Propositional Logic

- في هذه المحاضرة قمنا بدراسة الـPropositional Logic أو كما يسمى بالـBoolean Logic، وهذا المنطق يتم فيه الاعتماد بشكل رئيسي على ما يسمى بالـKnowledge-Based Agents، وهذه الـAgents تقوم بتمثيل الحالات (States representation) وتحليلها لاستنتاج حالات جديدة (update internal representations of the world) ، وذلك انطلاقاً من قاعدة من المعارف والتي تسمى Knowledge Base.

Agent: هو كل شيء يستطيع أن يفهم ويدرك ما يدور حوله في البيئة من خلال حساسات ويستطيع التعامل مع هذه البيئة ويتفاعل معها من خلال أعضاء خاصة تقوم بالحركة والتحريك.
أمثلة:
الإنسان (الحساسات Sensors فيه هي العين والأذن وو، وأعضاء الحركة actuators مثل الأيدي..) والروبوت .. إلخ.

- يمكن تعريف الـKnowledge Base على أنه مجموعة من الجمل والعبارات المكتوبة بلغة خاصة (غير طبيعية عادةً) وتسمى Knowledge Representation Language.
- ولكن ما الهدف من وجود الـKnowledge Base ؟ في الحقيقة الهدف من ذلك أنها تشكل قاعدة معرفية يعتمد عليها الـAgent ليقوم بتوليد عبارات جديدة وإضافتها على مجموعة معارفه .
- ومن خصائص اللغة:

١ -تحتاج إلى قواعد للكتابة Syntax حتى تعتبر لغة قائمة بحد ذاتها، ومن أهم الأدوار الذي يقوم بها Syntax اللغة هو التحقق من صحة العبارات التي تستخدم كـKnowledge Base (KB).

✓ مثال على لغة رياضية:

x+y=5 is a Well-Formed Formula (wff)

x2y+= is not a wff

والجدول التالي يبين أهم العمليات التي يمكن القيام بها بين المتحولات ومعاني كل منها:

Operation	Meaning
¬A	Not A
A^B	A and B
A ˇ B	A or B
A ⊃ B or A⇒B	A implies B (A تؤدي إلىB) وتساوي ¬A ˇ B
A ⇔ B	A implies B and B implies A

٢ -تحتاج إلى Semantics أو ما يقصد به معاني لعبارات هذه اللغة، وتحدد هذه الخاصة مدى صحة (truth) العبارة المنطقية، فمثلاً:

x+y=4 is true if we are in the world of x=2 and y=2

but it's not true if we are in the world of x=1 and y=1

وهذا الذي نقصده بأن معنى العبارة semantics يحدد مدى صحتها، لذلك نلاحظ أن العبارات التي سنتعامل معها هي إما صحيحة أو خطأ ولا يوجد حل وسط بالعادة (ولكن هذا الكلام ليس دوماً صحيحاً في بعض الحالات أو ما يسمى worlds التي لن نتطرق لها في هذه المادة (يمكن الاطلاع على الـFuzzy Logic لتعرف أن هذا الشيء ليس دوماً صحيح)☺).

- وبالتالي من خلال تعرفنا على ضرورة وجود معاني للعبارات التي نكتبها وكذلك للرموز التي نستخدمها أصبح بالإمكان أن نقوم بنمذجة هذه المسألة:
  - ✓ مثال:

إذا كان لدينا ذراع تعمل على البطارية عملها حمل الأوزان المختلفة ولكنها لا تقوم بذلك إلا إذا كانت البطارية مشحونة وكانت الذراع لا تتحرك، فيكفينا من خلال المعطيات السابقة تحديد ان كان الوزن الذي سيقوم بحمله الذراع قابلاً للحمل أم لا.

- الحل:
  - المتحولات: يمكن أن نقوم بترجمة البطارية مشحونة بالمتحول BAT_OK، ويمكن ترجمة أن الذراع تتحرك بالمتحول MOVES، ويجب أن نقوم بتحديد ان كان الوزن قابلاً للحمل بالمتحول LIFTABLE.
  - قاعدة المعرفة KB:

Facts

BAT_OK

¬MOVES

Rule

BAT_OK ^ LIFTABLE ⊃ MOVES

  - الهدف: في الحقيقة ذكرنا أن هدفنا هو تحديد إن كانت الجملة غير قابلة للحمل، ويمكن التحقق من ذلك فقط في الحالات التي تكون فيها قاعدة المعرفة KB محققة، ويتحقق ذلك فقط في الحالات التي تكون فيها جميع العبارات (sentences) التي تحويها صحيحة (true).
  - طرق الحل: يوجد طريقتان أساسيتان للحل هما:

١ -طريقة جدول الحقيقة:

B	L	M	¬M	¬B˅¬L˅M	KB
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0

www.ite-sy.net

ونلاحظ أن السطر الخامس فقط هو الذي يهمنا كونه هو الوحيد الذي تحققت فيه الـKB، وفي هذا السطر نجد أن L=0 ويعني ذلك أنها false وبالتالي ¬L=true ونكون قد حققنا الهدف أي أن:

We read it KB entails ¬L

$$KB \vDash \neg L$$

ولكن السؤال الذي يطرح نفسه هو أننا هنا لدينا فقط ثلاث متحولات (B,M,L) ولذلك كان جدول الحقيقة يحوي فقط 8 سطور، ولكن ماذا لو أن مسألتنا تتكون من 10 متحولات، فنحتاج إلى 2 قوة 10 سطر ☺.

