

# الأنظمة الخبيرة Expert systems

## Chapter 1: Rule-based expert systems النظم الخبيرة المستندة إلى قواعد

# Plan

- مقدمة - ما هي المعرفة؟
- القواعد كأسلوب تمثيل المعرفة
- اللاعبين الرئيسيين في فريق التطوير
- هيكل نظام خبير قائم على قواعد
- خصائص نظام خبير
- تسلسل إلى الأمام و تسلسل إلى الوراء
- حل التعارضات

# مقدمة - ما هي المعرفة؟

❖ **المعرفة (Knowledge)** هي الفهم النظري أو العملي لموضوع أو مجال ويطلق على أولئك الذين يملكون المعرفة **الخبراء (Experts)**.

❖ أي شخص يمكن اعتباره **خبير المجال (domain expert)** إذا كان لديه معرفة عميقة (كل الحقائق والقواعد) والخبرة العملية القوية في مجال معين.

■ عقلية الإنسان معقدة ، لتكون ممثلة على نحو خوارزمية. لذا، فإن معظم الخبراء قادرة على التعبير عن معارفهم في شكل قواعد (rules) لحل المشكلة.

IF                    the 'traffic light' is green  
THEN                the action is go

IF                    the 'traffic light' is red  
THEN                the action is stop



## القواعد كأسلوب تمثيل المعرفة

### Rules as a knowledge representation technique

- The term *rule* in AI, which is the most commonly used type of knowledge representation, can be defined as an **IF-THEN** structure that relates given information or **facts** in the **IF** part to some **actions** in the **THEN** part.
- Any rule consists of two parts: the IF part, called the *antecedent* (*premise* or *condition*) and the THEN part called the *consequent* (*conclusion* or *action*).

IF            <antecedent>  
THEN        <consequent>

- A rule can have multiple antecedents joined by the keywords **AND** (**conjunction**), **OR** (**disjunction**) or a combination of both.

IF            <antecedent 1>  
AND          <antecedent 2>  
              ⋮  
AND          <antecedent  $n$ >  
THEN        <consequent>

IF            <antecedent 1>  
OR            <antecedent 2>  
              ⋮  
OR            <antecedent  $n$ >  
THEN <consequent>

- The antecedent of a rule incorporates two parts: an **object** (*linguistic object*) and its **value**. The object and its value are linked by an **operator**.
- The operator identifies the object and assigns the value. Operators such as *is*, *are*, *is not*, *are not* are used to assign a **symbolic value** to a linguistic object.
- Expert systems can also use mathematical operators to define an object as numerical and assign it to the **numerical value**.

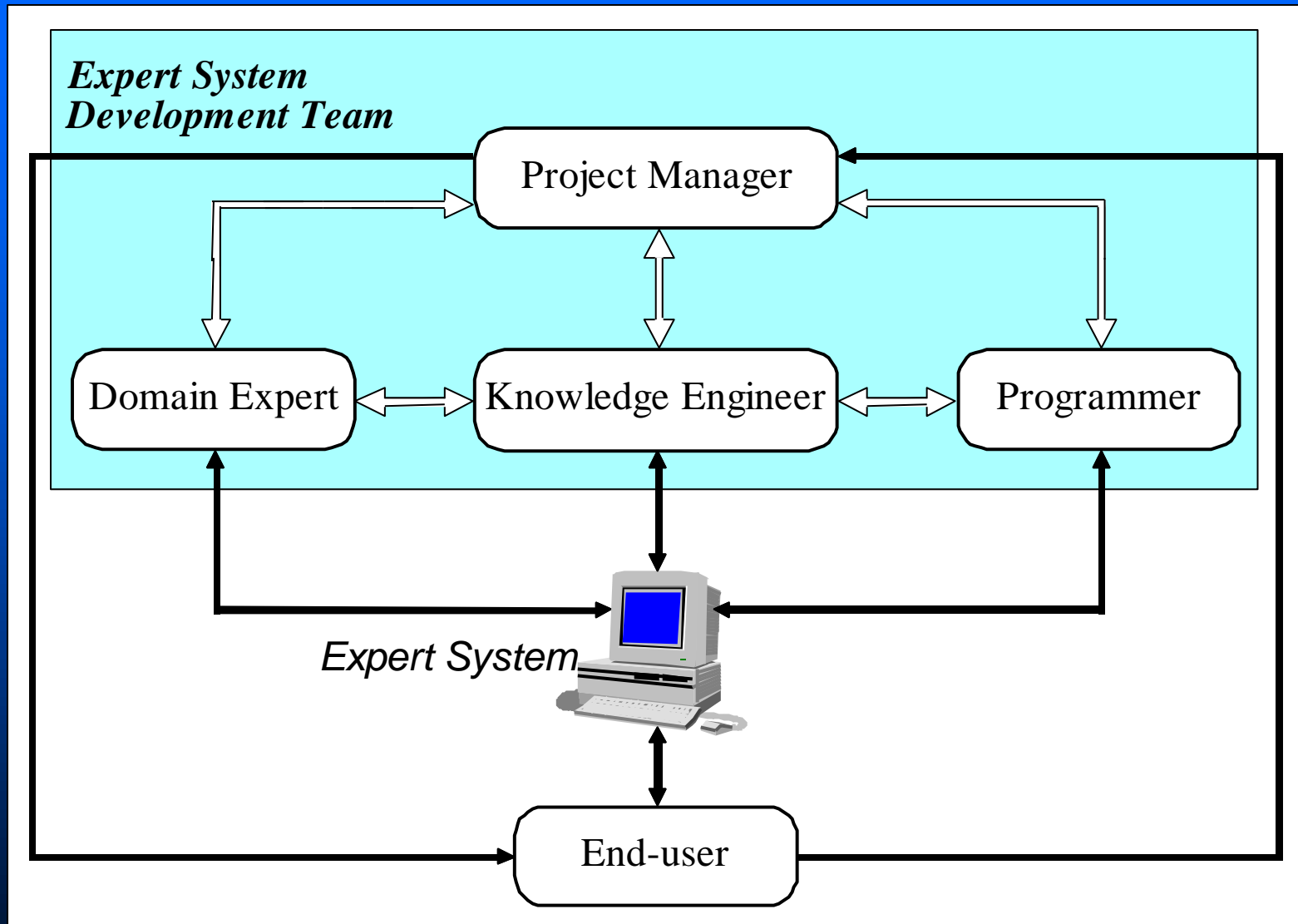
IF            'age of the customer' < 18  
AND        'cash withdrawal' > 1000  
THEN       'signature of the parent' is required

