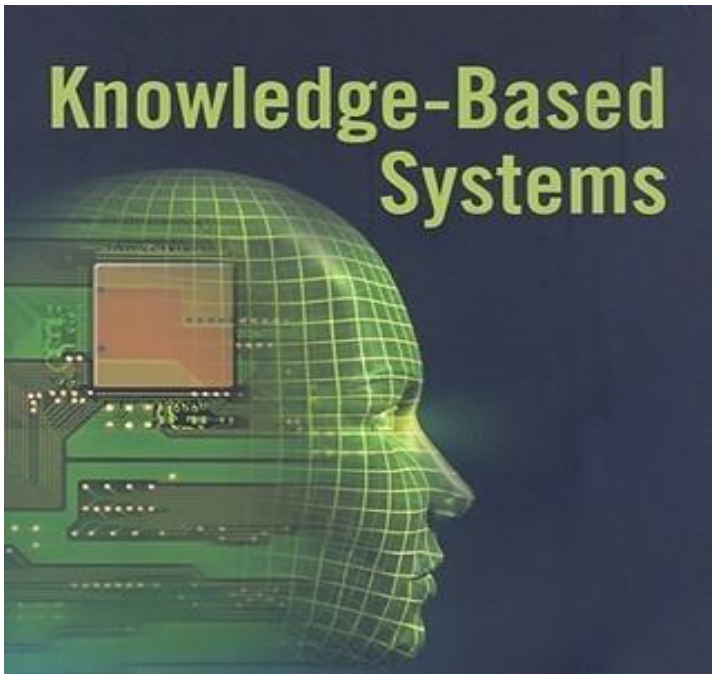
Knowledge Base

Lecture 1

Introduction to Knowledge-Based Systems



Introduction:

The field of Artificial Intelligence has evolved from simple data processing to the sophisticated modeling of human expertise through **Knowledge-Based Systems (KBS)**. At the center of this evolution is the **Knowledge Base (KB)**, a specialized repository that stores structured facts, relationships, and "rules of thumb" extracted from human specialists. Unlike traditional databases, a KB allows a system to understand the context and logic of a specific domain, such as medicine or engineering. These systems bring static knowledge to life by using an inference engine to reason, deduce new information, and solve complex problems. By separating the knowledge from the control logic, KBS provides a transparent and modular framework for building "silicon experts." This paradigm shift ensures that AI can provide explainable solutions, making it a cornerstone of symbolic reasoning and intelligent decision-making in modern computing.

we define a **Knowledge Base** as:

A structured collection of facts, relationships, and rules that represent a specific domain of human expertise in a way that a computer can "understand" and manipulate.

تطور مجال الذكاء الاصطناعي من مجرد معالجة بسيطة للبيانات إلى نمذجة متطورة للخبرة البشرية من خلال الأنظمة القائمة على المعرفة (KBS) وفي قلب هذا التطور تبرز قاعدة المعرفة(KB) ، وهي مستودع متخصص يخزن الحقائق المنظمة، والعلاقات، و"القواعد العملية" المستخلصة من الخبراء البشريين.

على عكس قواعد البيانات التقليدية، تسمح قاعدة المعرفة للنظام بفهم سياق ومنطق مجال معين (مثل الطب أو الهندسة). هذه الأنظمة تبعث الحياة في المعرفة الساكنة باستخدام محرك استدلال (Inference Engine) للتفكير، واستنتاج معلومات جديدة، وحل المشكلات المعقدة. من خلال فصل "المعرفة" عن "منطق التحكم"، توفر هذه الأنظمة إطاراً شفافاً ومجزأً لبناء "خبراء رقميين". يضمن هذا التحول في المفاهيم قدرة الذكاء الاصطناعي على تقديم حلول قابلة للتفسير، مما يجعلها حجر الزاوية في التفكير الرمزي واتخاذ القرار الذكي في الحوسبة الحديثة.

تعريف قاعدة المعرفة:(Knowledge Base)

هي مجموعة منظمة من الحقائق، والعلاقات، والقواعد التي تمثل مجالاً معيناً من الخبرة البشرية بطريقة تمكن الكمبيوتر من "فهمها" ومعالجتها.

Knowledge Base vs. Traditional Database

It is a common mistake to think a Knowledge Base is just a "fancy database." Here are the core differences:

Feature	Traditional Database (DB)	Knowledge Base (KB)
Content	Explicit Data (Numbers/Strings)	Explicit + Implicit Knowledge (Rules)
Reasoning	None (User must interpret data)	Can infer new facts (Deduction)
Integrity	Simple constraints (Unique IDs)	Logical consistency (No contradictions)
Structure	Tabular/Relational	Symbolic/Logical

A **Knowledge-Based System (KBS)** is a computer program designed to emulate the work of human experts within a specific, well-defined area of knowledge. Unlike standard software, a KBS doesn't just process data; it applies reasoning to specialized expertise to solve problems that would normally require a human professional.