لذلك فهذه الطريقة ليست فعالة جداً للاستتباع (Entailment) ويجب الحل بطرق أخرى.

٢ - Inference:

في هذه الطريقة نتحقق من كون KB entails α (حيث α هي مجموعة جديدة من العبارات التي تضاف على قاعدة المعرفة KB وتشمل الهدف Goal) وذلك باستخدام خوارزميات بسيطة أسرع من استخدام جدول الحقيقة وتحقق نفس النتائج، ونرمز له بالرمز :

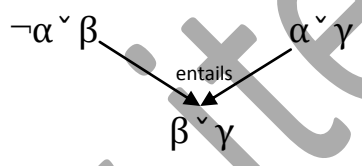
$$KB \vdash_i \alpha$$

ومن الطرق التي يمكن الاعتماد عليها :

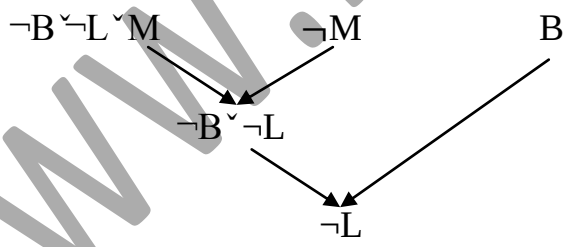
A ـ طريقة الحل resolution :

والتي نستنتج منها الهدف من خلال القاعدة المهمة التالية:

يمكن إثباتها باستخدام جدول الحقيقة



وبتطبيق ذلك على مثالنا:



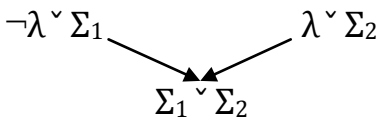
وبذلك نكون قد وصلنا إلى هدفنا وباستخدام القاعدة المهمة السابقة بالـEntailment.

ويمكن القول عن الطريقة السابقة resolution بالحل أنها طريقة سليمة، ولكن في الحقيقة ليست كاملة!

لنفسر أكثر:

١) نقول عنها أنها سليمة إن كانت لا تعطي عملية توليد عبارات جديدة باستخدام قاعدة المعرفة تناقضاً، وإثبات أن طريقة الحل resolution هي سليمة هو:

يمكن إثباتها باستخدام جدول الحقيقة



www.ite-sy.net

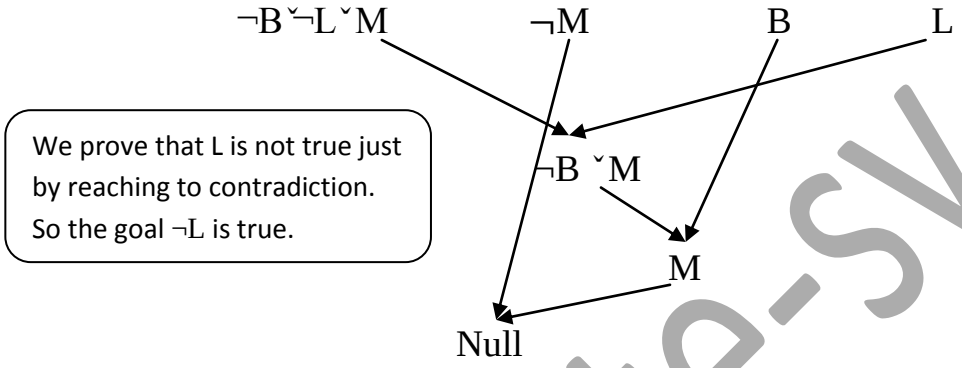
٢) نقول عنها أنها كاملة في حالة تحقق جميع الاستتباعات المنطقية من خلال استخدامها ولكن هذه الطريقة لا تحققها، فمثلاً الهدف P^Q لا يمكن الوصول له أبداً بطريقة الحل من خلال المتحولين P,Q فقط وذلك لعدم وجود أي شيء يمكن حله!

من ذلك يجب البحث عن طريقة أخرى للحل أفضل منها وتحقق الكمال، ولذلك يتم استخدام طريقة الحل بالنقض resolution refutations.

