هوش مصنوعی

فصل ۲۸

سیستم‌های خبره

Expert Systems

کاظم فولادی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران

http://courses.fouladi.ir/ai

هوش مصنوعی

سیستم‌های خبره

۱

مقدمه

سیستم‌های خبره

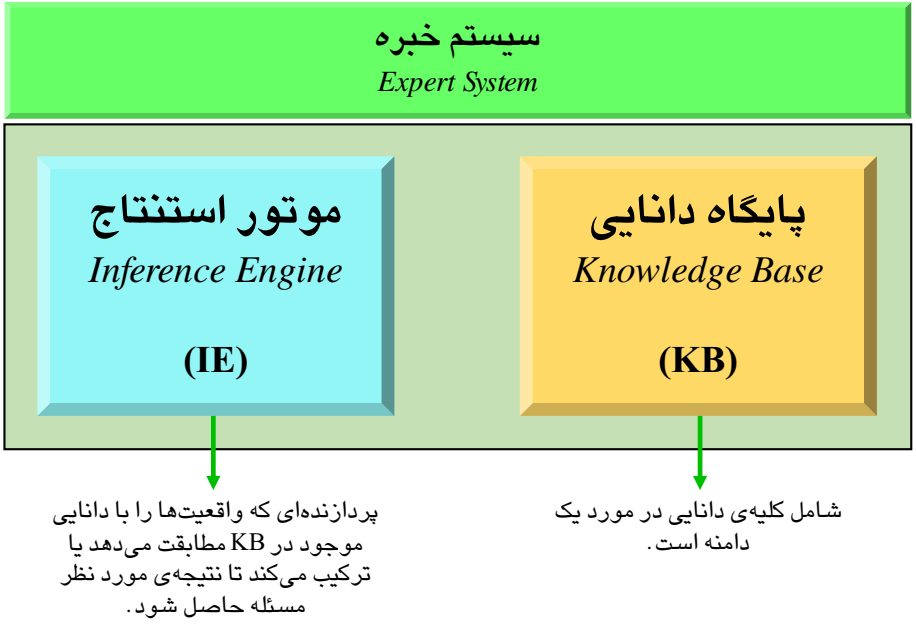
سیستم خبره
Expert System

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

فاکتور	خبره‌ی انسانی	سیستم خبره
آمادگی زمانی	روزهای کاری	همیشه
حضور جغرافیایی	محلی	همه‌جا
نابودی	نابودشدنی	نابودنشدنی
کارآیی	متغیر	سازگار
سرعت	متغیر	سازگار
هزینه	بالا	مقرون به صرفه
ایمنی	غیرقابل جایگزینی	قابل جایگزینی

استفاده از سیستم‌های خبره

مسائل بررسی‌شده توسط سیستم‌های خبره

کنترل *Control*	طراحی *Design*	عیب‌یابی *Diagnosis*	آموزش *Instruction*	تفسیر *Interpretation*	نظارت *Monitoring*
طرح‌ریزی *Planning*	تصمیم‌گیری *Decision-Making*	پیش‌بینی *Prediction*	تجویز *Prescription*	انتخاب *Selection*	شبیه‌سازی *Simulation*

استفاده از سیستم‌های خبره

زمینه‌های کاربردی اصلی سیستم‌های خبره

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

سیستم‌های خبره

تسهیلات توضیح

تسهیلات توضیح
Explanation Facilities

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

چرایی *Why*	چگونگی *How*
پاسخ می‌دهد که چرا یک پرسش خاص را از کاربر پرسیده است.	پاسخ می‌دهد که چگونه یک نتیجه را استنتاج کرده 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

خبره‌ی دامنه *Domain Expert*	مهندس دانایی *Knowledge Engineer*	کاربر نهایی *End-User*
دارنده‌ی دانش و مهارت حل مسئله در آن دامنه	طراح، سازنده و آزمایش‌کننده‌ی سیستم خبره	کسی که نهایتاً با سیستم خبره کار خواهد کرد
○ دارای دانایی خبره ○ دارای مهارت‌های کارآمد حل مسئله ○ دارای توانایی انتقال دانایی به افراد ○ بتواند زمان بگذارد ○ داشتن حس همکاری	○ دارای مهارت‌های مهندسی دانایی ○ دارای توانایی خوب برقراری ارتباط ○ توانایی تطبیق مسئله با نرم‌افزار ○ توانایی برنامه‌نویسی سیستم خبره	○ توانایی کمک در تعریف مشخصات واسط کاربر ○ توانایی کمک در اکتساب دانایی ○ توانایی کمک در توسعه‌ی سیستم

سیستم‌های خبره

انواع

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

هوش مصنوعی

سیستم‌های خبره

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** منطق باشد
(معمولاً گزاره‌های به فرم هورن: اگر–آنگاه)

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، ...

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.

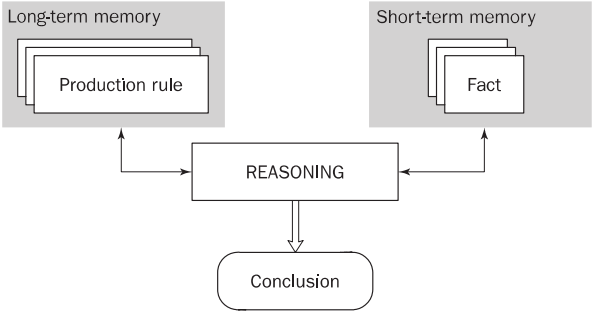
معایب
- عدم بررسی اهمیت نتایج حاصل و اولویت آنها
- امکان پرسیدن سؤال‌های بی‌ربط از کاربر

