

ALGORISME D'ADAPTACIÓ RECURSIVA DE FUNCIONS DE POSSIBILITAT PER A L'APRENENTATGE DE LA SIGNIFICACIÓ DE CONCEPTES IMPRECISOS.

Ramón LOPEZ de MANTARAS
Dept. Matemàtiques
Facultat d'Informàtica
Universitat Politècnica de Barcelona

Christián FREKSA
EECS Dept.
University of California
Berkeley
(Estats Units)

Josep AGUILAR MARTIN
L.A.A.S. du C.N.R.S.
Toulouse
(França)

1.- INTRODUCCIÓ.

Aquest article presenta un intent de construir un sistema capaç d'aprendre la significació de conceptes imprecisos (color, mida, etc.) dins d'un context determinat, mitjançant un algorisme d'observació-correcció, basat en un diàleg en llenguatge natural entre el sistema i el "professor".

Per il·lustrar aquesta idea, considerarem un context relativament senzill que consisteix en un Univers d'objectes amb diferents formes, mides i colors.

El professor demana al sistema d'identificar objectes descrivint-los mitjançant la forma, i/o el color i/o la mida. La descripció de l'objecte és automàticament traduïda (2) en una expressió d'un llenguatge anomenat PRUF (1) per un traductor basat en una xarxa de transicions augmentada (3). Conseqüentment el sistema respon per la designació de l'objecte que més convé a l'expressió en PRUF. La resposta pot ésser correcta o incorrecta; en qualsevol cas es posarà en marxa l'algorisme d'aprenentatge que consistirà a modificar els vectors representatius de les funcions de possibilitat (1) emprades dins de l'expressió en PRUF.

2.- DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA.

L'entrada del sistema és una frase en Anglès descrivint un objecte. La imprecisió intrínseca dels llenguatges naturals és més de natura possibilista (1) que probabilista. Les característiques (color, mida, etc.) d'un objecte no estan ben definides, aleshores s'han de representar per distribucions de possibilitat en lloc de per característiques absolutes.

Per tractar aquestes imprecisions, L.A. ZADEH introduí

PRUF (1) (Possibilistic Relational Universal Fuzzy) que és un llenguatge per presentar la significació intencional del llenguatge natural, PRUF està basat en la teoria dels conjunts difusos (1).

En general, una expressió en PRUF pot ésser considerada com un procediment que actua sobre un conjunt de relacions difuses en una base de dades, i calcula la distribució de possibilitat d'un conjunt de variables. És a dir que si p és una frase en un llenguatge natural que es tradueix per una expressió P en PRUF, i si Π^P és la distribució de possibilitat donada per P , aleshores P es pot interpretar com la significació de P mentre que Π^P és la informació que P comporta.

Per tant $P=N$ és F on N pot ésser el nom de (a) una variable, (b) un conjunt difús, (c) una frase, o (d) un objecte, i F és un subconjunt difús d'un Univers de discurs U , es tradueix per una equació de la forma $\Pi_X=F$, on X és una variable que pren els seus valors dins U .

Exemple: THE OBJECT IS A SMALL AND RED TRIANGLE es tradueix per:

(OBJECT ($\Pi_{\text{shape}} = \text{TRIANGLE}$)
 ($\Pi_{\text{color}} = \text{RED}$)
 ($\Pi_{\text{size}} = \text{SMALL}$)
 (determiner=DEFINITE)

on TRIANGLE, RED i SMALL són etiquetes de conjunts difusos que introdueixen una restricció difusa en les possibles formes, colors i mides de l'objecte.

El primer problema que varem trobar va ésser el de traduir automàticament de l'anglès a PRUF.

2.1. Tipus de Regles de Traducció.

L.A. ZADEH (1) defineix quatre tipus de regles de traducció per frases en llenguatge natural: Tipus I -relatives a modificació; Tipus II -relatives a composició; Tipus III -relatives a quantificació i tipus IV -relatives a qualificació. Alguns exemples de cada tipus serien:

Tipus I : X is red
 Y is smaller than Z
 The object is a big equilateral

Tipus II: X is red and Y is big
 Z is a triangle or a square
 If the object is red then it is big

Tipus III: Most X's are circles
 All the X's are big

Tipus IV: M is yellow is true
 N is young is very possible

En la referència (1) Zadeh dóna un conjunt de regles de traducció per cada tipus. En aquest treball hem concentrat l'atenció en els tipus I, II i III, deixant les del tipus IV per més tard.