# The main players in the development team

## اللاعبين الرئيسيين في فريق التطوير

- هناك خمسة أعضاء في فريق تطوير نظام خبير: **خبير المجال (domain expert)** ، مهندس المعرفة **(knowledge engineer)** ، المبرمج **(programmer)** ، مدير المشروع **(project manager)** والمستخدم النهائي **(end-user)** .
- نجاح النظام الخبير يعتمد اعتمادا كليا على مدى عمل الأعضاء معا.

# The main players in the development team



# The main players in the development team

- The ***domain expert*** is a knowledgeable and skilled person capable of solving problems in a specific area or ***domain***.
  - ✓ This person has the greatest expertise in a given domain.
  - ✓ Therefore, the expert must be able to communicate his or her knowledge.
  - ✓ The **domain expert** is the most important player in the expert system development team.

# اللاعبين الرئيسيين في فريق التطوير

- ❖ **مهندس المعرفة ( The knowledge engineer )** هو شخص قادر على تصميم وبناء واختبار النظام الخبير.
- ❖ يقوم بإجراء المقابلات مع خبير المجال لمعرفة كيف يتم حل مشكلة معينة و كيفية تمثيلهم في النظام الخبير.
- ثم يختار مهندس المعرفة بعض البرامج أو expert system shell، أو يبحث في لغات البرمجة لترميز المعرفة.
- مهندس المعرفة مسؤول عن اختبار، تصحيح ودمج النظام الخبير



# اللاعبين الرئيسيين في فريق التطوير

- The **programmer** is the person responsible for the actual programming, describing the domain knowledge in terms that a computer can understand. The programmer needs to have skills in symbolic programming in such AI languages as LISP, Prolog and OPS5 and also some experience in the application of different types of expert system shells.
- In addition, the programmer should know conventional programming languages like C, Pascal, FORTRAN and Basic.