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

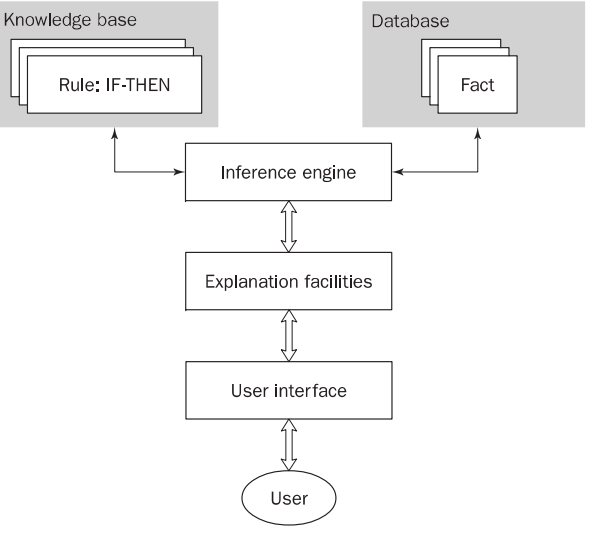
سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

سیستم خبره مبتنی بر قاعده بر اساس مدل سیستم تولید

(a) production system model

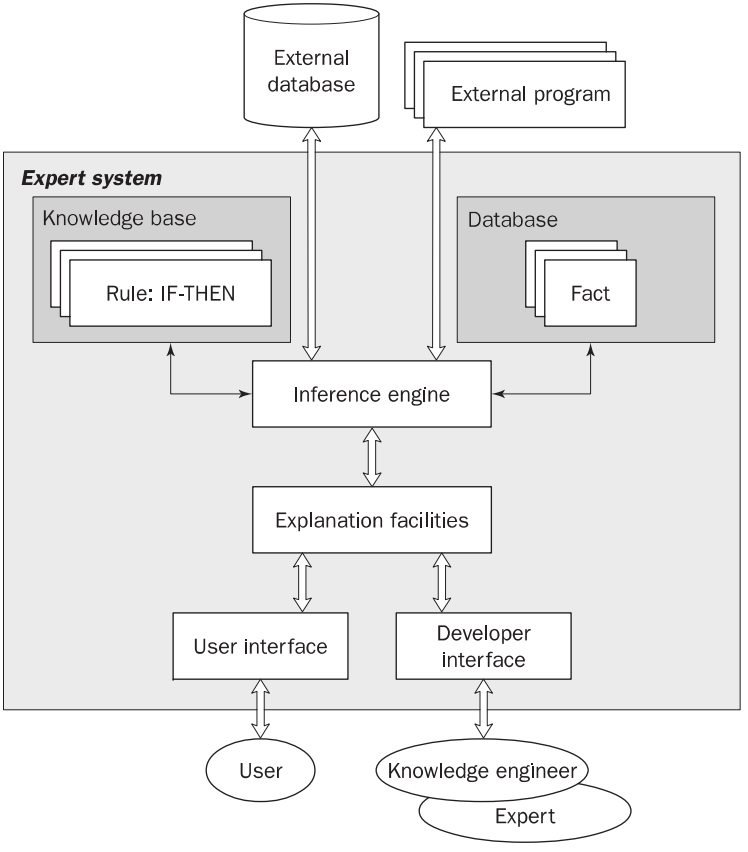


(b) basic structure of a rule-based expert system



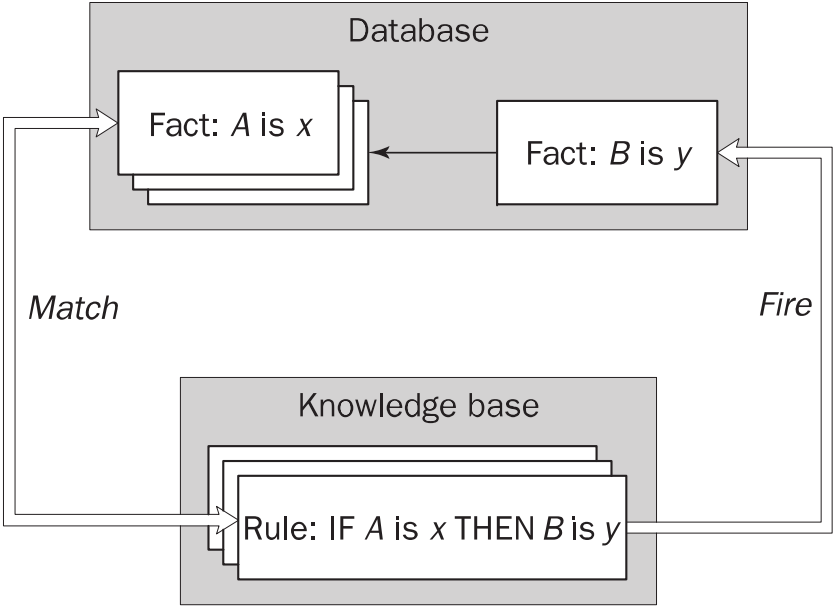
سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

ساختار کامل یک سیستم خبره مبتنی بر قاعده



سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

چرخه‌ی موتور استنتاج در سیستم خبره‌ی مبتنی بر قاعده



The inference engine cycles via a match-fire procedure

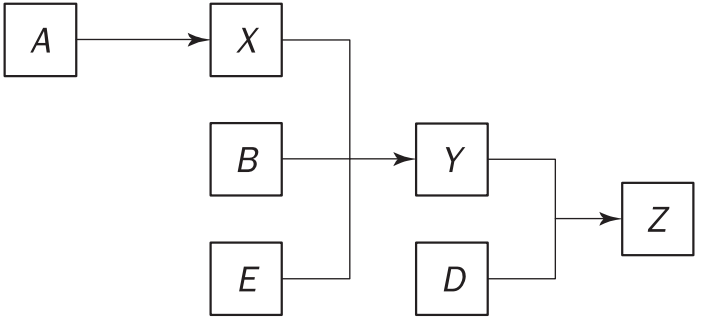
سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

