المحاضرة السادسة

الذكاء الصنعي

(*Artificial Intelligent*)

إعداد

الدكتور المهندس فراس الزين

الكلمات المفتاحية

الذكاء , المعرفة , الذكاء الصنعي , ليسب , برولوغ , تمثيل , مرونة , تحكم , حساب , الاسناد , منطق الدرجة الأولى , كائن , خاصية , علاقة , تابع , شمولي , وجودي , مكمم , سكوليم .

Intelligent , knowledge , , Artificial intelligent , A. I. , lisp , prolog , representation , flexibility , control , calculus , predicate , first – order logic , object , priorities , relation , function , universal , existing , skolem .

المحاكمة باستخدام لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus)

تقوم لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus) بتمثيل حالة ما باستخدام الرموز و أدوات تصف العلاقات الرابطة لهذه الرموز .

تكمن محدودية لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus) في أنها غير قادرة على التعامل مع الحالة بشكلها العام بل فقط من خلال الرموز و الأدوات و بالتالي فهو جزئي (عكس أكثرية قواعد المعرفة) و قدرته التعبيرية محدودة (عكس اللغات الطبيعية) و هو يتعامل مع الحقائق .

تستطيع **لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus)** , و المعروف أيضا بمنطق الدرجة الأولى (**First-Order Logic**) , أن تقدم حلا لمشكلة الامكانات المحدودة للغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus), حيث يمكن أن نعبر عن العبارة "**it rained on Tuesday**" باستخدام لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus) كما يلي :

weather (rain, Tuesday)

يحاكي منطق الدرجة الأولى (**First-Order Logic**) , أو لغة حساب الاسناد , اللغات الطبيعية فالعالم بالنسبة له يتكون من كائنات (Objects) و علاقات (Relations) و خصائص (Properties) و توابع (Functions) .

مثال1 :
حول العبارات التالية الى لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus)

1. it is raining .
2. Tom will go to the mountains.

الحل :

1. weather (rain)
2. go(tom,mountain)

مثال2 :
حول العبارات التالية الى لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus)

1. If it is raining, tom will not go to mountain
2. If it doesn't rain tomorrow, Tom will go to the mountains.

الحل :

1. weather (rain) $\rightarrow$ $\neg$ go(tom,mountain)
2. $\neg$ weather (rain, tomorrow) $\rightarrow$go(tom, mountains).

قواعد الاستدلال

إن قواعد الاستدلال , المستخدمة في لغة حساب الفرضيات (Propositional Calculus) مثل إدخال الفصل و إدخال العطف و نفيه و حذف النفي و مودس بوننس و الحل , تبقى صحيحة و قابلة للاستخدام في لغة حساب الاسناد (Predicate Calculus) و يضاف إليها القواعد التالية :

1. **المكمم العام أو الاستنساخ العام (∀ - Universal Instantiation)** – يسمى أيضا **بالمكمم الشمولي (Universal Quantifier)** و يعبر عنه بـ "أيا كان أو مهما تكن" كما في المثال الآتي :

كل الكلاب هم حيوانات $\forall X\ dogs(X) \rightarrow animals(X)$

أو أيا كان X من الكلاب فهذا " يقتضي" أن X من الحيوانات

2. **المكمم الوجودي أو التعميم الوجودي (∃ - Existance Generalization)** – يعبر عنه بـ "يوجد على الأقل" كما في المثال الآتي :

يوجد إنسان ذكي $\exists x\ Human(x) \wedge clever(x)$

1. $\neg(\forall\xi)\ \omega(\xi) \equiv (\exists\xi)\ \neg\omega(\xi)$ - إذا لم تكن الصيغة محققة مهما يكن متحولها , فهذا يعني أنه يوجد مثال لم تتحقق من أجله الصيغة .
2. $\neg(\exists\xi)\ \omega(\xi) \equiv (\forall\xi)\ \neg\omega(\xi)$ - إذا لم يوجد مثال تتحقق الصيغة من أجله , فهذا يعني أن الصيغة غير محققة مهما كان متحولها .
3. $(\forall\xi)\ \omega(\xi) \equiv (\forall\eta)\ \omega(\eta)$ - يمكن تغيير المتحول للمكمم الشمولي ∀ دون أن تتأثر الصيغة .

