المحاضرة العاشرة

الذكاء الصنعي

(*Artificial Intelligent*)

إعداد

الدكتور المهندس فراس الزين

الكلمات المفتاحية

الذكاء , المعرفة , الذكاء الصنعي , ليسب , برولوغ , تمثيل , مرونة , تحكم , عامل , اليقين , نظرية , بايس .

Intelligent , knowledge , , Artificial intelligent , A. I. , lisp , prolog , representation , flexibility , control , factor , certainty , theorem , bayes .

ثانيا - عوامل اليقين CF – Certainty Factors .

تستخدم معاملات التوكيد , عادة , للتأكد من صحة القاعدة المراد اختبارها و هي عبارة عن أرقام تدل على صحة اعتقاد الخبير في فرضية ما .

في قواعد المعرفة (KB) تشكل القواعد نواة أي قاعدة معرفة , و تأخذ كل قاعدة (Rule) الشكل التالي :

IF <evidence/مشاهدة> THEN <hypothesis/فرضية> {*cf* }

مثال :

$$Rule1: if\ A\ or\ B\ then\ C \quad (CF = 0.3)$$
$$Rule2: if\ C\ or\ D\ then\ H \quad (CF = 0.8)$$
$$Rule3: if\ E\ or\ F\ then\ H \quad (CF = 0.2)$$

و يمكن لمعامل اليقين (*CF*) أن يأخذ قيم موجبة أو سالبة , كما في الشكل التالي :

الرقم	دلالته اللغوية
-1	أكيد لا
-0.8	تقريباً أكيد لا
-0.6	من المحتمل لا
-0.4	ربما لا
-0.2 to 0.2	غير معروف
+0.4	ربما نعم
+0.6	من المحتمل نعم
+0.8	تقريباً أكيد نعم
+1	أكيد نعم

لحساب معامل اليقين لمجموعة من القواعد (أو الحقائق) تستخدم القوانين التجريبية التالية :

1. إذا جمعت علاقة AND بين قاعدتين (أو حقيقتين) , يحسب معامل اليقين النهائي لهما بأخذ معامل اليقين الأصغر فيما بينها , وفق العلاقة التالية :

CF(A and B) = min (CF(A), CF(B))

2. إذا جمعت علاقة OR بين قاعدتين (أو حقيقتين) , يحسب معامل اليقين النهائي لهما بأخذ معامل اليقين الأكبر فيما بينها , وفق العلاقة التالية :

CF(A or B) = max (CF(A), CF(B))

3. يحسب معامل اليقين للحقيقة المنفية , وفق العلاقة التالية :

CF(¬A) = - CF(A)

4. يحسب معامل اليقين النهائي لمجموعة من القواعد (أو الحقائق) , كما يلي :

$$cf(cf_1,cf_2)=\begin{cases} cf_1+cf_2\times(1-cf_1) & \text{if } cf_1>0 \text{ and } cf_2>0 \\ \dfrac{cf_1+cf_2}{1-\min[|cf_1|,|cf_1|]} & \text{if } cf_1<0 \text{ or } cf_2<0 \\ cf_1+cf_2\times(1+cf_1) & \text{if } cf_1<0 \text{ and } cf_2<0 \end{cases}$$

مثال1 :

أحسب معامل اليقين للقواعد التالية :

```
R1. IF A AND B THEN C
   CF(A)=0.3,  CF(B)=-0.5,  CF(R1)=0.6

R2. IF D OR G THEN F
   CF(D)=0.6,  CF(G)=0.4,  CF(R2)=0.8

R3. IF H THEN C
   CF(H)=0.7,  CF(R3)=0.5

R4. IF S AND T THEN F
   CF(S)=-0.5,  CF(T)=0.2,  CF(R4)=0.7
```