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

Rule 1: $Y \,\&\, D \rightarrow Z$

Rule 2: $X \,\&\, B \,\&\, E \rightarrow Y$

Rule 3: $A \rightarrow X$

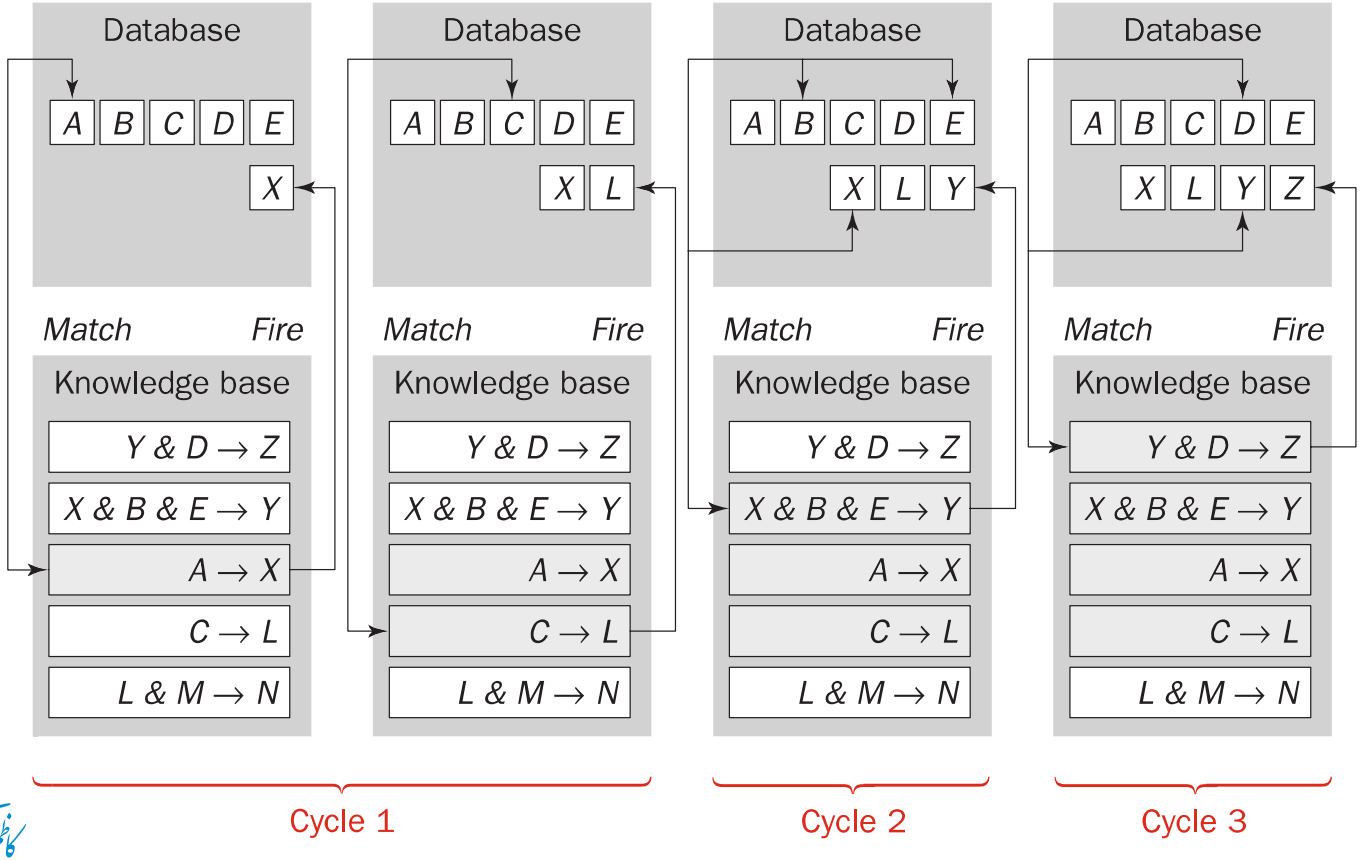
Rule 4: $C \rightarrow L$

Rule 5: $L \,\&\, M \rightarrow N$

سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

زنجیره‌سازی پیش‌رو

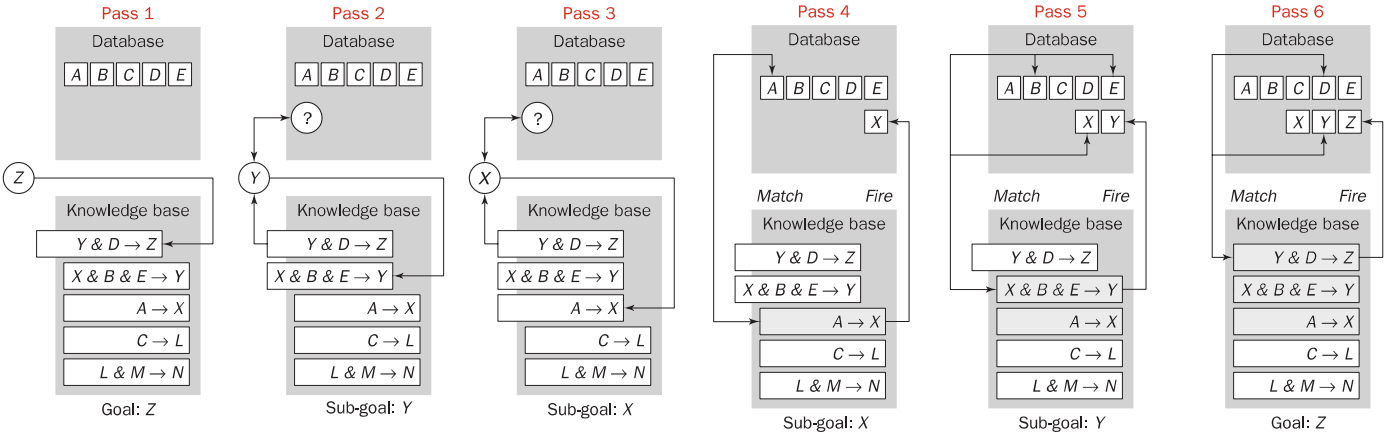
FORWARD-CHAINING



سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده

زنجیره‌سازی پس‌رو

BACKWARD-CHAINING



سیستم‌های خبره‌ی مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری منتژیت: 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 برقاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری منتژیت: 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