# اللاعبين الرئيسيين في فريق التطوير

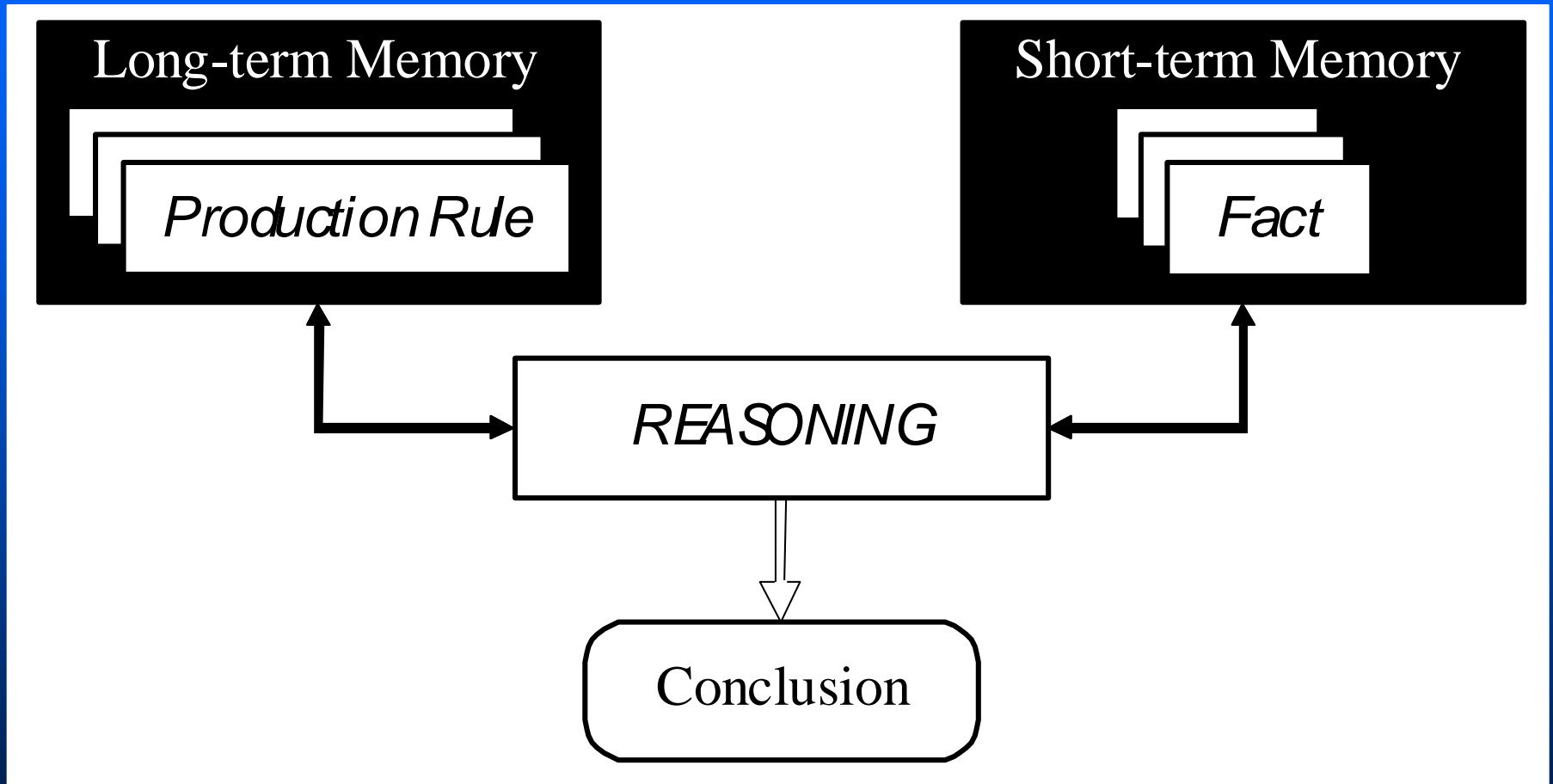
■ **مدير المشروع** هو قائد فريق تطوير النظام الخبير، المسؤول عن حفظ المشروع على المسار الصحيح. **المستخدم