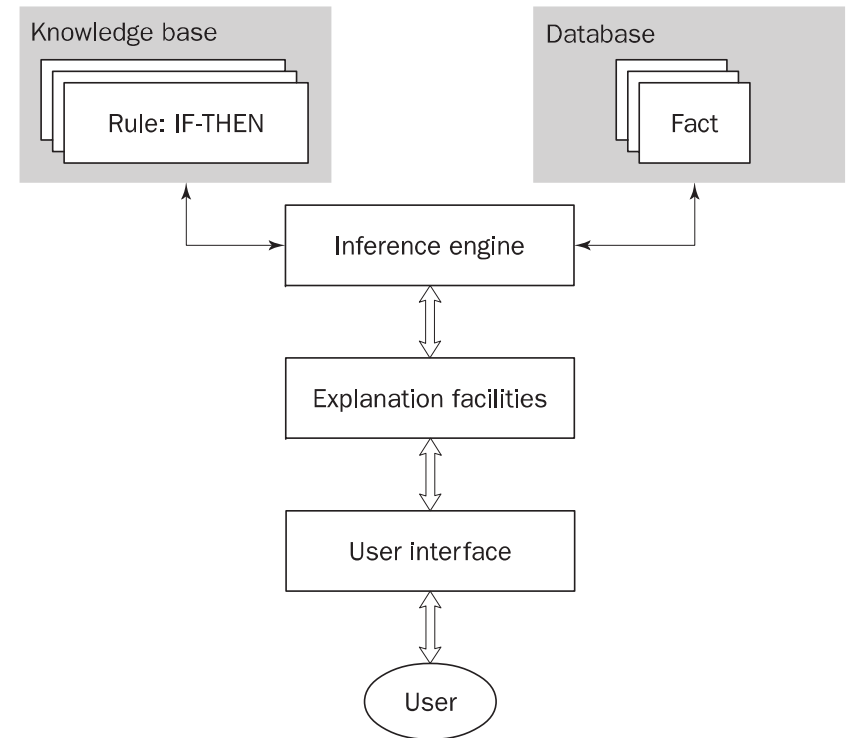
## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

سیستم خبره مبتنی بر قاعده بر اساس مدل سیستم تولید

(a) production system model

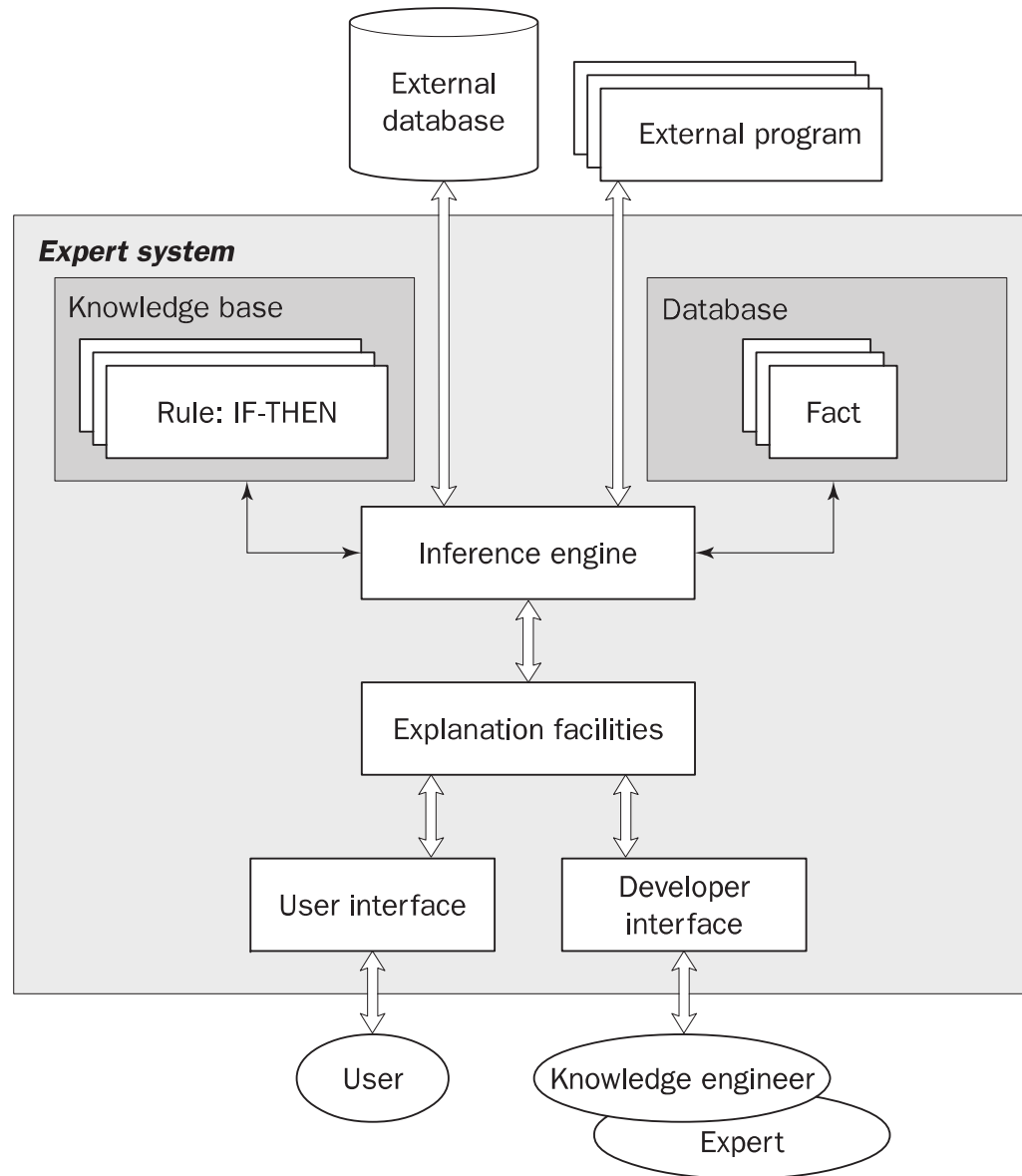


(b) basic structure of a rule-based expert system



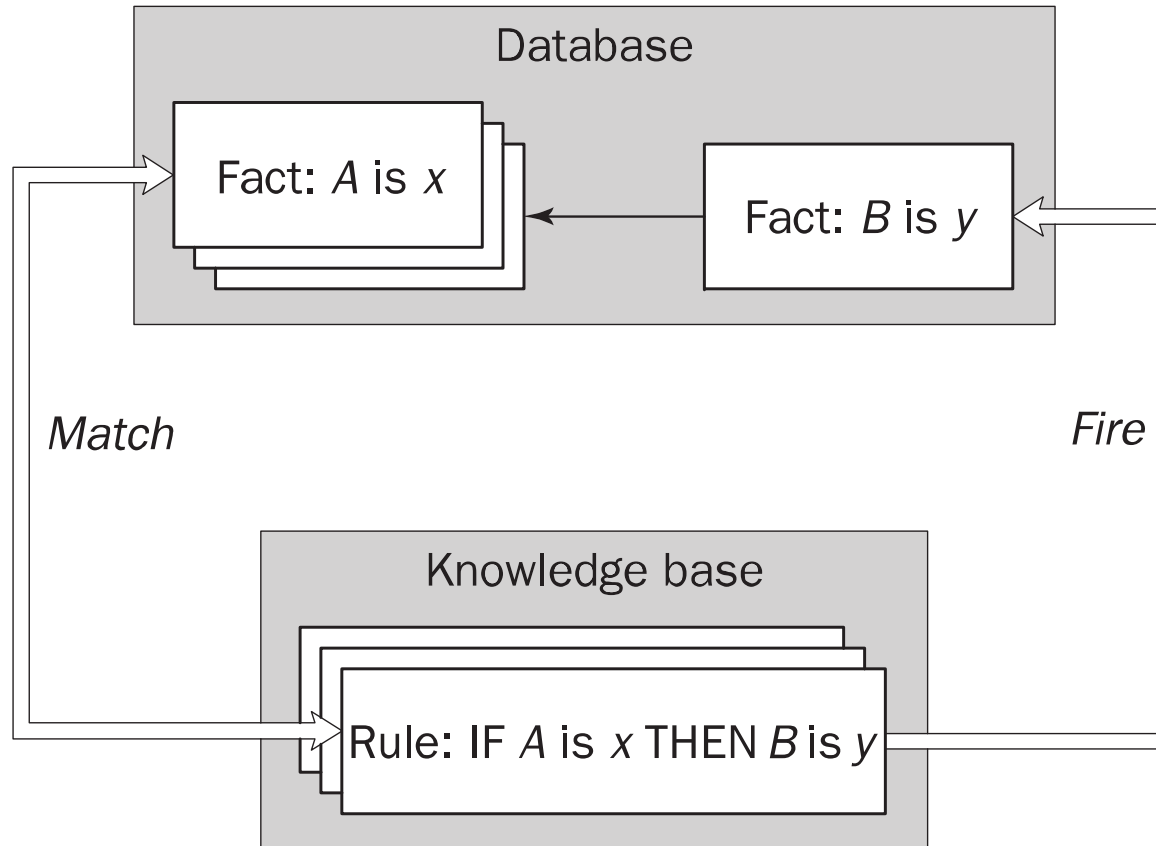
## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

