Tri thức và Lập luận Không chắc chắn

Tô Hoài Việt
Khoa Công nghệ Thông tin
Đại học Khoa học Tự nhiên TPHCM
thviet@fit.hcmuns.edu.vn

Tổng quát

- Sự không chắc chắn
- Xác suất
- Xác suất kết hợp và xác suất biên
- Suy diễn
- Luật của Bayes
- Mạng Bayes

Lập luận chính xác vs. Lập luận không chắc chắn

- Lập luận chính xác:
  - Mô hình suy diễn
  - Mô hình quy diễn
  - Mô hình quy nạp

- **Ví dụ:**
  - Luật: A $\Rightarrow$ B
  - Có: A đúng
  - Suy ra : B đúng

Lập luận xấp xỉ

Nếu A thì B

[với xs p]

Sự không chắc chắn

- Tri thức của con người trong nhiều lĩnh vực là <u>không chắc chắn</u>.

- Ví dụ: xét tri thức trong lĩnh vực nha khoa:
  - Triệu_chứng(p, Đau_Răng) ⇒ Bệnh(p, Sâu_răng)?

  - Triệu_chứng(p, Đau_Răng) ⇒ Bệnh(p, Sâu_răng) ∨ Bệnh(p, Viêm_lợi) ∨ Bệnh(p, Nhiễm_trùng)…

  - Bệnh(p, Sâu_răng) ⇒ Triệu_chứng(p, Đau_răng)?
  - Không phải lúc nào sâu răng của gây ra đau răng.

Nguồn gốc của Sự không chắc chắn

- Thông tin không đầy đủ
  - Ta không thể biết hết mọi thứ.
  - Ta có thể không muốn đợi.
- Nhập nhằng
  - Sự việc có thể được diễn tả trong nhiều (hơn một) cách.
- Sự không chính xác
  - Sai số của Con người/Thiết bị.
- Các luật thường là các heuristic được các chuyên gia sử dụng trong một tình huống nào đó
  - Không hoàn hảo !
  - Các luật được học hoặc được viết không chính xác.

Biểu diễn Sự không chắc chắn

Ước lượng bằng…	Một con số đơn lẻ	Khoảng Tin cậy
Tần số xuất hiện	Bayes	Lý thuyết Dempster-Shafer
Độ đo chủ quan (từ chuyên gia)	Hệ số Chắc chắn Logic mờ	

Xác suất

- Xác suất: mức độ tin cậy hay khả năng xảy ra của một sự kiện-một mệnh đề. Ký hiệu P(A).

$$P(A) = \frac{f_A}{N}$$

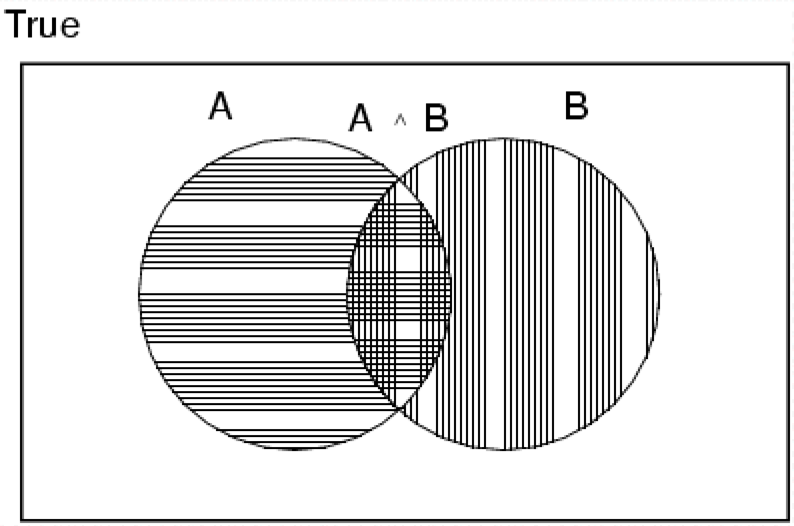
với N: các kết quả có thể

f_A: số cách mà sự kiện A có thể xảy ra

- Ví dụ:
  - Sự kiện: A = “Ném 1 con súc sắc được mặt số 2”
  - P(A) = 1/6.

