

Ενότητα Β' – Συστήματα Αβεβαιότητας 3_ Πρώιμες θεωρίες αντιμετώπισης Αβεβαιότητας

Κατερίνα Γεωργούλη
Δεκέμβριος 2019

Συντελεστές βεβαιότητας Certainty Factors

Συντελεστές Βεβαιότητας

- Η θεωρία της βεβαιότητας είναι μια προσπάθεια να επισημοποιηθεί η ευριστική προσέγγιση της λογικής με αβεβαιότητα.
- Ανθρώπινοι εμπειρογνώμονες δίνουν βαρύτητα στην εμπιστοσύνη στα συμπεράσματά τους και τα επιχειρήματά τους του τύπου "απίθανο", "σχεδόν βέβαιο", "πολύ πιθανό", "πιθανό". Αυτές δεν είναι πιθανότητες, αλλά οι εμπειρίες που προέρχονται από εμπειρίες.
- Ανθρώπινοι εμπειρογνώμονες μπορούν να δώσουν βαρύτητα στην εμπιστοσύνη σε μια σχέση χωρίς να έχουν την αίσθηση ότι δεν είναι αλήθεια.

Belief and Disbelief of an hypothesis

- Εξετάστε τη δήλωση :

"The probability that I have a disease plus the probability that I do not have the disease equals one."

- Τώρα, σκεφτείτε μια εναλλακτική μορφή της δήλωσης:

"The probability that I have a disease is one minus the probability that I don't have it."

Μέτρα της Πίστης και της Δυσπιστίας

- Ο συντελεστής βεβαιότητας, CF, είναι ένας τρόπος συνδυασμού της πίστης και της δυσπιστίας σε έναν ενιαίο αριθμό.
- Αυτό έχει δυο χρήσεις:
 1. Ο συντελεστής βεβαιότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ταξινομήσει υποθέσεις κατά σειρά σπουδαιότητας.
 2. Ο συντελεστής βεβαιότητας δείχνει την καθαρή πεποίθηση σε μια υπόθεση που βασίζεται σε κάποια στοιχεία.

$$cf = \frac{MB(H, E) - MD(H, E)}{1 - \min[MB(H, E), MD(H, E)]}$$

Τιμές Συντελεστής Βεβαιότητας

Τιμές από -1 έως +1.

- **Θετικό CF** – τα στοιχεία υποστηρίζουν την υπόθεση.
- **CF = 1** – τα στοιχεία αποδεικνύουν σίγουρα την υπόθεση.
- **CF = 0** - δεν υπάρχουν στοιχεία ή η πίστη και η δυσπιστία ακυρώνουν η μια την άλλη.
- **Αρνητικό CF** – τα αποδεικτικά στοιχεία ευνοούν την άρνηση της υπόθεσης – περισσότεροι λόγοι να μην πιστέψουμε την υπόθεση παρά να την πιστέψουμε.

Τα Μαθηματικά της Βεβαιότητας

- Το **CF (γεγονός) ∈ [-1,1]** αντικατοπτρίζει την εμπιστοσύνη σε δεδομένα δεδομένα, συμπερασματικά δεδομένα ή υποθέσεις
- ένα CF που προσεγγίζει το 1 δηλώνει εμπιστοσύνη στο γεγονός ότι είναι αλήθεια
- ένα CF που πλησιάζει το -1 δηλώνει εμπιστοσύνη στο γεγονός ότι δεν είναι αλήθεια
- ένα CF περίπου 0 υποδεικνύει ότι υπάρχουν λίγα στοιχεία για ή ενάντια στο γεγονός,
- Ο **CF (κανόνας) ∈ [-1,1]** αντανακλά την εμπιστοσύνη του εμπειρογνώμονα στην αξιοπιστία του κανόνα

Οριακές Τιμές ή Τιμές Κατωφλίου

- Στο MYCIN, το CF των προϋποθέσεων ενός κανόνα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0,2 για να θεωρείται αληθής η προϋπόθεση και να ενεργοποιείται ο κανόνας.
- Αυτή η τιμή κατωφλίου ελαχιστοποιεί την ενεργοποίηση κανόνων που υποδηλώνουν ελάχιστη πίστη στην υπόθεση.
- Αυτό βελτιώνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος - αποτρέποντας την ενεργοποίηση των κανόνων με ελάχιστη ή μηδενική αξία.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια λειτουργία συνδυασμού των CF των επιμέρους κανόνων για τον υπολογισμό της βεβαιότητας στο τελικό συμπέρασμα που θα προκύψει.