ساختار کامل یک سیستم خبره مبتنی بر قاعده



## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

چرخه موتور استنتاج در سیستم خبره‌ی مبتنی بر قاعده



The inference engine cycles via a match-fire procedure



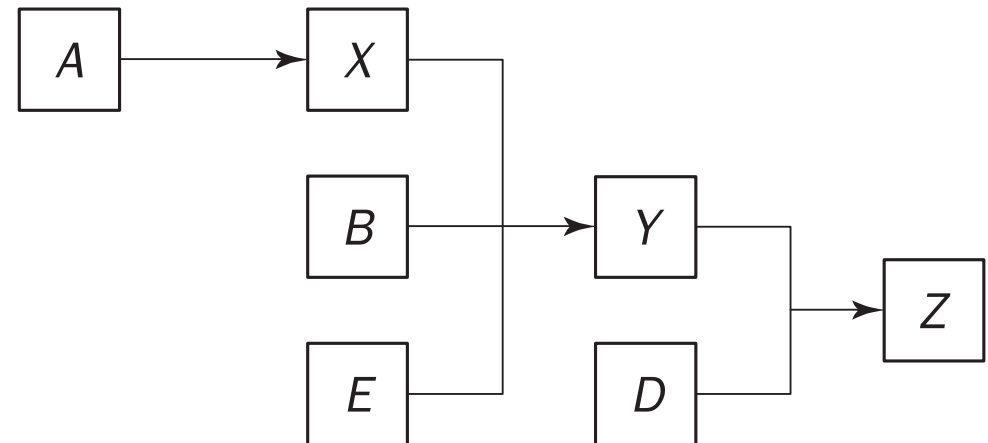
## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

چرخه‌ی موتور استنتاج در سیستم خبره‌ی مبتنی بر قاعده: مثال

Rule 1: IF  $Y$  is true  
AND  $D$  is true  
THEN  $Z$  is true

Rule 2: IF  $X$  is true  
AND  $B$  is true  
AND  $E$  is true  
THEN  $Y$  is true

Rule 3: IF  $A$  is true  
THEN  $X$  is true



An example of an inference chain

Rule 1:  $Y \& D \rightarrow Z$ Rule 2:  $X \& B \& E \rightarrow Y$ Rule 3:  $A \rightarrow X$ Rule 4:  $C \rightarrow L$ Rule 5:  $L \& M \rightarrow N$

## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

چرخه‌ی موتور استنتاج در سیستم خبره‌ی مبتنی بر قاعده: مثال

$$\text{Rule 1: } Y \ \& \ D \rightarrow Z$$

$$\text{Rule 2: } X \ \& \ B \ \& \ E \rightarrow Y$$

$$\text{Rule 3: } A \rightarrow X$$

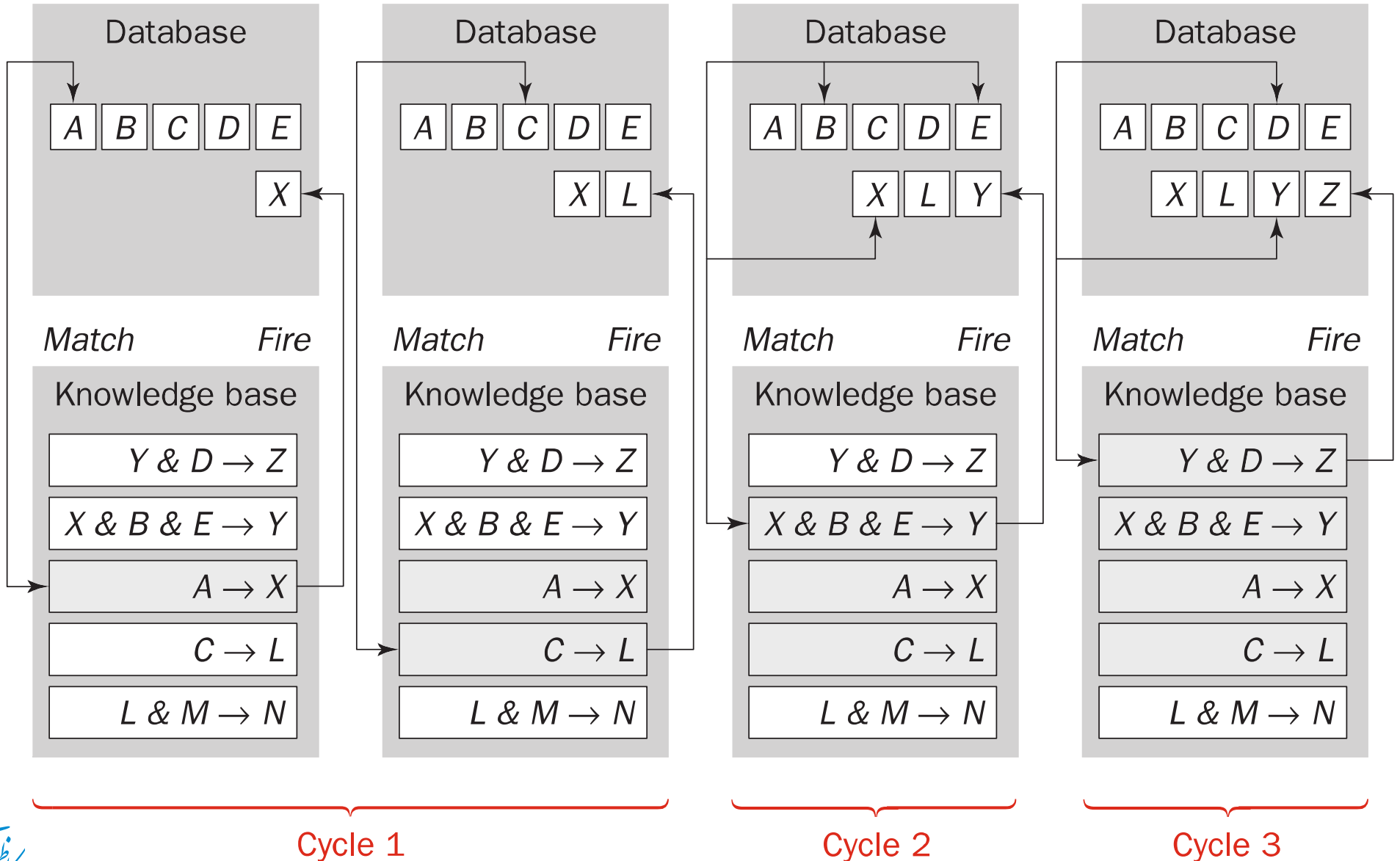
$$\text{Rule 4: } C \rightarrow L$$

$$\text{Rule 5: } L \ \& \ M \rightarrow N$$

# سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

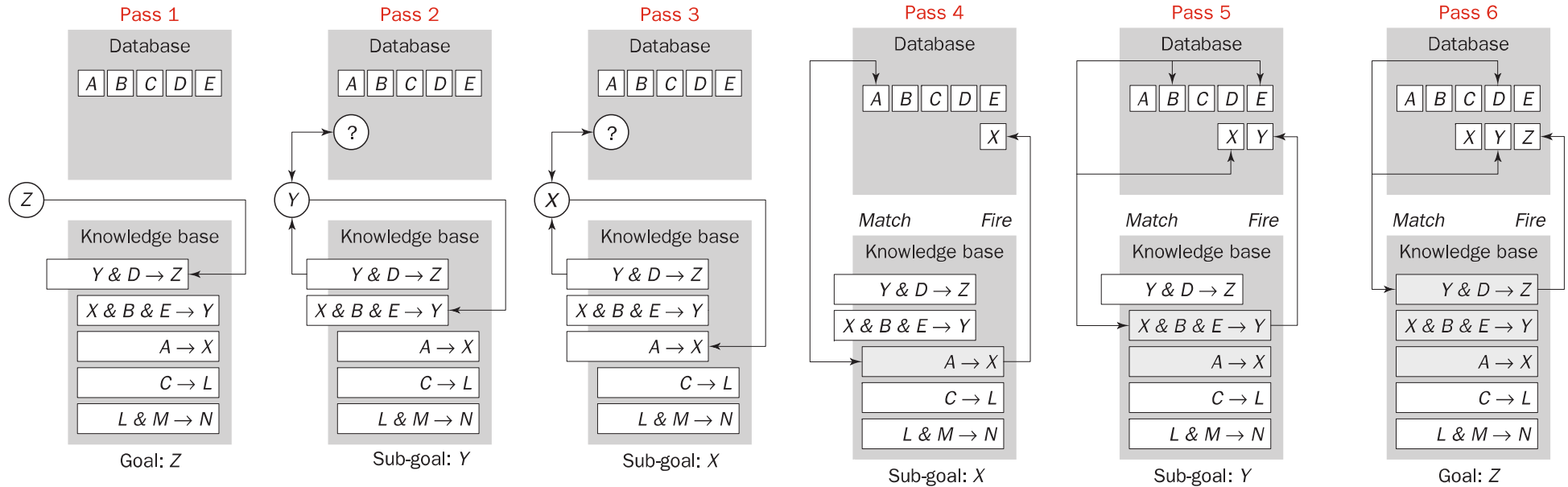
## زنجیره‌سازی پیش‌رو

### FORWARD-CHAINING



## سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

## زنجیره‌سازی پس‌رو

BACKWARD-CHAINING

## سیستم‌های خبره‌ی مبتنی بر قاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری مننژیت: پایگاه دانایی

**GOAL 1. Infection is meningitis****RULE 1 MENINGITIS INFECTION****IF** *The physician knows the patient has meningitis***OR** *We suspect meningitis***THEN** *Infection is meningitis***AND** *DISPLAY Infection***ELSE** *DISPLAY No infection found***RULE 2 SUSPECT MENINGITIS FROM TESTS OR SYMPTOMS****IF** *We suspect meningitis from test results***OR** *We suspect meningitis from patient symptoms***THEN** *We suspect meningitis***RULE 3 WE SUSPECT MENINGITIS FROM TESTS****IF** *Tests were run***AND** *Cultures were seen***AND** *Cultures look like meningitis***THEN** *We suspect meningitis from test results***RULE 4 CULTURES LOOK LIKE MENINGITIS****IF** *The appearance of the culture is coccus***AND** *The stain of the culture is grampos***THEN** *Cultures look like meningitis***RULE 5 WE SUSPECT MENINGITIS FROM SYMPTOMS****IF** *The patient is suffering persistent headaches***AND** *The patient is suffering dizziness***AND** *The patient has been lethargic***THEN** *We suspect meningitis from patient symptoms*

## سیستم‌های خبره‌ی مبتنی بر قاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری مننژیت: پایگاه دانایی

**GOAL 1. Infection is meningitis****RULE 1 MENINGITIS INFECTION****IF** The physician knows the patient has meningitis  $A$ **OR** We suspect meningitis  $B$ **THEN** Infection is meningitis  $G$ **AND** DISPLAY Infection**ELSE** DISPLAY No infection found**RULE 2 SUSPECT MENINGITIS FROM TESTS OR SYMPTOMS****IF** We suspect meningitis from test results  $C$ **OR** We suspect meningitis from patient symptoms  $D$ **THEN** We suspect meningitis  $B$ **RULE 3 WE SUSPECT MENINGITIS FROM TESTS****IF** Tests were run  $E$ **AND** Cultures were seen  $F$ **AND** Cultures look like meningitis  $H$ **THEN** We suspect meningitis from test results  $C$ **RULE 4 CULTURES LOOK LIKE MENINGITIS****IF** The appearance of the culture is coccus  $I$ **AND** The stain of the culture is grampos  $J$ **THEN** Cultures look like meningitis  $H$ **RULE 5 WE SUSPECT MENINGITIS FROM SYMPTOMS****IF** The patient is suffering persistent headaches  $K$ **AND** The patient is suffering dizziness  $L$ **AND** The patient has been lethargic  $M$ **THEN** We suspect meningitis from patient symptoms  $D$ 

$$A \vee B \rightarrow G$$

$$C \vee D \rightarrow B$$

$$E \wedge F \wedge H \rightarrow C$$

$$I \wedge J \rightarrow H$$

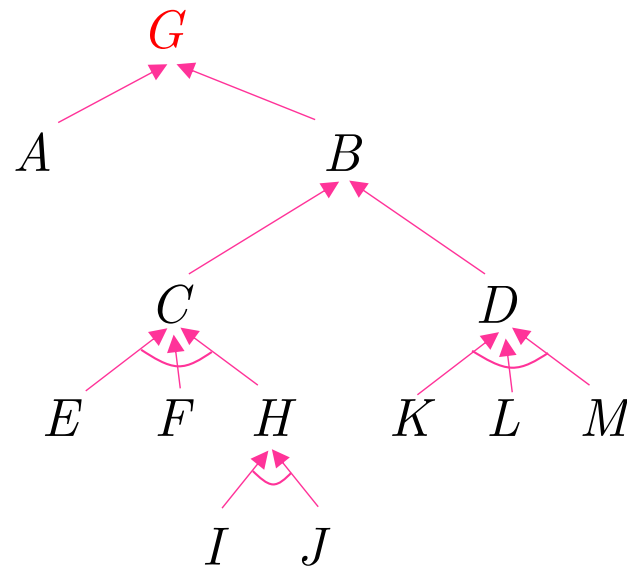
$$K \wedge L \wedge M \rightarrow D$$

## سیستم‌های خبره مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره ساده برای تشخیص بیماری مننژیت: پایگاه دانایی و واقعیت‌ها

$A = \text{false}$   
 $E = \text{true}$   
 $F = \text{true}$   
 $I = \text{true}$   
 $J = \text{false}$   
 $K = \text{true}$   
 $L = \text{true}$   
 $M = \text{true}$

*Facts*



*KB AND-OR Graph*

$A \vee B \rightarrow G$   
 $C \vee D \rightarrow B$   
 $E \wedge F \wedge H \rightarrow C$   
 $I \wedge J \rightarrow H$   
 $K \wedge L \wedge M \rightarrow D$

*KB*

## سیستم‌های خبره مبتنی برقاعده

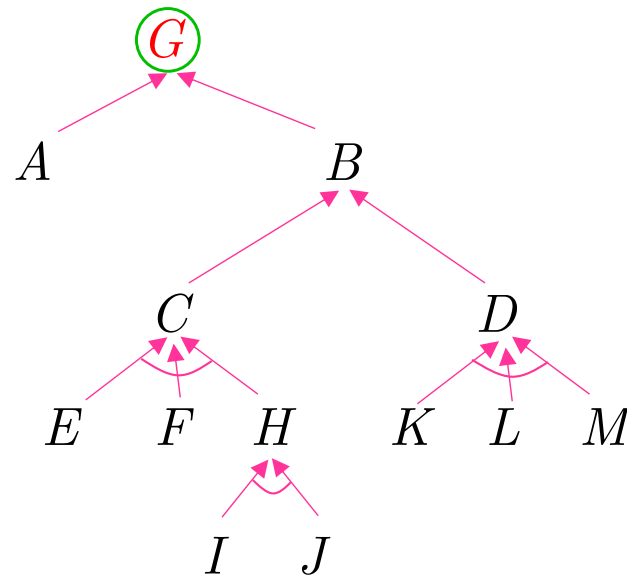
یک سیستم خبره ساده برای تشخیص بیماری مننژیت: زنجیره‌سازی پس‌رو

پرسش کاربر از سیستم: آیا بیمار مننژیت دارد؟  $G$

الگوریتم استنتاج زنجیره‌سازی پس‌رو  
(از هدف به سمت واقعیت‌های معلوم)

$A = \text{false}$   
 $E = \text{true}$   
 $F = \text{true}$   
 $I = \text{true}$   
 $J = \text{false}$   
 $K = \text{true}$   
 $L = \text{true}$   
 $M = \text{true}$

Facts



$A \vee B \rightarrow G$   
 $C \vee D \rightarrow B$   
 $E \wedge F \wedge H \rightarrow C$   
 $I \wedge J \rightarrow H$   
 $K \wedge L \wedge M \rightarrow D$

KB





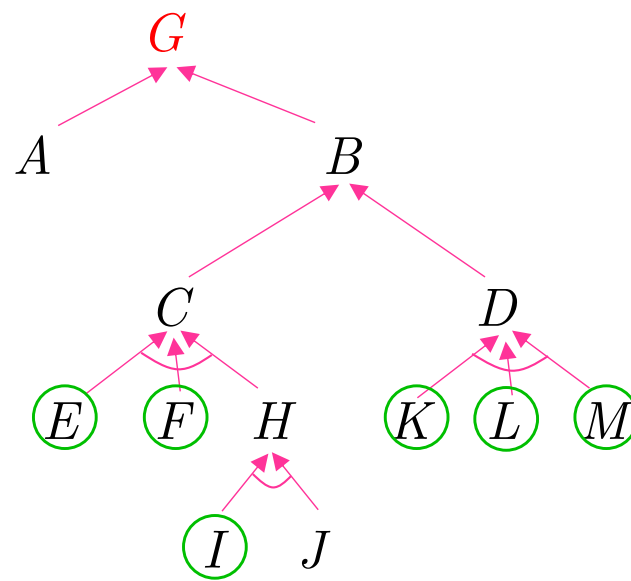
## سیستم‌های خبره مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری منتریت: زنجیره‌سازی پیش‌رو

پرسش کاربر از سیستم: آیا بیمار منتریت دارد؟  $G$

$A = \text{false}$   
 $E = \text{true}$   
 $F = \text{true}$   
 $I = \text{true}$   
 $J = \text{false}$   
 $K = \text{true}$   
 $L = \text{true}$   
 $M = \text{true}$

Facts



$A \vee B \rightarrow G$   
 $C \vee D \rightarrow B$   
 $E \wedge F \wedge H \rightarrow C$   
 $I \wedge J \rightarrow H$   
 $K \wedge L \wedge M \rightarrow D$

KB

الگوریتم استنتاج زنجیره‌سازی پیش‌رو  
(از واقعیت‌های معلوم به سمت هدف)

# ۳

## سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد

## استدلال مبتنی بر مورد

CASE-BASED REASONING (CBR)

