

MYCIN

确定因子模型

程序

知识表示

(14)

68-72

基于概率的类 MYCIN 确定因子模型

邱玉辉

(西南师范大学计算机科学系)

罗旭东

(国家智能计算机研究开发中心)

(北京轻工业学院自动化工程系) TP 3c1

摘 要 This paper presents a general probability-based framework for MYCIN-like Certainty Factors approach. On the basis of the framework, four kinds of new MYCIN-like Certainty Factors are defined and discussed. One of them, called Odds Certainty Factor, has the semantics similar to MYCIN's, but the propagation of its estimate for the same uncertainty is different from that of MYCIN's. Perhaps can be used to distinguish between so-called credulous experts and so-called skeptical experts.

关键词 Certainty factor, Uncertain reasoning, Expert system, Probability.

一、引 言

人们分析了 MYCIN 确定因子的定义^[1]之后,发现了它的一些缺点,并给出了如下一些新定义:

1) Melle 的定义(用于 EMYCIN)^[2]

$$CF(H, E) = \frac{MB(H, E) - MD(H, E)}{1 - \min(MB(H, E), MD(H, E))} \quad (1)$$

$$MB(H, E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(H)} & \text{若 } P(H|E) > P(H) \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

$$MD(H, E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H)}{P(H)} & \text{若 } P(H|E) < P(H) \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

2) Cheng 和 Kashyap 的定义^[3]

$$CF(H, E) = \frac{P(H|E) - P(H)}{P(H) - (1 - 2P(H))P(H|E)} \quad (4)$$

3) Heckerman 的定义^[4]

$$CF(H, E) = f(\lambda) \quad (5)$$

其中: $\lambda = P(E|H)/P(E|\sim H)$; $f: [0, \infty] \rightarrow [-1, 1]$, 满足 $f(1/x) = -f(x)$, $f(\infty) = 1$.

然而所有这些定义并不能概括一切情形,人类的思维极其丰富多彩,具有多样性.本文再给出四种新的确定因子,它们都具有一定的实际意义,并具有良好的直观性.

另外,这些类 MYCIN 确定因子都是由概率定义的,因而可以换算成概率量,如文[5]一样,可在一个统一的框架下来考虑.为此,本文首先为其建立一个一般框架.

二、基本框架

本节为基于概率的类 MYCIN 确定因子模型建

立一个一般框架.

2.1 知识不确定性的一般表示

一般地,在观察 S 之下,命题 E 的不确定性度量 $um(E, S)$ 可被定义为:

$$um(E, S) = f(P(E|S), P(E)) \quad (6)$$

这里 f 记一实函数,规则 $E \rightarrow H$ 的强度 $RS(H, E)$ 可被定义为:

$$RS(H, E) = (g_1(P(H|E), P(H), P(E)), g_2(P(H|\sim E), P(E), P(E))) \quad (7)$$

其中 g_1 和 g_2 是实函数.注意,一般要求 f 关于 $P(E|S)$ 单调递增; g_1 关于 $P(H|E)$ 单调递增; g_2 关于 $P(H|\sim E)$ 单调递增.

2.2 $RS(H, E)$ 、 $P(H)$ 和 $P(E)$ 间的关系

如果可从方程(7)解出 $P(H|E)$ 和 $P(H|\sim E)$, 即

$$P(H|E) = G_1(RS_1(H, E), P(H), P(E)) \quad (8)$$

$$P(H|\sim E) = G_2(RS_2(H, E), P(H), P(E)) \quad (9)$$

其中 G_1 和 G_2 记实函数, $RS_1(H, E)$ 和 $RS_2(H, E)$ 分别是 $RS(H, E)$ 的第一元和第二元.那么

$$P(H) = G_1(RS_1(H, E), P(H), P(E))P(E) + G_2(RS_2(H, E), P(H), P(E))P(\sim E) \quad (10)$$

事实上,将(8)和(9)代入全概率公式:

$$P(H) = P(H|E)P(E) + P(H|\sim E)P(\sim E) \quad (11)$$

即可得(10)式.

