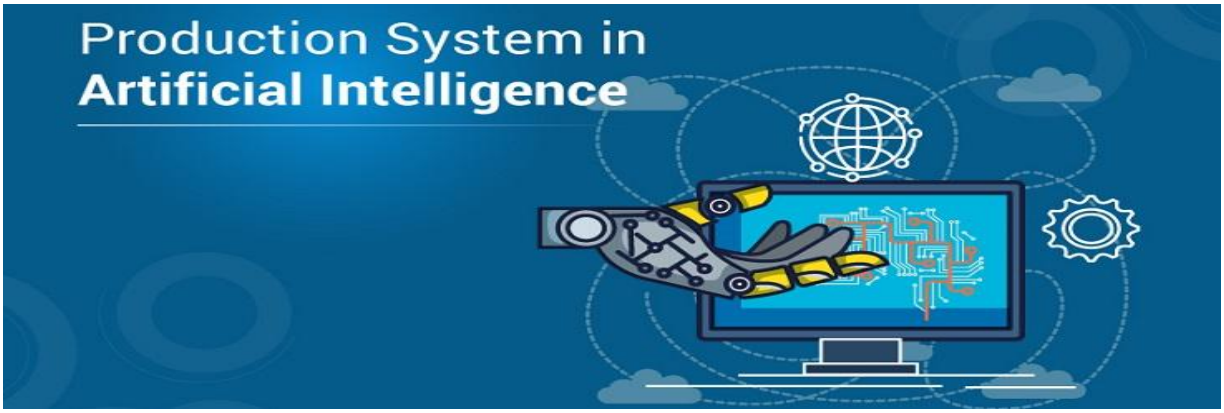
Dr. Luma Al-Saffar
Dept. of Artificial Intelligence

Lecture Three

Production rules and Problem Characteristics



قواعد الإنتاج وخصائص المشكلة في الذكاء الاصطناعي

Introduction to Production Systems in Artificial Intelligence

Production systems are a type of knowledge-based system that have been widely used in the field of artificial intelligence (AI) since their development in the 1960s. They are rule-based systems designed to simulate human problem-solving and reasoning processes, making them an ideal tool for solving complex problems and decision-making tasks.

أنظمة الإنتاج هي نوع من الأنظمة القائمة على المعرفة والتي تم استخدامها على نطاق واسع في مجال الذكاء الاصطناعي منذ تطويرها في ستينيات القرن العشرين. وهي أنظمة قائمة على القواعد مصممة لمحاكاة عمليات حل المشكلات والتفكير البشري، مما يجعلها أداة مثالية لحل المشكلات المعقدة ومهام اتخاذ القرار.

What is a Production System?

Production system or production rule system is a computer program typically used to provide some form of artificial intelligence, which consists primarily of a set of

rules about behavior but it also includes the mechanism necessary to follow those rules as the system responds to states of the world.

نظام الإنتاج أو نظام قواعد الإنتاج هو برنامج كمبيوتر يستخدم عادة لتوفير شكل من أشكال الذكاء الاصطناعي، والذي يتكون في المقام الأول من مجموعة من القواعد حول السلوك ولكنه يشمل أيضًا الآلية اللازمة لاتباع تلك القواعد عندما يستجيب النظام لحالات العالم ويتفاعل النظام مع الظروف الخارجية.

A production system is an AI software architecture that stores knowledge as rules within a knowledge base. These rules consist of condition-action statements that define how the system should behave or react when presented with certain conditions or situations. In other words, they represent a set of instructions that guide the system's behavior and decision-making process.

نظام الإنتاج هو بنية برمجية للذكاء الاصطناعي تخزن المعرفة كقواعد داخل قاعدة المعرفة. تتكون هذه القواعد من عبارات شرطية تحدد كيفية تصرف النظام أو رد فعله عند مواجهة ظروف أو مواقف معينة. بعبارة أخرى، تمثل هذه القواعد مجموعة من التعليمات التي توجه سلوك النظام وعملية اتخاذ القرار.

How do Production Systems Function?

In artificial intelligence, production systems function as rule-based mechanisms for solving problems. They consist of three main components: a **knowledge base** (rules and facts), an **inference engine** (logic for applying rules), and a working

memory (**current data about the problem**). The inference engine applies rules from the knowledge base to the working memory iteratively, refining solutions until it reaches a goal or solution state. This approach is especially useful in problem-solving, decision-making, and automating processes.

كيف تعمل أنظمة الإنتاج؟

في الذكاء الاصطناعي، تعمل أنظمة الإنتاج كآليات قائمة على القواعد لحل المشكلات. وتتكون من ثلاثة مكونات رئيسية: **قاعدة المعرفة (القواعد والحقائق)، ومحرك الاستدلال (المنطق لتطبيق القواعد)، والذاكرة العاملة (البيانات الحالية حول المشكلة)**. يطبق محرك الاستدلال القواعد من قاعدة المعرفة على الذاكرة العاملة بشكل متكرر، ويصقل الحلول حتى يصل إلى هدف أو حالة حل. هذا النهج مفيد بشكل خاص في حل المشكلات واتخاذ القرار وأتمتة العمليات.

The ***production system*** is a model of computation that has proved particularly important in AI, both for implementing search algorithms and for modeling human problem solving.

يُعد نظام الإنتاج نموذجًا للحسابات أثبت أهميته بشكل خاص في مجال الذكاء الاصطناعي، سواء لتنفيذ خوارزميات البحث أو لنمذجة حل المشكلات البشرية.

A production system provides pattern-directed control of a problem-solving process and consists of a set of ***production rules***, ***a working memory***, **and** ***a recognize–act control cycle.***

يوفر نظام الإنتاج التحكم الموجه بالأنماط في عملية حل المشكلات ويتكون من مجموعة من قواعد الإنتاج وذاكرة عاملة ودورة تحكم التعرف والفعل.

Production System in AI: Example

A production system in AI is a type of program typically used in artificial intelligence applications, characterized by a set of rules (productions), a working memory, and a control system.

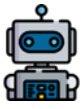
Expert System for Medical Diagnosis:

Rules (Productions):

If the patient has a fever and cough, then the diagnosis is flu.

If the patient has a headache and nausea, then the diagnosis is migraine.

Working Memory:



Patient symptoms: fever, cough.

Control System:

Matches the patient's symptoms against the rules.
Applies the rule: "If the patient has a fever and cough, then the diagnosis is flu."
Concludes the diagnosis: flu.

