

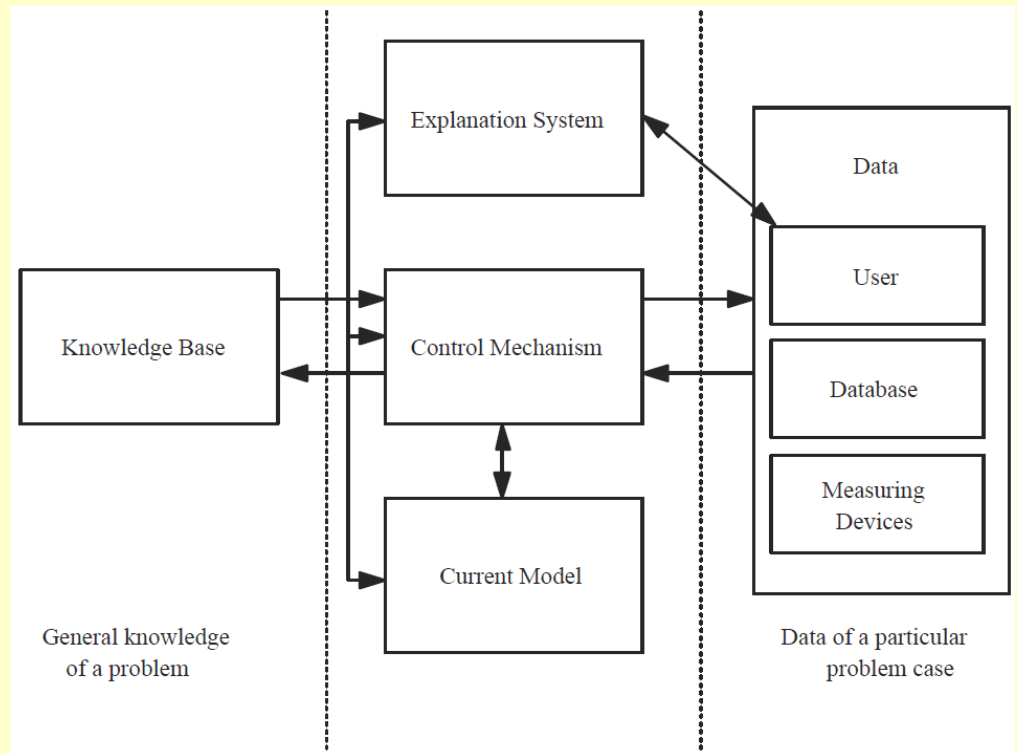
Expertní systémy

„Počítačové programy, simulující rozhodovací činnost experta při řešení složitých úloh a využívající vhodně kvality rozhodování na úrovni experta.“

Feigenbaum a kol., 1988

Typy úloh:

- Klasifikační
- Diagnostické
- Plánovací
- Hybridní
- Prázdné



Typy expertních systémů

- **Diagnostické**

Množina hypotéz

Uspořádání hypotézy podle „pravděpodobnosti“
(viz Hájkova algebraická teorie)

Příklady:

- **Prospector** (SRI International)
předpověděl ložisko molybdenu v hodnotě desítek miliard USD
- **MYCIN** Edward H. Shortliffe (Stanford Medical School)
klasifikace infekčních mozkových onemocnění
později EMYCIN

- **Plánovací**

Nalezení plánu = (sub)optimální cesty ve stavovém prostoru

Příklad:

- **R1** (později nazýván **XCON**, for e**X**pert **C**ONfigurer)
John P. McDermott (Carnegie Mellon University)

Z historie expertních systémů

Počátky 1965 - 1970

DENDRAL: pomáhá identifikovat chemické sloučeniny na základě spektrografických dat. Jedná se o plánovací systém, který je určen k odvozování struktur chemických látek na základě histogramů rozložení hmotností získaných ze spektrometru.

MACSYMA: nástroje pro manipulaci s matematickými výrazy a vzorci. Je využíván např. nukleárními fyziky, kteří jsou často nuceni řešit soustavy velkého počtu rovnic.