方程(10)很重要,因为若已知 $RS(H, E)$ 的值, $P(E)$ 和 $P(H)$ 之一的值便可从这个方程由另一个的值求得,避免了人类专家给规则的前提和结论赋以先验概率.

2.3 概率传播公式

从(6)式可得:

$$P(E|S) = f^{-1}(\text{um}(E, S), P(E)) \quad (12)$$

再注意到(8)、(9),可知命题E的不确定性度量值及规则的强度值都可以换算成相应的概率量。因此,对不确定性度量值的传播,只须考虑相应的概率传播公式。

(1)二元顺序传播公式。根据概率论,如果H和S对E和 $\sim E$ 条件独立,即 $P(H|E, S) = P(H|E)$, $P(H|\sim E, S) = P(H|\sim E)$,则

$$P(H|S) = P(H|E)P(E|S) + P(H|\sim E)(1 - P(E|S)) \quad (13)$$

显然当 $P(E|S) = P(E)$ 时, $P(H|S) = P(H)$ 。但如果规则 $E \rightarrow H$ 的结论的先验概率 $P(H)$ 和前提的先验概率 $P(E)$ 是主观给出的并设 $P(E|S)$ 等于 $P(E)$ 的主观值,那么(13)式右边的结果也许并不等于 $P(H)$ 的主观值。为了克服这个问题,Duda等提出了如下EH公式^[4]:

$$P(H|S) = \begin{cases} P(H|\sim E) + \frac{P(H) - P(H|\sim E)}{P(E)} \cdot P(E|S) & \text{当 } 0 \leq P(E|S) < P(E) \text{ 时} \\ P(H) + \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(E)} (P(E|S) - P(E)) & \text{当 } P(E) \leq P(E|S) < 1 \text{ 时} \end{cases} \quad (14)$$

有了这个公式,已知 $P(E|S)$ 及与规则 $E \rightarrow H$ 相

关的 $P(H|E)$ 、 $P(H|\sim E)$,即可求得 $P(H|S)$ 。

(2)一元顺序传播公式。由全概率公式(11)可知,若 $P(\sim E) \neq 0$,则

$$P(H|\sim E) = \frac{P(H) - P(H|E)P(E)}{P(\sim E)} \quad (15)$$

在(13)式中令 $P(E|S) = P(E)$,再将(15)式代入,显然不会产生不一致。因此,对于规则 $E \rightarrow H$,若只知其规则强度的一个元 $RS_e(H, E)$,从而可知 $P(H|E)$ 时,则不必用(14)式,而是将(15)式代入(13)式推出如下公式,再用之:

$$P(H|S) = \frac{P(E|S) - P(E)}{1 - P(E)} P(H|E) + \frac{1 - P(E|S)}{1 - P(E)} P(H) \quad (16)$$

(3)平行传播公式。是指已从 $E_1 \rightarrow H$, $E_2 \rightarrow H$ 分别求得 $P(H|S_1)$, $P(H|S_2)$,如何求 $P(H|S_1 \wedge S_2)$ 的公式。

Duda等证明^[6],如果 S_1, S_2 对条件H和 $\sim H$ 独立,即 $P(S_1 \wedge S_2|H) = P(S_1|H)P(S_2|H)$, $P(S_1 \wedge S_2|\sim H) = P(S_1|\sim H)P(S_2|\sim H)$,则有

$$O(H|S_1 \wedge S_2) = \frac{O(H|S_1)O(H|S_2)}{O(H)} \quad (17)$$

这里O是几率,与概率的关系为

$$O(x) = \frac{P(x)}{1 - P(x)} \quad (18)$$

利用(18)式,可将(17)式化成(19)式:

$$P(H|S_1 \wedge S_2) = \frac{P(H|S_1)P(H|S_2)(1 - P(H))}{(1 - P(H|S_1))(1 - P(H|S_2))P(H) + P(H|S_1)P(H|S_2)(1 - P(H))} \quad (19)$$