## سیستم استدلال مبتنی بر مورد

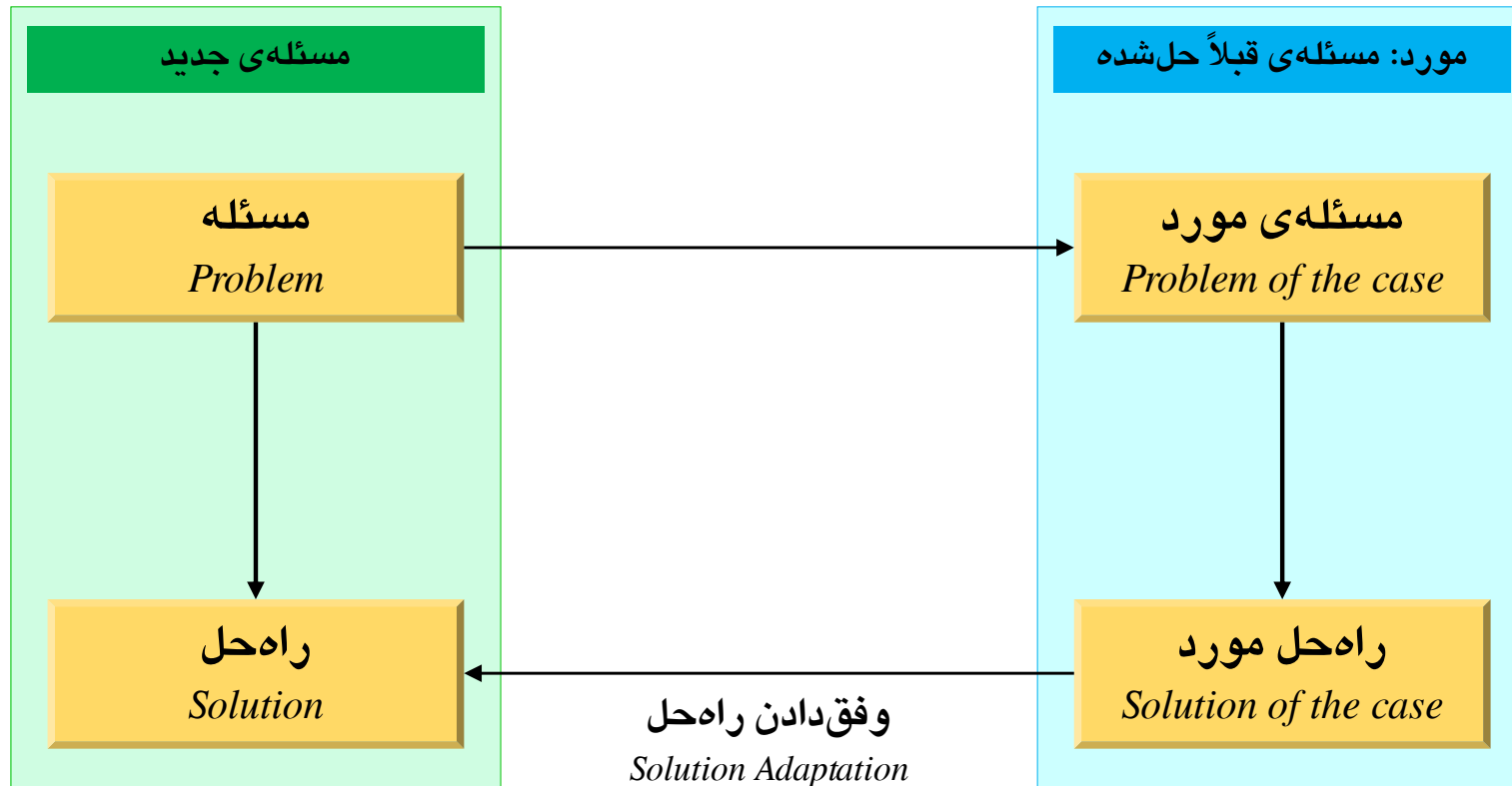
*Case-Based Reasoning (CBR)*

یک تکنیک حل مسئله بر اساس استدلال قیاسی  
نیت اصلی: استفاده‌ی مجدد از تجربه‌های قبلی برای حل مسائل جدید

استدلال مبتنی بر مورد، مسئله‌های جدید را با وفق دادن راه‌حل‌هایی که  
برای مسئله‌های قدیمی استفاده شده‌اند، حل می‌کند.

## استدلال مبتنی بر مورد

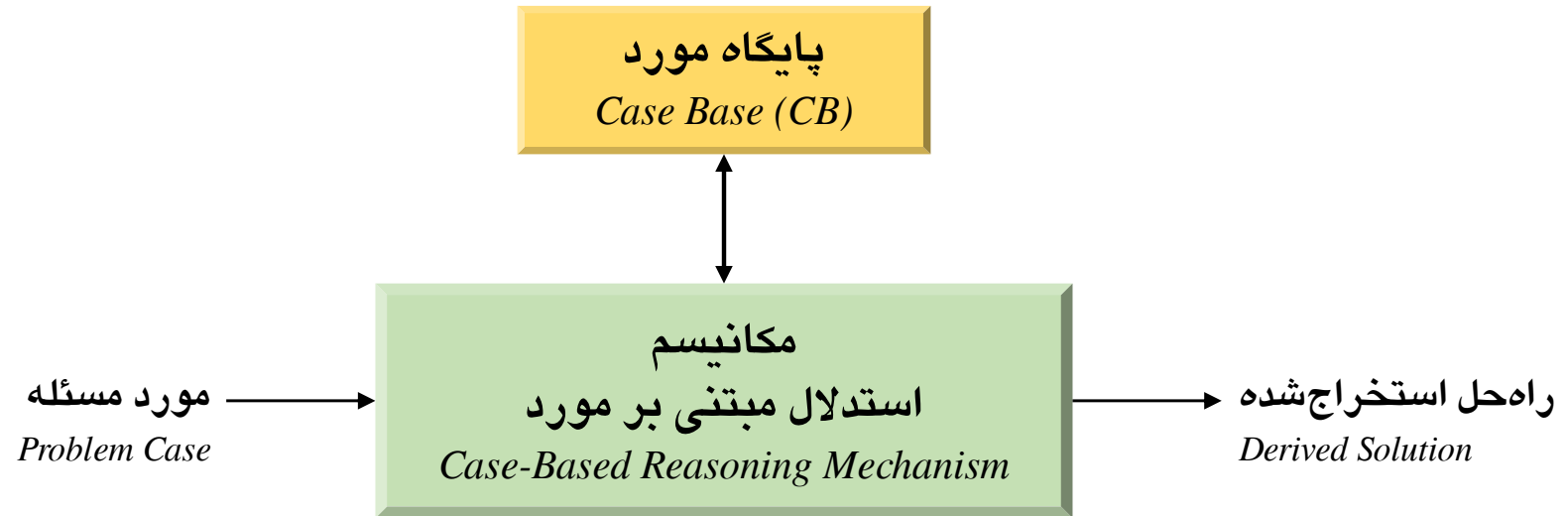
استفاده از یک مورد



در حالت کلی تضمینی وجود ندارد که راه‌حل خوبی به دست آید  
(چون ممکن است مسئله از مورد یافت شده خیلی دور باشد)

## استدلال مبتنی بر مورد

سیستم



## استدلال مبتنی بر مورد

### منطق عمومی

تجربه‌های قبلی (موردها) را ذخیره کنید.

۱

مسئله‌های جدید را با انتخاب و استفاده‌ی مجدد از موردها حل کنید.

۲

تجربه‌های جدید را مجدداً ذخیره کنید.

۳

### فرض‌های اساسی در CBR

مسئله‌های مشابه، راه‌حل‌های مشابه دارند.

۱

مسئله‌های جدید، با بازیابی مسائل مشابه و وفق دادن راه‌حل آنها حل می‌شوند.