Xác suất

- Tính chất
  - $0 \leq P(A) \leq 1$
  - $P(true) = 1$
  - $P(false) = 0$
  - $P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A \wedge B)$



Tính xác suất như thế nào?

- Dựa vào mô hình hoặc giá trị lý thuyết
  – **Ví dụ:**
    Theo giả định độc lập, xác suất gieo súc sắc được mặt 1 là 1/6.

- Thống kê từ dữ liệu thực
  – **Ví dụ:**
    Tung con súc sắc 1000 lần, số lần xuất hiện
    - mặt 1: 162 lần => P(A=1) = 0.162
    - mặt 2: 179 lần => P(A=2) = 0.179
    - mặt 3: 177 lần => P(A=3) = 0.177
    - mặt 4: 172 lần => P(A=4) = 0.172
    - mặt 5: 150 lần => P(A=5) = 0.150
    - mặt 6: 160 lần => P(A=6) = 0.160

Tính xác suất như thế nào?

- **Ví dụ:**

  Thống kê số ca bị bệnh Đau răng (Đ), Sâu răng (S) và Trám răng (T) trên 1000 ca:
  - Số ca Đ ∧ S ∧ T là: 108 ca
  - Số ca Đ ∧ S ∧ ¬T là: 12 ca
  - Số ca Đ ∧ ¬S ∧ T là: 16 ca
  - Số ca Đ ∧ ¬S ∧ ¬T là: 64 ca
  - …

  2^3 = 8 trường hợp

- Các giá trị (xác suất) thống kê được lưu trong các bảng *phân phối xác suất kết hợp*.

Định nghĩa

- Thành phần cơ bản là các biến ngẫu nhiên có giá trị :
  - Biến ngẫu nhiên Bool (VD: *Sâu_răng* (có hay không?))
  - Biến ngẫu nhiên rời rạc (VD: *Thời_tiết* là một trong bốn loại <nắng, mưa, tuyết, bão>)
  - Biến liên tục (VD: X > 4.2…)

- Các giá trị trong miền trị phải vét cạn và loại trừ lẫn nhau

- Một mệnh đề (sự kiện) được định nghĩa bằng cách gán một giá trị có thể cho một biến ngẫu nhiên, vd: *Thời_tiết = nắng, Sâu_răng= false* (viết tắt là $\neg$*Sâu_răng*)

- Các mệnh đề phức: hình thành từ các mệnh đề đơn và các phép nối: *Thời_tiết= nắng* $\vee$ *Sâu_răng= false*

Phân phối Xác suất Kết hợp

- Phân phối xác suất cho biết xác suất xảy ra tất cả các phép thế có thể,

  P(Thời_tiết) = <0.72, 0.1, 0.08, 0.1>

- Phân phối xác suất kết hợp đối với một tập các biến ngẫu nhiên cho biết xác suất của mọi sự kiện nguyên tố trên các biến ngẫu nhiên đó

  P(Thời_tiết, Sâu_răng) = một ma trận 4 x 2

Thời tiết =	Nắng	Mưa	Tuyết	Bão
Sâu răng = true	0.144	0.02	0.016	0.02
Sâu răng = false	0.576	0.08	0.064	0.08

Có thể trả lời bất kỳ câu hỏi nào từ bảng xác suất có điều kiện

Hai loại xác suất

- **Xác suất không điều kiện** hay **xác suất tiên nghiệm**: là xác suất của một sự kiện khi không có thêm tri thức bổ sung nào về sự có mặt hay vắng mặt của chúng
- **Xác suất có điều kiện** hay **xác suất hậu nghiệm**: là xác suất của một sự kiện khi biết trước một hay nhiều sự kiện khác