(4)与、或传播公式。根据文[7~9],观察S之下命题 E_1, E_2 间的依赖程度:

$$\rho = P(E_1 \wedge E_2|S) / \min(P(E_1|S), P(E_2|S)) \quad (20)$$

有一些不同的模型如下:

1)最小依赖

$$\rho = \max(0, P(E_1|S) + P(E_2|S) - 1) / \min(P(E_1|S), P(E_2|S)) \quad (21)$$

所以

$$P(E_1 \wedge E_2|S) = \max(0, P(E_1|S) + P(E_2|S) - 1) \quad (22)$$

$$P(E_1 \vee E_2|S) = \min(1, P(E_1|S) + P(E_2|S)) \quad (23)$$

2)独立

$$\rho = \max(P(E_1|S), P(E_2|S)) \quad (24)$$

所以

$$P(E_1 \wedge E_2|S) = P(E_1|S)P(E_2|S) \quad (25)$$

$$P(E_1 \vee E_2|S) = P(E_1|S) + P(E_2|S) - P(E_1|S)P(E_2|S) \quad (26)$$

3)最大依赖

$$\rho = 1 \quad (27)$$

所以

$$P(E_1 \wedge E_2|S) = \min(P(E_1|S), P(E_2|S)) \quad (28)$$

$$P(E_1 \vee E_2|S) = \max(P(E_1|S), P(E_2|S)) \quad (29)$$

(21)~(29)式只是一些典型情况。若对某规则前提中的两个命题,人类专家能给出其依赖程度 ρ ,则按(20)式,即可得相应的与、或传播公式。

三、逆确定因子

3.1 逆确定因子的定义

在实际中,人们常先假定有某个结论,然后再去考察支持这个假设的可能证据,即如果假设成立的话,可能有证据;最后在此基础上对假设表示信任或置疑。这可形式地描述为:已知 $E \rightarrow H$, $CF(E, H)$ 和 $CF(E, S)$,求 $CF(H, S)$ 。注意,这里规则强度是 $CF(E, H)$ 而不是 $CF(H, E)$,这与MYCIN的不同。因此,我们可以考虑定义一种新确定因子。

定义1 逆确定因子

$$ICF(A, B) = CF(B, A) \quad (30)$$

其中 CF 在 MYCIN 中定义为

$$CF(A, B) = \begin{cases} \frac{P(A|B) - P(A)}{1 - P(A)} & \text{若 } P(A|B) > P(A) \\ 0 & \text{若 } P(A|B) = P(A) \\ \frac{P(A|B) - P(A)}{P(A)} & \text{若 } P(A|B) < P(A) \end{cases} \quad (31)$$

从(30)、(31)及如下 Bayes 公式:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (32)$$

可得:

$$P(A|B) = \begin{cases} (ICF(A, B)P(\sim B) + P(B)) \frac{P(A)}{P(B)} & \text{若 } ICF(A, B) \geq 0 \\ (ICF(A, B) + 1)P(A) & \text{若 } ICF(A, B) < 0 \end{cases} \quad (33)$$

由此式即可将 ICF(A, B) 的值换算成 P(A|B) 的值。

3.2 一元模型

观察 S 之下证据 E 的不确定性度量为 CF(E, S), 规则 E→H 的强度为 ICF(H, E)。对于规则 E→H 要求人类专家给出 ICF(H, E), P(E) 和 P(H) 的值。

3.3 二元模型

与一元模型的区别在于: 1) 规则 E→H 的强度是二元的, 两个参量分别为 ICF(H, E), ICF(∼H, E); 2) P(E) 不用人类专家给出, 而由 ICF(H, E), ICF(∼H, E), P(H) 值求得, 即

$$P(E) = \begin{cases} \frac{ICF(H, E)P(H)}{(ICF(H, E) + ICF(\sim H, E))P(H) - ICF(\sim H, E)} & \text{若 } ICF(H, E) \geq 0 > ICF(\sim H, E) \\ \frac{(1 - P(H))ICF(\sim H, E)}{ICF(\sim H, E) - (ICF(\sim H, E) + ICF(H, E))P(H)} & \text{若 } ICF(\sim H, E) \geq 0 > ICF(H, E) \end{cases} \quad (34)$$