2.2. El traductor (2).

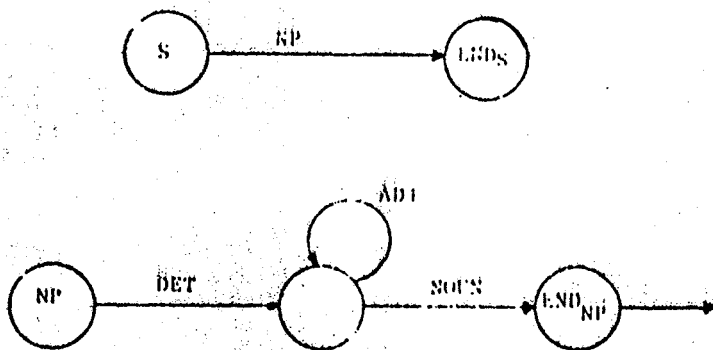
El traductor està basat en una xarxa de transicions augmentada (3) i una altre xarxa que conté informació semàntica relativa a un context determinat.

Una xarxa de transicions augmentada sembla, a primera vista, una màquina d'estats finits; té un cert nombre de estats connectats per arcs. Els arcs poden ésser associats amb tests i accions arbitraris, un test indica si un arc pot o no pot ésser travessat, una acció indica allò que s'hà de fer quan l'arc corresponent ha estat travessat. Una acció fonamental de la nostra xarxa de transicions, serà la de provocar una cerca a través de la xarxa semàntica associada de manera a treure l'informació semàntica necessària d'una paraula donada.

Les etiquetes en els arcs poden representar paraules individuals o fins i tot parts de la mateixa xarxa, per exemple si l'etiqueta: NP (Noun Phrase) apareix en un dels arcs, aquest arc podrà ésser travessat si, i només si hi ha un camí que travessa la subxarxa que té NP com a estat inicial.

Una característica important de les xarxes de transició és: recursió. Per exemple dins de la subxarxa NP hi pot haver un arc amb l'etiqueta NP, cosa que farà que aquesta subxarxa sigui travessada de nou.

Ara veurem un exemple per analitzar frases senzilles del tipus: THE RED SMALL TABLE. La xarxa de transicions per a aquest tipus de frases és:

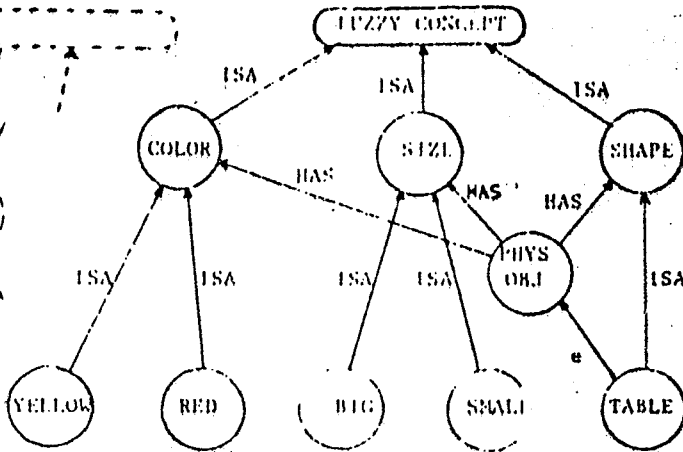


Els tests són: DET, ADJ, NOUN.

Les dades sintàctiques estan sota la forma de diccionari, aquest diccionari inclouria, entre altres dades, les següents:

(THE, DET, DEFINITE)
 (RED, ADJ)
 (SMALL, ADJ)
 (TABLE, NOUN, SINGULAR)

i una part de la xarxa semàntica seria:



Entre les accions associades amb els tests ADJ i NOUN n'hi haurà unes que provocaran una cerca a través de la xarxa semàntica per treure la informació següent: TABLE és element del conjunt d'objectes físics (PHYS OBJ), un PHYS OBJ té SHAPE (forma), COLOR i SIZE (mida); COLOR, SIZE i SHAPE són conceptes difusos (FUZZY CONCEPTS); TABLE és una forma (SHAPE); SMALL és una mida (SIZE); RED és un color (COLOR).

Finalment, el traductor comporta una sèrie d'accions del tipus BUILD per construir l'expressió en PRUF, a partir de les informacions obtingudes en l'anàlisi sintàctica i la cerca semàntica. En el nostre exemple obtindriem:

```

(OBJECT {Π(shape) = TABLE}
        {Π(color) = RED}
        {Π(size) = SMALL}
        {determine = definite})
  
```

2.3. El procés d'aprenentatge (9).

El procés d'aprenentatge comença quan un concepte apareix per primera vegada dins d'una frase, aleshores el sistema associa a aquest concepte una distribució de possibilitat inicial en l'expressió en PRUF. Aquesta distribució de possibilitat serà adaptada o modificada pel sistema en funció d'un diàleg del

tipus pregunta-resposta amb un professor. En el nostre cas el professor demana al sistema d'identificar objectes descrits a partir de la seva forma, mida i color.