الحل :

```
R1. IF A AND B THEN C
   CF(A)=0.3,  CF(B)=-0.5,  CF(R1)=0.6
   CF(C)  =  min(CF(A), CF(B)) * CF(R1)
          =  min(0.3, -0.5) * 0.6
          =  -0.5 * 0.6 = -0.3

R2. IF D OR G THEN F
   CF(D)=0.6,  CF(G)=0.4,  CF(R2)=0.8
   CF(F)  =  max(CF(D), CF(G)) * CF(R2)
          =  max(0.6, 0.4) * 0.8
          =  0.6 * 0.8 = 0.48

R3. IF H THEN C
   CF(H)=0.7,  CF(R3)=0.5
   CF(C)  =  CF(H) * CF(R3)
          =  0.7 * 0.5 = 0.35

R4. IF S AND T THEN F
   CF(S)=-0.5,  CF(T)=0.2,  CF(R4)=0.7
   CF(F)  =  min(CF(S), CF(T)) * CF(R4)
          =  min(-0.5, 0.2) * 0.7
          =  -0.5 * 0.7 = -0.35
```

مثال2 :

في المثال السابق معامل اليقين $CF(C)$ نتج من قاعدتين $R1$ و $R3$ أحسب معامل اليقين $CF(C)$ العام (التراكبي) لهما .

الحل :

نلاحظ أن معامل اليقين *CF(C)* للقاعدة *R1* سالب بينما معامل اليقين *CF(C)* للقاعدة *R3* موجب , وعليه يحسب معامل اليقين *CF(C)* العام (التراكبي) من العلاقة التالية :

R1 CF(C)=-0.3
R3 CF(C)= 0.35

$$CF(C) = \frac{(CF1 + CF2)}{(1-\min(abs(CF1), abs(CF2)))} = \frac{(-0.3 + 0.35)}{(1-\min(0.3, 0.35))} = \frac{0.05}{1 - 0.3} = \frac{0.05}{0.7} = \mathbf{0.07}$$

مثال3 :

من المثال السابق أحسب معامل اليقين *CF(F)* العام (التراكبي) لهما .

الحل :

نلاحظ أن معامل اليقين *CF(F)* للقاعدة *R2* موجب بينما معامل اليقين *CF(F)* للقاعدة *R4* سالب , وعليه يحسب معامل اليقين *CF(F)* العام (التراكبي) من العلاقة التالية :

R2 CF(F)= 0.48
R4 CF(F)=-0.35

$$CF(C) = \frac{(CF1 + CF2)}{(1-\min(abs(CF1), abs(CF2)))} = \frac{(0.48 + (-0.35))}{(1-\min(0.48, 0.35))} = \frac{0.13}{1 - 0.35} = \frac{0.13}{0.65} = \mathbf{0.2}$$

مثال4 :

بفرض لدينا القواعد (الحقائق) التالية :

$\mathbf{R1})\ A \wedge B \wedge C \Rightarrow P$

$\mathbf{R2})\ D \Rightarrow A$

$\mathbf{R3})\ E \Rightarrow D$

$\mathbf{R4})\ F \Rightarrow A$

$\mathbf{R5})\ G \wedge H \wedge I \Rightarrow F$

$\mathbf{R6})\ J \Rightarrow B$

$\mathbf{R7})\ K \Rightarrow C$

$\mathbf{R8})\ L \Rightarrow C$

$\mathbf{R9})\ P \Rightarrow L$

$\mathbf{R10})\ M \Rightarrow L$

$\mathbf{R11})\ N \Rightarrow L$

و بفرض أن معاملات اليقين لهذه العلاقات , كما يلي :

$CF(E) = 0.4$
$CF(H) = 0.5$
$CF(M) = 0.9$
$CF(N) = -0.3$
$CF(G) = -0.3$
$CF(I) = 0.2$
$CF(J) = -0.4$

باعتبار أن معامل اليقين لكل قاعدة = 1 , و المطلوب إيجاد *CF(P)* ؟

الحل :
من القاعدة الأولى (***R1***) نجد أن *P* ناتجة عن عدد من العلاقات تجمع بينها علاقة AND , و عليه فإن ***CF(P)*** تحسب وفق العلاقة التالية :

CF(P) = min (CF(A) , CF(B) , CF(C)) * CF(R1)

لإيجاد *CF(P)* لا بد من حساب معامل اليقين لكل من *A ,B , C* .

نلاحظ أن :
A ناتجة عن D , F .
B ناتجة عن J .
C ناتجة عن k , L .
D ناتجة عن E .
F ناتجة عن G , H , I تجمع بينهما علاقة AND.