Key Characteristics:

- **Explicit Knowledge:** Knowledge is not buried in the code; it is stored in a readable, modular format.
- **Separation of Concerns:** The "Knowledge Base" (the facts) and the "Inference Engine" (the brain) are separate entities.
- **Expertise:** It is designed to perform at the level of a human expert in a narrow domain (e.g., medical diagnosis, financial forecasting, or engineering design).
- **Transparency:** A KBS can often "explain" its reasoning process—showing which rules or facts led to a specific conclusion.

النظام القائم على المعرفة:(KBS)

هو برنامج حاسوبي مصمم لمحاكاة عمل الخبراء البشريين ضمن مجال معرفي محدد وضيق. على عكس البرامج القياسية، لا يقوم الـ KBS بمعالجة البيانات فحسب؛ بل يطبق التفكير (Reasoning) على الخبرة المتخصصة لحل المشكلات التي تتطلب عادةً مهنيًا بشريًا.

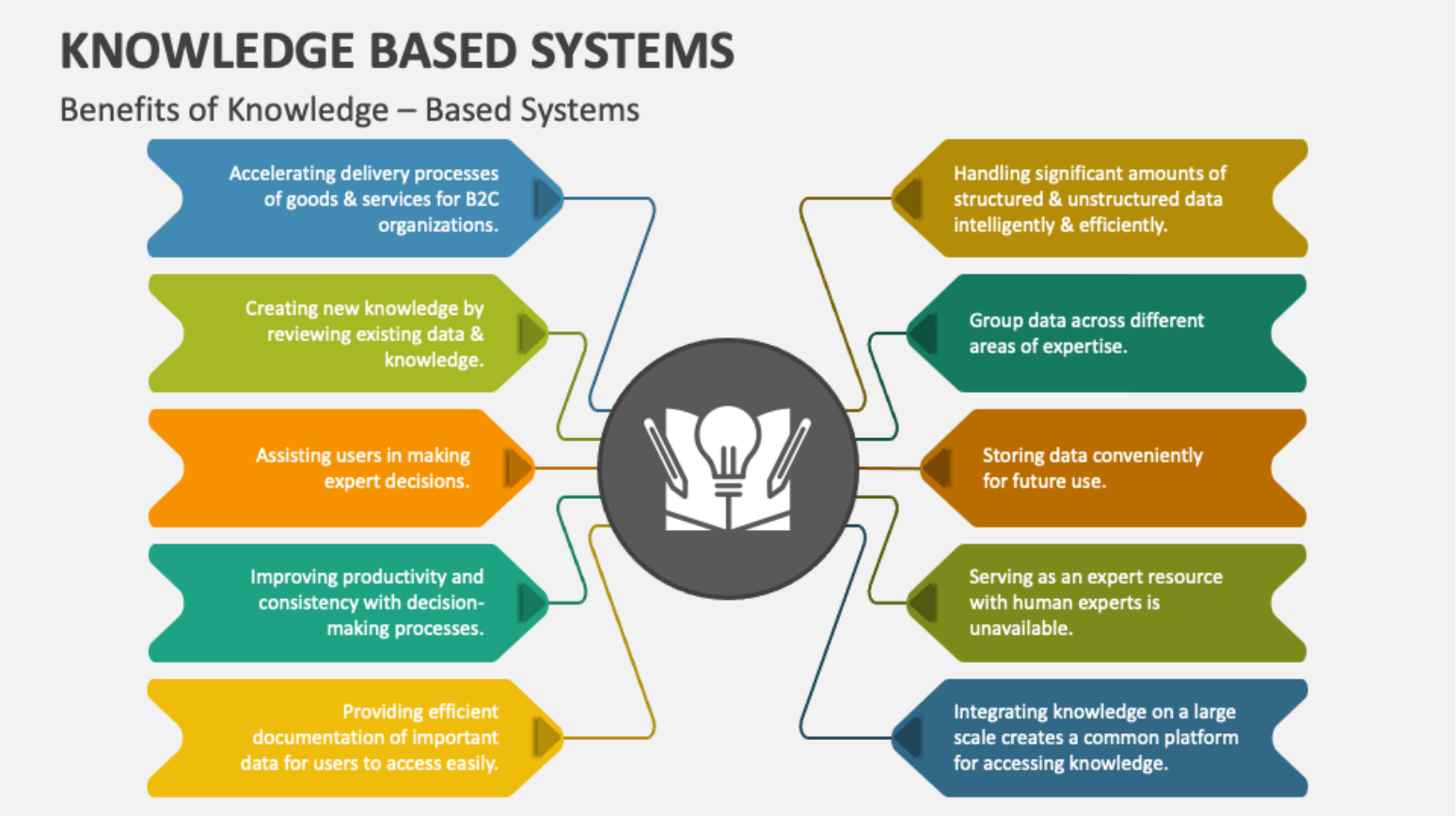
الخصائص الرئيسية:

