المحاضرة الرابعة

الذكاء الصنعي

(*Artificial Intelligent*)

إعداد

الدكتور المهندس فراس الزين

الكلمات المفتاحية

الذكاء , المعرفة , الذكاء الصنعي , ليسب , برولوغ , تمثيل , مرونة , تحكم , النموذج المنطقي , النفي , الاقتضاء , التكافؤ , الضرب المنطقي , الجمع المنطقي , حساب , فرضيات , ذرة , رابط , صيغة , صالح , استنتاج .

Intelligent , knowledge , , Artificial intelligent , A. I. , lisp , prolog , representation , flexibility , control , logical model , negative , implies , equivalent , conjunction , disjunction , calculus , propositional , atom , connective , formula , tautology , deduction .

4– نموذج القائم على المنطق (**Logical Model**) – يستخدم هذا النوع من نماذج تمثيل المعرفة , بشكل اساسي , في البحث العلمي واستخدامه يتطلب معرفة تامة بخصائص و تفاصيل المشكلة المراد حلها و هذا الامر لا يتوفر بشكل دائم .

يمكن , في النموذج القائم على المنطق , أن يحتمل كل تعبير منطقي أن يكون صحيحا (T- True) أو أن يكون خاطئا (F- False) .

يمكن لأي تعبير منطقي مهما كان معقدا أن يكتب على شكل مجموعة من التعابير المنطقية و مجموعة من المعاملات المنطقية مثل : AND , OR , NOT البسيطة تربط بينها .

يستخدم , في النموذج القائم على المنطق , مع التعبير المنطقي مجموعة من العمليات المنطقية , الموضحة في الجدول التالي :

الوصف	العملية	
النفي NOT (negation)	$\sim$	$\neg$
الضرب المنطقي AND (conjunction)	$\wedge$	
الجمع المنطقي OR (disjunction)	$\vee$	
يعطي , يقتضي implies (implication /conditional)	$\rightarrow$	$\Rightarrow$
يكافئ equivalent (biconditional)	$\equiv$	$\Leftrightarrow$

إن ناتج استخدام العمليات المنطقية السابقة مع التعبير A و التعبيرB يظهر بشكل واضح في الجدول التالي :

A	$\neg$A	B	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \Rightarrow B$	$A \Leftrightarrow B$
T	F	T	T	T	T	T
T	F	F	F	T	F	F
F	T	T	F	T	T	F
F	T	F	F	F	T	T

مثال1 :

P: "كل حي زائل"
Q: "سقراط – حي "
R: "سقراط - زائل"

في المثال السابق , تم استخدام المتغيرات P , Q , R و التي يمكن اعادة صياغتها على شكل علاقة منطقية كما يلي :

$$(P \wedge Q) \rightarrow R$$

و التي يمكن تفسيرها على الشكل التالي "اذا كان كل حي زائل و سقراط هو إنسان حي , فإذا سقراط زائل".

مثال2 :

<u>If weather is cold</u> then <u>it is winter</u>

P Q

$P \rightarrow Q$

Condition evident
or conclusion

مثال3 :
أثبت صحة ما يلي :

$$P \rightarrow Q \equiv \neg P \vee Q$$

لإثبات صحة العلاقة السابقة , نستخدم جدول الحقيقة كما يلي :

P	Q	$\neg P$	$\neg P \vee Q$	$P \rightarrow Q$	$P \rightarrow Q \equiv \neg P \vee Q$
T	**T**	**F**	**T**	**T**	**T**
T	**F**	**F**	**F**	**F**	**T**
F	**T**	**T**	**T**	**T**	**T**
F	**F**	**T**	**T**	**T**	**T**

من جدول الحقيقة نلاحظ تكافؤ طرفي العلاقة السابقة , و هو المطلوب .

الشكل التالي يوضح علاقة الاقتضاء :

If . . . then

p	q	$p \rightarrow q$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

في النموذج القائم على المنطق تستخدم القوانين المنطقية الأساسية مثل قوانين التجميع و التوزيع و التبديل و دمورغان , كما في الشكل التالي :

$\neg(\neg P) \equiv P$

$P \rightarrow Q \equiv \neg P \vee Q$

The contrapositive law: $(P \rightarrow Q) \equiv (Q \rightarrow P)$

De Morgan's law: $\neg(P \vee Q) \equiv (\neg P \wedge \neg Q)$ and $\neg(P \wedge Q) \equiv (\neg P \vee \neg Q)$

The commutative laws: $(P \wedge Q) \equiv (Q \wedge P)$ and $(P \vee Q) \equiv (Q \vee P)$

The associative law: $((P \wedge Q) \wedge R) \equiv (P \wedge (Q \wedge R))$

The associative law: $((P \vee Q) \vee R) \equiv (P \vee (Q \vee R))$

The distributive law: $P \vee (Q \wedge R) \equiv (P \vee Q) \wedge (P \vee R)$

The distributive law: $P \wedge (Q \vee R) \equiv (P \wedge Q) \vee (P \wedge R)$

مثال1 : باستخدام جدول الحقيقة أوجد ناتج العلاقة التالية :
$(P \wedge Q) \vee (\neg Q \vee P)$