النهائي**، هو الشخص الذي يستخدم النظام الخبير عندما يتم تطويره.

# هيكل نظام خبير قائم على قواعد

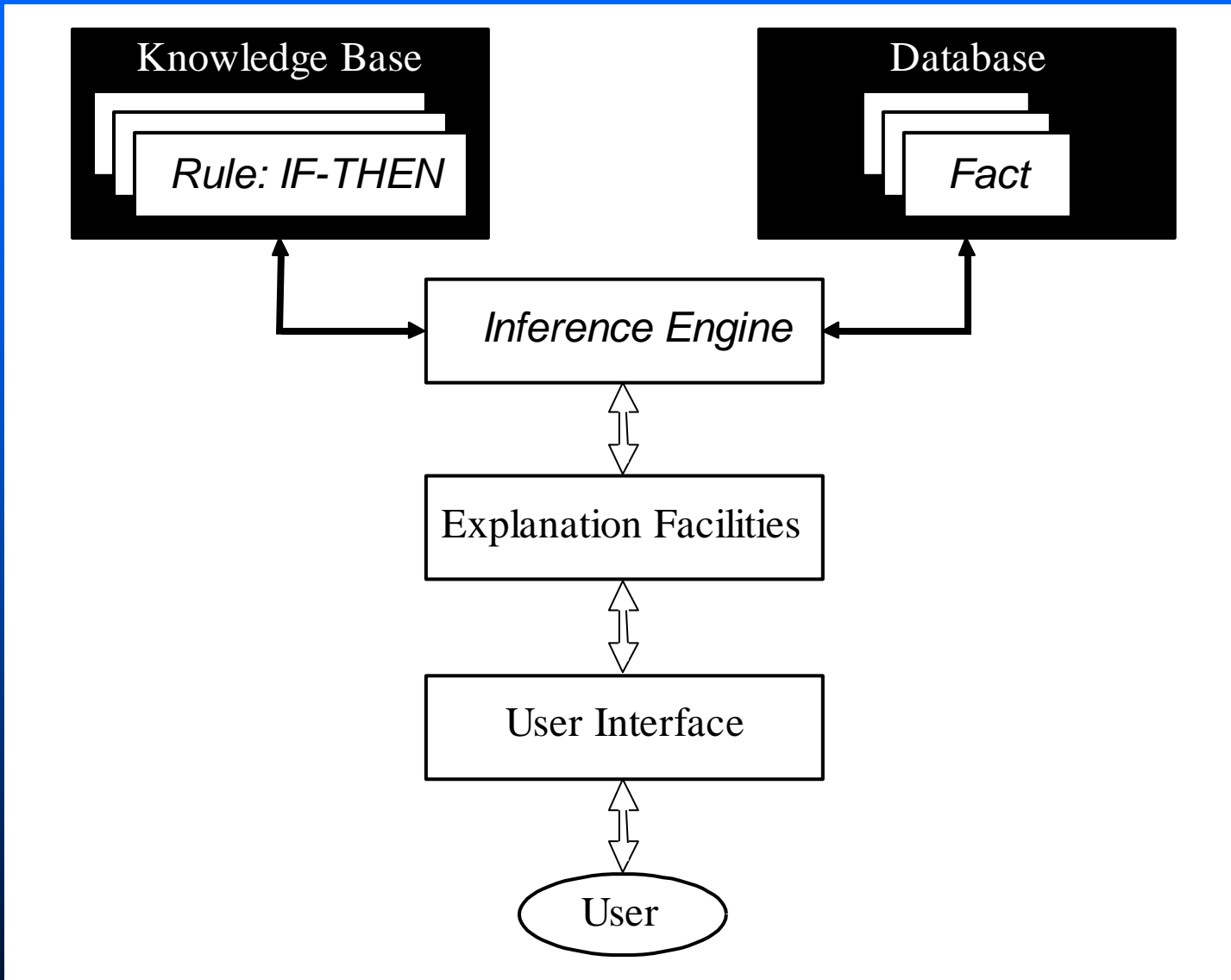
## Structure of a rule-based expert system