المعرفة الصريحة: المعرفة ليست مدفونة داخل الكود البرمجي؛ بل مخزنة بتنسيق مقروء ومجزأ.(Modular)

فصل الاهتمامات: "قاعدة المعرفة" (الحقائق) و"محرك الاستدلال" (الدماغ) هما كيانان منفصلان.

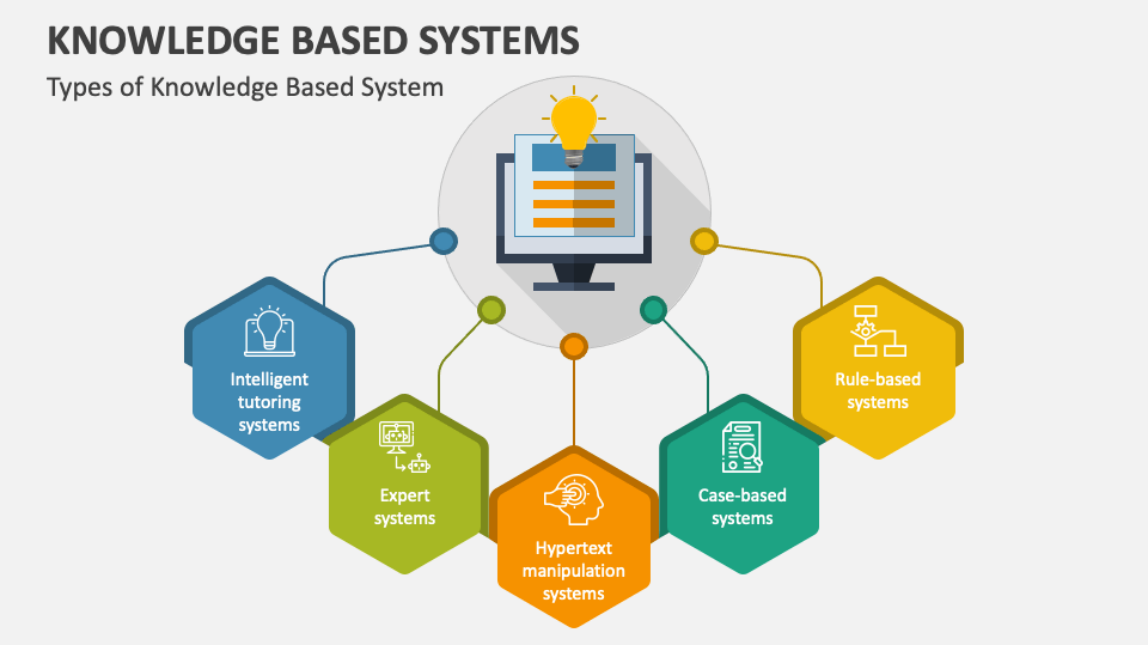
الخبرة: مصمم للأداء بمستوى خبير بشري في مجال ضيق (مثل: التشخيص الطبي، التنبؤ المالي).

الشفافية: غالباً ما يمكن للنظام "شرح" عملية تفكيره—توضيح القواعد أو الحقائق التي أدت إلى استنتاج معين.



The Types of Knowledge-Based Systems (KBS):

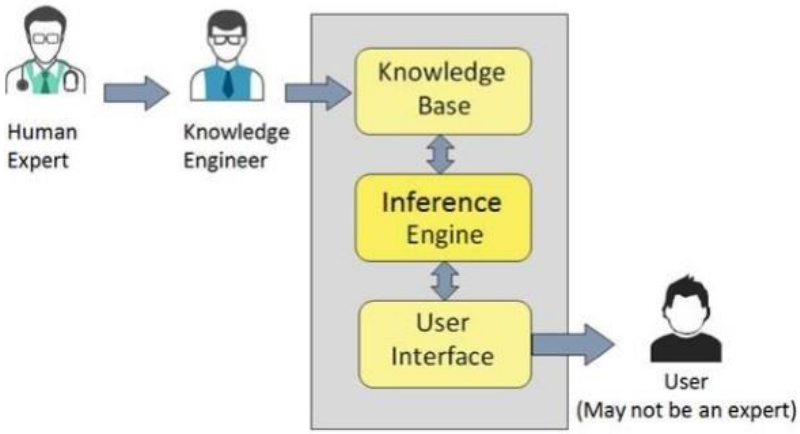
While "Expert Systems" is often used as a synonym for KBS, it is actually just one of several categories.