Výzkumné prototypy 1970 - 1975

MYCIN: na základě dostupných dat rychle určovat typy bakteriální infekce, kterými by mohl být nově hospitalizovaný postižen a navrhnout vhodnou léčbu antibiotiky tak, aby se stav pacienta stabilizoval do doby, než jsou dokončena delší laboratorní vyšetření.

PROSPECTOR: slouží k vyhodnocování geologických dat s cílem rychle rozhodnout, zda v dané lokalitě provádět podstatně dražší hloubkové vrty

HEARSAY II.: první systém, který ukázal, že počítač by mohl v budoucnosti spolehlivě a rychle rozumět přirozené řeči v úzce vymezené oblasti

Experimentální nasazování 1975 - 1981

PUFF: poskytování konzultací ohledně potíží s dýchacími cestami

INTERNIST: považován za jeden z nejrozsáhlejších ES v historii, později byl přejmenován na systém CADUCEUS, obsahující údajně 85% veškerých znalostí z interního lékařství. Oba se využívají v lékařské praxi dodnes.

CADUCEUS

Komerčně dostupné systémy 1981 - současnost

XCON, XSEL: zpracování objednávek zákazníků na počítače řady VAX

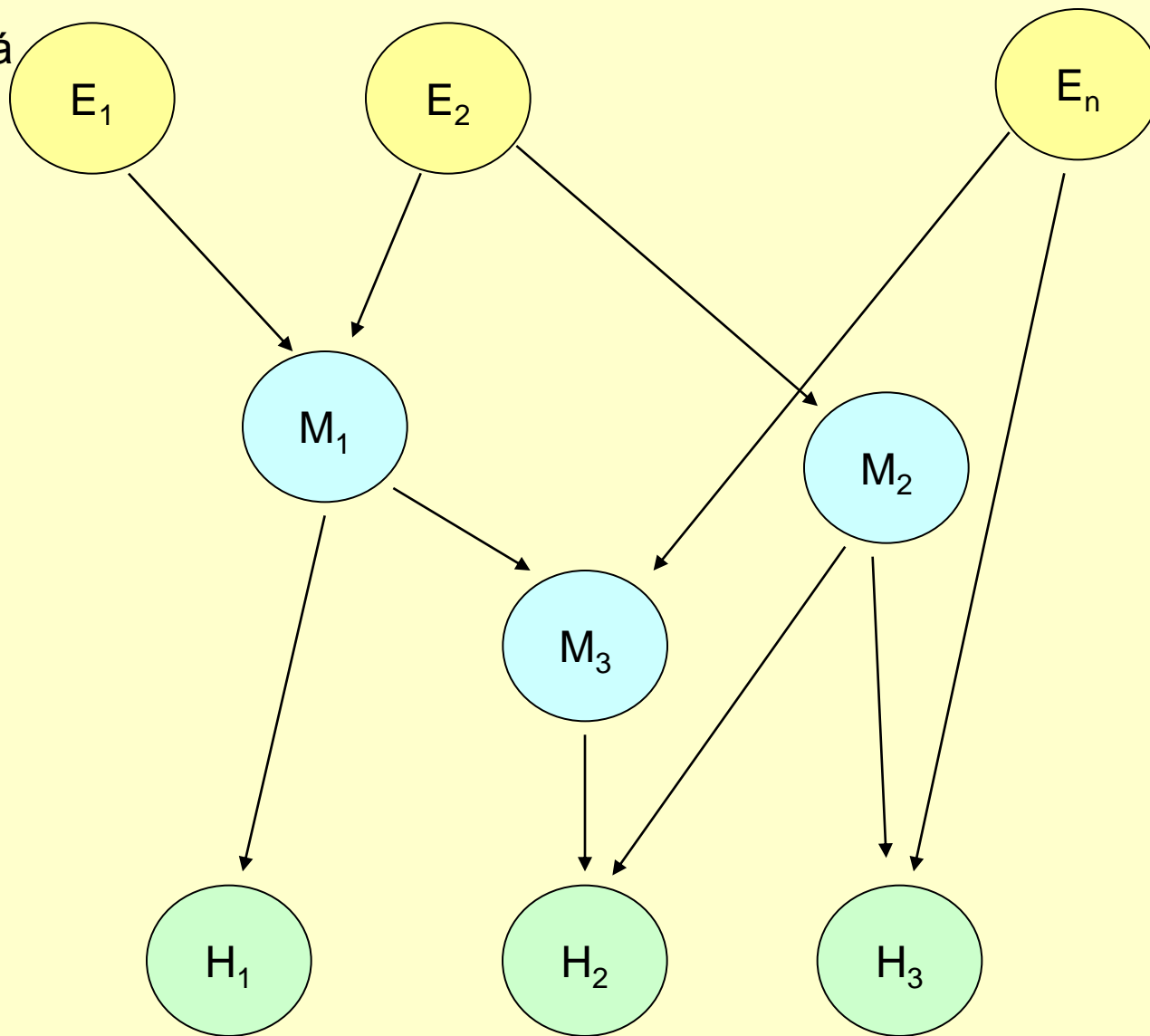
Vhodnost úlohy pro ES

- Je expertní systém nejvhodnější pro řešení úlohy?
- Znalosti a heuristiky expertů
 - Závisí-li řešení na heuristických znalostech a ty jsou dostupné
- Složitost úlohy
 - U jednodušších úloh lze prohledat všechna možná řešení
- Řešení nahrazuje (není nutně) řešení optimální

- Základní problémy:
 - Reprezentace znalostí
 - Inference, popř. řešení úloh a prohledávání stavového prostoru (řídící mechanismy)
 - Zpracování neurčité informace

Diagnostické expertní systémy

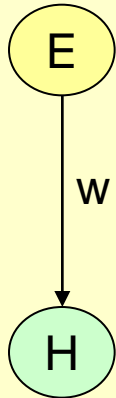
Pozorovatelná
tvrzení:



Hypotézy:

Inferenční (odvozovací) síť, inferenční mechanismus

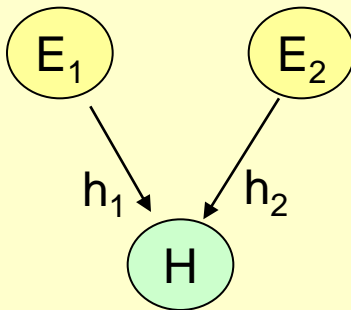
1. Problém velikosti příspěvku pravidla



Pokud E 100% platí, pak aposteriorní váha H je w .

Jaká je aposteriorní váha H, máme-li pouze 70% (ne)důvěru v platnost E ?