وعليه :
CF(D)= CF(E) * CF(R3) = 0.4 * 1 = 0.4
CF(B)= CF(J) * CF(R6) = -0.4 * 1 = -0.4

لحساب *CF(F)* نطبق العلاقة السابقة :
C(F) = min (CF(H) , CF(G) , CF(I)) * CF(R5) =
= min(0.5 , -0.3 , 0.2) * 1 = -0.3

لحساب *CF(A)* , و هي ناتجة عن قاعدتين وأن أحداهما معامل اليقين لها موجب و الأخرى سالب , لذلك نطبق العلاقة التالية :

$$CF(A) = \frac{CF(D) + CF(F)}{1 - min\,(|CF(D)|,|CF(F)|)} = \frac{0.4 - 0.3}{1 - 0.3} \approx 0.14$$

لحساب *CF(C)* , و هي ناتجة عن ***R7*** و***R***8 , فإنه لابد من حساب كل من *CF(L)* و *CF(K)* .

نحسب *CF(L)* , و هي ناتجة عن ***R11*** و***R***10 و***R9*** , بينما يمكن إهمال ***R9*** لأنها تعبر عن طريق مسدود و ذلك كون ***P*** نحن نريد حسابها .

نلاحظ أن *CF(L)* ناتجة عن قاعدتين وأن أحداهما معامل اليقين لها موجب و الأخرى سالب , لذلك نطبق العلاقة التالية :

$$CF(L) = \frac{CF(M) + CF(N)}{1 - \min(|CF(M)|, |CF(N)|)} = \frac{0.9 - 0.3}{1 - 0.3} = \frac{0.6}{0.7} \approx 0.8$$

نحسب *CF(K)* , و هي ناتجة عن **R7** , و ترتبط مع **R8** بعلاقة OR لذلك :

CF(K) = 1 – CF(L) = 1 – 0.8 = 0.2

لحساب *CF(C)* , و هي ناتجة عن ***R7*** و***R***8 , و بما أن معامل للتوكيد لكلا القاعدتين موجب فإن المعامل العام (التراكبي) لـ *CF(C)* يحسب بالعلاقة :

$$CF(C) = CF(K) + CF(L) - CF(K) \times CF(L) = 0.2 + 0.8 - 0.2 \times 0.8 = 0.8$$

نحسب *CF(P)* :

$$CF(P) = \min\big(CF(A), CF(B), CF(C)\big) \times CF(R_1) = \min(0.14, -0.4, 0.8) \times 1 = -0.4$$

ثالثا – نظرية / قاعدة بايس Bayes Theorem .

وضع توماس بايس نظريته التي تعتبر من أهم مبرهنات نظرية الاحتمالات , التي حملت اسمه في القرن الثامن عشر , و التي يعبر عنها القانون التالي :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

حيث:

P(A) احتمال وقوع **A**.

P(B) احتمال وقوع **B**.

P(A/B) و **P(B/A)** احتمالات شرطية وذلك بافتراض **A** و **B** غير متعارضتين.

ملاحظة :

1. إذا كان حدوث B مشروطا بحدثين متعارضين A , ¬A , عندها نكتب :

$$P(A) = P(A/B) \cdot P(B) + P(A/\neg B) \cdot P(\neg B)$$

2. إذا كان حدوث A مشروطا بحدثين متعارضين B , ¬B , عندها نكتب :

$$P(B) = P(B/A) \cdot P(A) + P(B/\neg A) \cdot P(\neg A)$$

3. بالتعويض بالمعادلة (القانون) السابقة نجد :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B)} = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{[P(B/A) \cdot P(A) + P(B/\neg A) \cdot P(\neg A)]}$$

مثال 1 :

بفرض أن احتمال النجاح في مقرر الذكاء الصنعي هو $P(A) = 0.7$ و أن احتمال الحصول على درجة جيدة بالعملي هو $P(B) = 0.8$ و احتمال أن تكون درجة العملي جيدة علما أن الطالب ناجح في مقرر الذكاء الصنعي هو $P(B/A) = 0.9$.