- In the early seventies, Newell and Simon from Carnegie-Mellon University proposed a **production system model**, the foundation of the modern rule-based expert systems.
- The production rules are stored in the long-term memory and the problem-specific information or facts in the short-term memory.

# Production system model



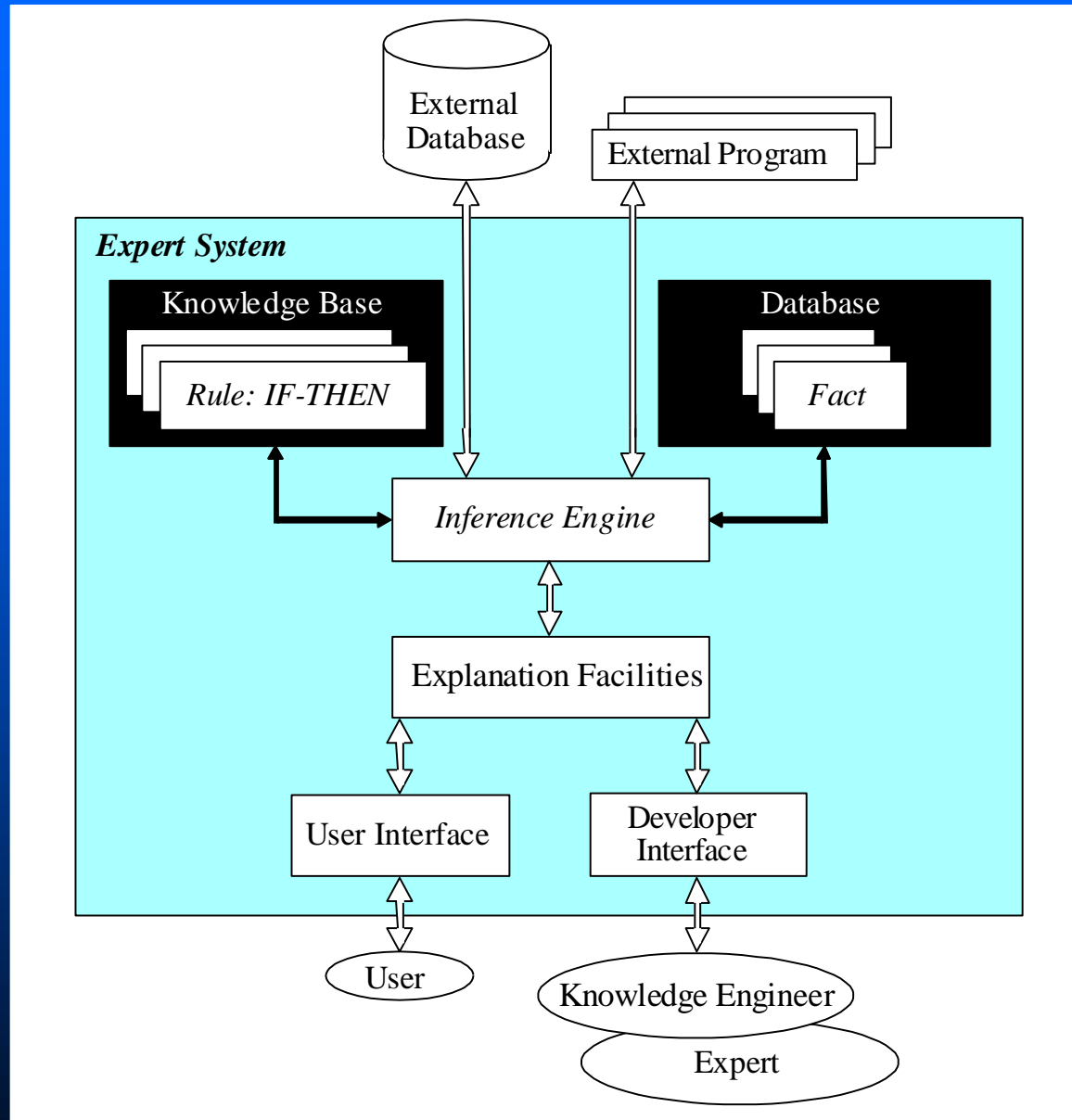
# Basic structure of a rule-based expert system



- The **knowledge base** contains the domain knowledge useful for problem solving. In a rule-based expert system, the knowledge is represented as a set of rules. Each rule specifies a relation, recommendation, directive, strategy or heuristic and has the IF (condition) THEN (action) structure. When the condition part of a rule is satisfied, the rule is said to *fire* and the action part is executed.
- The **database** includes a set of facts used to match against the IF (condition) parts of rules stored in the knowledge base.