1. Expert Systems (ES)

This is the most common type of KBS. It mimics the decision-making ability of a human expert in a specific domain (like medicine, law, or engineering). It uses a set of rules provided by experts to reach conclusions.

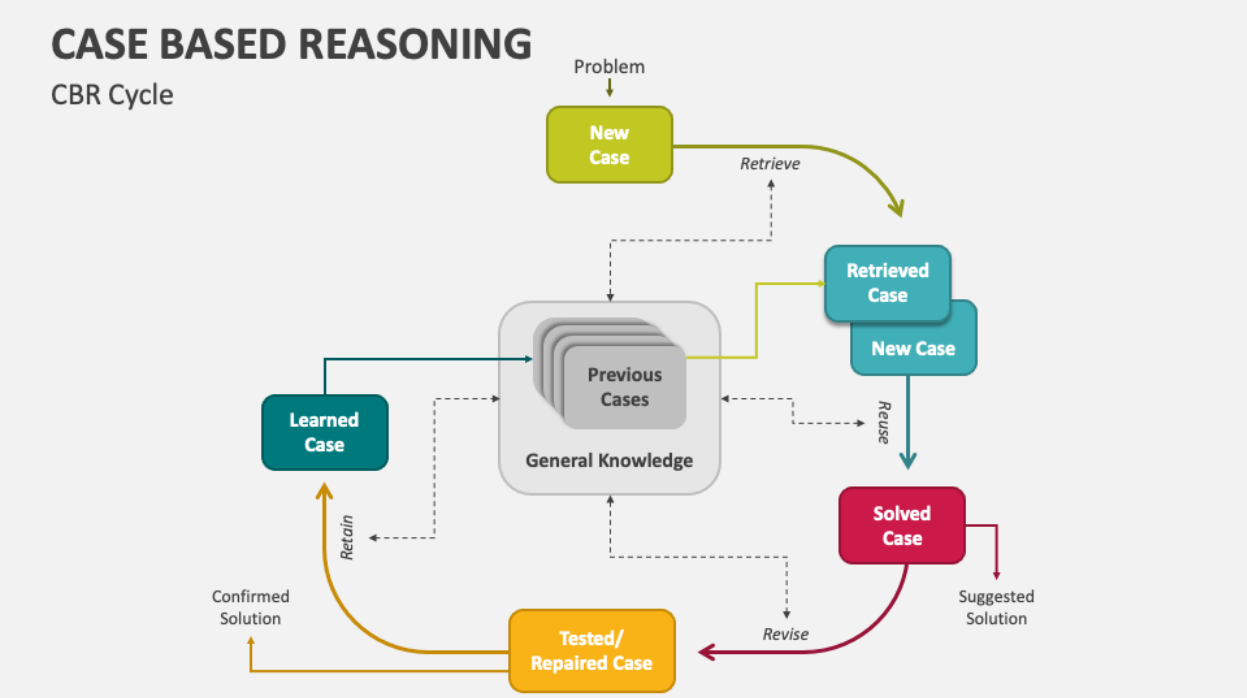
- Key Components: A Knowledge Base (facts and rules) and an Inference Engine (the "brain" that applies rules to the data).
- Use Case: Diagnosing a fault in a power plant or a medical condition.



2. Case-Based Reasoning (CBR)

Instead of relying on general rules, CBR solves new problems by looking at similar past cases. It operates on the principle that "similar problems have similar solutions."