Trang 13

Xác suất có điều kiện

- A, B là hai sự kiện
- Xác suất của sự kiện B khi biết chắc chắn sự kiện A đã xảy ra, ký hiệu

$$P(B|A)$$

- Ví dụ: ném súc sắc
  - A: xuất hiện mặt lẻ
  - B: mặt súc sắc là số 5

  - $P(B) = 1/6$
  - $P(B|A) = 1/3$
  - $P(A|\neg B) = 2/5$

Xác suất có điều kiện (tt)

- A, B là hai sự kiện
- Xác suất của sự kiện B khi biết chắc c...n sự ki... ...ã xảy ra, ký hiệu
  P(F...

- Ví dụ: ném súc sắc
  - A: xuất h...
  - B: mặt súc sa...
  - P(B)...
  - P(B|A) = 1...
  - P(A|¬B) = 2/5

<u>Bài toán lập luận:</u>
Cho trước một (hoặc nhiều) sự kiện tiền đề, tính *khả năng* xảy ra của các kết quả có thể.
Nếu A thì B [với xs p]

Xác suất có điều kiện (tt)

- Luật xác suất có điều kiện:

$$P(B \mid A) = \frac{P(A \wedge B)}{P(A)}$$

- Luật nhân tổng quát

$$P(A \wedge B) = P(A).P(B \mid A)$$

- Độc lập xác suất:
  A, B: hai sự kiện độc lập nếu:
  $P(B|A) = P(B)$
  khi đó:
  $P(A \wedge B) = P(A).P(B)$

Luật Bayes – Định lý Bayes

- Luật nhân:

$$P(A,B) = P(B,A) = P(A).P(B|A) = P(B).P(A|B)$$

- Luật Bayes:

$$P(B|A) = \frac{P(B)P(A|B)}{P(A)}$$

$$P(B|A,E) = \frac{P(B|E)P(A|B,E)}{P(A|E)}$$

Luật Bayes – Định lý Bayes

- Sử dụng luật Bayes
  - Sự kiện:

    S: Bệnh nhân có triệu chứng cứng cổ

    M: Bệnh nhân bị bệnh viêm màng não
  - Các xác suất biết trước :
    - P(S|M) = 0.5
    - P(M) = 1/50000
    - P(S) = 1/20
  - Sử dụng luật Bayes suy ra: Khả năng bị bệnh viêm màng não khi thấy bệnh nhân có triệu chứng cứng cổ là:

$$P(M \mid S) = \frac{P(S \mid M)P(M)}{P(S)} = \frac{0.5 \times 1/50000}{1/20} = 0.0002$$

Suy diễn Bằng Liệt kê

- Bắt đầu từ Phân phối xác suất kết hợp

	Đau		¬Đau	
	Trám	¬Trám	Trám	¬Trám
Sâu	0.108	0.012	0.072	0.008
¬Sâu	0.016	0.064	0.144	0.576

- Với bất kỳ mệnh đề nào, tính tổng các sự kiện nguyên tố mà nó thoả:
- P(Đau)

= 0.108 + 0.012 + 0.016 + 0.064 = 0.2

Suy diễn Bằng Liệt kê

- Bắt đầu từ Phân phối xác suất kết hợp

	Đau		¬Đau	
	Trám	¬Trám	Trám	¬Trám
Sâu	0.108	0.012	0.072	0.008
¬Sâu	0.016	0.064	0.144	0.576

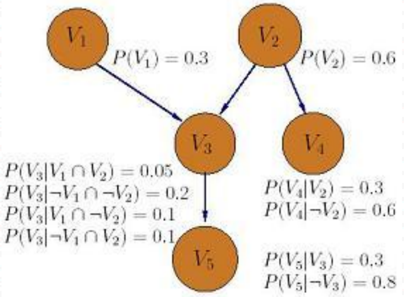
- Và ta cũng có thể tính xác suất có điều kiện:
  P(¬Sâu|Đau)
  = P(¬Sâu ∧ Đau)/ P(Đau)
  = (0.016 + 0.064)/ (0.108 + 0.012 + 0.016 + 0.064)
  = 0.4