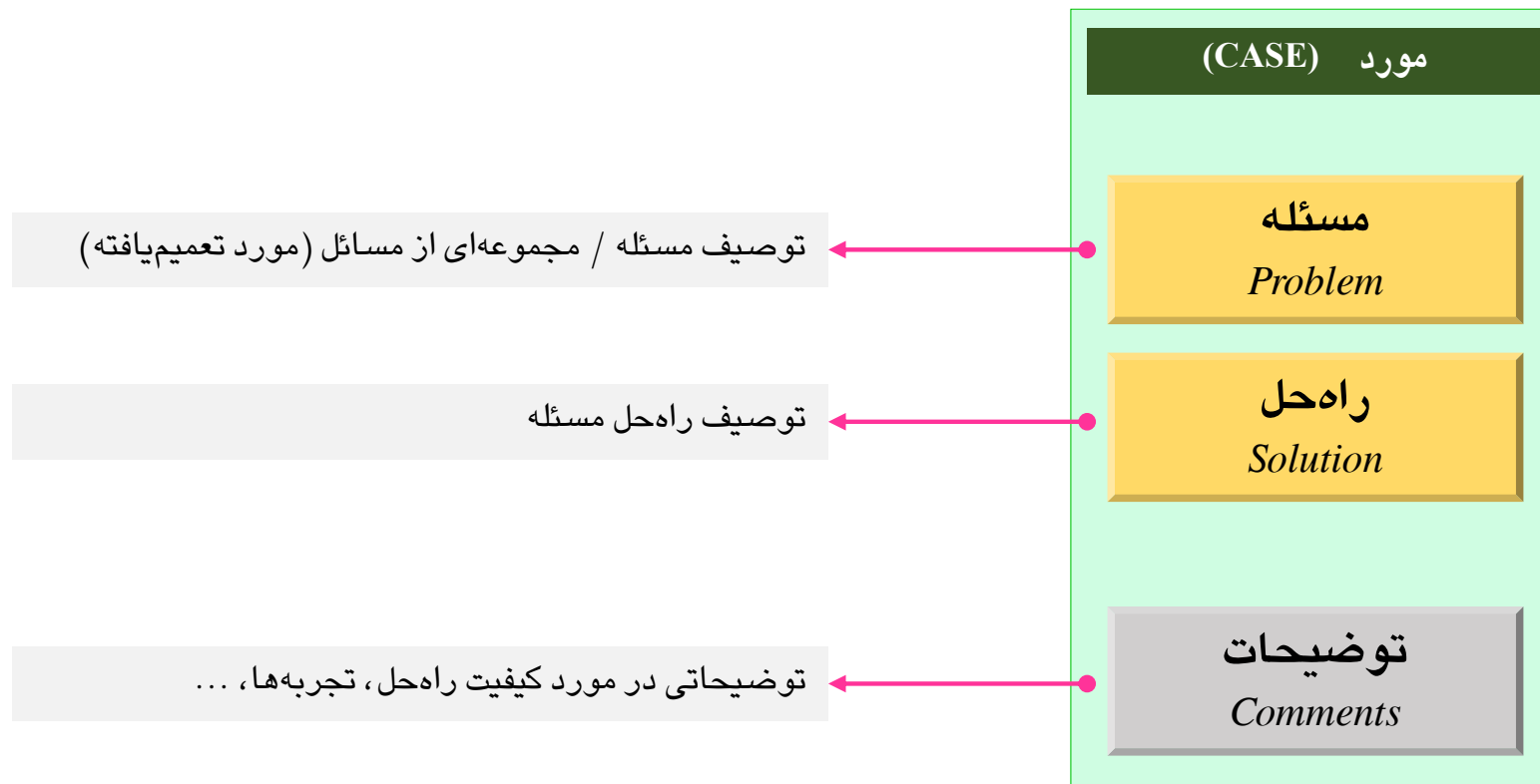
۲

## استدلال مبتنی بر مورد

مورد

CASE

موردها تجربه‌ها را بازنمایی می‌کنند.  
هر مورد چگونگی حل یک مسئله در گذشته را ثبت می‌کند.



**نکته:** یک مورد یک قاعده‌ی عمومی نیست!

## استدلال مبتنی بر مورد

پایگاه مورد

CASE BASE (CB)

پایگاه مورد، محل نگهداری موردهاست.

مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
مورد (CASE)
⋮
مورد (CASE)

**Case Base (CB)**



## استدلال مبتنی بر مورد

انواع CBR بر اساس روش‌های بازنمایی موردها

انواع CBR بر اساس روش‌های بازنمایی موردها		
<b>CBR ساختاری</b> <i>Structural CBR</i>	<b>CBR محاوره‌ای</b> <i>Conversational CBR</i>	<b>CBR متنی</b> <i>Textual CBR</i>
نمایش موردها در ساختار رابطه‌ای مشابه پایگاه‌های داده	نمایش موردها به صورت لیستی از پرسش‌ها و پاسخ‌ها	نمایش موردها به صورت متن آزاد

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۱ از ۱۰)

### EXAMPLE: TECHNICAL DIAGNOSIS OF CAR FAULTS

#### ورودی‌ها

- نشانه‌های نقص مشاهده شده‌اند (مثلاً: موتور روشن نمی‌شود)
- مقادیر اندازه‌گیری شده‌اند (مثلاً: ولتاژ باتری = 6.3V)

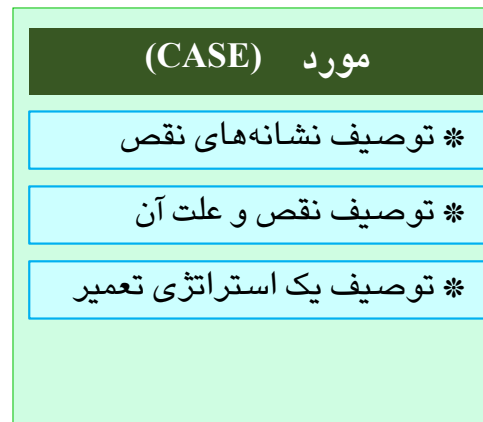
#### هدف

- یافتن علت نقص (مثلاً خالی بودن باتری)
- یک استراتژی تعمیر (مثلاً شارژ کردن باتری)

هر مورد یک وضعیت تشخیصی را توصیف می‌کند:

یک مجموعه از موردها در پایگاه مورد ذخیره شده است.

شبهه‌ترین مورد به مسئله‌ی فعلی را انتخاب می‌کنیم و استراتژی تعمیر آن را استفاده‌ی مجدد می‌کنیم.



Case



Case Base (CB)

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۲ از ۱۰): یک مورد نمونه

<b>C A S E  1</b>	<b>Problem (Symptoms)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Problem:</i> Front light doesn't work</li> <li>• <i>Car:</i> VW Golf IV, 1.6 l</li> <li>• <i>Year:</i> 1998</li> <li>• <i>Battery voltage:</i> 13,6 V</li> <li>• <i>State of lights:</i> OK</li> <li>• <i>State of light switch:</i> OK</li> </ul>
	<b>Solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnosis:</i> Front light fuse defect</li> <li>• <i>Repair:</i> Replace front light fuse</li> </ul>

در هر مورد، تعدادی ویژگی (feature) و مقادیر (value) خاص آنها که در آن وضعیت رخ داده است، ثبت می‌شود.

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۳ از ۱۰): یک پایگاه مورد با دو مورد

C A S E  1	<b>Problem (Symptoms)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Problem:</i> Front light doesn't work</li> <li>• <i>Car:</i> VW Golf III, 1.6 l</li> <li>• <i>Year:</i> 1996</li> <li>• <i>Battery voltage:</i> 13.6 V</li> <li>• <i>State of lights:</i> OK</li> <li>• <i>State of light switch:</i> OK</li> </ul>
	<b>Solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnosis:</i> Front light fuse defect</li> <li>• <i>Repair:</i> Replace front light fuse</li> </ul>

C A S E  2	<b>Problem (Symptoms)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Problem:</i> Front light doesn't work</li> <li>• <i>Car:</i> Audi A4</li> <li>• <i>Year:</i> 1997</li> <li>• <i>Battery voltage:</i> 12.9 V</li> <li>• <i>State of lights:</i> surface damaged</li> <li>• <i>State of light switch:</i> OK</li> </ul>
	<b>Solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnosis:</i> Bulb defect</li> <li>• <i>Repair:</i> Replace front light</li> </ul>

- هر مورد یک وضعیت خاص را توصیف می‌کند.
- همه‌ی موردها مستقل از یکدیگر هستند.

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۴ از ۱۰): حل یک مسئله‌ی تشخیصی جدید

یک مسئله‌ی جدید باید حل شود:  
 در وضعیت فعلی، مشاهداتی انجام می‌دهیم؛  
 این مشاهدات یک مسئله‌ی جدید را تعریف می‌کند.  
 (مقدار همه‌ی ویژگی‌ها لزوماً مشخص نمی‌شود)

### Problem (Symptom):

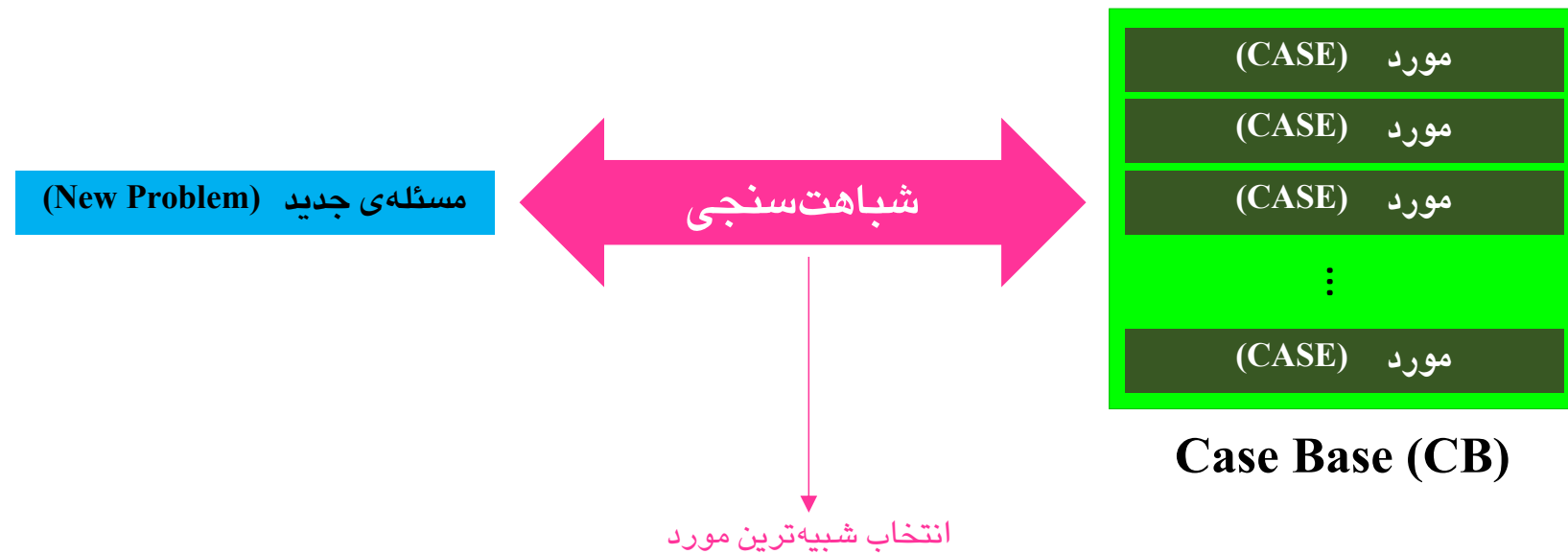
- *Problem*: Break light doesn't work
- *Car*: Audi 80
- *Year*: 1989
- *Battery voltage*: 12.6 V
- *State of light*: OK