这个公式可由(30)、(31)式推得。

按(30)、(31), 据全概率公式(11), 容易推出规则 E→H 的强度的两个参量 ICF(H, E), ICF(∼H, E) 间应满足如下关系:

- a) $0 < ICF(H, E) < 1 \Leftrightarrow -1 < ICF(\sim H, E) < 0$
- b) $-1 < ICF(H, E) < 0 \Leftrightarrow 0 < ICF(\sim H, E) < 1$
- c) $ICF(H, E) = 0 \Leftrightarrow ICF(\sim H, E) = 0$

这些约束关系, 在对规则强度两参量赋值时一定要满足。

四、几率确定因子

4.1 几率确定因子的定义

在有些实际问题中, 人们需要使用“有利于 A 的概率比”的这种称之为几率的概念^[10]。因此, 我们可

考虑基于这种几率的新确定因子。

定义 2 几率确定因子

$$OCF(A, B) = \begin{cases} \frac{O(A|B) - O(A)}{O(A|B)} & \text{若 } O(A|B) > O(A) \\ 0 & \text{若 } O(A|B) = O(A) \\ \frac{O(A|B) - O(A)}{O(A)} & \text{若 } O(A|B) < O(A) \end{cases} \quad (35)$$

其中: $O(A) = P(A)/P(\sim A)$, $O(A|B) = P(A|B)/P(\sim A|B)$ 。

这一定义的语义是: $O(A|B)$ 意即 B 出现有利于 A 的后验概率比; $O(A)$ 意即有利于 A 的先验概率比; $OCF(A|B)$ 意即(A)的这种先验和后验概率比的变化率。通常这种概率比称为几率, 故称这种确定因子为几率确定因子, 记为 $OCF(A, B)$ 。

从(35)式容易看出: 当 $OCF > 0$ 时, 它表示 B 增加了 A 的信任程度, 在这种情况下, OCF 值越大, A 就越可信。如果 $OCF = 1$, 那么 A 就完全可信, 当 $OCF < 0$ 时, 它表示 B 减少了 A 的信任程度, 在这种情况下, OCF 值越小, A 就越不可信。如果 $CF = -1$, A 就完全不可信。在 B 的出现不影响对 A 的信任或不信任的情况下, $OCF = 0$ 。

显然对于几率确定因子有如下性质:

- 1) $-1 \leq OCF(A, B) \leq 1$
- 2) $OCF(A, B) > 0 \Leftrightarrow P(A|B) > P(A) \Leftrightarrow CF(A, B) > 0$
- 3) $OCF(A, B) = 0 \Leftrightarrow P(A|B) = P(A) \Leftrightarrow CF(A, B) = 0$
- 4) $OCF(A, B) < 0 \Leftrightarrow P(A|B) < P(A) \Leftrightarrow CF(A, B) < 0$
- 5) $OCF(A, B) = 1 \Leftrightarrow P(A|B) = 1 \Leftrightarrow CF(A, B) = 1$
- 6) $OCF(A, B) = -1 \Leftrightarrow P(A|B) = 0 \Leftrightarrow CF(A, B) = -1$

由(35)式可得

$$P(A|B) = \begin{cases} \frac{P(A)}{1 - OCF(A, B) + OCF(A, B)P(A)} & \text{若 } OCF(A, B) \geq 0 \\ \frac{P(A)(OCF(A, B) + 1)}{1 + P(A)OCF(A, B)} & \text{若 } OCF(A, B) < 0 \end{cases} \quad (36)$$

由此式即可将 $OCF(A, B)$ 的值换算成 $P(A|B)$ 的值。

4.2 一元模型

观察 S 之下证据 E 的不确定性度量为 $OCF(E, S)$, 规则 E→H 强度为 $OCF(H, E)$ 。对于规则 E→H, 要求人类专家给出 $OCF(H, E)$, P(E) 和 P(H) 的值。