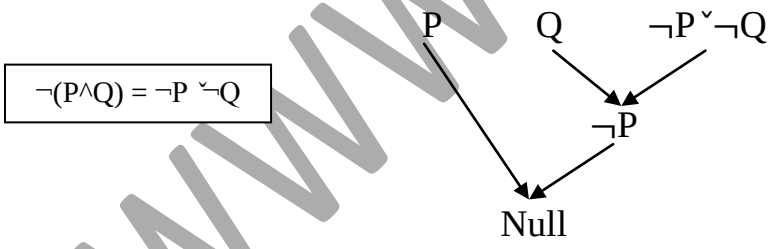
B -طريقة الحل بالنقض Resolution Refutations:

وفيها نقوم باستنتاج هدفنا من خلال إثبات عدم صحة عكسه، ويتم ذلك عن طريق نفي الهدف (نقضه) وإضافة هذا النقيض إلى الـKB وبعدها يتم الحل بنفس الطريقة السابقة حتى نصل إلى تناقض (null) وعندها يتم التوقف وذلك لأن نقيض الهدف تم إثبات عدم صحته، ومن ذلك يمكن إثبات أن الهدف محقق.

بالتطبيق على مثالنا:



- يمكن أن نثبت أن طريقة الحل بالنقض هي طريقة سليمة (Sound) وكاملة (Complete)، فأما أنها سليمة فنثبت ذلك بنفس طريقة إثبات أن طريقة الـResolution هي طريقة سليمة، في حين إثبات أنها كاملة فذلك لأن الهدف P^Q الذي لم نستطع إثباته باستخدام طريقة الـresolution يمكن إثباته هنا بطريقة الحل بالنقض:



- **CNF (Conjunctive Normal Form)**:
- وهذه الصياغة للعبارات تعتبر هي الصياغة القياسية (أو النظامية)، ولها الشكل التالي:

$$(\alpha 1 \vee \beta 1 \vee \gamma 1) \wedge (\alpha 2 \vee \beta 2 \vee \gamma 2) \wedge (\alpha 3 \vee \beta 3 \vee \gamma 3) \ldots..$$

✓ مثال: حول الصياغة التالية إلى CNF:

$$\neg (\neg P \vee Q) \vee (\neg R \vee P) = ?$$
$$(P \wedge \neg Q) \vee (\neg R \vee P)$$
$$(P \vee \neg R \vee P) \wedge (\neg Q \vee \neg R \vee P)$$
$$(\neg R \vee P) \wedge (\neg Q \vee \neg R \vee P)$$

www.ite-sy.net

- **تعاريف:**

لتكن لدينا الـRule التالية:

$$\Delta\ P \Longrightarrow Q \hat{}\ S$$

يمكن أن نقوم بإعطاء الرموز (الذرات) التي تحويها قيماً وبذلك تصبح هذه العبارة ذات معنى (Semantic)، وعندها إن كل تبديلة من التباديل الممكنة لقيم هذه الذرات تسمى*تفسيراً (interpretation)*، والتفسير الذي يحقق أن كل العبارة صحيحة يسمى *model* (ويمكن وصفه بأنه possible world) فمثلاً:

P=true , Q=false , S=false → **Δ**=false

Is an interpretation but it's not a model because the whole sentence is false (it's truth value is false)

P=false , Q=false , S=false → **Δ**=true

Is an interpretation and it's also a model because the whole sentence is true (it's truth value is true)

يمكن اشتقاق بعض التعاريف الأخرى من خلال الـsemantics أيضاً، فمثلاً يمكن أن نطلق على عبارة أنها *valid sentence* إذا كانت تعطي دوماً القيمة true في جميع الـinterpretations. وكذلك يمكن أن نقول أنها جملة أنها*تناقض contradiction* أو كما تسمى *inconsistent sentence* وهي التي تعطي دوماً القيمة false في جميع التفاسير الممكنة.

- قمنا بدراسة Wumpus world ويمكن الاعتماد على سلايدات الدكتور في دراسته لأنها واضحة ولا تحتاج إلى شرح، وتعتمد على نفس التقنيات التي سبق وشرحناها في هذه المحاضرة، ومن ثم تطرقنا إلى دراسة خوارزميات الحل والتي تسمى Resolution strategies ويمكن الإطلاع أيضاً عليها بالسلايدات ولا تحتاج كذلك لشرح لأنها واضحة في السلايدات.

- Horn Clause or sentence:

تحمل هذه العبارة الشكل :

$$P1 \wedge P2 \wedge P3 \wedge \ldots \wedge Pn \Rightarrow Q$$

Or

$$\neg P1 \vee \neg P2 \vee \neg P3 \vee \neg P4 \vee \ldots \vee \neg Pn \vee Q$$

وهذه العبارة هي من أكثر العبارات انتشاراً في مسائل الذكاء الصنعي المتعددة.

-انتهت المحاضرة-

www.ite-sy.net