مسئله‌ی جدید، یک مورد است بدون بخش راه‌حل

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۵ از ۱۰): یافتن شبیه‌ترین مورد به مسئله‌ی جدید

مسئله‌ی جدید با همه‌ی موردها در پایگاه مورد مقایسه می‌شود و شبیه‌ترین مورد انتخاب می‌شود.



شبهات، مهم‌ترین مفهوم در CBR است.

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۶ از ۱۰): محاسبه‌ی شباهت

به شباهت ویژگی‌های مقایسه شده، عددی حقیقی بین 0 و 1 نسبت می‌دهیم.

مثلاً: برای ویژگی مسئله: *Problem*

Front light doesn't work	← 0.8 →	Break light doesn't work
Front light doesn't work	← 0.4 →	Engine doesn't start

مثلاً: برای ویژگی ولتاژ باتری: *Battery Voltage*

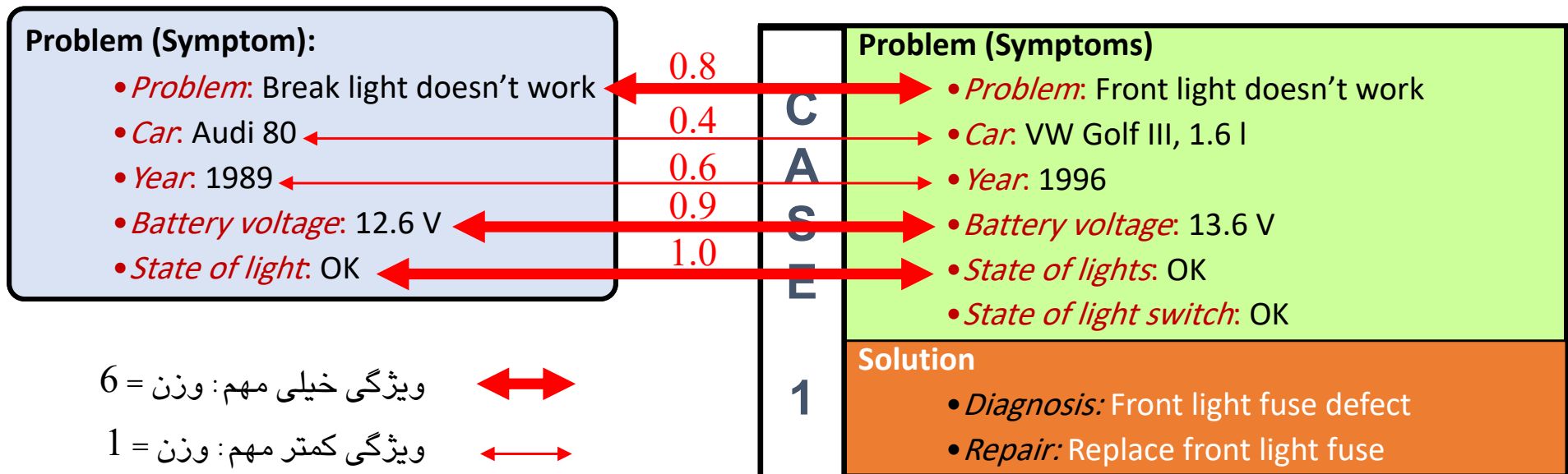
12.6 V	← 0.9 →	13.6 V
12.6 V	← 0.1 →	6.7 V

میزان اهمیت ویژگی‌های مختلف را می‌توان با اختصاص وزن به آنها مشخص کرد.

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۷ از ۱۰): مقایسه و محاسبه‌ی شباهت مسئله با مورد ۱

به شباهت ویژگی‌های مقایسه شده، عددی حقیقی بین 0 و 1 نسبت می‌دهیم.



محاسبه‌ی شباهت با میانگین‌گیری وزن‌دار

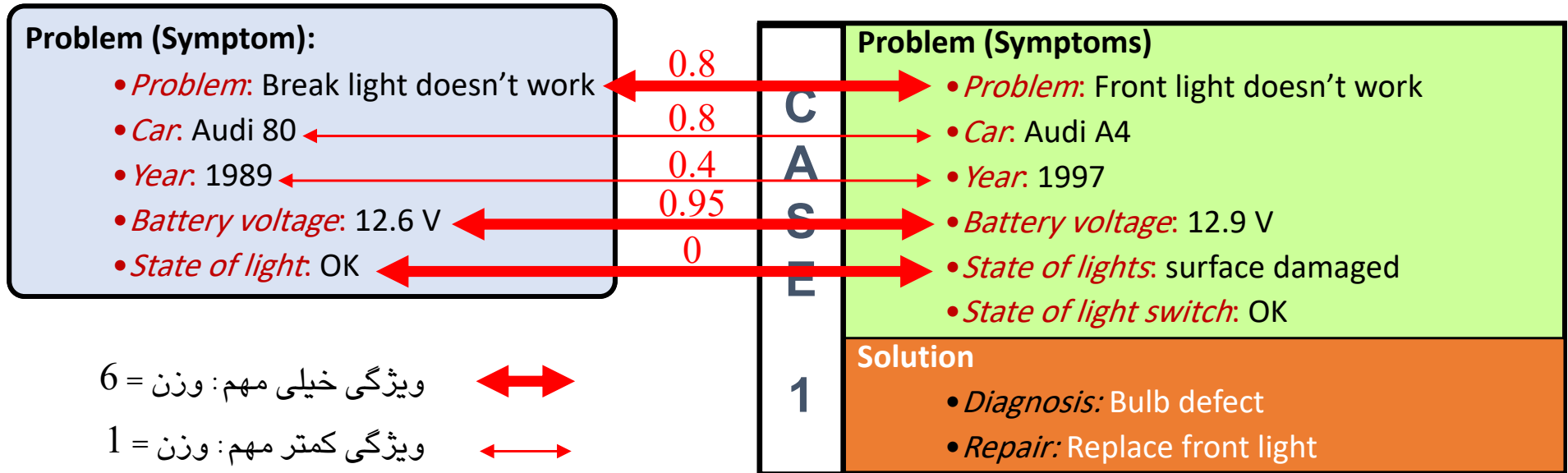
$$\text{sim}(\text{new}, \text{case}_1) = \frac{1}{20} (6 \times 0.8 + 1 \times 0.4 + 1 \times 0.6 + 6 \times 0.9 + 6 \times 0.1) = 0.86$$



## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۸ از ۱۰): مقایسه و محاسبه‌ی شباهت مسئله با مورد ۲

به شباهت ویژگی‌های مقایسه شده، عددی حقیقی بین 0 و 1 نسبت می‌دهیم.



محاسبه‌ی شباهت با میانگین‌گیری وزن‌دار

$$\text{sim}(\text{new}, \text{case}_2) = \frac{1}{20} (6 \times 0.8 + 1 \times 0.8 + 1 \times 0.4 + 6 \times 0.95 + 6 \times 0) = 0.585$$

نتیجه: مورد ۱ شبیه‌تر است.

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۹ از ۱۰): استفاده‌ی مجدد از راه‌حل مورد شبیه‌تر (مورد ۱)

C A S E  1	<b>Problem (Symptoms)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Problem:</i> <b>Front light</b> doesn't work</li> <li>• <i>Car:</i> VW Golf III, 1.6 l</li> <li>• <i>Year:</i> 1996</li> <li>• <i>Battery voltage:</i> 13.6 V</li> <li>• <i>State of lights:</i> OK</li> <li>• <i>State of light switch:</i> OK</li> </ul>
	<b>Solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnosis:</i> <b>Front light</b> fuse defect</li> <li>• <i>Repair:</i> Replace <b>front light</b> fuse</li> </ul>

**Problem (Symptom):**

- *Problem:* **Break light** doesn't work
- *Car:* Audi 80
- *Year:* 1989
- *Battery voltage:* 12.6 V
- *State of light:* OK

**وفق دادن راه‌حل**

(باید بدانیم تفاوت‌ها در مسئله چگونه بر راه‌حل اثر می‌گذارد.)