2. Problém sdružování příspěvků pravidel



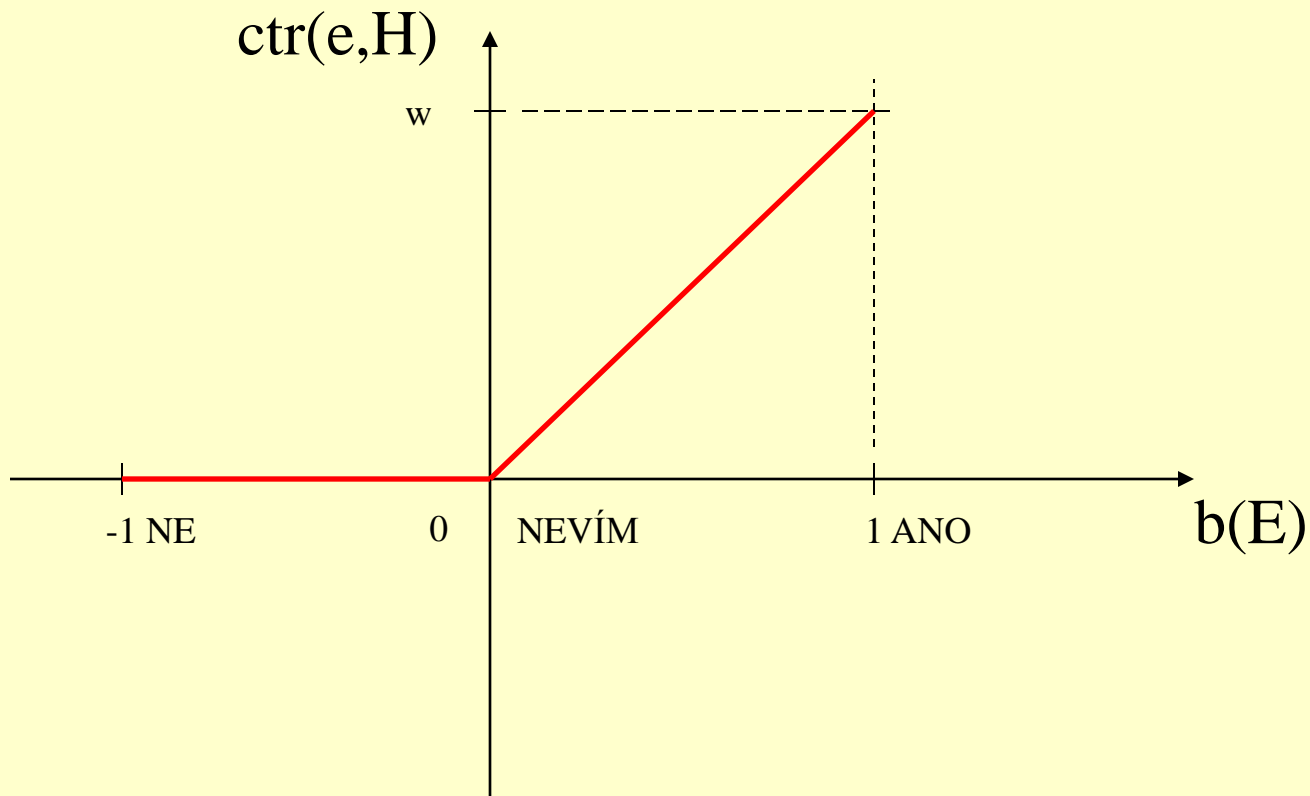
Podle 1. pravidla je aposteriorní váha H rovna h_1 .
Podle 2. pravidla je aposteriorní váha H rovna h_2 .