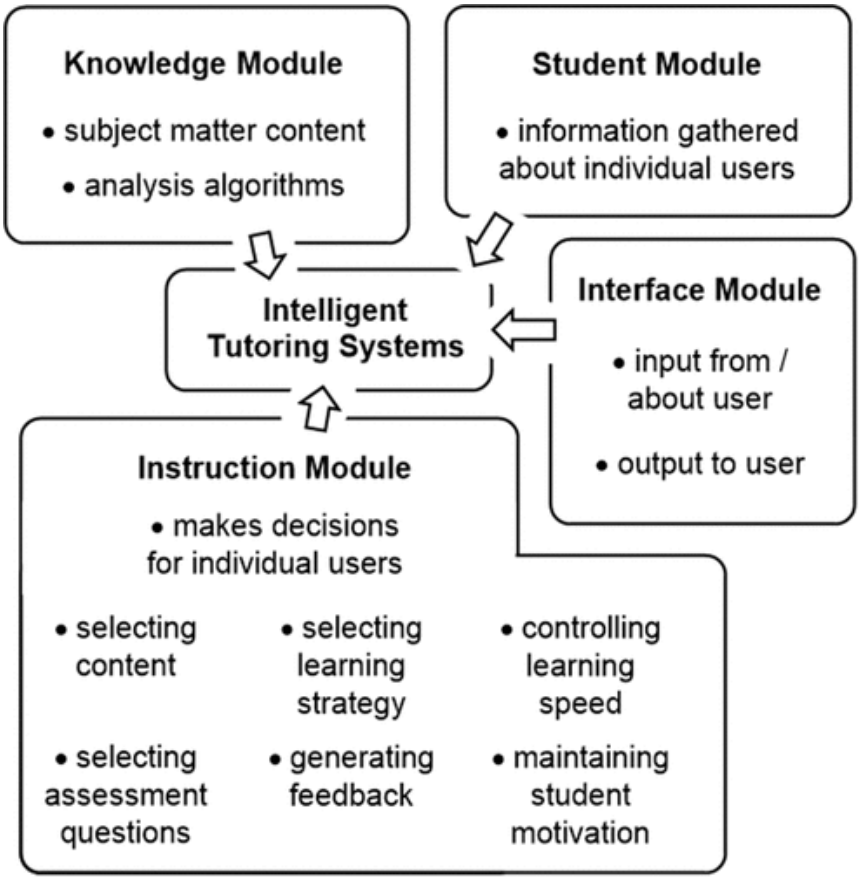
- The Process: Retrieve a similar case → Reuse the solution → Revise if necessary → Retain the new experience.
- Use Case: Technical support help desks where a new software bug is compared to previously solved tickets.



3. Intelligent Tutoring Systems (ITS)

These are educational systems that provide personalized instruction or feedback to learners. They track a student's progress and adapt the teaching material based on their strengths and weaknesses.

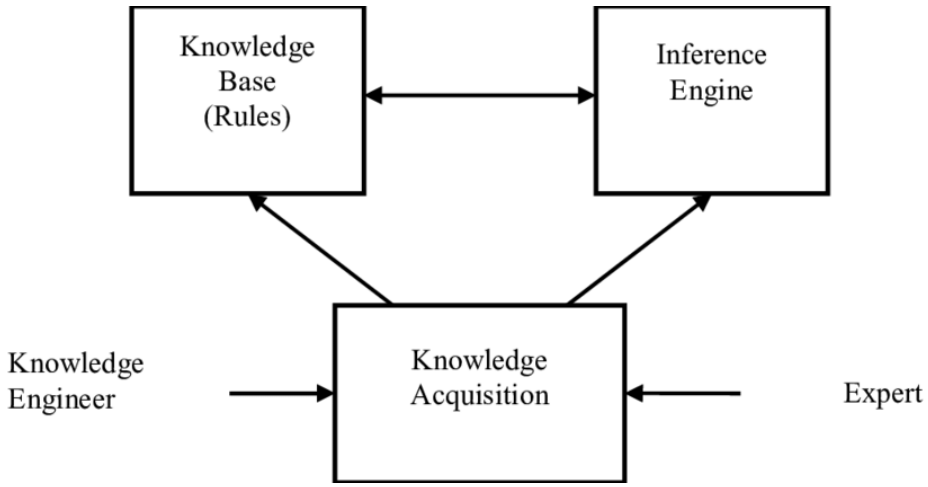
- Use Case: Language learning apps that adjust the difficulty of vocabulary based on your previous mistakes.



4. Rule-Based Systems

These systems represent knowledge in the form of "If-Then" rules. They are highly transparent because you can trace exactly why a certain decision was made.