4.3 二元模型

与一元模型的差别在于: 1) 规则 E→H 的强度是二元的, 两参量分别为 $OCF(H, E)$, $OCF(H, \sim$

E); 2) $P(E)$ 不用人类专家给出, 而由 $OCF(H, E)$, $OCF(H, \sim E)$ 和 $P(H)$ 值求得, 即

$$P(E) = \begin{cases} \frac{(1-P(H))OCF(H, \sim E)(1-P(\sim H)OCF(H, E))}{(1-P(\sim H)OCF(H, E))(1+OCF(H, \sim E))-1-P(H)OCF(H, \sim E)} & \text{若 } OCF(H, E) \geq 0 > OCF(H, \sim E) \\ \frac{P(\sim H)OCF(H, \sim E)(1+P(H)OCF(H, E))}{1+P(H)OCF(H, E)-(1+OCF(H, E))(1-P(H)OCF(H, \sim E))} & \text{若 } OCF(H, \sim E) \geq 0 > OCF(H, E) \end{cases} \quad (37)$$

4.4 与 MYCIN 确定因子的比较

显然几率确定因子与 MYCIN 确定因子的语义近似, 但其定义形式有所不同。那么这是否意味着, 在推理中对不确定性度量的同样值的传播也会有所不同? 我们来讨论一下这个问题。

对于规则 $E \rightarrow H$, 设 $P(E)=a, P(H)=b, CF(H, E)=OCF(H, E)=c, P(E|S)=d$, 从 (31)、(35)、(36) 和 (16) 式, 我们有

a) 若 $d > a$, 且 $c > 0$, 或 $d > a$ 且 $c < 0$, 则 $CFV(a, b, c, d) > OCFV(a, b, c, d)$

b) 若 $d < a$ 且 $c > 0$, 或 $d > a$ 且 $c < 0$, 则 $CFV(a, b, c, d) < OCFV(a, b, c, d)$

其中 $CFV(a, b, c, d)$ 记以从 $P(E), P(H), CF(H, E)$ 和 $P(E|S)$ 的值由 (31)、(16) 式所求得的 $CF(H, S)$ 的值; $OCFV(a, b, c, d)$ 记以从 $P(E), P(H), OCF(H, E)$ 和 $P(E|S)$ 的值, 由 (35)、(36) 和 (16) 式, 所求得的 $OCF(H, S)$ 的值。

这个比较说明, 尽管 CF 与 OCF 的语义类似, 但其值的传播是有区别的。在现实世界中, 有些人严谨或多疑, 有些人马虎或易信。这也许就是造成这种差别的原因, 也是这两种具有相同的语义但具有不同形式的不确定性度量存在的理由。

五、逆几率确定因子

$$P(H) = \begin{cases} \frac{(1-P(E))IOCF(\sim H, E)(1-P(\sim E)IOCF(H, E))}{(1-P(\sim E)IOCF(H, E))(1+IOCF(\sim H, E))-1-P(E)IOCF(\sim H, E)} & \text{若 } IOCF(H, E) \geq 0 > IOCF(\sim H, E) \\ \frac{P(\sim E)IOCF(\sim H, E)(1+P(E)IOCF(H, E))}{1+P(E)IOCF(H, E)-(1+IOCF(H, E))(1-P(E)IOCF(\sim H, E))} & \text{若 } IOCF(H, E) < 0 \leq IOCF(\sim H, E) \end{cases} \quad (40)$$