In this example, the production system uses rules to infer a diagnosis based on the symptoms present in the working memory, showcasing how production systems operate in AI applications.

نظام الإنتاج في الذكاء الاصطناعي هو نوع من البرامج المستخدمة عادةً في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ويتميز بمجموعة من القواعد (الإنتاجات)، وذاكرة عاملة، ونظام تحكم.

مثال عن نظام خبير للتشخيص الطبي:

القواعد (الإنتاجات):

إذا كان المريض يعاني من الحمى والسعال، فإن التشخيص هو الأنفلونزا.
إذا كان المريض يعاني من صداع وغثيان، فإن التشخيص هو الصداع النصفي.

الذاكرة العاملة:

أعراض المريض: الحمى والسعال.

نظام التحكم:

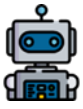
يطابق أعراض المريض مع القواعد.

يطبق القاعدة: "إذا كان المريض يعاني من الحمى والسعال، فإن التشخيص هو الأنفلونزا."
يستنتج التشخيص: الأنفلونزا.
في هذا المثال، يستخدم نظام الإنتاج القواعد لاستنتاج تشخيص بناءً على الأعراض الموجودة في الذاكرة العاملة، مما يوضح كيفية عمل أنظمة الإنتاج في تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

Production System in Artificial Intelligence: Example

We have two jugs of capacity 5l and 3l (liter), and a tap with an endless supply of water. The objective is to obtain 4 liters exactly in the 5-liter jug with the minimum steps possible.

لدينا جرة سعة 5 لتر و3 لتر وصنبور بإمدادات لا نهاية لها من المياه. والهدف هو الحصول على 4 لترات بالضبط في جرة سعة 5 لترات بأقل عدد ممكن من الخطوات.



Production System:

1. Fill the 5 liter jug from tap
2. Empty the 5 liter jug
3. Fill the 3 liter jug from tap
4. Empty the 3 liter jug
5. Then, empty the 3 liter jug to 5 liter
6. Empty the 5 liter jug to 3 liter
7. Pour water from 3 liters to 5 liter
8. Pour water from 5 liters to 3 liters but do not empty

Solution:

1,8,4,6,1,8 or **3,5,3,7,2,5,3,5;**

It is possible to have other solutions as well but these are the shortest and the 1st sequence should be chosen as it has the minimum number of steps.

يصف نظام الإنتاج سلسلة من الخطوات لإدارة المياه بين إبريق سعة 5 لتر وإبريق سعة 3 لتر. فيما يلي تفصيل واضح للإجراءات:

1. املأ الإبريق سعة 5 لتر من الصنبور
2. أفرغ الإبريق سعة 5 لتر
3. املأ الإبريق سعة 3 لتر من الصنبور

4. أفرغ الإبريق سعة 3 لتر
5. ثم، أفرغ الإبريق سعة 3 لتر إلى 5 لتر
6. أفرغ الإبريق سعة 5 لتر إلى 3 لتر
7. صب الماء من 3 لتر إلى 5 لتر
8. صب الماء من 5 لتر إلى 3 لتر ولكن لا تفرغه

الحل:

1,8,4,6,1,8
أو **3,5,3,7,2,5,3,5**

من الممكن أن يكون هناك حلول أخرى أيضًا، لكن هذه هي الحلول الأقصر ويجب اختيار التسلسل الأول لأنه يحتوي على أقل عدد من الخطوات.

Types of Production Systems

There are four primary types of production systems in AI: monotonic, non-monotonic, deterministic, and non-deterministic.

Monotonic production systems ensure that previously established conclusions remain unchanged.

Partially Commutative Production System

It's a type of production system in which the application of a sequence of rules transforms state X into state Y, then any permutation of those rules that is allowable also transforms state x into state Y. Theorem proving falls under the monotonic partially communicative system.

Non-monotonic systems allow for revisions or retractions of conclusions as new information is added.

Deterministic systems yield predictable outcomes for specific inputs, making them straightforward but inflexible.

Non-deterministic systems allow for multiple potential outcomes, enabling flexibility in handling complex or uncertain scenarios. Each type suits different applications depending on the need for flexibility, predictability, and information processing.

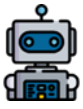
	Monotonic (Characteristics)	Non-monotonic
Partially commutative	Theorem proving	Robot navigation
Non-partial commutative	Chemical synthesis	Bridge game

Commutative Systems

These are usually useful for problems in which changes occur but can be reversed and in which the order of operation is not critical. Production systems that are not usually not partially commutative are useful for many problems in which irreversible changes occur, such as chemical analysis. When dealing with such systems, the order in which operations are performed is very important and hence correct decisions must be made at the first attempt itself.

أنواع أنظمة الإنتاج

هناك أربعة أنواع أساسية من أنظمة الإنتاج في الذكاء الاصطناعي: رتيبة، وغير رتيبة، وحتمية، وغير حتمية تضمن أنظمة الإنتاج الرتيبة بقاء الاستنتاجات التي تم إنشاؤها مسبقًا دون تغيير. نظام الإنتاج الرتيب: إنه نظام إنتاج لا يمنع فيه تطبيق قاعدة ما تطبيق قاعدة أخرى لاحقًا، والتي كان من الممكن تطبيقها أيضًا في وقت اختيار القاعدة الأولى.



نظام الإنتاج التبادلي جزئيًا: إنه نوع من أنظمة الإنتاج حيث يحول تطبيق سلسلة من القواعد الحالة X إلى الحالة Y، ثم يحول أي تبديل مسموح به لهذه القواعد أيضًا الحالة X إلى الحالة Y. يقع إثبات النظرية ضمن نظام الاتصال الجزئي الرتيب.

تسمح الأنظمة غير الرتيبة بمراجعة أو سحب الاستنتاجات عند إضافة معلومات جديدة. أنظمة الإنتاج غير الرتيبة: وهي مفيدة لحل المشكلات التي يمكن تجاهلها. هذه الأنظمة مهمة من وجهة نظر التنفيذ لأنها يمكن

تنفيذها دون القدرة على الرجوع إلى الحالات السابقة عندما يتم اكتشاف اتباع مسار غير صحيح. يزيد نظام الإنتاج هذا من الكفاءة لأنه ليس من الضروري تتبع التغييرات التي تم إجراؤها في عملية البحث.

تنتج الأنظمة الحتمية نتائج يمكن التنبؤ بها لمدخلات محددة، مما يجعلها واضحة ولكنها غير مرنة.