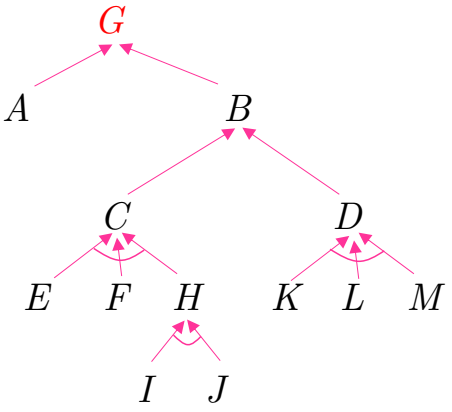
$$A \vee B \rightarrow G$$
$$C \vee D \rightarrow B$$
$$E \wedge F \wedge H \rightarrow C$$
$$I \wedge J \rightarrow H$$
$$K \wedge L \wedge M \rightarrow D$$

سیستم‌های خبره‌ی مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری منتژیت: پایگاه دانایی و واقعیت‌ها

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

Facts



KB AND-OR Graph

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

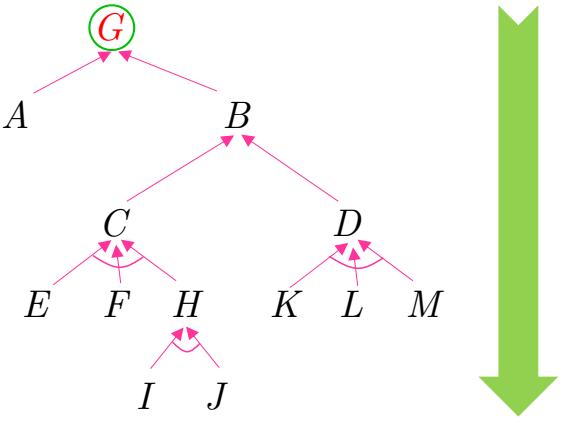
KB

سیستم‌های خبره‌ی مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره‌ی 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)



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

KB

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

Facts

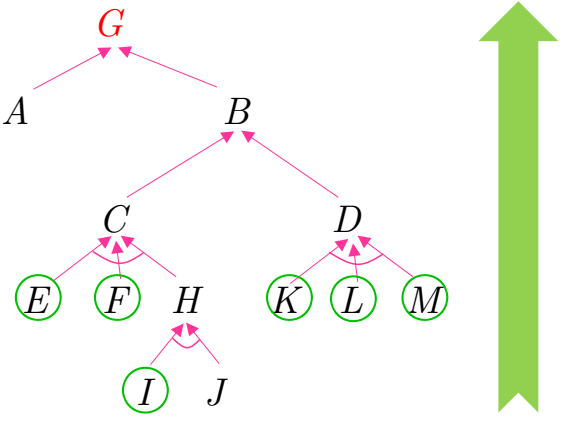
سیستم‌های خبره‌ی مبتنی برقاعده

یک سیستم خبره‌ی ساده برای تشخیص بیماری منتژیت: زنجیره‌سازی پیش‌رو

پرسش کاربر از سیستم: آیا بیمار منتژیت دارد؟ G

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

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)

هوش مصنوعی

سیستم‌های خبره

۳

سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد

استدلال مبتنی بر مورد

CASE-BASED REASONING (CBR)

سیستم استدلال مبتنی بر مورد

Case-Based Reasoning (CBR)