الحل :

P	Q	$(P \wedge Q)$	$\neg Q$	$\neg Q \vee P$	$(P \wedge Q) \vee (\neg Q \vee P)$
T	**T**	**T**	**F**	**T**	**T**
T	**F**	**F**	**T**	**T**	**T**
F	**T**	**F**	**F**	**F**	**F**
F	**F**	**F**	**T**	**T**	**T**

استخدام المنطق في المحاكمة

تعرف المحاكمة على أنها عملية استنتاج قيم جديدة لسمات (خصائص) من خلال صياغة قيود على قيم سمات بعض المسائل صعبة التمثيل , حيث يمكن صياغة بعض المسائل صعبة التمثيل بصيغة قيود على قيم السمات .

للقيام بعملية المحاكمة نحتاج الى لغة (Language) خاصة لتمثيل القيود المفروضة على السمات , حيث تقدم **لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus)** الأدوات الضرورية لذلك .

تتكون لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus) من المكونات التالية :

1. الذرات Atoms – مثل P,Q,R, T, F ... الخ .
2. الروابط Connectives – مثل $\vee$، $\wedge$، $\supset$، $\neg$.

نسمي التركيب النحوي للصيغ جيدة التركيب (WFF – Well Form Formulas) جملا (Sentences) .

ملاحظات :

1. أي ذرة هي عبارة عن صيغة جيدة التركيب .
2. إذا كانت كل من ω_1 و ω_2 صيغ جيدة التركيب (WFF) فإن كل مما يلي هو صيغ جيدة التركيب أيضا :

$\omega_1 \vee \omega_2$ (تسمى فصلاً لـ ω_1 و ω_2)

$\omega_1 \wedge \omega_2$ (تسمى عطفاً من ω_1 و ω_2)

$\omega_1 \supset \omega_2$ (تسمى اقتضاء)

$\neg\omega_1$ (تسمى نفياً لـ ω_1)

بعض الأمثلة على الصيغ جيدة التركيب :

$(P\wedge Q) \supset \neg P$

$P \supset \neg P$

$P\vee P \supset P$

$(P\supset Q) \supset (\neg Q \supset \neg P)$

$\neg\neg P$

3. نسمي الذرة (أو الذرات) المسبوقة بالنفي $\neg$ بالحرفي (Literal) .
4. في العبارة $\omega_1 \supset \omega_2$, نسمي كل من ω_1 بمقدمة الاقتضاء (Antecedent) و ω_2 بنتيجة الاقتضاء (Consequent) .
5. $P\supset\neg\neg$ لا تعتبر من الصيغ جيدة التركيب .

مثال :

برهن أن العبارة $(P \wedge Q) \supset \neg R$ هي عبارة جيدة التركيب .

الحل:

نعلم أن الذرات هي صيغ جيدة التركيب وعليه فإن كل من P,Q,R هي صيغ جيدة التركيب .
كما نعلم بأن عطف الصيغ و نفيها $(P \wedge Q)$ و $\neg R$ أيضا يعطي صيغ جيدة التركيب لأن ذراتها كذلك .
و نعلم أن الاقتضاء أيضا يعطي صيغ جيدة التركيب , و عليه فإن : $(P \wedge Q) \supset \neg R$ هي صيغة جيدة التركيب .

نسمي عملية توليد صيغ جيدة التركيب من صيغ جيدة التركيب أخرى **بالاستدلال** (**Inference**) أو **الاستنتاج** (**Deduction**) , حيث يمكن القيام بعملية **الاستدلال** من خلال استخدام عدة **قواعد** , منها :

1. يمكن استنتاج ω_2 من الصيغتين ω_1 و $\omega_1 \supset \omega_2$, تدعى هذه القاعدة بقاعدة مودس بوننس (Modus Ponens) .
2. يمكن استنتاج $\omega_2 \wedge \omega_1$ من الصيغتين ω_1 و ω_2 , تدعى هذه القاعدة بقاعدة إدخال العطف .
3. يمكن استنتاج ω_1 من الصيغتين $\omega_1 \wedge \omega_2$, تدعى هذه القاعدة بقاعدة حذف العطف .
4. يمكن استنتاج $\omega_1 \wedge \omega_2$ من الصيغة $\omega_1 \wedge \omega_2$, تدعى هذه القاعدة بقاعدة العطف التبديلي .
5. يمكن استنتاج $\omega_2 \vee \omega_1$ من الصيغة ω_1 أو من الصيغة ω_2 , تدعى هذه القاعدة بقاعدة ادخال الفصل .
6. يمكن استنتاج ω_1 من الصيغة $\neg(\neg\omega_1)$, تدعى هذه القاعدة بقاعدة حذف النفي .

مثال :

حول العبارات التالية الى لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus) :

- It is hot.
- It is not hot.
- If it is raining, then will not go to mountain.
- The food is good and the service is good.
- If the food is good and the service is good then the restaurant is good.