تسمح الأنظمة غير الحتمية بنتائج محتملة متعددة، مما يتيح المرونة في التعامل مع السيناريوهات المعقدة أو غير المؤكدة. يناسب كل نوع تطبيقات مختلفة حسب الحاجة إلى المرونة والقدرة على التنبؤ ومعالجة المعلومات.

الأنظمة التبادلية: وهي مفيدة عادة في حل المشكلات التي تحدث فيها تغيرات ولكن يمكن عكسها ولا يكون ترتيب العمليات فيها بالغ الأهمية. أما أنظمة الإنتاج التي لا تكون تبادلية جزئيًا فهي مفيدة في حل العديد من المشكلات التي تحدث فيها تغيرات لا رجعة فيها، مثل التحليل الكيميائي. وعند التعامل مع مثل هذه الأنظمة، فإن الترتيب الذي يتم به تنفيذ العمليات مهم للغاية، وبالتالي يجب اتخاذ القرارات الصحيحة في المحاولة الأولى نفسها.

Practical Applications of Production Systems in AI

1. **Expert Systems** utilize Production Systems to encapsulate human expertise in a specific domain into a set of rules. This helps in solving complex problems by mimicking the decision-making ability of human experts.

2. **Diagnostic Healthcare Systems:** For instance, a medical diagnostic system could have rules to interpret symptoms and suggest possible diseases.

3. **Automated Troubleshooting**
    a. Employing Production Systems for automating diagnostic processes in technical support systems can significantly enhance efficiency and accuracy.

4. **Financial Analysis: I**n finance, rules could help in analyzing market conditions to suggest investment strategies.

التطبيقات العملية لأنظمة الإنتاج في الذكاء الاصطناعي

الانظمة الخبيرة
تستخدم الانظمة الخبيرة أنظمة الإنتاج لتغليف الخبرة البشرية في مجال معين في مجموعة من القواعد. يساعد هذا في حل المشكلات المعقدة من خلال محاكاة قدرة الخبراء البشريين على اتخاذ القرار.

أنظمة الرعاية الصحية التشخيصية: على سبيل المثال، يمكن أن يحتوي نظام التشخيص الطبي على قواعد لتفسير الأعراض واقتراح الأمراض المحتملة.

استكشاف الأخطاء وإصلاحها تلقائيًا يمكن أن يؤدي استخدام أنظمة الإنتاج لأتمتة عمليات التشخيص في أنظمة الدعم الفني إلى تعزيز الكفاءة والدقة بشكل كبير.

التحليل المالي: في مجال التمويل، يمكن أن تساعد القواعد في تحليل ظروف السوق لاقتراح استراتيجيات الاستثمار.

Components of a Production System in AI:

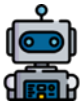
Production systems are an integral part of Artificial Intelligence (AI) and are widely used in real-world applications. These systems are designed to mimic the decision-making processes of human experts by utilizing rules, knowledge, and data to achieve a specific goal. In this section, we will delve deeper into the components that make up a production system and how they work together to drive intelligent decision-making.

تُعد أنظمة الإنتاج جزءًا لا يتجزأ من الذكاء الاصطناعي وتُستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الواقعية. صُممت هذه الأنظمة لمحاكاة عمليات اتخاذ القرار لدى الخبراء البشريين من خلال الاستفادة من القواعد والمعرفة والبيانات لتحقيق هدف محدد. في هذا القسم، سنتعمق في المكونات التي يتكون منها نظام الإنتاج وكيف تعمل معًا لدفع عملية اتخاذ القرار الذكي.

Rule Base

The knowledge base is the foundation of a production system and contains all the information or rules necessary for making decisions. It can be represented in various forms such as if-then rules, frames, semantic networks, or ontologies. This knowledge is acquired from human experts or extracted from data using techniques like machine learning or natural language processing. The accuracy and completeness of the knowledge base greatly impact the performance of the production system.

قاعدة المعرفة: قاعدة المعرفة هي المكون المركزي لنظام الإنتاج حيث يتم تخزين جميع القواعد والحقائق. تحتوي على كل من المعرفة التصريحية (معلومات حول الأشياء والأحداث والعلاقات) والمعرفة الإجرائية (كيفية أداء مهام محددة). يستخدم النظام هذه المعلومات لاتخاذ القرارات من خلال مطابقتها مع البيانات أو الاستعلامات الواردة.



Rules: a special type of if – then rule

$$p_1 \wedge p_2 \wedge \ldots p_n \Rightarrow a_1, a_2, \ldots, a_k$$

Antecedent:
A conjunction of conditions

Consequent:
a sequence of actions

Basic operation:

- Check if the antecedent of a rule is satisfied
- Decide which rule to execute (if more than one rule is satisfied)
- Execute actions in the consequent of the rule

Consider, a typical rule (about the value of horses) that matches a set of facts:

ناخذ في الاعتبار قاعدة نموذجية (حول قيمة الخيول) تتوافق مع مجموعة من الحقائق:

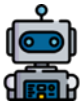
Rule

IF:	x is a horse
	x is the parent of y
	y is fast
THEN:	x is valuable

Facts

Comet	is-a	horse
Prancer	is-a	horse
Comet	is-parent-of	Dasher
Comet	is-parent-of	Prancer
Prancer	is	fast
Dasher	is-parent-of	Thunder
Thunder	is	fast
Thunder	is-a	horse
Dasher	is-a	horse

In general, there will be variables (e.g. x and y) in the rules which stand for arbitrary objects. We need to find bindings for them so that the rule is applicable.



بشكل عام، ستكون هناك متغيرات مثل x و y في القواعد التي تمثل كائنات عشوائية. ونحتاج إلى إيجاد روابط لها حتى تكون القاعدة قابلة للتطبيق.

Working Memory

Working memory acts as a temporary storage unit for information during problem-solving in a production system. It holds relevant facts about the current state of the problem being solved and provides input to rule-based reasoning mechanisms. Working memory is constantly updated based on new inputs from sensors, user interactions, or other external sources.

الذاكرة العاملة: تعمل الذاكرة العاملة كوحدة تخزين مؤقتة للمعلومات أثناء حل المشكلات في نظام الإنتاج. فهي تحتفظ بالحقائق ذات الصلة بالحالة الحالية للمشكلة التي يتم حلها وتوفر المدخلات لآليات التفكير القائمة على القواعد. يتم تحديث الذاكرة العاملة باستمرار بناءً على المدخلات الجديدة من أجهزة الاستشعار أو تفاعلات المستخدم أو المصادر الخارجية الأخرى.