Jaká je výsledná aposteriorní váha H ?
 $h_1 \oplus h_2$

1. Problém velikosti příspěvku pravidla

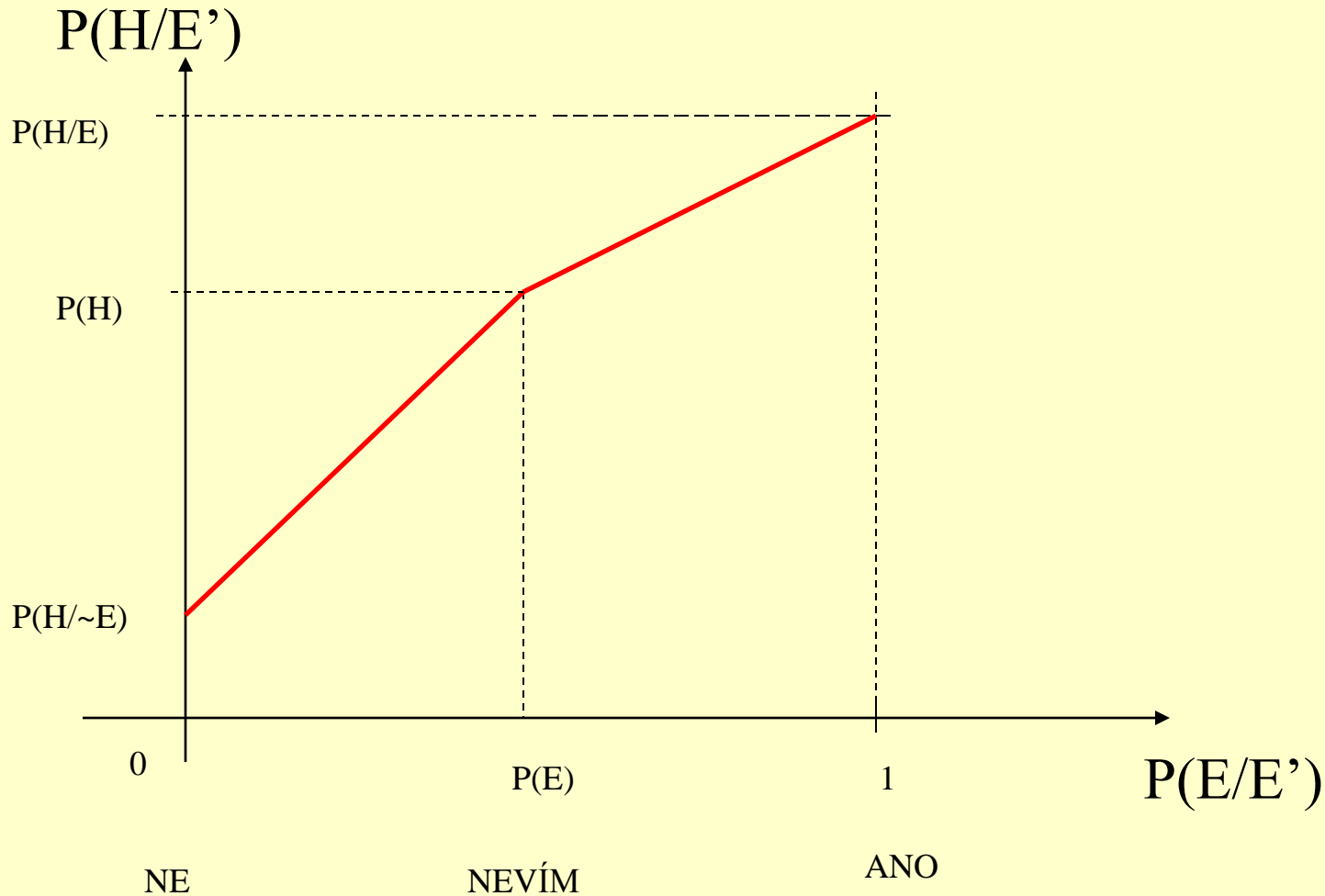
(Petr Hájek - Hájková algebraická teorie)

$E \rightarrow H(w)$



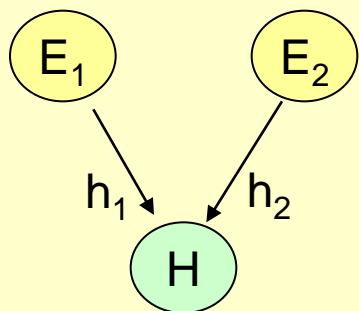
1. Problém velikosti příspěvku pravidla PROSPECTOR

$E \rightarrow H (P(H/E), P(H/\sim E))$



2. Problém sdružování příspěvků pravidel

(Petr Hájek - Hájkova algebraická teorie)



-1 ... určitě ne

0 ... nevím

1 ... určitě ano

Budiž $a, b, c \in (-1, 1)$ váhy nějakých tvrzení

$$a \oplus 1 = 1$$

$$a \oplus 0 = a$$

$$a \oplus -a = 0 \quad (1 \oplus -1 \dots \text{není definováno})$$

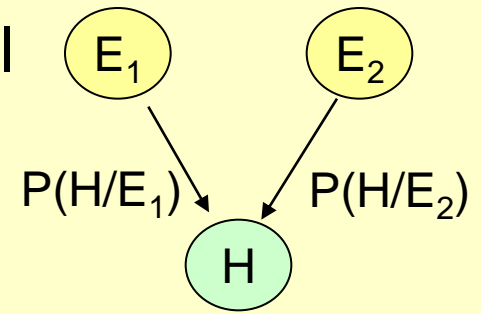
$$a \oplus b = b \oplus a$$

$$a \oplus (b \oplus c) = (a \oplus b) \oplus c$$

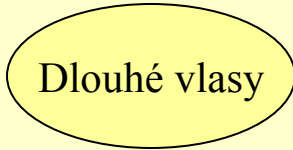
$$(a > b) \ \& \ (c > 0) \Rightarrow a \oplus c > b \oplus c$$

$(-1, 1)$ spolu s \oplus tvoří uspořádanou komutativní grupu (Abelovská grupa).