- The **inference engine** (محرك الاستدلال) carries out the reasoning whereby the expert system reaches a solution. It links the rules given in the knowledge base with the facts provided in the database.
- The **explanation facilities** enable the user to ask the expert system *how* a particular conclusion is reached and *why* a specific fact is needed. An expert system must be able to explain its reasoning and justify its advice, analysis or conclusion.
- The **user interface** is the means of communication between a user seeking a solution to the problem and an expert system.

# Complete structure of a rule-based expert system



# خصائص نظام خبير

## Characteristics of an expert system

■ تم بناء نظام خبير بأداء مستوى إنسان خبير في مجال مخصص. وبالتالي، فإن أهم ما يميز نظام خبير هو الأداء ذات الجودة العالية. بغض النظر عن مدى سرعة النظام في حل مشكلة، المستخدم لن يكون راضيا إذا كانت النتيجة خاطئة.

■ من ناحية أخرى، سرعة الوصول إلى حل مهم جدا. حتى القرار الأكثر دقة أو تشخيص قد لا يكون مفيدا إذا فات الأوان لتطبيقه، على سبيل المثال، في حالة الطوارئ، عندما يموت المريض أو انفجار محطة للطاقة النووية.



# خصائص نظام خبير

■ النظم الخبيرة تطبق الاستدلال (heuristic) لتوجيه الحل، وهذا ما يقلل منطقة البحث عن حل.

■ ومن المزايا الفريدة لنظام خبير هو القدرة على التفسير (explanation capability). هذا ما يتيح للنظام الخبير مراجعة المنطق الخاص به وشرح قراراته.

■ النظم الخبيرة توظيف المنطق الرمزي (symbolic reasoning) عند حل المشكلة. تستخدم الرموز (Symbols) لتمثيل أنواع مختلفة من المعرفة مثل الحقائق والمفاهيم والقواعد. (facts, concepts and rules).

- In expert systems, **knowledge is separated from its processing** (the knowledge base and the inference engine are split up). A conventional program is a mixture of knowledge and the control structure to process this knowledge. This mixing leads to difficulties in understanding and reviewing the program code, as any change to the code affects both the knowledge and its processing.
- When an expert system shell is used, a knowledge engineer or an expert simply enters rules in the knowledge base. Each new rule adds some new knowledge and makes the expert system smarter.

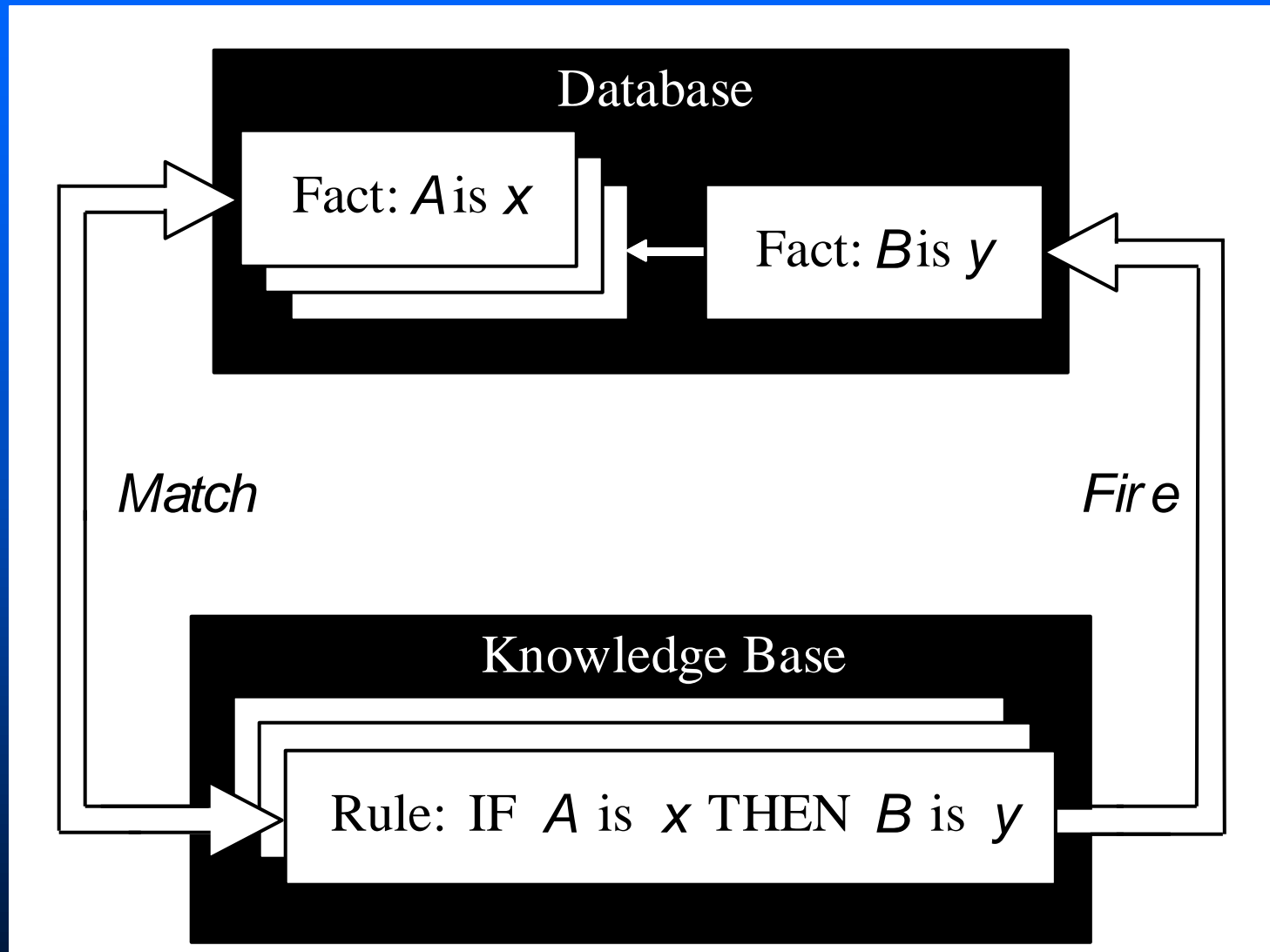
# Forward chaining and backward chaining