Inference Engine

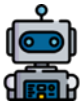
The inference engine is responsible for applying logical reasoning on the knowledge base stored in working memory to generate new conclusions or actions based on predefined rules. It uses pattern-matching algorithms to match conditions specified in if-then rules against facts stored in working memory and triggers corresponding actions when a match is found.

محرك الاستدلال: محرك الاستدلال مسؤول عن تطبيق التفكير المنطقي على قاعدة المعرفة المخزنة في الذاكرة العاملة لتوليد استنتاجات أو إجراءات جديدة بناءً على قواعد محددة مسبقًا. يستخدم خوارزميات مطابقة الأنماط لمطابقة الشروط المحددة في قواعد "إذا-فإن" مع الحقائق المخزنة في الذاكرة العاملة ويطلق الإجراءات المقابلة عند العثور على تطابق.

Control System

The Control System decides the order in which rules are applied or which rule to apply next if there are multiple rules that could be applied. It's like the traffic conductor guiding the flow of logic.

نظام التحكم في أنظمة الإنتاج



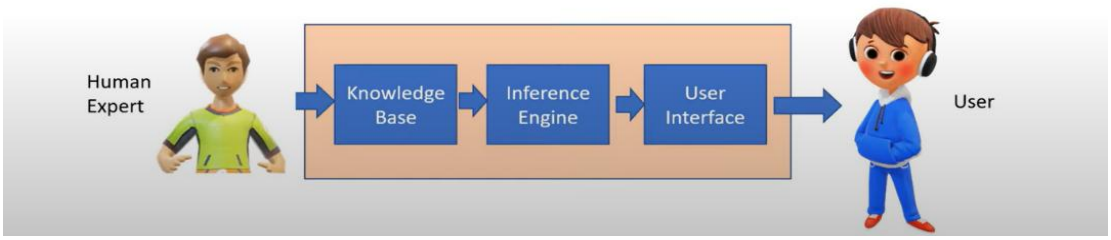
يقرر نظام التحكم الترتيب الذي يتم به تطبيق القواعد أو القاعدة التي سيتم تطبيقها بعد ذلك إذا كان هناك قواعد متعددة يمكن تطبيقها. إنه مثل منظم المرورالذي يوجه سير العمليات المنطقية.

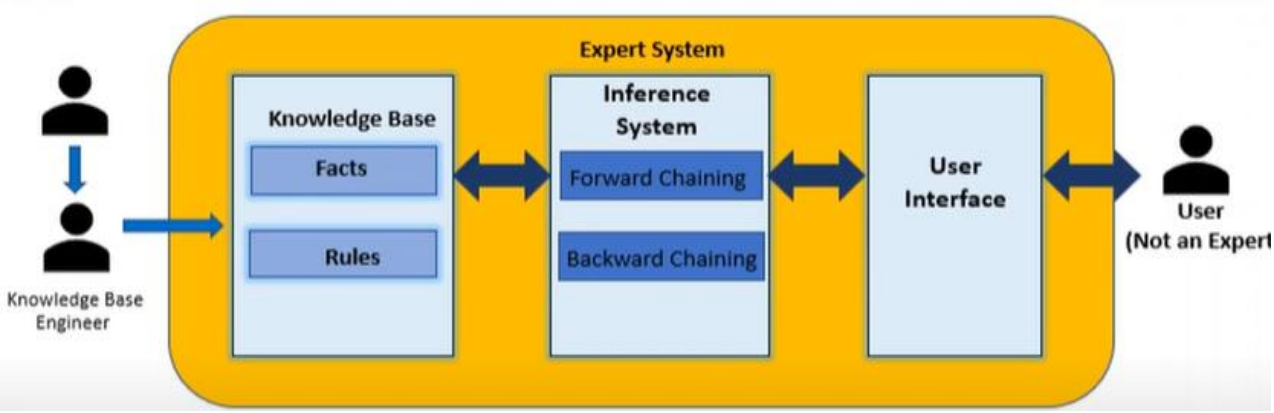
تتبع التسلسلات الأمامية والخلفية من مكون محرك الاستدلال. وهو مكون يتم فيه تطبيق القواعد المنطقية على قاعدة المعرفة للحصول على معلومات جديدة أو اتخاذ قرار. وتستخدم محرك الاستدلال تقنيات التسلسلات الأمامية والخلفية كاستراتيجيات لاقتراح الحلول أو استنتاج المعلومات في نظام الخبراء.

Inference engine

- It applies logical rules to the knowledge base to infer new information from known facts.
- Inference engine commonly proceeds in two modes:

  1.Forward chaining 2.Backward chaining





يتيح محرك الاستدلال للنظام الخبير استخلاص استنتاجات من القواعد الموجودة في قاعدة المعارف. على سبيل المثال: إذا كانت قاعدة المعارف تحتوي على قواعد الإنتاج
"إذا كانx ، إذن "y و"إذا كانy ، إذنz" ،
فإن محرك الاستدلال قادر على استنتاج "إذا كان x، إذن z".

التحكم في البحث في أنظمة الإنتاج
يتناول هذا الجزء كيفية توظيف تقنيات التسلسل الأمامي والخلفي (**backward and forward chaining techniques**) داخل محرك الاستدلال في أنظمة الإنتاج لاستخلاص المعلومات من قاعدة المعرفة.

محرك الاستدلال: يعالج القواعد المنطقية لتوليد رؤى جديدة أو المساعدة في اتخاذ القرار.

في مجال الذكاء الاصطناعي، محرك الاستدلال هو أحد مكونات البرامج لنظام ذكي يطبق قواعد منطقية على قاعدة المعرفة لاستنتاج معلومات جديدة. كانت محركات الاستدلال الأولى عبارة عن مكونات للانظمة الخبيرة.

قاعدة المعرفة: تحتوي على القواعد والبيانات اللازمة لمحرك الاستدلال.

واجهة المستخدم: تسمح بالتفاعل بين المستخدمين غير الخبراء والنظام.

استراتيجيات البحث:

التسلسل الأمامي (**Forward chaining**): يبدأ بالبيانات الموجودة ويستخلص الاستنتاجات بناءً على تلك المعلومات. يوضح هذا الإطار الآليات التشغيلية لأنظمة الخبراء وقدراتها على التفكير المنطقي.

Forward Chaining-Example

- Example

  It is raining.
  If it is raining, the street is wet.
  The street is wet.