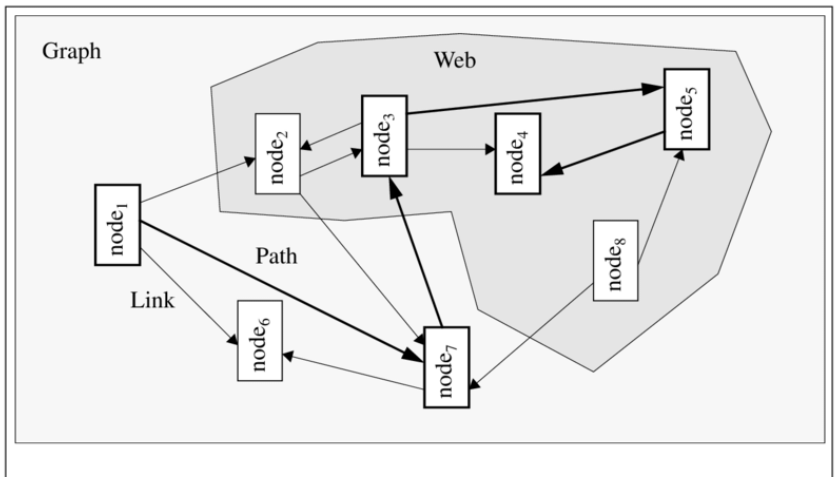
- Forward Chaining: Starting with facts and moving toward a conclusion.
- Backward Chaining: Starting with a goal/hypothesis and looking for facts to support it.



5. Hypertext Manipulation Systems (HMS)

These systems organize knowledge as a network of interconnected nodes (text, graphics, or data). The "intelligence" lies in the way these pieces are linked together, allowing for the discovery of relationships that aren't obvious in a linear format.

- Key Components: Nodes (the data units) and Hyperlinks (the semantic connections).
- Use Case: Large-scale technical documentation or research archives where a user needs to see how a "legal regulation" links directly to a "technical implementation."



أنواع الأنظمة القائمة على المعرفة (KBS)

على الرغم من أن مصطلح **"الأنظمة الخبيرة (Expert Systems)** "يُستخدم غالباً كمرادف للأنظمة القائمة على المعرفة، إلا أنه في الواقع يمثل فئة واحدة فقط من عدة فئات:

1. الأنظمة الخبيرة (Expert Systems - ES)

هو النوع الأكثر شيوعاً؛ حيث يحاكي قدرة الخبير البشري على اتخاذ القرار في مجال محدد (مثل الطب، القانون، أو الهندسة). يعتمد النظام على مجموعة من القواعد التي وضعها الخبراء للوصول إلى استنتاجات.

- **المكونات الأساسية :**قاعدة المعرفة (حقائق وقواعد) ومحرك الاستدلال (بمثابة "العقل" الذي يطبق القواعد على البيانات).
- **حالة استخدام :**تشخيص عطل في محطة طاقة أو تشخيص حالة طبية.

2. الاستنتاج المبني على الحالات (Case-Based Reasoning - CBR)

بدلاً من الاعتماد على القواعد العامة، يقوم هذا النظام بحل المشكلات الجديدة من خلال البحث عن حالات سابقة مماثلة. وهو يعمل على مبدأ أن "المشكلات المتشابهة لها حلول متشابهة."

- **العملية :**استرجاع حالة مماثلة ← إعادة استخدام الحل ← المراجعة (إذا لزم الأمر) ← الاحتفاظ بالخبرة الجديدة.
- **حالة استخدام :**مكاتب الدعم الفني حيث تتم مقارنة خطأ برمجي جديد بتذاكر الدعم التي تم حلها مسبقاً.

3. أنظمة التدريس الذكية (Intelligent Tutoring Systems - ITS)

هي أنظمة تعليمية تقدم تعليمات أو ملاحظات مخصصة للمتعلمين. تتبع هذه الأنظمة تقدم الطالب وتكيف المواد التعليمية بناءً على نقاط القوة والضعف لديه.

- **حالة استخدام :**تطبيقات تعلم اللغات التي تعدل صعوبة المفردات بناءً على أخطائك السابقة.

4. الأنظمة القائمة على القواعد (Rule-Based Systems)

تمثل هذه الأنظمة المعرفة على شكل قواعد "**إذا تحقق (شرط) - إذن (نتيجة)** ."وتتميز بوضوح عالٍ لأنه يمكنك تتبع سبب اتخاذ قرار معين بدقة.

- **التسلسل الأمامي :(Forward Chaining)** البدء بالحقائق والتحرك نحو الاستنتاج.
- **التسلسل الخلفي :(Backward Chaining)** البدء بهدف أو فرضية والبحث عن الحقائق التي تدعمها.

5. أنظمة معالجة النصوص التشعبية (Hypertext Manipulation Systems - HMS)

تنظم هذه الأنظمة المعرفة كشبكة من العقد المترابطة (نصوص، رسومات، أو بيانات). تكمن "الذكاء" في طريقة ربط هذه الأجزاء ببعضها، مما يسمح باكتشاف علاقات قد لا تكون واضحة في التنسيق الخطي التقليدي.