تسلسل الأمام و تسلسل الورااء

- In a rule-based expert system, the domain knowledge is represented by a set of IF-THEN production rules and data is represented by a set of facts about the current situation. The inference engine compares each rule stored in the knowledge base with facts contained in the database. When the IF (condition) part of the rule matches a fact, the rule is **fired** and its THEN (action) part is executed.

■ مطابقة أجزاء مكونات IF تنتج سلاسل الاستدلال (chains inference).  
تشير سلسلة الاستدلال إلى كيفية تطبيق نظام خبير قواعد للتوصل إلى  
نتيجة.

# Inference engine cycles via a match-fire procedure

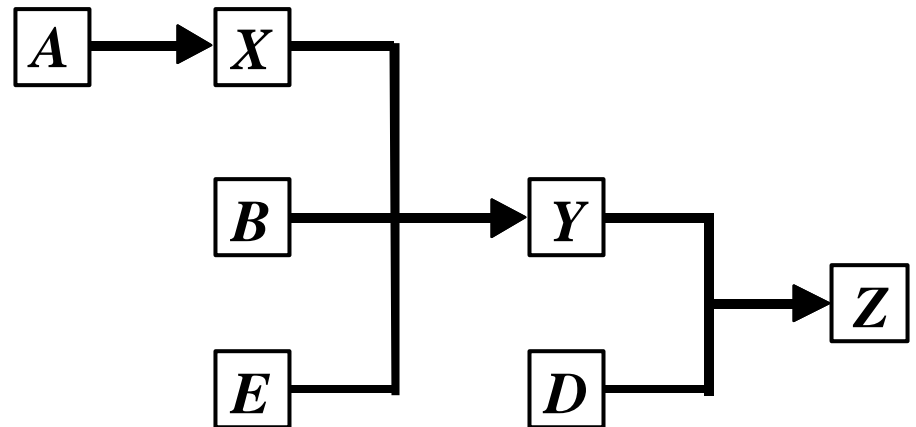


# An example of an inference chain

*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

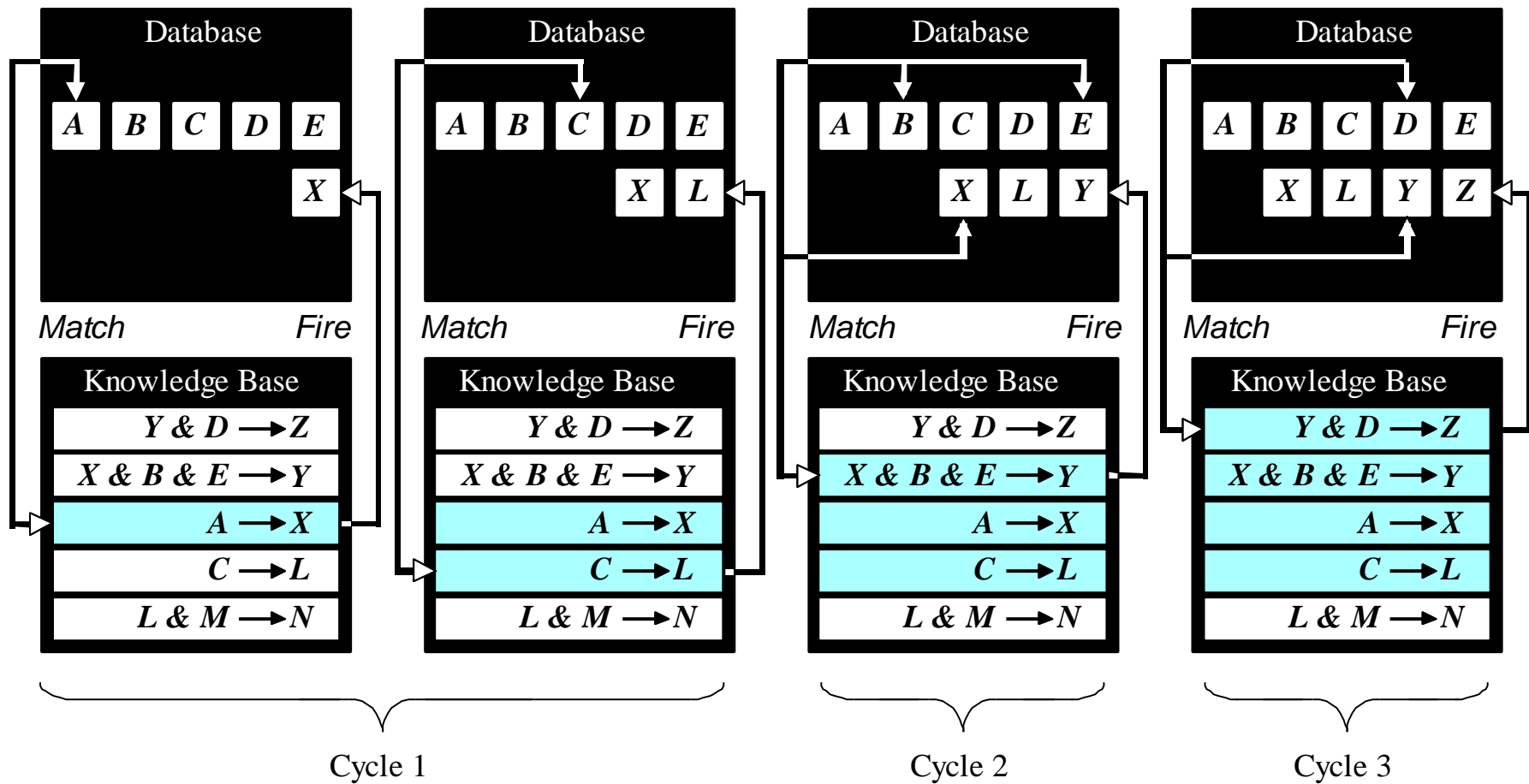
*Rule 3:* IF  $A$  is true  
THEN  $X$  is true



# Forward chaining

- Forward chaining is the **data-driven reasoning**. The reasoning starts from the known data and proceeds forward with that data. Each time only the topmost rule is executed. When fired, the rule adds a new fact in the database. Any rule can be executed only once. The match-fire cycle stops when no further rules can be fired.

# Forward chaining - تسلسل الامامي



- Forward chaining is a technique for gathering information and then inferring from it whatever can be inferred.
- However, in forward chaining, many rules may be executed that have nothing to do with the established goal.
- Therefore, if our goal is to infer only one particular fact, the forward chaining inference technique would not be efficient.