- Conclude from "A" and "A implies B" to "B"

  A

  A->B

  B

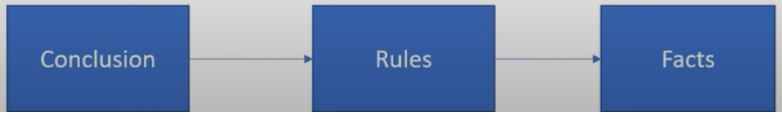
Dr. Luma Al-Saffar
Dept. of Artificial Intelligence

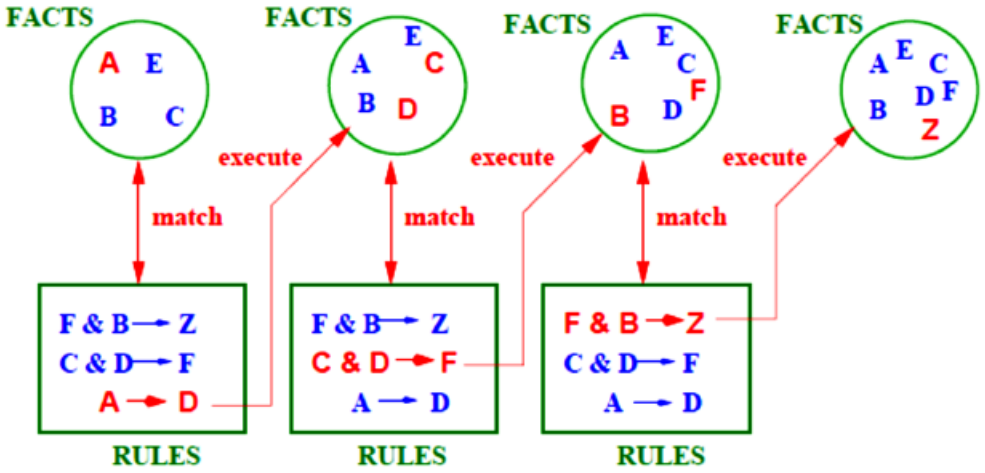
Forward Chaining

- Forward chaining starts with the available data and uses inference rules to extract more data until a goal is reached.
- **"What will happen next?"**
- It is a bottom up approach.
- Forward chaining is data driven because the reasoning starts from a set of data.

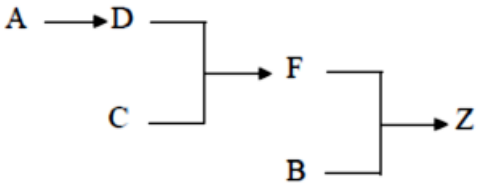
Backward Chaining

- Backward chaining starts from goal and proceeds backward to determine the set of rules that match the goal.
- **"Why did this happen?"**
- It is top down approach.
- Forward chaining is goal driven
- Example: diagnose bacterial infections.





In this example there are no more rules, so we can draw the inference chain:



يقدم الرسم البياني نهجًا منظمًا للتفكير من خلال مجموعة من الحقائق والقواعد، وينتهي بسلسلة استنتاجات.
وفيما يلي وصف تفصيلي:
الحقائق:
تمثل **الدوائر** الموجودة في الأعلى مجموعة من **الحقائق** المسمى A و Bو Cو Dو Eو F
تعمل هذه الحقائق كأساس لعملية اتخاذ القرار.

القواعد: تحدد المربعات المستطيلة القواعد التي تعمل على الحقائق.

تربط كل قاعدة بين مجموعات محددة من الحقائق لاستنتاج معلومات جديدة.

تنفيذ الحقائق:

تشير أسهم **"التنفيذ"** إلى أنه سيتم معالجة القواعد بناءً على الحقائق الحالية.

تشير أسهم **"المطابقة"** إلى أنه يجب أن تكون مجموعات معينة من الحقائق موجودة لتطبيق القواعد المقابلة.

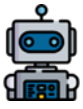
القواعد والاستنتاجات:

تحدد القواعد الموجودة أسفل كل مجموعة من الحقائق الشروط:
على سبيل المثال، تعني القاعدة "F & B → Z" أنه إذا كانت كل من F و Bصحيحتين، فيمكن استنتاج Z
على نحو مماثل، يشير "C & D → F" إلى أنه إذا كانت كل من C و Dصحيحتين، فيمكن استنتاج.F
تنص القاعدة "A → D" على أنه إذا كانت A صحيحة، فإن D صحيحة أيضًا.

سلسلة الاستدلال (Inference Chain)
في الجزء السفلي من الرسم البياني، توضح سلسلة الاستدلال الروابط المنطقية المستمدة من الحقائق:
تصف الأسهم العلاقات حيث:
إذا كانت A صحيحة، فيجب أن تكون D صحيحة.
إذا كانت C صحيحة، فإنها تتصل بـF
إذا كانت B صحيحة، فإنها تتصل بـZ
الاستنتاج
يوضح الرسم البياني بشكل فعال كيفية التفكير من خلال سلسلة من الحقائق والقواعد المترابطة لاستخلاص استنتاجات منطقية أو استنتاج معرفة جديدة.
يسلط الضوء على عملية التفكير بطريقة واضحة ومنهجية، مع التأكيد على اعتماد الاستنتاجات على الحقائق والقواعد الراسخة.

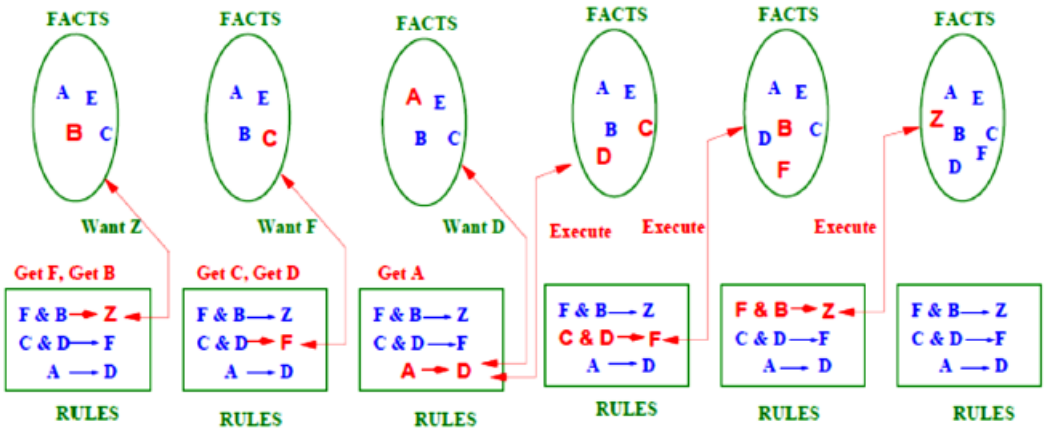
Disadvantages of Forward Chaining
1. Many rules may be applicable at each stage – so how should we choose which one to apply next at each stage?
2. The whole process is not directed towards a goal, so how do we know when to stop applying the rules?
Goal-driven inference (Backward chaining) works towards a final state by looking at the working memory to see if the sub-goal states already exist there. If not, the actions (the THEN parts) of the rules that will establish the sub-goals are identified, and new sub-goals are set up for achieving the premises of those rules (the IF parts). The previous example now becomes:

عيوب التسلسل الأمامي (**Forward Chaining**)

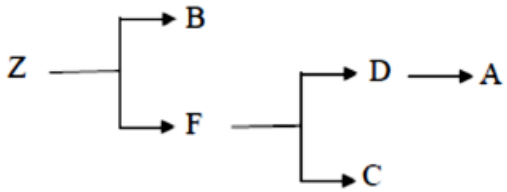


قد تكون هناك قواعد كثيرة قابلة للتطبيق في كل مرحلة - فكيف ينبغي لنا أن نختار القاعدة التي سنطبقها بعد ذلك في كل مرحلة؟
لا تتجه العملية برمتها نحو هدف، فكيف نعرف متى نتوقف عن تطبيق القواعد؟

اما الاستدلال القائم على الهدف (التسلسل العكسي) للوصول إلى حالة نهائية من خلال النظر إلى الذاكرة العاملة لمعرفة ما إذا كانت حالات الهدف الفرعي موجودة بالفعل. وإذا لم يكن الأمر كذلك، يتم تحديد الإجراءات (the THEN parts)للقواعد التي ستنشئ الأهداف الفرعية، ويتم إعداد أهداف فرعية جديدة لتحقيق مقدمات تلك القواعد (the IF parts) ويصبح المثال السابق الآن:



The first part of the chain works back from the goal until only the initial facts are required, at which point we know how to traverse the chain to achieve the goal state.



يوضح الرسم البياني نهج التفكير القائم على الهدف باستخدام الحقائق والقواعد والأهداف المرجوة، والتي يتم تمثيلها في شكل مخطط انسيابي لاتخاذ القرار. فيما يلي تفصيل للعملية الموضحة:

يبدأ الرسم البياني بالحقائق المسماة A و Bو Cو Dو Z يتم تمثيل الأهداف على أنها "Want F" و "Want D"و"Want B".

الرجوع إلى الوراء في الهدف (Goal Backtracking):

تتضمن العملية الرجوع إلى الوراء من الأهداف حتى تصبح الحقائق الأولية فقط ضرورية. لكل هدف، يتم تطبيق قواعد محددة لتحديد الحقائق التي يجب تأسيسها أو ربطها.
على سبيل المثال، لتحقيق "Want F"، يستنتج أن الحصول على "B" و"Z" شرطان أساسيان.
بمجرد تحديد الشروط اللازمة لتحقيق كل هدف، يتم تنفيذ القواعد لتأكيد المسارات (أي كيفية تحقيق الأهداف)، وكشف تسلسلات الإجراءات المؤدية إلى الحالة النهائية المرجوة.
يعرض الجزء السفلي من الرسم البياني شجرة قرار منظمة، تشير إلى العلاقات بين العناصر، حيث يتصل Z بـ B، ويتصل C بـ F، ويتصل A بـ D، مما يوضح المسارات أو النتائج المحتملة بناءً على الظروف الأولية.
توضح هذه العملية بالكامل طريقة التفكير الآلي أو اتخاذ القرار المستخدمة بشكل شائع في الذكاء الاصطناعي والأنظمة القائمة على المنطق.

Advantage of Backward Chaining
The search is goal-directed, so we only apply the rules that are necessary to achieve the goal.

Disadvantage of Backward Chaining
A goal has to be known. Fortunately, most AI systems we are interested in can be formulated in a goal-based fashion.

ميزة التسلسل العكسي
البحث موجه نحو الهدف، لذا فإننا نطبق فقط القواعد الضرورية لتحقيق الهدف.
عيب التسلسل العكسي
يجب معرفة الهدف. ولحسن الحظ، يمكن صياغة معظم أنظمة الذكاء الاصطناعي التي نهتم بها بطريقة تعتمد على الهدف

Dr. Luma Al-Saffar
Dept. of Artificial Intelligence

- The law says that it is a crime for an American to sell weapons to hostile nations. Country Q, an enemy of America, has some missiles, and all of its missiles were sold to it by Jack, who is American.
- Prove that **"Jack is criminal".**

- it is a crime for an American to sell weapons to hostile nations
  $American(x) \land Weapon(y) \land Sells(x,y,z) \land Hostile(z) \Rightarrow Criminal(x)$
- Q has some missiles
  $\exists x\ Owns(Q,x) \land Missile(x)$
  $Owns(Q,M1)$
  $Missile(M1)$

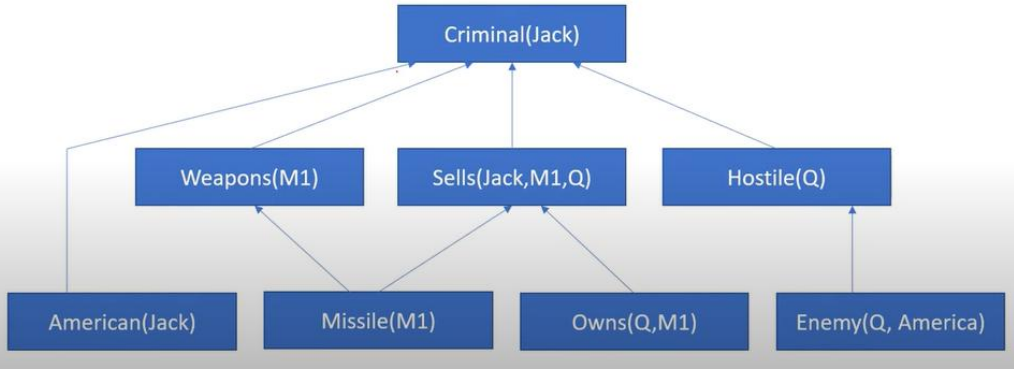
- all of its missiles were sold to it by Jack
  $\forall x\ Missile(x) \land Owns(Q,x) \Rightarrow Sells(Jack,x,Q)$
  $Missile(x) \land Owns(Q,x) \Rightarrow Sells(Jack,x,Q)$
- Missiles are weapons
  $Missile(x) \Rightarrow Weapon(x)$
- Enemies of America are hostile
  $Enemy(x, America) \Rightarrow Hostile(Q)$
- Jack, who is American
  $American(Jack)$
- The country Q, an enemy of America
  $Enemy(Q,America)$