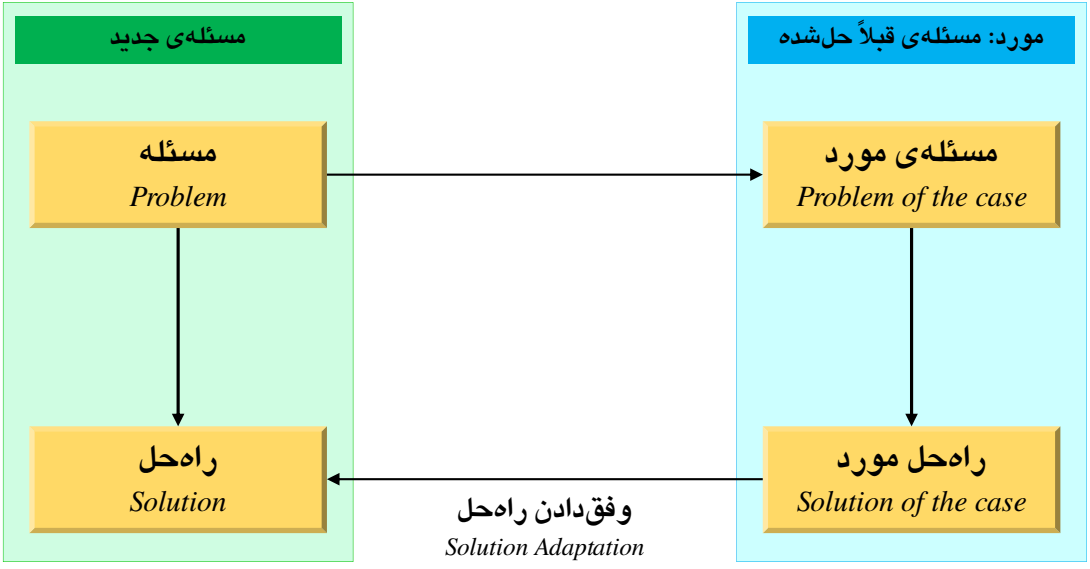
یک تکنیک حل مسئله بر اساس استدلال قیاسی

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

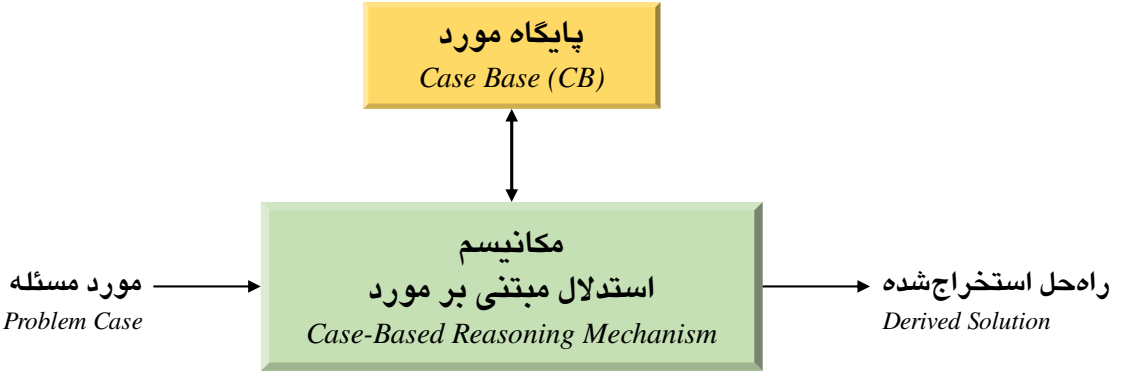
استفاده از یک مورد



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

استدلال مبتنی بر مورد

سیستم



استدلال مبتنی بر مورد

منطق عمومی

۱	تجربه‌های قبلی (موردها) را ذخیره کنید.
۲	مسئله‌های جدید را با انتخاب و استفاده‌ی مجدد از موردها حل کنید.
۳	تجربه‌های جدید را مجدداً ذخیره کنید.

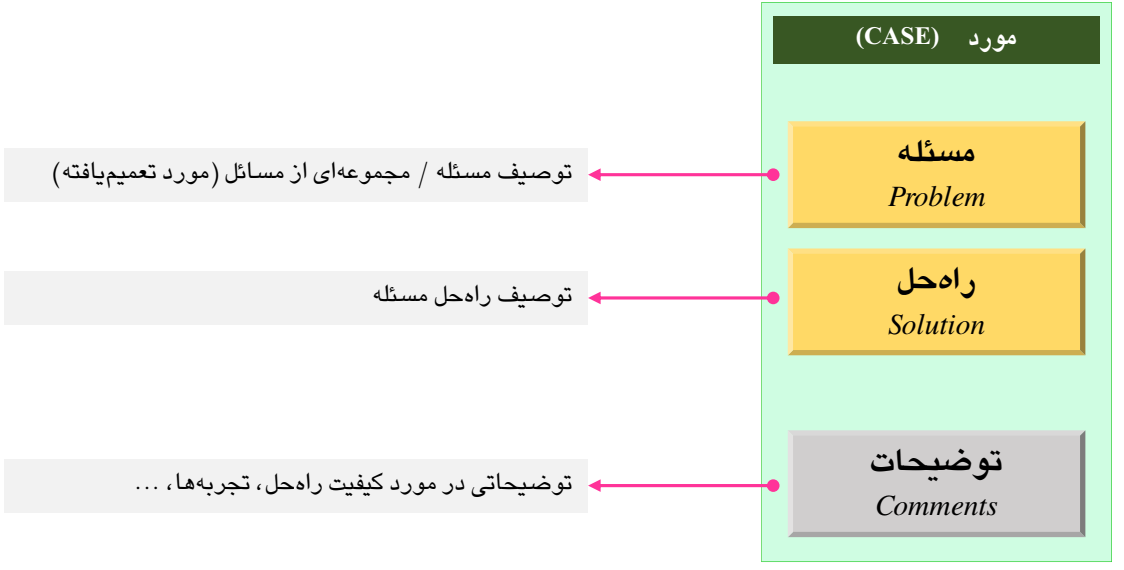
فرض‌های اساسی در CBR	
۱	مسئله‌های مشابه، راه‌حل‌های مشابه دارند.
۲	مسئله‌های جدید، با بازیابی مسائل مشابه و وفق دادن راه‌حل آنها حل می‌شوند.

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.

Case Base (CB)

استدلال مبتنی بر مورد

انواع CBR بر اساس روش‌های بازنمایی موردها

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

استدلال مبتنی بر مورد

مثال: تشخیص فنی نقص‌های خودرو (۱ از ۱۰)

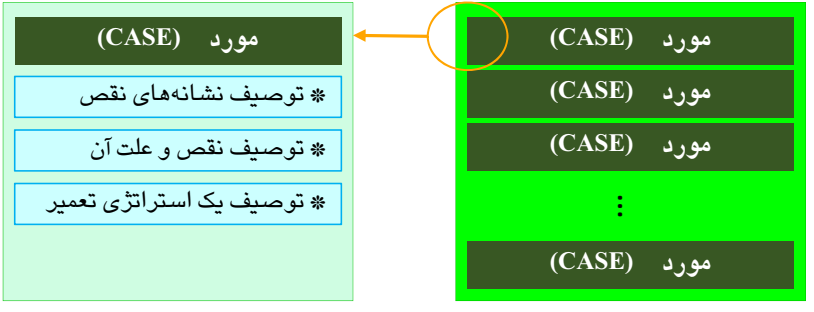
EXAMPLE: TECHNICAL DIAGNOSIS OF CAR FAULTS

ورودی‌ها
- نشانه‌های نقص مشاهده شده‌اند (مثلا: 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)

یک مجموعه از موردها در پایگاه مورد ذخیره شده است.