2. Problém sdružování příspěvků pravidel PROSPECTOR

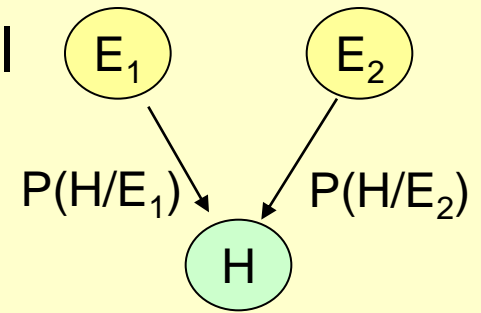


Podmíněná nezávislost

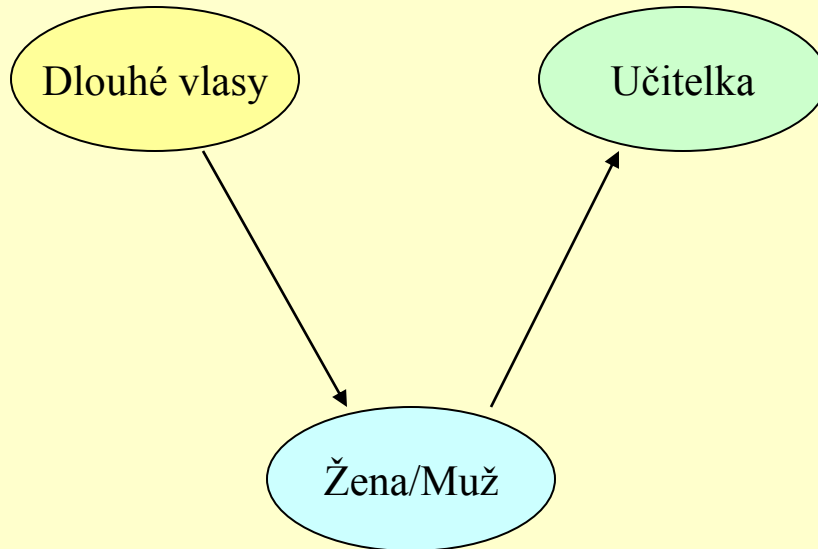


Závislost ?

2. Problém sdružování příspěvků pravidel PROSPECTOR



Podmíněná nezávislost

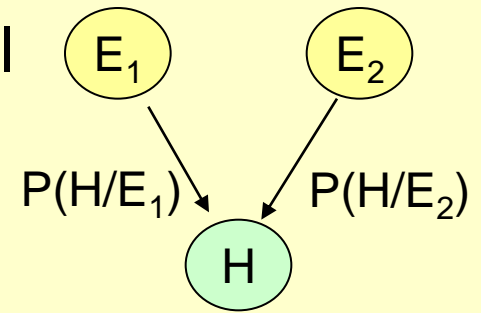


Závislost ?