Forward Chaining->Facts,Rules,Conclusion

1. American(x) ∧ Weapon(y) ∧ Sells(x,y,z) ∧ Hostile(z) ⇒ Criminal(x)
2. Owns(Q,M1)
3. Missile(M1)
4. Missile(x) ∧ Owns(Q,x) ⇒ Sells(Jack,x,Q)
5. Missile(x) ⇒ Weapon(x)
6. Enemy(x, America) ⇒ Hostile(Q)
7. American(Jack)
8. Enemy(Q,America)

Step 3-Forward Chaining

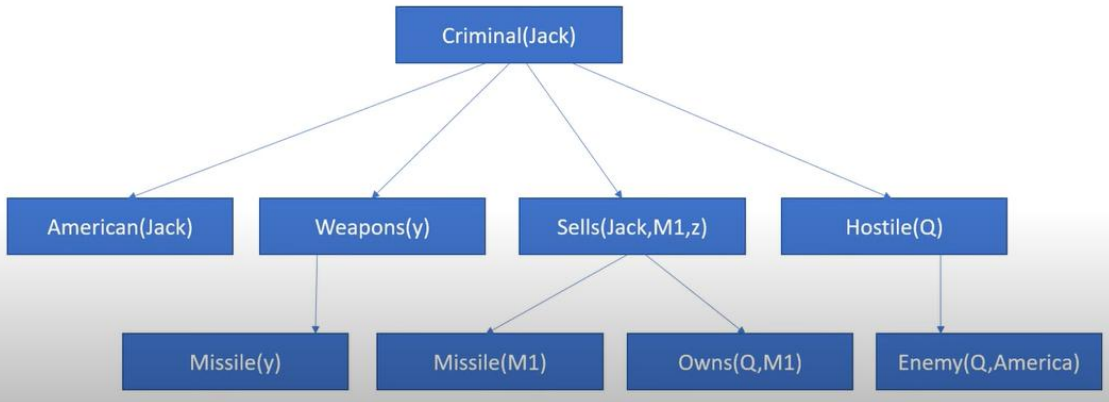
- American(x) ∧ Weapon(y) ∧ Sells(x,y,z) ∧ Hostile(z) ⇒ Criminal(x) **Proof**



Backward Chaining
Conclusion,Rules,Facts

1. American(x) ∧ Weapon(y) ∧ Sells(x,y,z) ∧ Hostile(z) ⇒ Criminal(x)
2. Owns(Q,M1)
3. Missile(M1)
4. Missile(x) ∧ Owns(Q,x) ⇒ Sells(Jack,x,Q)
5. Missile(x) ⇒ Weapon(x)
6. Enemy(x, America) ⇒ Hostile(Q)
7. American(Jack)
8. Enemy(Q,America)

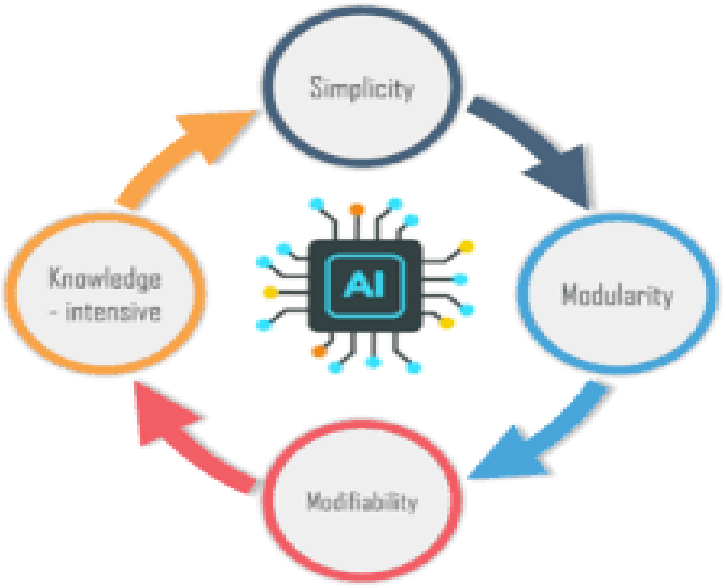
Backward Chaining-Conclusion,Rules,Facts



Features of Production System in Artificial Intelligence

The main features of the production system include:

خصائص نظام الإنتاج في الذكاء الاصطناعي ، تتضمن السمات الرئيسية لنظام الإنتاج ما يلي:



Simplicity: The structure of each sentence in a production system is unique and uniform as they use the "IF-THEN" structure. This structure provides simplicity in knowledge representation. This feature of the production system improves the readability of production rules.

البساطة: بنية كل جملة في نظام الإنتاج فريدة وموحدة لأنها تستخدم بنية "إذا-ثم". توفر هذه البنية البساطة في تمثيل المعرفة. تعمل هذه الميزة لنظام الإنتاج على تحسين قابلية قراءة قواعد الإنتاج.

Modularity: This means the production rule code the knowledge available in discrete pieces. Information can be treated as a collection of independent facts which may be added or deleted from the system with essentially no deleterious side effects.

الوحدات النمطية: وهذا يعني أن قاعدة الإنتاج تشفر المعرفة المتاحة في قطع منفصلة. يمكن التعامل مع المعلومات كمجموعة من الحقائق المستقلة التي يمكن إضافتها أو حذفها من النظام دون أي آثار جانبية ضارة بشكل أساسي.

Modifiability: This means the facility for modifying rules. It allows the development of production rules in a skeletal form first and then it is accurate to suit a specific application.

قابلية التعديل: وهذا يعني سهولة تعديل القواعد. يسمح بتطوير قواعد الإنتاج في شكل هيكلي أولاً ثم تكون دقيقة لتناسب تطبيقًا معينًا.

Knowledge-intensive: The knowledge base of the production system stores pure knowledge. This part does not contain any type of control or programming information. Each production rule is normally written as an English sentence; the problem of semantics is solved by the very structure of the representation.

المعرفة المكثفة: تخزن قاعدة المعرفة لنظام الإنتاج المعرفة النقية. لا يحتوي هذا الجزء على أي نوع من معلومات التحكم أو البرمجة. تتم كتابة كل قاعدة إنتاج عادةً كجملة إنجليزية؛ يتم حل مشكلة الدلالات من خلال بنية التمثيل ذاتها.