هر مورد یک وضعیت تشخیصی را توصیف می‌کند:



Case Base (CB)

Case

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

استدلال مبتنی بر مورد

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

CASE 1	
	Problem (Symptoms) • *Problem*: Front light doesn't work • *Car*: VW Golf IV, 1.6 l • *Year*: 1998 • *Battery voltage*: 13,6 V • *State of lights*: OK • *State of light switch*: OK
	Solution • *Diagnosis*: Front light fuse defect • *Repair*: Replace front light fuse

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

CASE 1	**Problem (Symptoms)** • *Problem*: Front light doesn't work • *Car*: VW Golf III, 1.6 l • *Year*: 1996 • *Battery voltage*: 13.6 V • *State of lights*: OK • *State of light switch*: OK
	Solution • *Diagnosis:* Front light fuse defect • *Repair:* Replace front light fuse

CASE 2	**Problem (Symptoms)** • *Problem*: Front light doesn't work • *Car*: Audi A4 • *Year*: 1997 • *Battery voltage*: 12.9 V • *State of lights*: surface damaged • *State of light switch*: OK
	Solution • *Diagnosis:* Bulb defect • *Repair:* Replace front light

- 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):

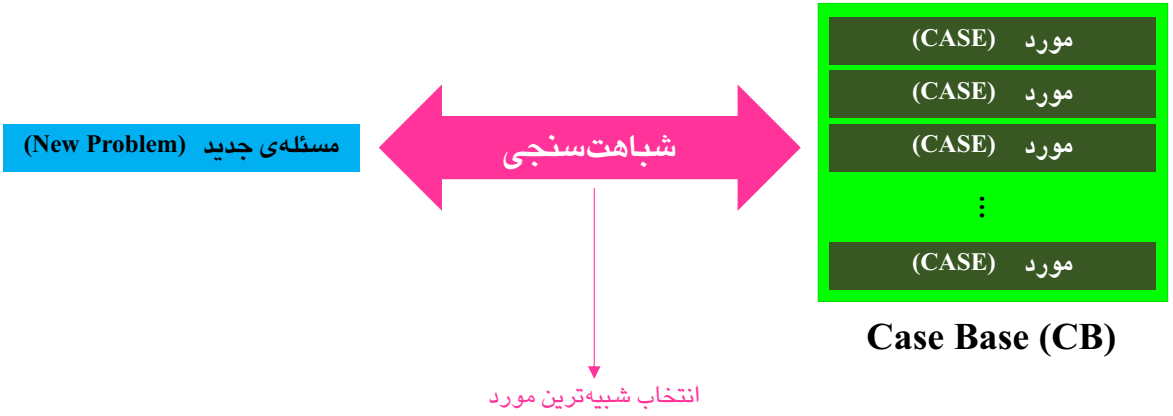
- *Problem*: Break light doesn't work
- *Car*: Audi 80
- *Year*: 1989
- *Battery voltage*: 12.6 V
- *State of light*: OK

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.



شباهت، 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*

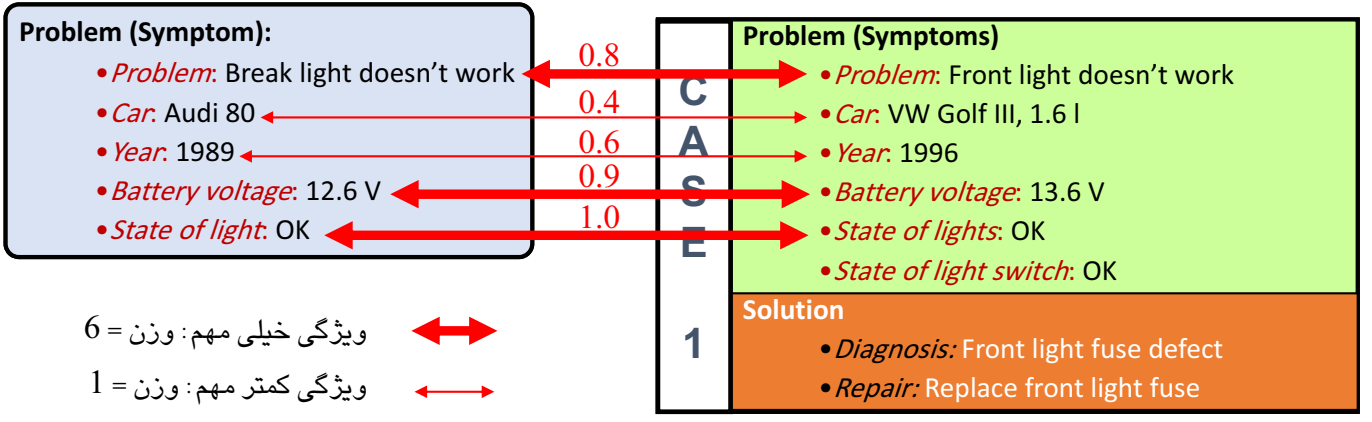
12.6 V	0.9	13.6 V
12.6 V	0.1	6.7 V

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.