Trang 20

Suy diễn Bằng Liệt kê

- Vấn đề:
  - Lưu trữ bảng phân phối xác suất, kích thước $O(d^n)$ với d là kích thước miền trị
  - Khi tính xác suất: tính tổng các giá trị xác suất của các sự kiện nguyên tố, độ phức tạp $O(d^n)$
  - Làm sao tìm các số trong $O(d^n)$ mục?
- Giải pháp:
  - Sử dụng tính Độc lập có điều kiên và Mô hình Đồ thị

$\Rightarrow$ **Mạng Bayes**



Ưu điểm và Nhược điểm của Cách tiếp cận Bayes

- Ưu điểm
  - Có nền tảng lý thuyết đầy đủ dựa vào lý thuyết của Bayes
  - Có ngữ nghĩa tốt khi ra quyết định
- Khuyết điểm
  - Đòi hỏi một lượng lớn dữ liệu xác suất
  - Căn cứ của xác suất tiên nghiệm và có điều kiện là gì?
  - Thiếu giải thích

Hệ số chắc chắn Stanford

- Thay thế cho Lý thuyết Bayes
- Được phát triển từ công trình được thực hiện trên MYCIN
- Dựa trên các độ đo tin cậy chủ quan thay vì các ước lượng xác suất chặt chẽ
  - Cõ lẽ đúng, hầu như chắc chắn đúng, có khả năng xảy ra cao…
- Sử dụng độ đo tin cậy (measure of belief – MB) và độ đo không tin cậy (measure of disbelief – MD) – giá trị giữa 0 và 1.
- Hệ số chắc chắn (certainty factor) CF = MB – MD.
- Khi chứng cứ được tích lũy, MB và MD thay đổi, gây ra sự thay đổi trong CF.

Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

CF(fact) $\in$[-1,1] : Dữ liệu đã cho, dữ liệu suy luận được, giả thuyết

- Một CF tiến về 1 → sự tin tưởng dữ kiện là đúng
- Một CF tiến về -1 → sự tin tưởng dữ kiện là không đúng
- Một CF xung quanh 0 → tồn tại rất ít bằng cớ cho việc ủng hộ hay chống lại dữ kiện. ➔ một giới hạn được đưa ra nhằm tránh việc suy luận với thông tin không chắc chắn như vậy (vd: 0.2)

CF(rule) $\in$[-1,1] : thể hiện sự tin tưởng của các chuyên gia vào độ tin cậy của luật.

Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

- **Sự kiện** – Hôm nay trời sẽ mưa CF 0.6
  - CF 0.6 biểu diễn mức độ tin cậy vào phát biểu
  - CF không phải là xác suất mà là độ đo tin cậy phi hình thức
- **Luật** – Nếu có mây trời sẽ mưa CF 0.8
  - biểu diễn mối quan hệ giữa chứng cứ trong tiền đề của luật và giả thiết trong kết luận của nó
- **Mạng tin cậy**
  - trong khi thu thập chứng cứ đối với một giả thiết, một số chứng cứ sẽ bổ sung độ tin cậy trong khi số khác làm giảm độ tin cậy
  - các chuyên gia (bác sĩ) sẽ gán trọng số cho tất cả chứng cứ để có được độ mạng tin cậy
  - CF = MB – MD.

Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

- Kết hợp các CF

  CF (A And B) = Min[CF(A), CF(B)]

  CF (A Or B) = Max[CF(A), CF(B)]

- Phủ định:

  CF (Not A) = -1*CF(A)

<u>Ví dụ:</u>

CF(bệnh nhân bị sốt) = 0.9

CF(bệnh nhân bị hắc hơi) = 0.6

CF(bệnh nhân bị sốt And bệnh nhân bị hắc hơi) = 0.6

CF(bệnh nhân bị sốt Or bệnh nhân bị hắc hơi) = 0.9

Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

- Truyền CF trên các luật:

CF(Q) = CF(If P Then Q) * CF(P)

<u>Ví dụ</u>: **CF(bệnh nhân bị sốt) = 0.8**

CF(If bệnh nhân bị sốt Then bệnh nhân bị cúm) = 0.5

CF(bệnh nhân bị cúm) = 0.4

- Kết hợp nhiều CF từ nhiều luật

If P Then Q → CF_1(Q)

If R Then Q → CF_2(Q)

CF(Q) = CF_1(Q) + CF_2(Q) – CF_1(Q) * CF_2(Q) Khi CF_1 & $CF_2 > 0$

= CF_1(Q) + CF_2(Q) + CF_1(Q) * CF_2(Q) Khi CF1 & CF2 < 0

= (CF_1(Q) + CF_2(Q))/(1 – min(|CF_1(Q)|,|CF_2(Q)|)) Trường hợp khác

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

Ví dụ 1:

CF(bệnh nhân bị sốt) = 1

CF(bệnh nhân bị hắc hơi) = 0.8

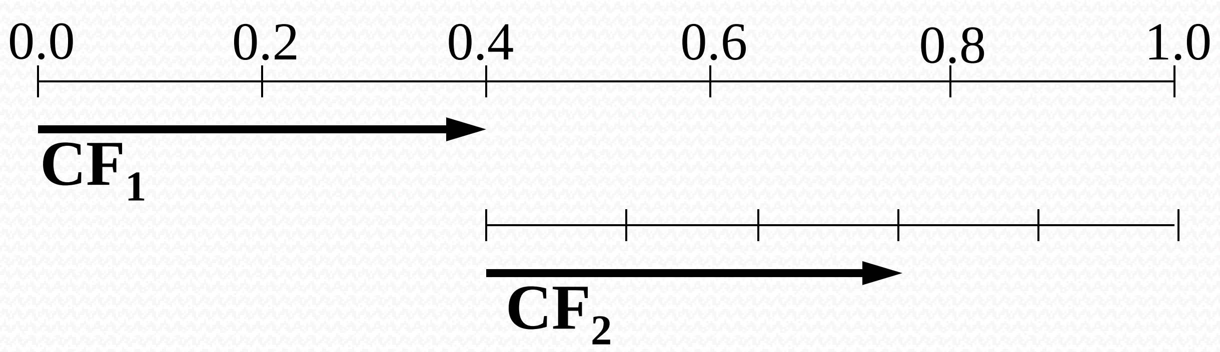
CF(If bệnh nhân bị hắc hơi Then bệnh nhân bị cúm) = 0.5