Advantages & Disadvantages

Some of the **advantages** of Production system in artificial intelligence are

- Provides excellent tools for structuring AI programs
- The system is highly modular because individual rules can be added, removed or modified independently
- Separation of knowledge and Control-Recognizes Act Cycle
- A natural mapping onto state-space research data or goal-driven
- The system uses pattern directed control which is more flexible than algorithmic control
- Provides opportunities for heuristic control of the search

- A good way to model the state-driven nature of intelligent machines
- Quite helpful in a real-time environment and applications.

- يوفر أدوات ممتازة لهيكلة برامج الذكاء الاصطناعي
- النظام معياري للغاية لأنه يمكن إضافة قواعد فردية أو إزالتها أو تعديلها بشكل مستقل
- فصل المعرفة ودورة التحكم والتعرف على الفعل
- تعيين طبيعي لبيانات البحث في مساحة الحالة أو البيانات الموجهة نحو الهدف
- يستخدم النظام التحكم الموجه بالنمط وهو أكثر مرونة من التحكم الخوارزمي
- يوفر فرصًا للتحكم الاستدلالي في البحث
- طريقة جيدة لنمذجة طبيعة الآلات الذكية الموجهة نحو الحالة
- مفيد جدًا في بيئة وتطبيقات الوقت الفعلي.

Disadvantages

- It is very **difficult** to analyze the flow of control within a production system
- It describes the operations that can be performed in a search for a solution to the problem.
- There is an **absence of learning** due to a rule-based production system that does not store the result of the problem for future use.
- The rules in the production system should not have any type of **conflict resolution** as when a new rule is added to the database it should ensure that it does not have any conflict with any existing rule.

- من الصعب جدًا تحليل تدفق التحكم داخل نظام الإنتاج

- يصف العمليات التي يمكن إجراؤها بحثًا عن حل للمشكلة.
- هناك غياب للتعلم بسبب نظام الإنتاج القائم على القواعد والذي لا يخزن نتيجة المشكلة للاستخدام في المستقبل.
- لا ينبغي أن يكون للقواعد في نظام الإنتاج أي نوع من حل النزاعات كما هو الحال عند إضافة قاعدة جديدة إلى قاعدة البيانات، فيجب التأكد من عدم وجود أي تعارض بينها وبين أي قاعدة موجودة

Recognize-Act Cycle

Typically, our production systems will have a rule interpreter that takes the form of a Recognize-Act Cycle. This cycle has four stages:

1. Match the condition/premise patterns in the rules against the elements in the working memory to identify the set of applicable rules.
2. If there is more than one rule that can be 'fired' (i.e. that can be applied), then use a Conflict Resolution strategy to choose which one to apply. If no rules are applicable, then stop.
3. Apply the chosen rule, which may result in adding new items to the working memory, or in deleting old ones.
4. Check if the terminating condition is fulfilled. If it is, then stop. Otherwise, return to stage 1.

The condition/premise patterns in the rules need to be matched with the known facts.

دورة التعرف والفعل

عادةً ما يكون لدى أنظمة الإنتاج الخاصة بنا مُفسِّر للقواعد يأخذ شكل دورة التعرف والفعل. تتكون هذه الدورة من أربع مراحل:

1. مطابقة أنماط الشرط/الفرضية في القواعد مع العناصر الموجودة في الذاكرة العاملة لتحديد مجموعة القواعد القابلة للتطبيق.

2. إذا كان هناك أكثر من قاعدة يمكن "إلغاؤها" (أي يمكن تطبيقها)، فاستخدم استراتيجية حل النزاعات لاختيار القاعدة التي سيتم تطبيقها. إذا لم تكن هناك قواعد قابلة للتطبيق، فتوقف.
3. طبق القاعدة المختارة، مما قد يؤدي إلى إضافة عناصر جديدة إلى الذاكرة العاملة، أو حذف عناصر قديمة.
4. تحقق مما إذا كان الشرط النهائي قد تم استيفاؤه. إذا كان كذلك، فتوقف. وإلا، عد إلى المرحلة 1.

يجب مطابقة أنماط الشرط/الفرضية في القواعد بالحقائق المعروفة .لنفترض قاعدة نموذجية (حول قيمة الخيول) تطابق مجموعة من الحقائق:

Forward chaining vs Backward Chaining

Forward chaining	Backward Chaining
Data-driven approach	Goal-driven technique
Breadth-first strategy	Depth-first strategy
Time-consuming process	Quicker process
Used in planning, monitoring, controlling, and interpreting applications.	used in automated inference engines, theorem proofs, proof assistants, etc.

The differences between forward chaining and backward chaining in artificial intelligence are:

1. While forward chaining is a data-driven approach, backward chaining is a goal-driven technique. It involves starting from the goal and reaching the initial state to derive the facts.
2. Forward reasoning uses the Breadth-first strategy but backward chaining uses the Depth-first strategy for proof.
3. Forward training is a more time-consuming process because it has to use all the rules. Backward chaining is a quicker process due to the fact that it only has to use a few rules.
4. While forward reasoning is used in planning, monitoring, controlling, and interpreting applications, backward chaining is employed in automated

5. inference engines, theorem proofs, proof assistants, as well as other artificial intelligence applications

تتمثل الاختلافات بين التسلسل الأمامي والتسلسل الخلفي في الذكاء الاصطناعي في:

1. التسلسل الأمامي هو نهج قائم على البيانات، فإن التسلسل الخلفي هو تقنية قائمة على الهدف. وهو يتضمن البدء من الهدف والوصول إلى الحالة الأولية لاستخلاص الحقائق.
2. يستخدم الاستدلال الأمامي استراتيجية العرض أولاً، بينما يستخدم التسلسل الخلفي استراتيجية العمق أولاً للإثبات.
3. يعد التدريب الأمامي عملية تستغرق وقتًا أطول لأنه يجب أن يستخدم جميع القواعد. التسلسل الخلفي هو عملية أسرع نظرًا لحقيقة أنه يجب أن يستخدم فقط عددًا قليلاً من القواعد.
4. بينما يستخدم الاستدلال الأمامي في التخطيط والمراقبة والتحكم وتفسير التطبيقات، يتم استخدام التسلسل الخلفي في محركات الاستدلال الآلية وإثباتات النظرية ومساعدي الإثبات، بالإضافة إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي الأخرى.