مثال :

حول العبارات التالية الى عبارات مكتوبة بلغة حساب الاسناد (Predicate Calculus) .

1. All basketball players are tall.
2. Some people like anchovies.
3. John like anyone who likes books.
4. Nobody likes taxes.
5. There is a person who writes computer class.
6. All dogs are animals.
7. All cats and dogs are animals.
8. John did not study but he is lucky.

الحل :

1. ∀ X (basketball _ player(X) → tall (X))
2. ∃ X (person(X) ∧ likes(X, anchovies)).
3. ∃ X like(X,book) →like(john,X)
4. ¬ ∃ X likes(X,taxes).
5. ∃X write(X,computer_class)
6. ∀X dogs(X) →animals(X)
7. ∀X∀Y cats(X)∧dogs(Y) →animals(X)∧animals(Y).
8. ¬ study(john)∧ lucky(john)

ملاحظة :

1. نستخدم الاقتضاء دائما مع مكمم الشمول .
2. نستخدم العطف دائما مع مكمم الوجود .
3. لنفي الصيغة التالية : $\forall x\, P(x) \Longrightarrow q(x)$ نتبع الخطوات التالية :

$$\forall x\, P(x) \Rightarrow q(x) \equiv \exists x\, \neg\big(P(x) \Rightarrow q(x)\big) \equiv \exists x\, \neg\big(\neg P(x) \vee q(x)\big) \equiv \exists x\, \big(P(x) \wedge \neg q(x)\big)$$

الشكل النظامي للمكممات :

في حال وجود المكمم الشمولي $\forall$, فإننا لا نقوم بذكره و نعتبره موجود ضمنيا أما بالنسبة للمكمم الوجودي $\exists$ فإننا نقوم بحذفه و ذلك بإتباع الخطوات التالية :

1. يتم استبدال المكمم الوجودي من الشكل $\exists x\, P(x)$ بالشكل $P(c)$, حيث C عبارة عن ثابت غير مذكور في الصيغة و يسمى بثابت سكوليم (Skolem) .
2. يتم استبدال المكمم الوجودي من الشكل $\forall x\, \exists y\, P(x,y)$ بالشكل $\forall x\, P(x, F(x))$, حيث $F(x)$ عبارة عن تابع غير مذكور في الصيغة و يسمى بتابع سكوليم (Skolem) .

و عليه يكون الشكل النظامي عبارة عن علاقات OR بينها علاقات AND و لا وجود للمكممات نهائيا .

مثال1 :
حول الى الشكل النظامي العبارة التالية :

$$\forall x\, \forall y\, \exists z\, P(x, y, z)$$

الحل :
تحول العبارة السابقة الى الشكل النظامي باستخدام تابع سكوليم , كما في الحالة الثانية , فتصبح من الشكل :

$$\forall x\, \forall y\, P\big(x, y, F(x, y)\big)$$

نلاحظ أن التابع $F(x, y)$ غير مستخدم في الصيغة سابقا .

مثال2 :
حول الى الشكل النظامي العبارة التالية :

$$\exists x\ \forall y\ P(x,y)$$

الحل :
تحول العبارة السابقة الى الشكل النظامي باستخدام تابع سكوليم , كما في الحالة الثانية , فتصبح من الشكل :

$$\forall y\ P(c,y)$$

نلاحظ أن التابع $P(c,y)$ غير مستخدم في الصيغة سابقا .

مثال3 :
حول الى الشكل النظامي العبارة التالية :

$$(\forall x)(\exists y)(\forall z)(P(x) \wedge Q(y,\ z))$$

الحل :
تحول العبارة السابقة الى الشكل النظامي باستخدام تابع سكوليم , كما في الحالة الثانية , فتصبح من الشكل :

$$(\forall x)(\forall z)(P(x) \wedge Q(f(x),\ z))$$

نلاحظ هنا أنه تم استبدال y بالتابع $f(x)$ و ذلك لأن $\exists y$ أتت , حدثت, بعد $\forall x$ مباشرة .