فما هو احتمال النجاح في مقرر الذكاء الصنعي إذا كانت درجة العملي جيدة $P(A/B)$?

الحـل:

نطبق قاعدة بايس :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B)} = \frac{0.9 * 0.7}{0.8} \approx 0.8$$

مثال2 :
بفرض أن احتمال ارتفاع درجة حرارة الجسم هو $P(A)$
و أن احتمال الاصابة بالإنفلونزا هو $P(B) = 0.3$ و أن احتمال ارتفاع درجة حرارة الجسم بوجود الاصابة بالإنفلونزا هو $P(A/B) = 0.8$
و أن احتمال ارتفاع درجة حرارة الجسم بعدم وجود الاصابة بالإنفلونزا هو $P(A/\neg B) = 0.4$ فما هو احتمال ارتفاع درجة حرارة الجسم $P(A)$ ؟

الحــل:
نلاحظ وجود حدثين متعارضين هما $B , \neg B$ لذلك نطبق قاعدة بايس من الشكل التالي :

$$P(A)= P(A/B) \cdot P(B)+ P(A/\neg B) \cdot P(\neg B)$$

لدينا معلوم :
$P(B) = 0.3$, $P(A/B) = 0.8$, $P(A/\neg B) = 0.4$

أما احتمال $P(\neg B)$ غير معلوم , لذلك نقوم بحسابه كما يلي :

$$P(\neg B) + P(B) = 1 \quad \Rightarrow \quad P(\neg B) = P(B) - 1 = 0.3 -1 = 0.7$$

نعوض في قاعدة بايس السابقة :

$$P(A)= P(A/B) \cdot P(B)+ P(A/\neg B) \cdot P(\neg B) = 0.8 \cdot 0.3 + 0.4 \cdot 0.7 = 0.52$$

من أهم مزايا نظرية بايس (Bayes Theorem) أنها تعنى بكيفية حساب الاحتمال الشرطي للأحداث المتنافية التي تشكل مجموعة كلية و مرافقة للحدث المراد حسابه .

فلو فرضنا أنه لدينا مجموعة من الأحداث المتنافية A1 , A2 , ... , An و التي مجموعها يشكل فضاء العينة Ω و أن $P(A_i) > 0$ فمن أجل أي حدث B , حيث $P(B) > 0$ يكون لدينا :

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i)\times P(B/A_i)}{\sum_{i=1}^{n} P(B_i)\times P(A/B_i)}$$

مثال :

لدينا مصنع يتكون من 3 آلات T, M, F حيث تنتج كل آلة %60، %30، %10 على التوالي. وأن الإنتاج الفاسد لكل آلة هو %3، %5، %7 على الترتيب. فرضا أننا اخترنا قطعة بطريقة عشوائية، فوجدناها فاسدة.

أ- ما هو احتمال أن تكون من إنتاج الآلة F؟

ب- ما هو احتمال أن تكون من إنتاج الآلة T؟

الحل :

نفترض أن A هو حدث اختيار القطعة الفاسدة.

أ- احتمال أن تكون من إنتاج الآلة F علما أنها فاسدة هو:

$$\mathrm{P}(\mathrm{F}/A)=\frac{\mathrm{P(F)}\times P(A/\mathrm{F})}{\mathrm{P(F)\times P(A}/F)+P(M)\times P(A/M)+P(T)\times P(A/T)}=\frac{0.6\times 0.03}{0.6\times 0.03+0.3\times 0.05+0.1\times 0.07}=0.45$$

ب- احتمال أن تكون من إنتاج الآلة T علما أنها فاسدة هو:

$$\mathrm{P}(\mathrm{F}/A)=\frac{P(T)\times P(A/\mathrm{T})}{\mathrm{P(T)\times P(A}/T)+P(M)\times P(A/M)+P(F)\times P(A/F)}=\frac{0.1\times 0.07}{0.1\times 0.07+0.3\times 0.05+0.6\times 0.03}=0.175$$

ملاحظة :

من مساوئ هذه الطريقة أنها **لا تتضمن مفهوم النفي** , و هذا يناقض طريقة عمل العقل البشري .