(40) 式由 (38) 和 (37) 推得。

按 (38) 式, 据全概率公式 (11), 容易推出规则 $E \rightarrow H$ 的强度的两个参量 $IOCF(H, E), IOCF(\sim H, E)$ 间应满足如下关系:

a) $0 < IOCF(H, E) < 1 \Leftrightarrow -1 < IOCF(\sim H, E) < 0$

b) $-1 < IOCF(H, E) < 0 \Leftrightarrow 0 < IOCF(\sim H, E) < 1$

c) $IOCF(H, E) = 0 \Leftrightarrow IOCF(\sim H, E) = 0$

这些约束关系, 在对规则两参量进行赋值时必须加以遵守。

5.1 逆几率确定因子的定义

基于与第三节同样的理由, 我们可以定义逆几率确定因子。

定义 3 逆几率确定因子

$$IOCF(A, B) = OCF(B, A) \quad (38)$$

从 (36)、(38) 和 Bayes 公式 (32), 可得:

$$P(A|B) = \begin{cases} \frac{P(A)}{1 - IOCF(A, B) + IOCF(A, B)P(B)} & \text{若 } 1 \geq IOCF(A, B) \geq 0 \\ \frac{P(A)(IOCF(A, B) + 1)}{1 + P(B)IOCF(A, B)} & \text{若 } -1 \leq IOCF(A, B) < 0 \end{cases} \quad (39)$$

由此可将 $IOCF(A, B)$ 的值换算成 $P(A|B)$ 的值。

5.2 一元模型

观察 S 之下, 证据 E 的不确定性度量为 $OCF(E, S)$, 规则 $E \rightarrow H$ 的强度为 $IOCF(H, E)$ 。对于规则 $E \rightarrow H$, 要求人类专家给出 $IOCF(H, E)$ 的值、 $P(E)$ 的值和 $P(H)$ 的值。

5.3 二元模型

它与一元模型的差别在于: 1) 规则 $E \rightarrow H$ 的强度是二元的, 两参量分别为 $IOCF(H, E), IOCF(\sim H, E)$; 2) $P(H)$ 不用人类专家给出, 而是由 $IOCF(H, E), IOCF(\sim H, E), P(E)$ 的值求得, 即 (40) 式:

5.4 IOCF 与 ICF 的比较

现在我们来比较一下 ICF 和 IOCF 这两个具有类似语义的方案。对于规则 $E \rightarrow H$, 设 $P(E)=a, P(H)=b, ICF(H, E)=IOCF(H, E)=c, P(E|S)=d$, 从 (30)、(33)、(38)、(39) 和 (16) 式, 我们有:

a) 若 $d > a$ 且 $c > 0$, 或 $d < a$ 且 $c < 0$, 则 $ICFV(a, b, c, d) > IOCFV(a, b, c, d)$;

b) 若 $d < a$ 且 $c > 0$, 或 $d > a$ 且 $c < 0$, 则 $ICFV(a, b, c, d) < IOCFV(a, b, c, d)$ 。

其中 $ICFV(a, b, c, d)$ 记从 $P(E)$ 、 $P(H)$ 、 $ICF(H, E)$ 和 $P(E|S)$ ，由 (30)、(33) 和 (16)，所求得的 $ICF(H, S)$ 的值； $IOCFV(a, b, c, d)$ 记从 $P(E)$ 、 $P(H)$ 、 $IOCF(H, E)$ 和 $P(E|S)$ 的值，由 (38)、(39) 和 (16)，所求得的 $IOCF(H, S)$ 的值。

六、支持确定因子

在实际中，对于规则 $E \rightarrow H$ ，有时候我们也许需要同时考虑证据 E 成立和不成立对假设 H 的支持影响的区别。为此，我们提出支持确定因子的概念。

对于规则 $E \rightarrow H$ ，可定义支持确定因子。

定义 4 支持确定因子

$$SCF(H, E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H|\sim E)}{P(H|E)} & \text{若 } P(H|E) > P(H|\sim E) \\ 0 & \text{若 } P(H|E) = P(H|\sim E) \\ \frac{P(H|E) - P(H|\sim E)}{P(H|\sim E)} & \text{若 } P(H|\sim E) > P(H|E) \end{cases}$$