**New Solution**

- *Diagnosis:* **Break light** fuse defect
- *Repair:* Replace **Break light** fuse

## استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۱۰ از ۱۰): ذخیره‌سازی مورد جدید در پایگاه مورد

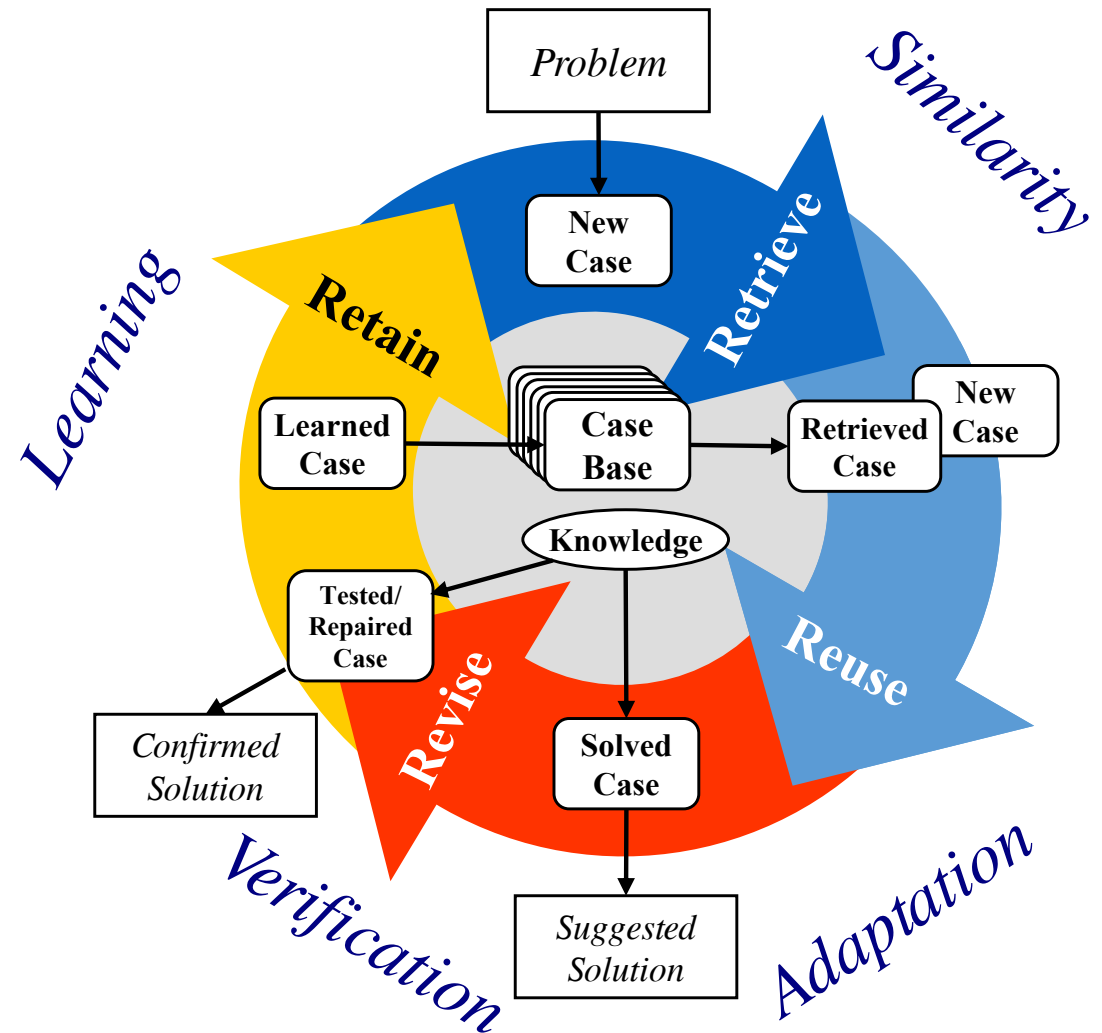
<b>C A S E</b>  <b>3</b>	<b>Problem (Symptom):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Problem:</i> <b>Break light</b> doesn't work</li> <li>• <i>Car:</i> Audi 80</li> <li>• <i>Year:</i> 1989</li> <li>• <i>Battery voltage:</i> 12.6 V</li> <li>• <i>State of light:</i> OK</li> <li>• <i>State of light switch:</i> OK</li> </ul>
	<b>Solution</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnosis:</i> <b>Break light</b> fuse defect</li> <li>• <i>Repair:</i> Replace <b>Break light</b> fuse</li> </ul>

در صورتی که تشخیص درست بود، مورد جدید را در پایگاه مورد ذخیره می‌کنیم.

## استدلال مبتنی بر مورد

چرخه‌ی کلاسیک CBR: فعالیتهای اصلی در سیستم استدلال مبتنی بر مورد

### THE CLASSICAL CBR R<sup>4</sup>-CYCLE



## استدلال مبتنی بر مورد

تابع شباهت

SIMILARITY FUNCTION

تابع شباهت دو مورد را دریافت می‌کند و میزان شباهت آنها را در قالب عددی بین 0 و 1 برمی‌گرداند.

$$\text{sim} : \text{Cases} \times \text{Cases} \rightarrow [0, 1]$$

تابع شباهت دو جزء دارد:

میزان شباهت در سطح یک ویژگی	معیار شباهت محلی
میزان شباهت در سطح یک مورد	معیار شباهت سراسری

برای دو مورد  $C_1$  و  $C_2$  داده شده با  $p$  ویژگی  $y_1, y_2, \dots, y_p$  داریم:

$$\text{sim}(C_1, C_2) = \frac{1}{\sum_{j=1}^p w_j} \sum_{j=1}^p w_j \text{sim}_j(C_1, C_2)$$

$\text{sim}_j$ : میزان شباهت برای ویژگی  $y_j$  (معیار محلی)

$w_j$ : وزن ویژگی  $y_j$  (میزان اهمیت مربوط بودن آن برای مسئله)