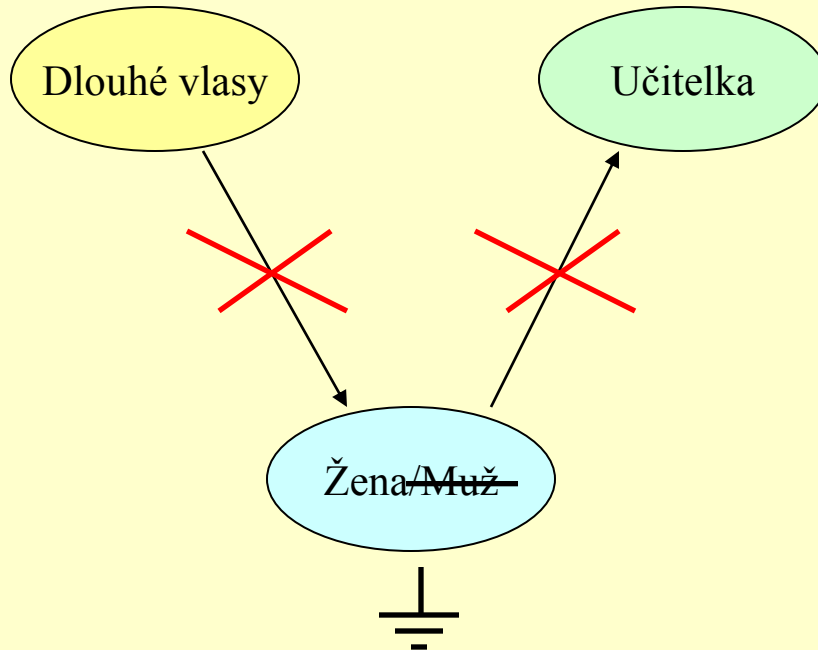
ANO

2. Problém sdružování příspěvků pravidel

PROSPECTOR



Podmíněná nezávislost



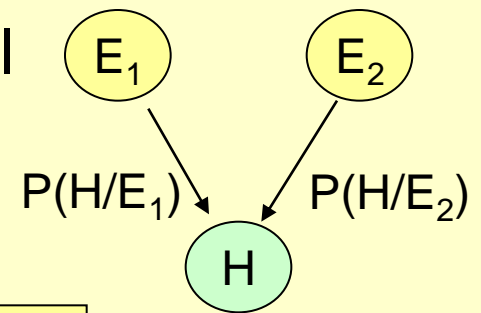
Závislost ?

NE

$$A \perp B / C : P(A, B / C) = P(A / C) * P(B / C)$$

2. Problém sdružování příspěvků pravidel

PROSPECTOR



Podmíněná nezávislost

$$A \perp B / C : P(A, B / C) = P(A / C) * P(B / C)$$

$$\frac{P(A, B, C)}{P(C)} = P(A / C) * P(B / C)$$

$$\frac{P(A, B, C)}{P(C)} = \frac{P(A, C)}{P(C)} * \frac{P(B, C)}{P(C)}$$

$$P(A, B, C) = \frac{P(A, C) * P(B, C)}{P(C)}$$

Další možnosti systému FEL-Expert

- **Prioritní vazby**

- ... nepodmíněné „vyšetřování“ uzlů v určeném pořadí

- **Kontextové vazby**

- ... podmíněné vyšetřování uzlů v případě splnění určité podmínky (rozsah pravděpodobnosti tvrzení jiného uzlu)

- **Taxonomie**

- zaměřování pozornosti

- ... zabrání vyšetřování nerelevantních hypotéz

- hierarchické závislosti

- ... předchází vyšetřování hypotéz, jejichž platnost dokážeme odvodit z jiných tvrzení

Zpracování neurčité informace

Pravděpodobnost a šance (Odds)

$$O(H) = \frac{P(H)}{P(\sim H)} = \frac{P(H)}{1 - P(H)}$$

$$P(H) = \frac{O(H)}{1 + O(H)}$$

Skládání příspěvků pravidel u ES typu Prospector

$$\left. \begin{array}{l} E_1 \rightarrow H \quad O(H/E_1) \\ E_2 \rightarrow H \quad O(H/E_2) \end{array} \right\} O(H/E_1, E_2) = \frac{O(H/E_1) * O(H/E_2)}{O(H)}$$

Předpoklad:

$$E_1 \perp E_2 / H$$

Náhodné veličiny E_1 a E_2 jsou podmíněně nezávislé při dané hodnotě H .