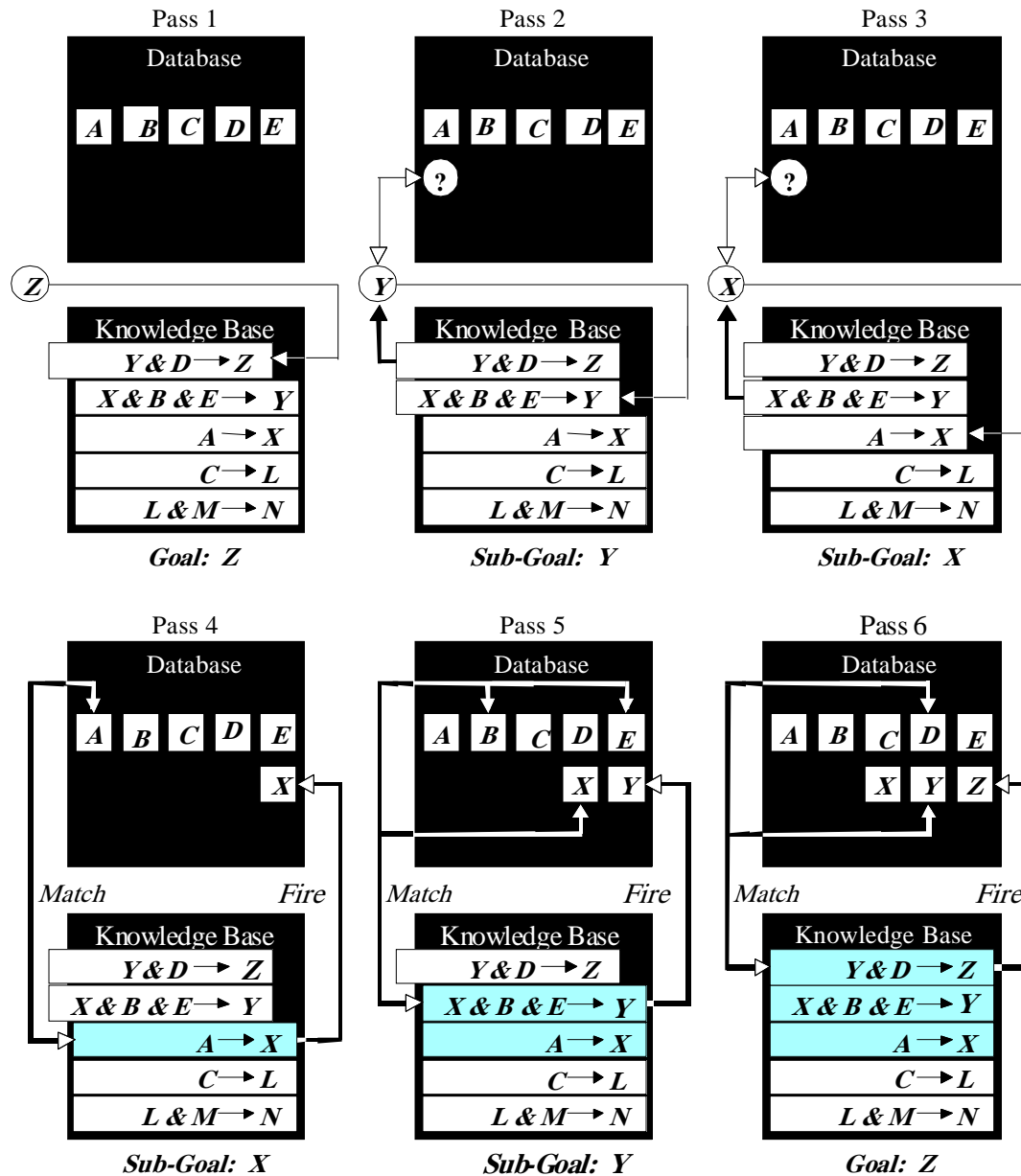
# تسلسل الأمام - Backward chaining

- Backward chaining is the **goal-driven reasoning**. In backward chaining, an expert system has the goal (a *hypothetical solution*) and the inference engine attempts to find the evidence to prove it. First, the knowledge base is searched to find rules that might have the desired solution. Such rules must have the goal in their THEN (action) parts. If such a rule is found and its IF (condition) part matches data in the database, then the rule is fired and the goal is proved. However, this is rarely the case.

# Backward chaining

- Thus the inference engine puts aside the rule it is working with (the rule is said to *stack*) and sets up a new goal, a sub-goal, to prove the IF part of this rule. Then the knowledge base is searched again for rules that can prove the sub-goal. The inference engine repeats the process of stacking the rules until no rules are found in the knowledge base to prove the current sub-goal.

# Backward chaining



# How do we choose between forward and backward chaining?

- If an expert first needs to gather some information and then tries to infer from it whatever can be inferred, choose the forward chaining inference engine.
- However, if your expert begins with a hypothetical solution and then attempts to find facts to prove it, choose the backward chaining inference engine.

# Conflict resolution

## حل التعارضات

Example, we consider these rules for crossing a road.

### ■ *Rule 1:*

IF the 'traffic light' is green  
THEN the action is go

### ■ *Rule 2:*

IF the 'traffic light' is red  
THEN the action is stop

### ■ *Rule 3:*

IF the 'traffic light' is red  
THEN the action is go

# الأساليب المستخدمة في حل التعارضات

## Methods used for conflict resolution

- تنفيذ القاعدة ذات الأولوية العليا (*highest priority*). في تطبيقات بسيطة، يمكن تأسيس الأولوية من خلال وضع قواعد في الترتيب المناسب في قاعدة المعرفة. عادة هذه الاستراتيجية يعمل بشكل جيد بالنسبة النظم الخبرة مع حوالي 100 قواعد.
- تنفيذ القاعدة الأكثر تحديدا (*most specific rule*). هذا الأسلوب هو معروف أيضا باسم استراتيجية الأطول مطابقة (*longest matching strategy*)، لأنه يقوم على افتراض أن قاعدة محددة تنتج مزيد من المعلومات من واحدة أخرى.

■ تفعيل القاعدة التي تستخدم البيانات التي تم إدخالها مؤخرا في قاعدة البيانات ( *data most recently entered* ). يعتمد هذا الأسلوب على المدة التي تتعلق على كل واقعة (fact) في قاعدة البيانات. في حالة تعارض، يقوم النظام الخبير بتفعيل القاعدة التي يستخدم فيها العنصر الشرطي البيانات المضافة مؤخرا إلى قاعدة بيانات.



# Meta-knowledge

- Meta-knowledge can be simply defined as ***knowledge about knowledge***. Meta-knowledge is knowledge about the use and control of domain knowledge in an expert system.
- In rule-based expert systems, meta-knowledge is represented by **meta-rules**. A meta-rule determines a strategy for the use of task-specific rules in the expert system.



# Meta-rules

## ■ *Meta-rule 1:*

Rules supplied by experts have higher priorities than rules supplied by novices.

## ■ *Meta-rule 2:*

Rules governing the rescue of human lives have higher priorities than rules concerned with clearing overloads on power system equipment.