Si l'objecte seleccionat pel sistema no és el que feia referència el professor, és perquè un ó més dels conceptes en cara no han estat adequadament apresos, en aquest cas el professor informa al sistema que l'objecte escollit no és el correcte i dóna més informació per tal que el sistema continuï el procés d'aprenentatge, és a dir modificar la posició i/o la forma de les distribucions de possibilitat corresponents de manera a disminuir el grau de pertinença de l'objecte seleccionat a cada una de les distribucions.

Si el sistema ha trobat l'objecte correcte, el professor ho confirma i el sistema modifica les distribucions de possibilitat de manera a augmentar el grau de pertinença de l'objecte seleccionat a cada una de les distribucions.

Es considera que el sistema ha après els conceptes quan pot identificar qualsevol objecte, dins d'un context determinat, descrit pel professor mitjançant aquests conceptes.

Si tan sols volem adaptar la posició, la llei d'adaptació seria la següent:

$$P_{K+1} = P_K + \alpha \cdot \lambda_{ij} \cdot f(M - P_K)$$

essent: P_K la posició de la distribució de possibilitat en l'instant K , α una ponderació.

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} + 1 & \text{si } \theta_i = \theta_j \\ - 1 & \text{si } \theta_i \neq \theta_j \end{cases}$$

essent θ_i l'objecte referenciat i θ_j l'objecte seleccionat.

$f(M - P_K)$ és una funció on M és una mesura sobre l'objecte seleccionat relativa al concepte representat per la distribució de possibilitat. Per exemple si el concepte és: SMALL, M serà una mesura de la mida dels objectes. M , P_K i P_{K+1} , evidentment, presenten els seus valors en el mateix univers de discurs. P_{K+1} és la nova posició de la distribució de possibilitat.

2.4. La identificació (8,9).

El sistema té accés a una base de dades que conté informació qualitativa i quantitativa sobre els objectes, és a dir que a cada objecte li correspon un conjunt d'atributs geomètrics i físics, aquesta informació pot ésser el resultat d'un procés de percepció, encara que nosaltres no considerem el problema de la percepció en aquest treball.

Utilitzant aquesta informació, el sistema pot calcular el grau de pertinença d'un objecte a l'expressió en PRUF calculant

el grau de pertinença de l'objecte a cada una de les distribucions de possibilitat de què es compon l'expressió en PRUF (coorresponents als conceptes utilitzats en la descripció de l'objecte). El sistema escollirà l'objecte que millor s'adapta a l'expressió en PRUF segons el "Principle of Maximum Meaningfulness" (4), és a dir l'objecte que té el màxim grau de pertinença en l'expressió PRUF,

és a dir que selecciona θ_j si

$$\text{Poss} \{ \Pi^{P_1} = \theta_j \} = \max_k [\text{Poss} \{ \Pi^{P_1} = \theta_k \}]$$

essent Π^{P_1} la distribució de possibilitat donada per la descripció P_1 de l'objecte θ_1 .

i $\text{Poss} \{ \Pi^{P_1} = \theta_k \}$ és una abreviatura de "La possibilitat de que θ_k és l'objecte descrit per Π^{P_1} ".

El sistema té la possibilitat de demanar més informació si és que la necessita per pendre una decisió, aquesta situació pot donarse quan cap objecte no s'adapta adequadament a l'expressió en PRUF, és a dir quan el grau de pertinença de tots i cada un dels objectes està per sota d'un cert nivell decidit a priori, la raó podria ésser que en la descripció de l'objecte hi intervé algún concepte encara no conegut pel sistema, per tant el sistema demana el nom corresponent a aquest concepte i li associa una distribució de possibilitat inicial estàndard, la qual, si és necessari, serà modificada posteriorment.

3. RESULTATS I TREBALL FUTUR.

La implementació del sistema està dividida en tres fases, la primera fase correspon al traductor, i la podem considerar acabada, el traductor pot traduir una varietat bastant àmplia de frases en anglès que descriuen objectes en un context determinat, alguns exemples són:

OBJECT60 IS A RED TRIANGLE
 GIVE ME SOME BIG TRIANGLES
 PICK ALL THE RECTANGLES THAT ARE MORE OR LESS LONG
 FIND THE CUBE THAT IS RED OR YELLOW AND VERY SMALL
 FIND SEVERAL VERY LONG AND VERY BLACK ISOSCELES
 PICK UP A GREEN TRIANGLE BIGGER THAN THE BLUE ONE
 GIVE ME THE BIGGEST OBJECT
 WHAT IS THE COLOR OF OBJECT5?