- **المكونات الأساسية :**العقد (وحدات البيانات) والروابط التشعبية (الارتباطات الدلالية).
- **حالة استخدام :**التوثيق التقني واسع النطاق أو الأرشيفات البحثية حيث يحتاج المستخدم لمعرفة كيفية ارتباط "لائحة قانونية" مباشرة بـ "تنفيذ تقني."

Comparison of KBS Types

Type	Knowledge Representation	Reasoning Style
Expert System	Domain-specific rules	Deductive
Case-Based	Past Cases/Experiences	Analogical
Rule-Based	If-Then Statements	Procedural
Intelligent Tutoring	Student & Teaching Models	Adaptive
Hypertext Manipulation	Nodes & Semantic Links	Associative

Q/Find type of the systems:

system 1:

Description: You are building a system for a university that helps junior staff determine if an employee is eligible for a specific promotion. The system asks: *"Does the employee have a Master's degree?"* and *"Has it been 4 years since their last promotion?"* If both are true, it concludes they are eligible.

- The Answer is: Rule-Based System (It uses clear, logical "If-Then" conditions to reach a binary conclusion).

system 2:

Description: A staff member is dealing with a property dispute involving an occupant without a contract. Instead of looking up laws, they enter the details of the situation. The system searches its database for a "similar legal dispute" from 2018 that was resolved in courts and suggests using the same legal procedure used back then.

- The Answer is: Case-Based Reasoning (CBR) (It solves new problems by finding and adapting specific past examples).

system 3:

Description: A digital library contains millions of news articles. Instead of a basic list, the system connects a story about a "Global Oil Price Drop" directly to nodes for "Electric Vehicle Trends," "Middle East Economics," and "Green Energy Subsidies." As you click, the system highlights how these topics influence one another, allowing you to explore the ripple effects of an event across different industries. The "knowledge" is discovered by following these meaningful, non-linear connections between separate pieces of information.

- The Answer is: Hypertext Manipulation System (It relies on a network of nodes and associative links to navigate knowledge).

system 4:

Description: A student is learning Python through a university portal. The system notices the student keeps making "Syntax Errors" in loops but excels at "Variable Assignment." It automatically changes the next lesson to focus on "Indentation Logic" rather than moving to "Classes," adapting the curriculum to the student's specific struggle.

- The Answer is: Intelligent Tutoring System (ITS) (It uses a student model to provide personalized, adaptive feedback).

system 5:

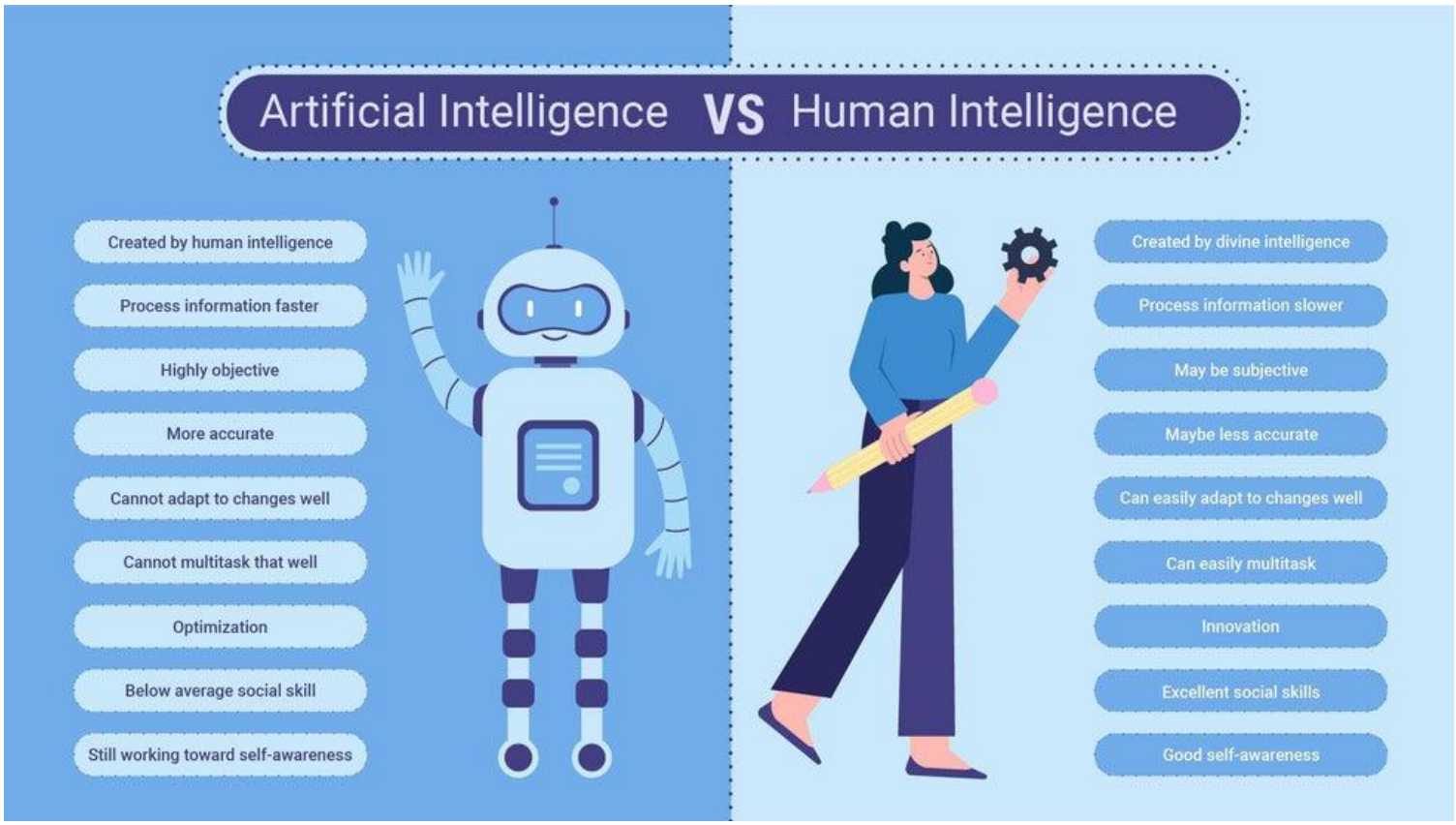
Description: A specialized system is used in a clinic. It contains the captured knowledge of the world’s top three cardiologists. When a doctor inputs a patient's symptoms and test results, the system applies its internal "Inference Engine" to its "Knowledge Base" to provide a high-level expert diagnosis that a general practitioner might miss.