## استدلال مبتنی بر مورد

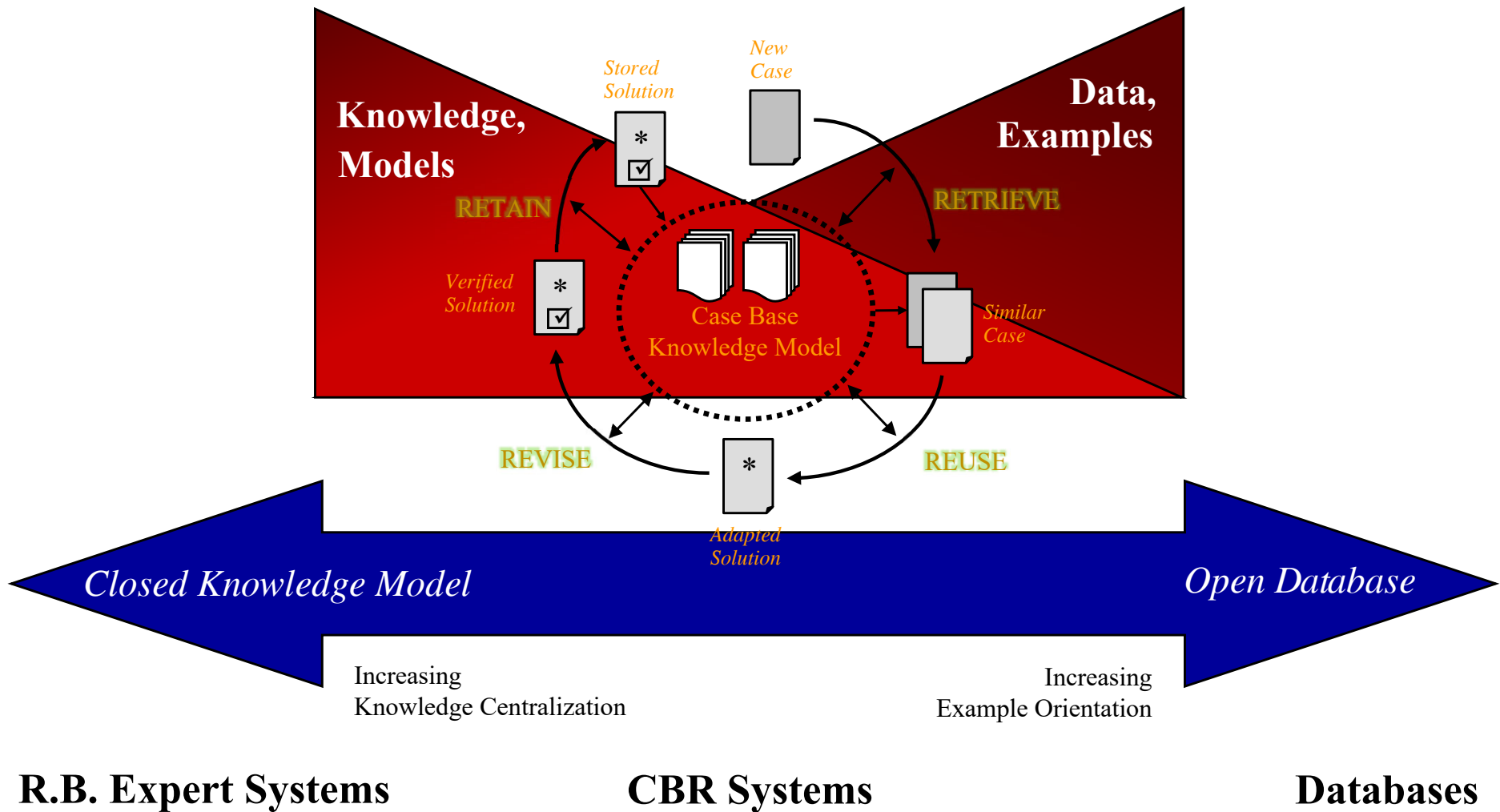
## چگونگی وفقدهی راهحل

ADAPTATION

روش‌های وفقدهی راهحل		
<b>وفقدهی خودکار</b> <i>Automated Adaptation</i>	<b>وفقدهی دستی / تعاملی</b> <i>Manual/Interactive Adaptation</i>	<b>وفقدهی پوچ</b> <i>Null Adaptation</i>
سیستم می‌تواند راهحل بازیابی شده را وفق بدهد.	کاربر راهحل بازیابی شده را وفق می‌دهد.	راهحل بازیابی شده بدون تغییر کپی می‌شود (در سیستم‌های ساده).
روش‌های وفقدهی خودکار		
<b>تولید</b> <i>Generation</i>	<b>تبدیل</b> <i>Transformation</i>	<b>جانثانی</b> <i>Substitution</i>
اجرای روالی که راهحل مسئله‌ی بازیابی شده را استخراج می‌کند. (پیچیده‌ترین روش)	تغییر ساختار راهحل بازیابی شده	تغییر بخشی از اجزای راهحل بازیابی شده (ساده‌ترین و متداول‌ترین روش)

# موقعیت سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد

در میان سیستم‌های خبره‌ی مبتنی بر قاعده و سیستم‌های پایگاه داده



## مقایسه

سیستم‌های CBR با سایر انواع سیستم‌های خبره

انواع دیگر سیستم خبره	سیستم‌های CBR	فاکتور
مدل دامنه‌ی مسئله: محدود ولی قوی	مدل دامنه‌ی مسئله: ضعیف	سطح مسئله
قاعده، یک تجربه‌ی تعمیم‌یافته است	مورد یک تجربه‌ی خاص است	سطح فهم مسئله
قواعد منطق، قاب‌ها، ...	موردها	بازنمایی دانایی
روش‌های زنجیره‌سازی در منطق و ...	انتخاب شبیه‌ترین مورد و وفوردهی آن	مکانیزم استنتاج
محدود	خوب: با اکتساب موردهای جدید	یادگیری



## سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد

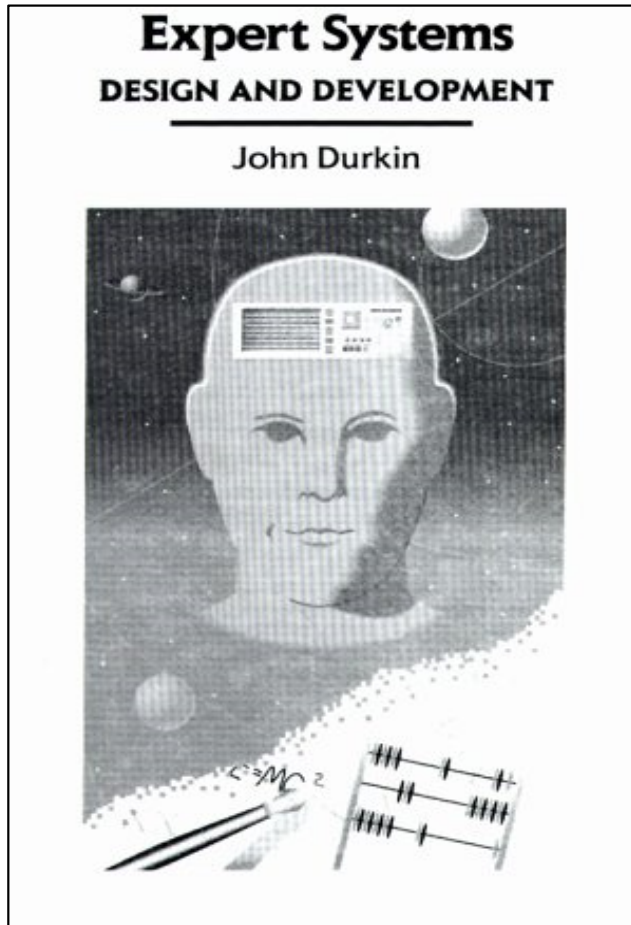
## مزایا و معایب

معایب	مزایا
موردهای قدیمی ممکن است ضعیف شده باشند	سرعت بالای پیشنهاد راه‌حل‌ها (اجتناب از تولید راه‌حل از صفر)
ممکن است پایگاه مورد، بایاس باشد	نیازی به فهم کامل دامنه نیست
ممکن است بیشتر موردهای مناسب بازیابی نشوند	نیاز به اکتساب دانایی کاهش می‌یابد
به بازیابی/وفق‌دادن دانایی نیاز داریم	قابلیت نگهداری دانایی افزایش می‌یابد
	قابلیت یادگیری از طریق موردهای جدید فراهم است

# ۴

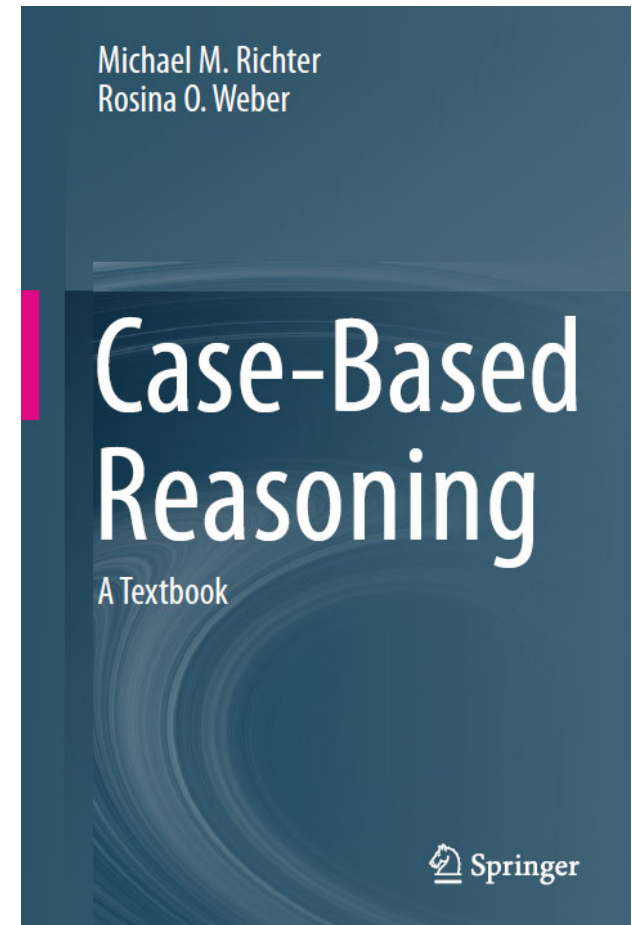
منابع،  
مطالعه،  
تکلیف

## منبع اصلی



J. Durkin,  
**Expert Systems: Design and Development**,  
 Macmillan, 1998.

**Chapters 1-6**



M.M. Richter and R.O. Weber,  
**Case-Based Reasoning: A Textbook**,  
 Springer, 2013.

**Chapters 1-2**



Michael Negnevitsky,  
**Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems**,  
 Pearson Education Canada, 2011.  
**Chapter 2**

## Rule-based expert systems **2**

*In which we introduce the most popular choice for building knowledge-based systems: rule-based expert systems.*

### 2.1 Introduction, or what is knowledge?

In the 1970s, it was finally accepted that to make a machine solve an intellectual problem one had to know the solution. In other words, one has to have knowledge, 'know-how', in some specific domain.

#### What is knowledge?

Knowledge is a theoretical or practical understanding of a subject or a domain. Knowledge is also the sum of what is currently known, and apparently knowledge is power. Those who possess knowledge are called experts. They are the most powerful and important people in their organisations. Any successful company has at least a few first-class experts and it cannot remain in business without them.

#### Who is generally acknowledged as an expert?

Anyone can be considered a domain expert if he or she has deep knowledge (of both facts and rules) and strong practical experience in a particular domain. The area of the domain may be limited. For example, experts in electrical machines may have only general knowledge about transformers, while experts in life insurance marketing might have limited understanding of a real estate insurance policy. In general, an expert is a skilful person who can do things other people cannot.

#### How do experts think?

The human mental process is internal, and it is too complex to be represented as an algorithm. However, most experts are capable of expressing their knowledge in the form of rules for problem solving. Consider a simple example. Imagine, you meet an alien! He wants to cross a road. Can you help him? You are an expert in crossing roads – you've been on this job for several years. Thus you are able to teach the alien. How would you do this?