

Bayesovské siete – rozšírené možnosti analýzy spoľahlivosti (3)

Rozšírené možnosti analýzy

Na rozdiel od stromu poruchových stavov, vhodnou špecifikáciou uzlov siete je možné modelovať ich neurčité (nedeterministické) správanie. Z hľadiska praktického použitia sú riešením tzv. noisy („zašumené“) uzly (hradlá), ktoré umožňujú vnášať do deterministických uzlov neurčitost a aproximovať ich zovšeobecnenými modelmi, vyžadujúcimi si špecifikáciu menšieho počtu parametrov CPT tabuliek. Pre sieť obsahujúcu iba binárne premenné si naplnenie CPT uzla s n -príčinami (rodičovskými uzlami) vyžaduje špecifikáciu celkom 2^n hodnôt podmienených pravdepodobností (v tabuľke je ich v skutočnosti 2^{n+1} , pretože však platí vzťah $P(X = x) = 1 - P(X = \neg x)$, postačí polovičný počet). Špeciálne uzly noisy-OR a noisy-AND [5], [7] umožňujú vyhnúť sa tomuto problému výpočtom podmienenej pravdepodobnosti pri danej kombinácii hodnôt rodičovských uzlov iba na základe výpočtu n -hodnôt, charakterizovaných izolovaným pôsobením jednotlivých rodičovských uzlov. V ďalšom texte objasníme základné pravidlá používania týchto modelov.

Noisy-OR

Uzol noisy-OR v bayesovskej sieti je zovšeobecnením logického hradla OR. Používa sa na opis interakcií medzi n príčinami X_1, X_2, \dots, X_n a ich dôsledkom Y . V prípade deterministického OR je premenná Y nepravdivá ($Y = \neg y$), ak sú nepravdivé všetky príčiny X_i ($i = 1, 2, \dots, n$). V modeli noisy-OR však stav, kedy niektorá z príčin X_i je pravdivá, ešte nemusí implikovať definitívnu pravdivosť dôsledku Y . Vychádzame pri tom z predpokladu, že každá z príčin X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) je schopná vyvolať pravdivosť dôsledku Y sama a nezávisle od pôsobenia ostatných príčin. Každú takú príčinu si môžeme predstaviť ako uzol, ktorý je doplnený o určitý inhibičný (tlmiaci) vplyv q_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) (obr. 5a). Tieto vplyvy bývajú niekedy označované ako inhibítory a predstavujú šumové parametre uzla.

Sformulované predpoklady nám dovoľujú špecifikovať úplné rozdelenie podmienených pravdepodobností iba pomocou n parametrov p_1, p_2, \dots, p_n , kde $p_i = (1 - q_i)$ reprezentuje pravdepodobnosť, že dôsledok Y bude pravdivý, ak pôsobí príčina X_i a všetky ostatné príčiny $X_j, j \neq i$ nepôsobia (sú nepravdivé), t. j.

$$p_i = P(Y = y | X_1 = \neg x_1, X_2 = \neg x_2, \dots, X_i = x_i, \dots, X_{n-1} = \neg x_{n-1}, X_n = \neg x_n).$$

Parameter p_i predstavuje mieru, ktorou môže izolovaná príčina X_i prispieť k pravdivosti dôsledku Y . Okrem toho pravdivosť Y je monotónnou funkciou počtu pravdivých príčin. Ak X je konkrétna kombinácia príčin X_1, \dots, X_n a π_x je množina pravdivých príčin, potom pre pravdivosť dôsledku platí:

$$P(Y = y | X) = 1 - \prod_{X_i \in \pi_x} (1 - p_i) \quad (3)$$

Je zřejmé, že pre nepravdivosť dôsledku môžeme písať:

$$P(Y = \neg y | X) = 1 - \prod_{X_i \in \pi_x} (1 - p_i) \quad (4)$$

V našom príklade podsystem S_1 zlyhá vtedy, ak zlyhá disková jednotka D_1 ; alebo zlyhá

procesor Pr_1 ; alebo zlyhá pamäťový podsystem M_{13} . Uzol S_1 má teda 3 rodičovské uzly reprezentujúce 3 možné príčiny výskytu udalosti S_1 . Na špecifikáciu úplnej CPT uzla S_1 (tab. 1) tak postačí špecifikácia iba 3 hodnôt.

$$p_1 = P \left(\begin{matrix} S_1 = s_1 | D_1 = d_1, \\ Pr_1 = \neg pr_1, M_{12} = \neg m_{13} \end{matrix} \right)$$

$$p_2 = P \left(\begin{matrix} S_1 = s_1 | D_1 = \neg d_1, \\ Pr_1 = pr_1, M_{12} = \neg m_{13} \end{matrix} \right)$$

$$p_3 = P \left(\begin{matrix} S_1 = s_1 | D_1 = \neg d_1, \\ Pr_1 = \neg pr_1, M_{12} = m_{13} \end{matrix} \right)$$