الحل:

نقوم بعملية **نمذجة المسألة** و تحويلها الى رموز بهدف تبسيط و تسهيل التعامل معها للوصول الى استنتاج صحيح يمثل الحل المطلوب , كما يلي :

- $\underbrace{\text{It is hot}}_{p}$
- $\underbrace{\text{It is not hot}}_{\neg p}$
- If $\underbrace{\text{it is raining}}_{p}$, then will $\underbrace{\text{not go to mountain}}_{\neg q}$ ($\rightarrow$)
- The $\underbrace{\text{food is good}}_{x}$ and ($\wedge$) the $\underbrace{\text{service is good}}_{y}$
- If The $\underbrace{\text{food is good}}_{x}$ and ($\wedge$) the $\underbrace{\text{service is good}}_{y}$ then ($\rightarrow$) the $\underbrace{\text{restaurant is good}}_{z}$

تسمى سلسلة الصيغ جيدة التركيب $\{\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n\}$ برهانا (Proof) لـ ω_n من مجموعة الصيغ جيدة التركيب Δ , إذا و فقط إذا وجدت كل صيغة ω_i ضمن Δ أو كان بالإمكان استنتاجها من صيغة , أو عدة صيغ , سابقة في السلسلة و نستخدم الرمز $\Delta \vDash \omega_n$ للدلالة على إمكانية البرهنة على ω_n من Δ .

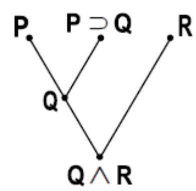
يمكن قراءة الرمز $\omega \models \Delta$ على أن Δ تستلزم (Inference) منطقيا ω و أن ω تتبع منطقيا Δ , أو أن ω هي نتيجة منطقية لـ Δ .

مثال :
بفرض لدينا سلسلة الصيغ التالية جيدة التركيب :

$\Delta = \{P, R, P \supset Q\}$

برهن أن السلسلة **$\{P, P \supset Q, Q, R, Q \wedge R\}$** هي برهان لـ **$Q \wedge R$** باستخدام قواعد الاستدلال .

الحل:
يمكن البرهان على ذلك باستخدام البنية الشجرية , حيث تمثل العقد فيها بصيغة جيدة التركيب توافق إحدى صيغ Δ , أو أن يكون ممكنا استنتاجها من ابائها في الشجرة باستخدام إحدى قواعد الاستدلال .
تكون الشجرة المعنونة برهانا للصيغة الموجودة في الجذر , كما يلي :



إذا تحقق أنه حين تبرهن المجموعة Δ على الصيغة ω باستخدام قواعد الاستدلال , فإن هذا يقتضي أن المجموعة Δ تستلزم ω و بذلك يمكن القول بأن **مجموعة قواعد الاستدلال سليمة** .

و إذا تحقق أنه متى كان $\omega \models \Delta$ يوجد برهان لـ ω من Δ باستخدام مجموعة قواعد الاستدلال , فإننا نقوم أن **مجموعة قواعد الاستدلال كاملة** .

إن عناصر أي لغة منطقية تعبر عن معنى ما و ترتبط معه و هذا ما نسميه **الدلالة** **(Semantic)** , و كمثال على ذلك العبارة التالية :

$P \wedge Q$

التي تدل (تقرأ) على ما يلي : "*true* when *P* is *true* and *Q* is also *true*"

تسمى عملية ربط الذرات بالفرضيات (Propositional) باسم **التفسير** (Interpretation) , و يكون للذرات ضمن تفسير ما معطى القيمة True أو False , و نقول أن قيمة الذرة هي True إذا كانت الفرضية صحيحة و إلا فهي False .

نقول عن **تفسير** أنه **يحقق صيغة جيدة التركيب** إذا كانت قيمة هذه الصيغة و وفق هذا التفسير تحقق القيمة **True** .

نقول عن **الصيغة** أنها **صالحة** (**Valid / Tautology**) عندما تحقق القيمة True مهما كانت قيم الفرضيات التي تكونها , و يتم التحقق من ذلك باستخدام جداول الحقيقة أو بالتحويل الى الشكل النظامي للصيغة و تعويض قيم الفرضيات مباشرة فيها .

مثال :

القضية أو نفيها صحيحة دوما مهما كانت القيم المعوضة فيها . $p \vee \neg p$

نقول عن **الصيغة** أنها **غير قابلة للتحقيق** (**Unsatisfiable**) عندما تكون هذه الصيغة خاطئة دوما (False) .

مثال :

القضية و نفيها خاطئة دوما مهما كانت القيم المعوضة فيها . $p \wedge \neg p$

نقول عن **صيغتين** أنهما **متكافئتان** (**Equivalent**) إذا و فقط إذا كانت لهما قيم الحقيقة نفسها في جميع التفاسير .

مثال :

قانونا دُمورغان **DeMorgan:**

$$\neg(\omega_1 \vee \omega_2) \equiv \neg\omega_1 \wedge \neg\omega_2$$
$$\neg(\omega_1 \wedge \omega_2) \equiv \neg\omega_1 \vee \neg\omega_2$$

قانون عكس الإيجاب **Contrapositive:**

$$(\omega_1 \supset \omega_2) \equiv (\neg\omega_2 \supset \neg\omega_1)$$