El traductor ha estat implementat en LISP. Ara estem treballant en la realització dels processos d'aprenentatge i d'identificació, per començar hem considerat que només un concepte intervé en la descripció en PRUF, ja sigui la forma, la mida o bé el color. Per altra part durant l'aprenentatge es modifica la posició però no la forma de les distribucions de possibilitat, la implementació s'està realitzant en el llenguatge de pro

gramació L-FUZZY (7), aquest llenguatge està basat en LISP i la seva principal característica és que pot representar directament els conjunts difusos amb modificadors lingüístics.

S'ens presenten uns problemes per al nostre futur treball i un és com modificar la forma de les distribucions de possibilitat en cas de necessitat, una possible solució seria la "Rule of Combination of Evidence" (5,6).

Un altre problema és el de la coherència del professor, és a dir que si en un moment donat el professor diu que un cert objecte és gran i si més tard diu que aquest mateix objecte és petit, el sistema ha d'ésser capaç de detectar la incoherència i avisar el professor.

4. CONCLUSIONS.

El nostre treball no és complet, és un projecte de bastant d'envergadura en col·laboració amb gent de Berkeley i de Toulouse, que esperem que culmini a finals de l'any 1982.

Per acabar esmentarem algunes característiques fonamentals del sistema:

1. El context determinat, permet que la descripció sigui relativament senzilla.
2. La imprecisió (fuzziness) és utilitzada per evitar la necessitat d'un acord massa estricte en el llenguatge, també permet utilitzar un grau de precisió que depengui del context, és a dir que la precisió que el sistema exigirà del professor per aprendre a identificar un objecte, dependrà de la presència d'objectes similars en el mateix context.
3. La significació dels conceptes i la magnitud del vocabulari depenen del context i s'hi adapten.
4. Per poder distinguir l'objecte volgut entre diversos objectes candidats, hi ha d'haver almenys una característica en la descripció, que s'adapti millor a l'objecte volgut que als altres objectes.
5. Tant el professor com el sistema han d'estar d'acord en la ordenació que introdueixen els modificadors lingüístics aplicats a un concepte, per exemple, si considerem el concepte "tallness", tindriem l'ordre següent:

not tall < more or less tall < tall < very tall

per tant el professor ha de fer saber aquesta ordenació durant l'aprenentatge.

AGRAÏMENTS.

Voldriem expressar la nostra gratitud a en Lotfi Zadeh per les seves valioses crítiques i suggeriments en l'inici d'aquest projecte.

BIBLIOGRAFIA

- (1). ZADEH, L.A. (1978), "PRUF-A Meaning Representation Language for Natural Languages", Int. J. Of Man-Machine Studies, 10, 395-460.
- (2). LOPEZ DE MANTARAS, R. (1980), "Translation of Natural Language Descriptions of Simple Objects into PRUF", accepted for presentation in the Symposium of Artificial Intelligence and Cognitive Processes, XXII International Congress of Psychology, Leipzig (GDR).
- (3). WOODS, W.A. (1970), "Transition Network Grammars for Natural Language Analysis", Computational Linguistics, 13, 591-606.
- (4). GOGUEN, J.A. (1975), "On Fuzzy Robot Planning", Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes, (edited by Zadeh, Fu, Tanaka and Shimura), Academica Press Inc., New York, 429-447.
- (5). SHAFER, G. (1976), "A Mathematical Theory of Evidence", Princeton University Press.
- (6). ZADEH, L.A. (1979), "On the Validity of Dempster's Rule of Combination of Evidence", Memorandum ERL, University of California, Berkeley.
- (7). FREKSA, C. (1980), "Communication about Visual Patterns by means of Fuzzy Characterizations", Symposium of Artificial Intelligence and Cognitive Processes, XXII International Congress of Psychology, Leipzig (GDR).
- (8). FREKSA, C. (1980), "L-FUZZY, An AI Language with Linguistic Modification of Patterns", Memorandum UCB/ERL M80/10, University of California, Berkeley.
- (9). LOPEZ DE MANTARAS, R. (1980), "Learning the Meaning of Imprecise Concepts by Adaptation of their Possibility Distributions", Round Table on Recent Developments of the Theory of Fuzzy Sets, Lyon (France).