Ένα απλό παράδειγμα CF σε κανόνες

- Παράδειγμα: Θεωρείστε τον παρακάτω κανόνα:

IF A is X
THEN B is Y

Συνήθως οι εμπειρογνώμονες δε είναι βέβαιοι για την ισχύ του κανόνα:

IF A is X
THEN B is **Y {cf 0.7};**
B is **Z {cf 0.2}**

Συντελεστές Βεβαιότητας σε σύνθετα Δεδομένα

$$CF(A \text{ and } B) = \text{Min}[CF(A), CF(B)]$$

$$CF(A \text{ or } B) = \text{Max}[CF(A), CF(B)]$$

Παράδειγμα:

$$CF(\text{patient has fever}) = 0.9$$

$$CF(\text{patient is sneezing}) = 0.6$$

$$CF(\text{patient has fever and patient is sneezing}) = 0.6$$

$$CF(\text{patient has fever or patient is sneezing}) = 0.9$$

Σύνθεση CF δεδομένων και κανόνων

IF P {cf P}
THEN Q {cf rule}

$$CF(Q) = CF(P) * CF(\text{rule})$$

Παράδειγμα:

$$CF(\text{patient has fever}) = 0.8$$

$$CF(\text{If patient has fever then patient has flu}) = 0.5$$

$$CF(\text{patient has flu}) = 0.8 \times 0.5 = 0.4$$

CFs συνδυαστικών κανόνων

- Συντελεστές βεβαιότητας για κανόνες με πολλαπλές αβέβαιες προϋποθέσεις

Συνδυαστικός κανόνας

IF $\langle E_1 \rangle$ AND $\langle E_2 \rangle$...AND $\langle E_n \rangle$
THEN $\langle H \rangle$ {CF rule}

Βεβαιότητα για το συμπέρασμα $\langle H \rangle$:

$$CF(H) = \min[cf(E_1), cf(E_2), \dots, cf(E_n)] \times cf(\text{rule})$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

if (P1 and P2) or P3
then C1 (0.7) and C2 (0.3)

Θεωρείστε ότι:

$$\begin{aligned} CF(P1) &= 0.6, \\ CF(P2) &= 0.4, \\ CF(P3) &= 0.2 \end{aligned}$$

$$CF(P1 \text{ and } P2) = \min(0.6, 0.4) = 0.4$$

$$CF((P1 \text{ and } P2) \text{ or } P3) = CF(0.4, P3) = \max(0.4, 0.2) = 0.4$$

$$CF(C1) = 0.7 * 0.4 = 0.28$$

$$CF(C2) = 0.3 * 0.4 = 0.12$$

Συνδυασμός πολλαπλών CFs από διαφορετικούς κανόνες

Παράδειγμα:

$$CF(\text{patient has fever}) = 1$$

$$CF(\text{patient is sneezing}) = 0.8$$

$$CF(\text{If patient is sneezing Then patient has flu}) = 0.5$$

$$CF(\text{If patient has fever Then patient has flu}) = 0.6$$

$$CF_1(\text{patient has flu}) = 0.4$$

$$CF_2(\text{patient has flu}) = 0.6$$

$$CF(\text{patient has flu}) = 0.4 + 0.6 - 0.24 = 0.76$$

Συνδυάζοντας CF από διαφορετικούς κανόνες

$$\text{If } P \text{ Then } Q \quad \rightarrow \quad CF_1(Q)$$

$$\text{If } R \text{ Then } Q \quad \rightarrow \quad CF_2(Q)$$

$$\begin{aligned} CF(Q) &= CF_1(Q) + CF_2(Q) - CF_1(Q) * CF_2(Q) \quad \text{όταν } CF_1 \text{ \& } CF_2 \text{ θετικά} \\ &= CF_1(Q) + CF_2(Q) + CF_1(Q) * CF_2(Q) \quad \text{όταν } CF_1 \text{ \& } CF_2 \text{ αρνητικά} \\ &= \frac{CF_1(Q) + CF_2(Q)}{1 - \min(|CF_1(Q)|, |CF_2(Q)|)} \quad \text{διαφορετικά} \end{aligned}$$

Mycin

Goal: *Aid physicians in the diagnosis and treatment of infectious diseases*

- (1) identify infectious organisms
- (2) select drugs that control these organisms

User Interface: *Dialog with physician for data gathering*

- (1) general patient data
- (2) laboratory results
- (3) patient symptoms

Uncertain terms in MYCIN

| <i>Term</i> | <i>Certainty Factor</i> |
|----------------------|-------------------------|
| Definitely not | -1.0 |
| Almost certainly not | -0.8 |
| Probably not | -0.6 |
| Maybe not | -0.4 |
| Unknown | -0.2 to +0.2 |
| Maybe | +0.4 |
| Probably | +0.6 |
| Almost certainly | +0.8 |
| Definitely | +1.0 |

Mycin: Συμπερασματικός μηχανισμός

Context: *Objects discussed by MYCIN*

- (1) different types, i.e. patient, drug, culture
- (2) organised in a tree

Inference Engine: *Goal Directed Backward Chaining*

- (1) nearly exhaustive depth first search
- (2) can reason with uncertainty
- (3) can reason with incomplete data

Explanation Facilities: *QA module*

Why-How questions

Mycin: Αναπαράσταση

Facts: (parameter context value CF)

(identity organism_1 klebsiella .25)

(sensitive organism_1 penicillin -1.0)

Rules:

IF(a) the infection is primary-bacteria, and

(b) the site of the culture is one of the sterile sites, and

(c) the suspected portal of entry is the gastrointestinal tract

THEN there is suggestive evidence (.7) that infection is bacteroid

Mycin: Παράδειγμα

John's foot is hurting (1.0). When I examine it, it looks swollen (0.6) and a little bit red (0.1). I do not have a thermometer available but I think he has some fever (0.4). I know that John is a marathon runner who constantly overloads his joints (1.0). John can still move his foot (1.0).

? Is John's foot broken, sprained, or infected?

- 1. IF hurt AND fever THEN infected 0.6
- 2. IF hurt AND swollen THEN trauma 0.8
- 3. IF overload THEN infected 0.5
- 4. IF trauma AND red THEN broken 0.8
- 5. IF trauma AND moves THEN sprained 1.0

Certainty Factors: προβλήματα

- Στο MYCIN, το οποίο ήταν πολύ επιτυχημένο στη διάγνωση, υπήρχαν δυσκολίες με τη θεωρητική θεμελίωση των CF.
- Υπήρχαν κάποιες βάσεις για τις τιμές CF στην θεωρία της πιθανότητας και στη θεωρία επιβεβαίωσης, αλλά οι τιμές CF ήταν εν μέρει ad hoc.
- Επίσης, οι τιμές CF θα μπορούσαν να είναι το αντίθετο των υπό όρους πιθανοτήτων.

Bayesian vs. certainty factors

- Η θεωρία των πιθανοτήτων είναι «καλά μαθηματικά» και λειτουργεί καλά αν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία και μπορούν να γίνουν ακριβείς δηλώσεις πιθανότητας.
- Η θεωρία των CF δεν έχει επίσημη μαθηματική θεμελίωση, αλλά είναι ικανή να εκτιμήσει καλύτερα μια πιθανότητα που θα κάνει αντίστοιχα ένας εμπειρογνώμονας.