CF(If bệnh nhân bị sốt Then bệnh nhân bị cúm) = 0.6

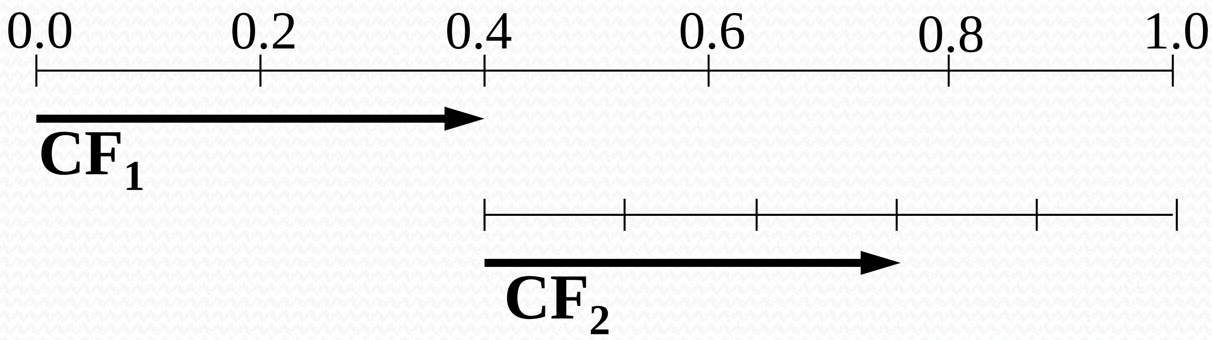
CF_1(bệnh nhân bị cúm) = 0.4

CF_2(bệnh nhân bị cúm) = 0.6

CF(bệnh nhân bị cúm) = 0.4 + 0.6 – 0.24 = 0.76



Hệ số chắc chắn Stanford



Tính chất:

kết quả CF phải nằm trong khoảng [-1,+1]

kết hợp các CF nghịch nhau sẽ xóa bớt lẫn nhau

kết hợp các CF thuận nhau sẽ tăng cường nhau lên

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

Ví dụ 2:

- Luật 1: IF có dấu vân tay của nghi phạm trên vũ khí THEN nghi phạm là có tội CF 0.75
- Luật 2: IF nghi phạm có động cơ THEN nghi phạm là có tội CF 0.6
- Luật 3: IF nghi phạm có chứng cứ ngoại phạm THEN nghi phạm vô tội CF 0.8

- Chứng cứ:
  - Nghi phạm có động cơ CF 0.5
  - Nghi phạm có chứng cứ ngoại phạm CF 0.95
  - Có dấu vân tay nghi phạm trên vũ khí CF 0.9

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

- Luật 1 và 2 có chung kết luận: Nghi phạm là có tội
- CF cho bởi luật 1 là 0.675 và CF cho bởi Luật 2 là 0.3
- CF kết hợp giữa luật 1 và 2 là

  $CF_1 = 0.675 + 0.3 – 0.675*0.3 = 0.7725$
- Nghi phạm vô tội cho bởi Luật 3:

  $CF_2 = -0.95*0.8 = -0.76$
- Độ chắc chắn (có tội) cho bởi tất cả các luật là

  $(CF_1 + CF_2)/(1 – \min(|CF_1|,|CF_2|))$

  $= (0.7725 – 0.76)/(1 – 0.76) = 0.052$

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

Ví dụ 3 :