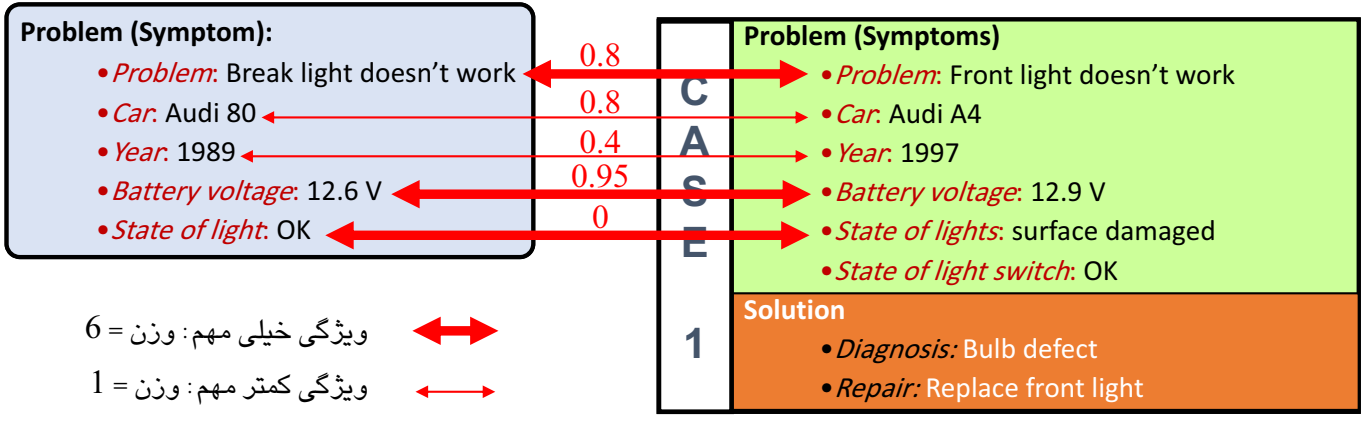
محاسبه‌ی شباهت با میانگین‌گیری وزن‌دار

$$\text{sim}(new, case_1) = \frac{1}{20}(6 \times 0.8 + 1 \times 0.4 + 1 \times 0.6 + 6 \times 0.9 + 6 \times 0.1) = 0.86$$

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

$$\mathrm{sim}(new, case_2) = \frac{1}{20}(6 \times 0.8 + 1 \times 0.8 + 1 \times 0.4 + 6 \times 0.95 + 6 \times 0) = 0.585$$

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)

CASE 1

Problem (Symptoms)
- *Problem*: **Front light** doesn't work
- *Car*: VW Golf III, 1.6 l
- *Year*: 1996
- *Battery voltage*: 13.6 V
- *State of lights*: OK
- *State of light switch*: OK

Solution
- *Diagnosis:* **Front light** fuse defect
- *Repair:* Replace **front light** fuse

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

CASE 3	**Problem (Symptom):** • *Problem*: **Break light** doesn't work • *Car*: Audi 80 • *Year*: 1989 • *Battery voltage*: 12.6 V • *State of light*: OK • *State of light switch*: OK
	Solution • *Diagnosis:* **Break light** fuse defect • *Repair:* Replace **Break light** fuse

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

استدلال مبتنی بر مورد

چرخه‌ی کلاسیک CBR: فعالیت‌های اصلی درسیستم استدلال مبتنی بر مورد

THE CLASSICAL CBR R4-CYCLE

R بازیابی *Retrieve*

تعیین شبیه‌ترین مورد(ها)

R بازاستفاده *Reuse*

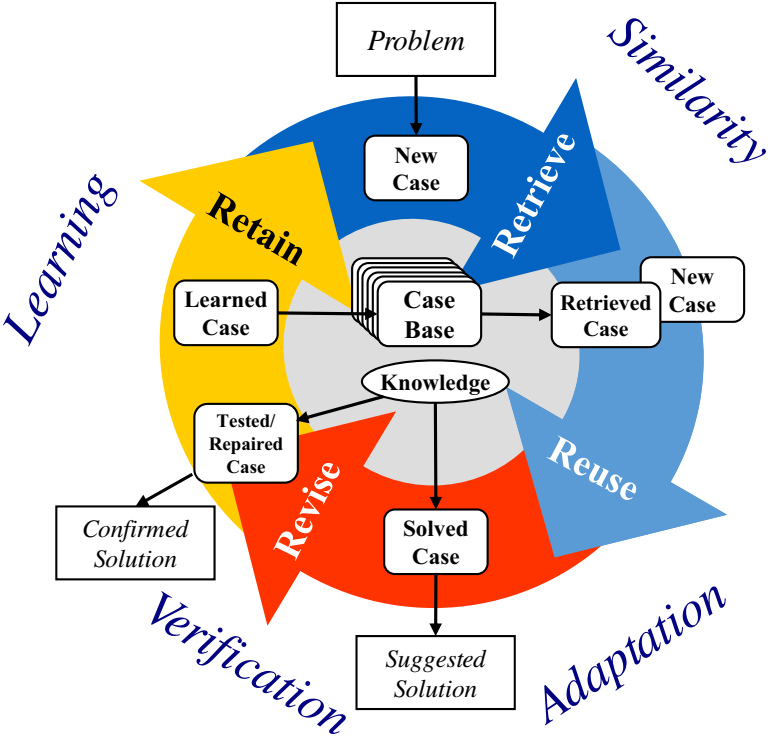
حل کردن مسئله‌ی جدید با استفاده‌ی مجدد از اطلاعات و دانایی موجود در مورد(های) بازیابی‌شده

R بازبینی *Revise*

ارزیابی کاربردپذیری راه‌حل پیشنهاد شده در دنیای واقعی

R بازنگهداری *Retain*

به‌هنگام‌سازی پایگاه مورد با مورد یادگرفته شده برای حل مسئله در آینده



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.

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

تابع شباهت دو جزء دارد:	
معیار شباهت محلی	میزان شباهت در سطح یک ویژگی
معیار شباهت سراسری	میزان شباهت در سطح یک مورد