Statistická data:

Pacient	A	B	C
P1	1	2	1
P2	2	1	2
P3	1	1	2
P4	1	2	1
P5	1	2	1
P6	2	2	1
P7	2	1	1
P8	1	2	2
P9	1	1	2
P10	2	2	2
P11	1	2	1
P12	1	1	1
P13	2	1	1
P14	2	1	2
P15	2	2	1
P16	1	1	1
P17	2	1	2

Frekvenční (kontingenční) tabulka:

	B=1		B=2		
	C=1	C=2	C=1	C=2	
A=1	2	2	4	1	9
A=2	2	3	2	1	8
	4	5	6	2	17
	9		8		
	10	7			

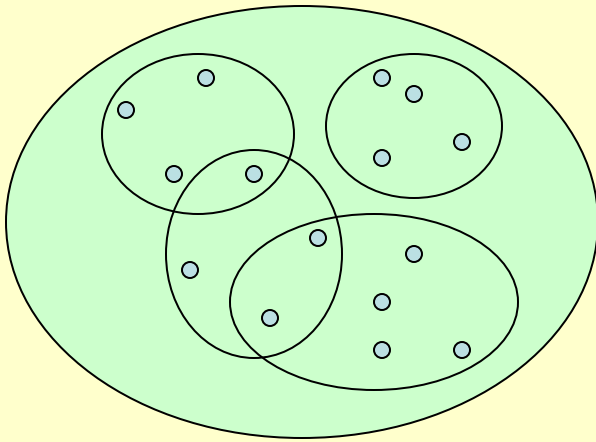
Sdružené pravděpodobnostní rozložení:

	B=1		B=2		
	C=1	C=2	C=1	C=2	
A=1	0.12	0.12	0.24	0.06	0.53
A=2	0.12	0.18	0.12	0.06	0.47
	0.24	0.29	0.35	0.12	1.00
	0.53		0.47		
	0.59	0.41			

Struktura závislosti na množině náhodných veličin

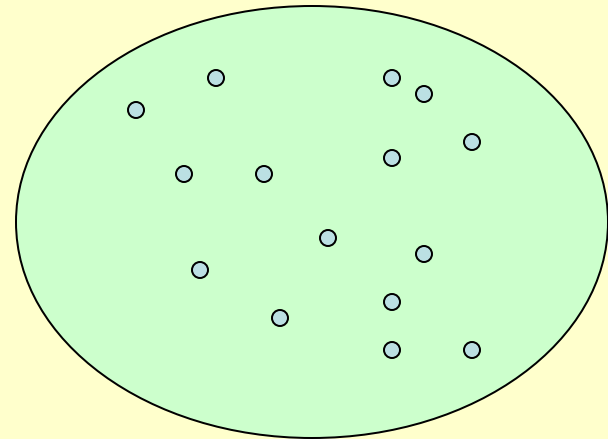
- { A, B, C } :
- A, B, C vzájemně nezávislé
 - A, B, C po dvojicích nezávislé
 - $A \perp B / C$
 - $B \perp C / A$
 - A, B závislé, C na nich nezávislá
 - a další

Snížení dimenze pravděpodobnostního rozložení
(rozložení frekvencí).



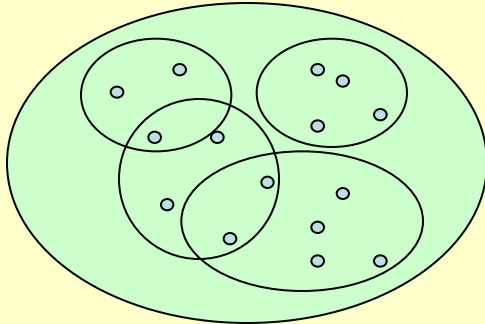
Danou množinu náhodných veličin
potřebujeme rozdělit na podmnožiny
vzájemně (silně) závislých náhodných
veličin

... tak, aby z nich bylo možné zrekonstruovat
původní rozložení
(s minimální ztrátou informace).



Dva problémy:

- nalézt co nejmenší množinu co nejjednodušších marginálních rozložení (množinu minimálních postačujících statistik)



Bishop, Fienberg, Holland:
“Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice”,
The MIT Press Cambridge, 1975

- k dané množině marginálních rozložení nalézt příslušné sdružené rozložení (množinu minimálních postačujících statistik)

Problém v teorii pravděpodobnosti známý jako „Marginální problém”

Jiroušek R.: “Metody integrace znalostí v pravděpodobnostních expertních systémech”, sborník Aplikace umělé inteligence AI'89, Praha, 1989