显然对于支持确定因子有如下性质：

- 1) $-1 \leq SCF(H, E) \leq 1$;
- 2) $SCF(H, E) > 0 \Leftrightarrow P(H|E) > P(H) \Leftrightarrow CF(H, E) > 0$;
- 3) $SCF(H, E) = -1 \Leftrightarrow P(H|E) = 0 \Leftrightarrow CF(H, E) = -1$;
- 4) $SCF(H, E) = 0 \Leftrightarrow P(H|E) = P(H) \Leftrightarrow CF(H, E) = 0$;
- 5) $SCF(H, E) = 1 \Leftrightarrow P(E|H) = 1$;
- 6) $SCF(H, E) < 0 \Leftrightarrow P(H|E) < P(H)$ 。

从 (41) 式易得

$$P(H|E) = \begin{cases} \frac{P(H)}{1 - SCF(H, E)P(\sim E)} & \text{若 } 1 > SCF(H, E) > 0 \\ P(H) & \text{若 } SCF(H, E) = 0 \\ \frac{P(H)(SCF(H, E) + 1)}{P(E)SCF(H, \sim E) + 1} & \text{若 } 0 > SCF(H, E) > -1 \end{cases}$$

有了此式，即可将 $SCF(H, E)$ 的值换算成概率内部表示。

七、小结

本文为类 MYCIN 确定因子模型建立了一个基于概率的一般框架，给出了不确定性度量的一般定义式，并讨论了内部概率传播的基本公式。在这个框架下，本文为证据和规则的不确定性定义了四种新的 MYCIN 类不确定性度量：逆确定因子、几率确定因子、逆几率确定因子和支持确定因子。其中几率确定因子的语义类似于 MYCIN 确定因子，逆几率确

定因子类似于逆确定因子，但对其不确定性度量的同样值的传播是不同的。这也许能够反映出一些专家“严谨”或“多疑”，而一些专家“马虎”或“易信”的区别。对这四种类确定因子的模式，我们还着重讨论了如下几个问题：1) 如何将其换算成相应的概率量；2) 基本性质，特别是 MYCIN 确定因子的关系；3) 二元模型中，如何计算规则的前提或结论的先验概率；4) 二元模型中，规则两个参量赋值时应该满足的约束条件。

参考文献

- [1] Shortliffe, E. H. et al., A Model of Inexact Reasoning in Medicine, Mathematical Bioscience, 23 (1975)
- [2] Melle, W. V., A Domain-Independent System that Aid in Constructing Knowledge-Based Consultation, Hpp-80-22, STAN-CS-80-820, 1980
- [3] Cheng, Y. et al., A Study of Associative Evidential Reasoning, IEEE trans, PAMI, 11, 6 (1989)
- [4] Heckerman, O., Probabilistic Interpretations for MYCIN's Certainty Factors, Uncertainty in Artificial Intelligence (Eds. Kanal, L. N & Lemmer, J. F.), Elsevier Science Publishers, B. V., 1986
- [5] Xudong, Luo, A Study of Probability-Based Uncertain Reasoning Models in Rule-Based Expert Systems, Prospector-Type Schemes. Pro. of IFIP TC12/WG12.3 Intl. Workshop on Automated Reasoning, 1992. 7
- [6] Duda, R. O. et al., Subjective Bayesian Methods for Rule-Based Inference Systems, AFIPS Conference Proc., Vol. 45, AFIPS PRESS, 1976
- [7] Gaines, B. R., Fuzzy and Probability Logics, Info. Contl., 83 (1978)
- [8] Blockley, D. I. et al., Measures of Uncertainty, Civil Engineering Systems, 1 (1988)
- [9] Dubois, D. et al., A Discussion of Uncertainty Handling in Support Logic Programming, Intl. J. of Intelligent Systems, 5 (1990)
- [10] 亚当斯, M. J., 概率的各种解释, 数学在社会科学中的应用, 耿达, 朱兰 (译), 1988, 中国社会科学出版社
- [11] 罗旭东, 蔡经球, 结合 Bayes 方法的 MYCIN 确定因子法, 知识工程, 1991 年 2 期