Z posledného stĺpca tabuľky vyplýva, že pravdepodobnosť nepravdivosti dôsledku je daná súčinom šumových parametrov (q_i) iba tých rodičovských uzlov, ktoré sú pravdivé. Môžeme teda napríklad modelovať fakt, že S_1 funguje s pravdepodobnosťou 0,01, aj keď disk D_1 je v poruche, t. j. $q_1 = 0,01$. To znamená, že $p_1 = P(S_1 = s_1 | D_1 = d_1, Pr_1 = \neg pr_1, M_{12} = \neg m_{13}) = 1 - 0,01 = 0,99$. Analogicky môžeme predpokladať, že systém S_1 bude pokračovať v prevádzke aj v prípade zlyhania iných komponentov, ale s menšou pravdepodobnosťou (napr. $p_2 = p_3 = 0,0995$). Potom môžeme určiť pravdepodobnosť zlyhania S_1 , keď zlyhali D_1 aj Pr_1 , ale M_{13} je stále funkčné, ako: $P(S_1 = s_1 | D_1 = d_1, Pr_1 = pr_1, M_{12} = \neg m_{13}) = 1 - (0,01 \cdot 0,005) = 0,99995$.

Ako sa dalo očakávať, pravdepodobnosť zlyhania systému S_1 pri zlyhaní D_1 a Pr_1 je vyššia ako v prípade zlyhania iba D_1 .

Literatúra

(vybrané tituly)

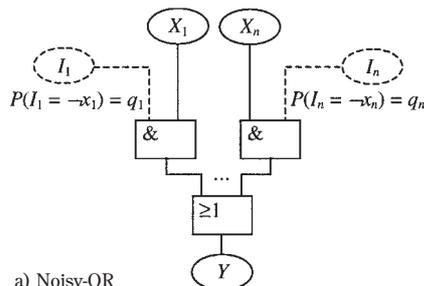
[5] HENRION, M.: Some practical issues in constructing belief networks. Uncertainty in Artificial Intelligence 3. Eds., L. N. Kanal, T.S. Levitt, and J. F. Lemmer. Elsevier Science Publishers B. V., North Holland 1989, s. 161–173.

[7] PEARL, J.: Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of Plausible Inference. Mathematics and Its Applications. Morgan Kaufmann, San Mateo, California 1988 (Revised in 1997).

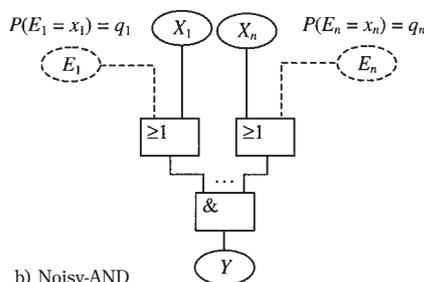
Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Aleš Janota, PhD., Eur Ing

Katedra riadiacích a informačných systémov
Elektrotechnická fakulta
Žilinskej univerzity
Veľký diel, 010 26 Žilina
Tel.: 041/565 55 59
e-mail: ales.janota@fel.utc.sk



a) Noisy-OR



b) Noisy-AND

Obr.5 Generalizácie uzlov OR a AND

| D_1 | Pr_1 | M_{13} | $P(S_1 = s_1 \dots)$ | $P(S_1 = \neg s_1 \dots)$ |
|------------|-------------|---------------|---|---|
| $\neg d_1$ | $\neg pr_1$ | $\neg m_{13}$ | 0 | 1 |
| $\neg d_1$ | $\neg pr_1$ | m_{13} | $p_3 = 1 - q_3$ | $1 - p_3 = q_3$ |
| $\neg d_1$ | pr_1 | $\neg m_{13}$ | $p_2 = 1 - q_2$ | $1 - p_2 = q_2$ |
| $\neg d_1$ | pr_1 | m_{13} | $1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_3)$ | $(1 - p_2) \cdot (1 - p_3) = q_2 \cdot q_3$ |
| d_1 | $\neg pr_1$ | $\neg m_{13}$ | $p_1 = 1 - q_1$ | $1 - p_1 = q_1$ |
| d_1 | $\neg pr_1$ | m_{13} | $1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_3)$ | $(1 - p_1) \cdot (1 - p_3) = q_1 \cdot q_3$ |
| d_1 | pr_1 | $\neg m_{13}$ | $1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)$ | $(1 - p_1) \cdot (1 - p_2) = q_1 \cdot q_2$ |
| d_1 | pr_1 | m_{13} | $1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3)$ | $(1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3) = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3$ |

Tab.1 CPT pre uzol S_1 typu noisy-OR