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

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

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

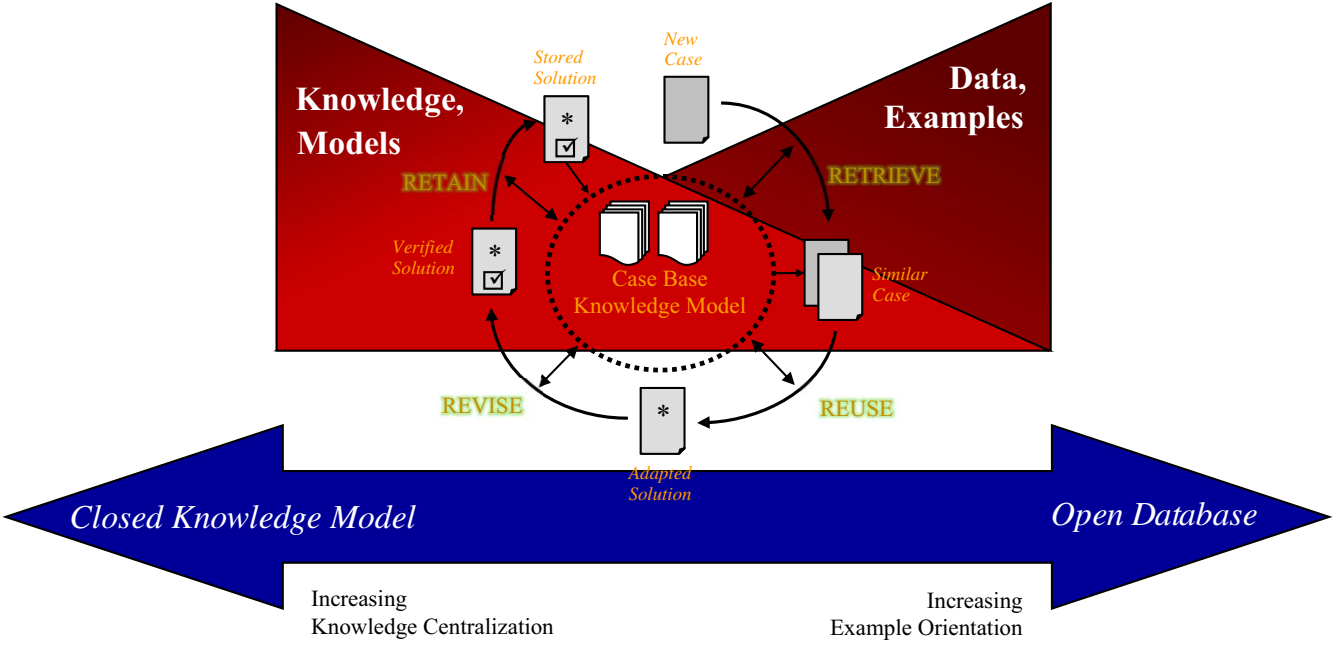
وفق‌دهی پوچ *Null Adaptation*	وفق‌دهی دستی/تعاملی *Manual/Interactive Adaptation*	وفق‌دهی خودکار *Automated Adaptation*
راه‌حل بازیابی‌شده بدون تغییر کپی می‌شود (در سیستم‌های ساده).	کاربر راه‌حل بازیابی شده را وفق می‌دهد.	سیستم می‌تواند راه‌حل بازیابی شده را وفق بدهد.

روش‌های وفق‌دهی خودکار

جانشانی *Substitution*	تبدیل *Transformation*	تولید *Generation*
تغییر بخشی از اجزای راه‌حل بازیابی‌شده (ساده‌ترین و متداول‌ترین روش)	تغییر ساختار راه‌حل بازیابی‌شده	اجرای روالی که راه‌حل مسئله‌ی بازیابی‌شده را استخراج می‌کند. (پیچیده‌ترین 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

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

سیستم‌های استدلال مبتنی بر مورد

مزایا و معایب

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

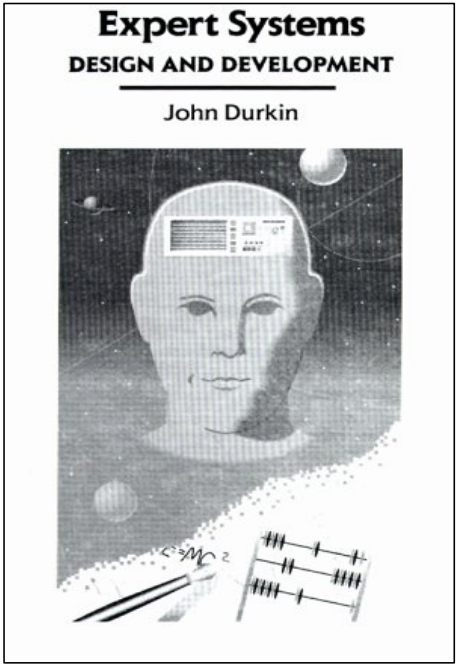
هوش مصنوعی

سیستم‌های خبره

۴

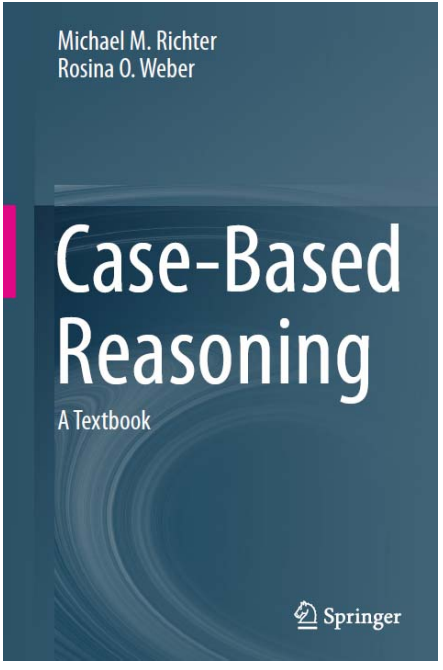
منابع، مطالعه، تکلیف

منبع اصلی



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

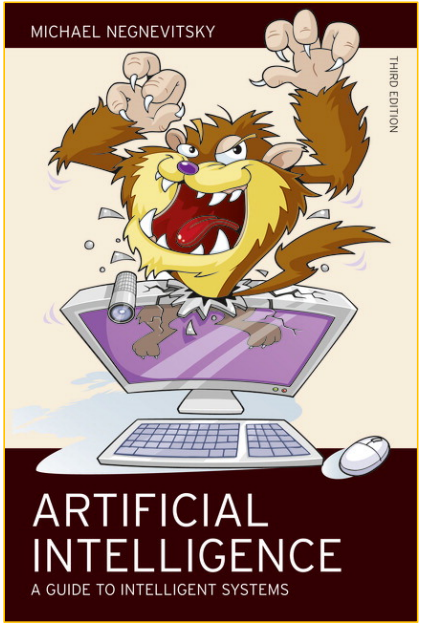
Chapters 1-6



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

Chapters 1-2

منبع کمکی



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?