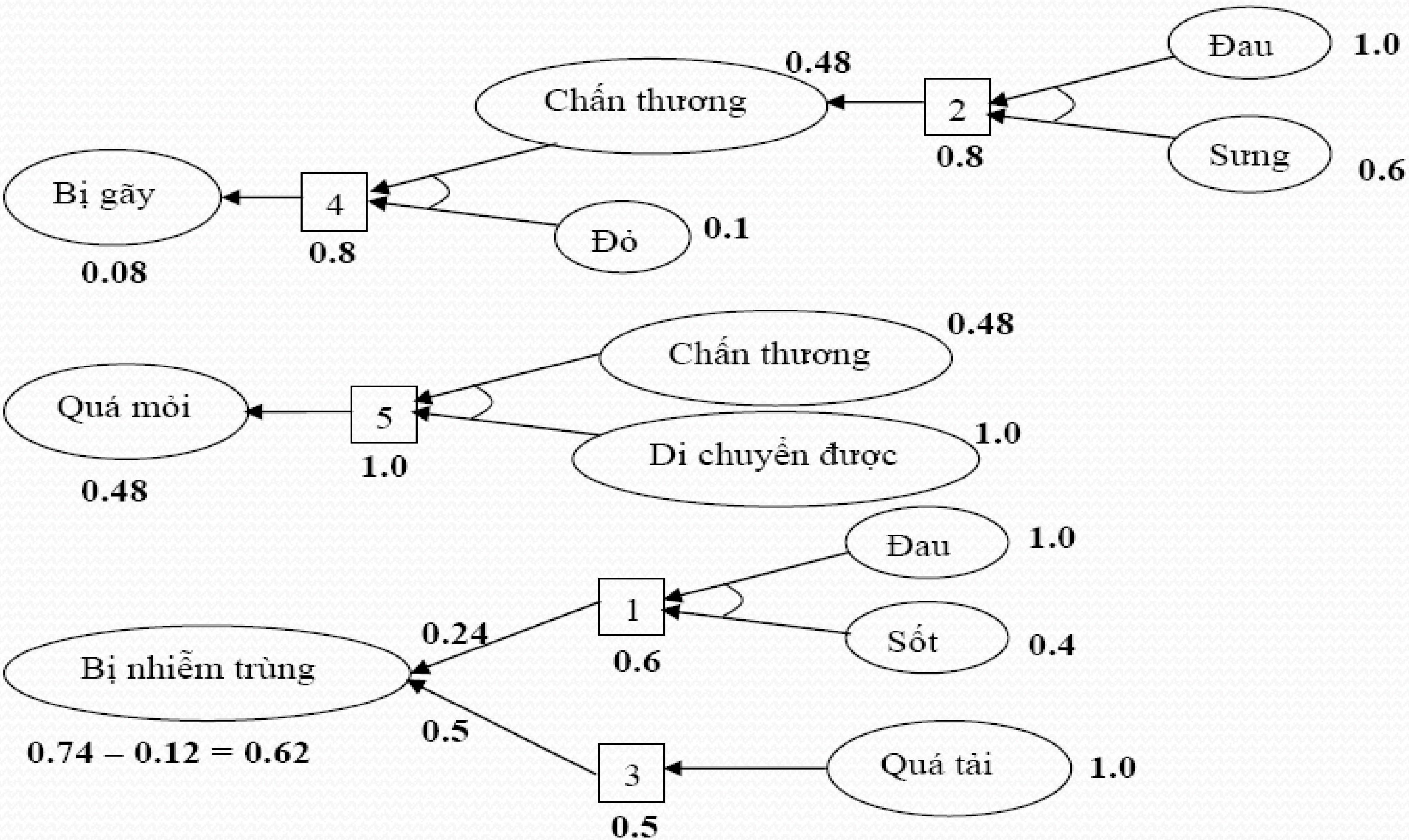
- Chân của John đang bị đau (1.0).
- Khi tôi kiểm tra nó, thấy nó sưng tấy (0.6) và hơi đỏ (0.1).
- Tôi không có nhiệt kế nhưng tôi nghĩ anh ta có bị sốt (0.4).
- Tôi biết John là một vận động viên marathon, các khớp của anh ta thường xuyên làm việc quá tải (1.0).
- John có thể di chuyển chân của anh ấy.

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)

Liệu chân của John bị gãy, quá mỏi, hay bị nhiễm trùng?

1. IF đau và sốt THEN bị nhiễm trùng 0.6
2. IF đau và sưng THEN bị chấn thương 0.8
3. IF quá tải THEN bị nhiễm trùng 0.5
4. IF bị chấn thương AND đỏ THEN bị gãy 0.8
5. IF bị chấn thương AND di chuyển được THEN quá mỏi 1.0

Ví dụ Hệ số chắc chắn Stanford (tt)



Ưu điểm và Nhược điểm của Hệ số Chắc chắn

- Ưu điểm
  - Mô hình tính toán đơn giản – Dễ tính
  - Cho phép các chuyên gia ước lượng độ tin cậy trong kết luận
  - Cho phép biểu diễn sự tin cậy, không tin cậy và ảnh hưởng của nhiều nguồn chứng cứ - các chứng cứ mâu thuẫn loại trừ lẫn nhau!
  - Dễ dàng thu thập được CF – hỏi chuyên gia.
  - Tương tự lập luận như con người
- Khuyết điểm
  - Không có chứng minh toán học như Lý thuyết Bayes
  - Không thể biểu diễn sự phụ thuộc giữa các độ tin cậy không chắc chắn
  - Điều chỉnh KB phức tạp.