- **The Answer is: Expert System (It mimics a human expert's decision-making in a very narrow, specialized domain).**

Artificial vs. Human Expertise: A Comparison

Understanding when to deploy a KBS requires weighing its strengths against the natural capabilities of a human expert.

Feature	Human Expertise	KBS (Artificial Expertise)
Availability	Limited (one place at a time)	Permanent and easily accessible
Transferability	Difficult (takes years of study)	Simple (can be copied/duplicated)
Consistency	Unpredictable (emotions/fatigue)	Consistent and objective
Creativity	High and adaptable	Uninspired and fixed-purpose
Scope	Broad (uses "Common Sense")	Narrow (Technical focus only)
Sensory Input	Excellent at processing senses	Limited (except for Neural Nets)



Limitations of Knowledge-Based Systems

While a KBS provides a permanent, cheap, and consistent alternative to human experts, KBS face challenges:

- **The Knowledge Acquisition Bottleneck:** It is very difficult and time-consuming to get an expert to explain exactly how they think.
- **Brittleness:** If a problem falls slightly outside the system's narrow domain, the KBS often fails completely (it lacks "common sense").
- **Maintenance:** As world knowledge changes, the KB must be manually updated.

محددات الأنظمة القائمة على المعرفة(KBS)

على الرغم من أن النظام القائم على المعرفة يوفر بديلاً دائماً، رخيصاً، ومتسقاً للخبراء البشريين، إلا أنه يواجه التحديات التالية:

1 .عقبة استخلاص المعرفة(The Knowledge Acquisition Bottleneck)

تعتبر هذه المشكلة هي التحدي الأكبر؛ حيث يصعب جداً ويستغرق وقتاً طويلاً دفع الخبير البشري لشرح آلية تفكيره بدقة. غالباً ما يعتمد الخبراء على "الحدس" أو الخبرة المتراكمة التي يصعب صياغتها في شكل قواعد برمجية صلبة.

2 .الهشاشة(Brittleness)

تعتبر هذه الأنظمة "هشة" لأنها تفتقر إلى "المنطق العام .(Common Sense) "إذا وقعت المشكلة خارج النطاق الضيق جداً لتخصص النظام (حتى ولو قليلاً)، فإن النظام غالباً ما يفشل تماماً بدلاً من محاولة تقديم حل تقريبي.

3 .الصيانة(Maintenance)

تتطلب هذه الأنظمة جهداً بشرياً مستمراً. فمع تغير الحقائق والمعلومات في العالم الحقيقي، يجب تحديث "قاعدة المعرفة " (Knowledge Base)يدوياً وبشكل دوري لضمان بقاء النظام دقيقاً وفعالاً.

KNOWLEDGE BASED SYSTEMS

Challenges of Knowledge Based Systems