مثال4 :
حول الى الشكل النظامي العبارة التالية :

$$(\forall w)(\forall x)(\exists y)(\forall z)(P(x) \wedge Q(w,\ y,\ z))$$

الحل :
تحول العبارة السابقة الى الشكل النظامي باستخدام تابع سكوليم , كما في الحالة الثانية , فتصبح من الشكل :

$$(\forall w)(\forall x)(\forall z)(P(x) \wedge Q(w,\ f(w,x),\ z))$$

نلاحظ هنا أنه تم استبدال y بالتابع $f(w,x)$ و ذلك لأن $\exists y$ أتت , حدثت, بعد $\forall w$ و $\forall x$ مباشرة .

التحويل الى الشكل الأمامي prenex (PNF – Prenex Normal Form)

تسمى عملية تحويل الصيغ جيدة التركيب WFF الى الشكل النظامي , في لغة حساب الاسناديات , بعملية التحويل الى الشكل prenex (PNF – Prenex Normal Form) , و يطلق عليها , أيضا , بعملية التحويل الى الشكل الأمامي حيث يتم من خلاله وضع جميع المكممات في المقدمة .

للتحويل الصيغ جيدة التركيب الى الشكل الأمامي prenex نستخدم قواعد التحويل السابقة , المستخدمة في لغة حساب الفرضيات , بالإضافة لمجموعة من القواعد الأخرى كالآتي :

1. $A \leftrightarrow B \equiv (A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow A)$
2. $A \rightarrow B \equiv \neg A \vee B$
3. $\neg(A \wedge B) \equiv \neg A \vee \neg B$
4. $\neg(A \vee B) \equiv \neg A \wedge \neg B$
5. $\neg\neg A \equiv A$
6. $A \vee (B \wedge C) \equiv (A \vee B) \wedge (A \vee C)$
7. $\neg(\forall x)A(x) \equiv (\exists x)\neg A(x)$
8. $\neg(\exists x)A(x) \equiv (\forall x)\neg A(x)$
9. $(\forall x)A(x) \wedge B \equiv (\forall x)(A(x) \wedge B)$
10. $(\forall x)A(x) \vee B \equiv (\forall x)(A(x) \vee B)$
11. $(\exists x)A(x) \wedge B \equiv (\exists x)(A(x) \wedge B)$
12. $(\exists x)A(x) \vee B \equiv (\exists x)(A(x) \vee B)$
13. $(\forall x)A(x) \wedge (\forall y)B(y) \equiv (\forall x)(\forall y)(A(x) \wedge B(y))$
14. $(\forall x)A(x) \wedge (\exists y)B(y) \equiv (\forall x)(\exists y)(A(x) \wedge B(y))$
15. $(\exists x)A(x) \wedge (\forall y)B(y) \equiv (\exists x)(\forall y)(A(x) \wedge B(y))$
16. $(\exists x)A(x) \wedge (\exists y)B(y) \equiv (\exists x)(\exists y)(A(x) \wedge B(y))$

مثال1 :

حول الصيغة التالية الى الشكل الأمامي prenex :

$$(\forall x)(A(x) \rightarrow B(x)) \rightarrow (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

الحل :

$$\neg(\forall x)(A(x) \rightarrow B(x)) \vee (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

$$\neg(\forall x)(\neg A(x) \vee B(x)) \vee (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

$$(\exists x)\neg(\neg A(x) \vee B(x)) \vee (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

$$(\exists x)(\neg\neg A(x) \wedge \neg B(x)) \vee (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

$$(\exists x)(A(x) \wedge \neg B(x)) \vee (\exists y)(A(y) \wedge B(y))$$

$$(\exists x)(\exists y)((A(x) \wedge \neg B(x)) \vee (A(y) \wedge B(y)))$$

$$(\exists x)(\exists y)(((A(x) \vee A(y)) \wedge (\neg B(x) \vee A(y)) \wedge (A(x) \vee B(y)) \wedge (\neg B(x) \vee B(y))))$$