



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Pareittaisen dominanssin laskeminen perustapahtumille riskipuuanalyysissä (valmiin työn esitys)

Henri Losoi

03.03.2014

Ohjaaja: *DI Antti Toppila*

Valvoja: *Professori Ahti Salo*

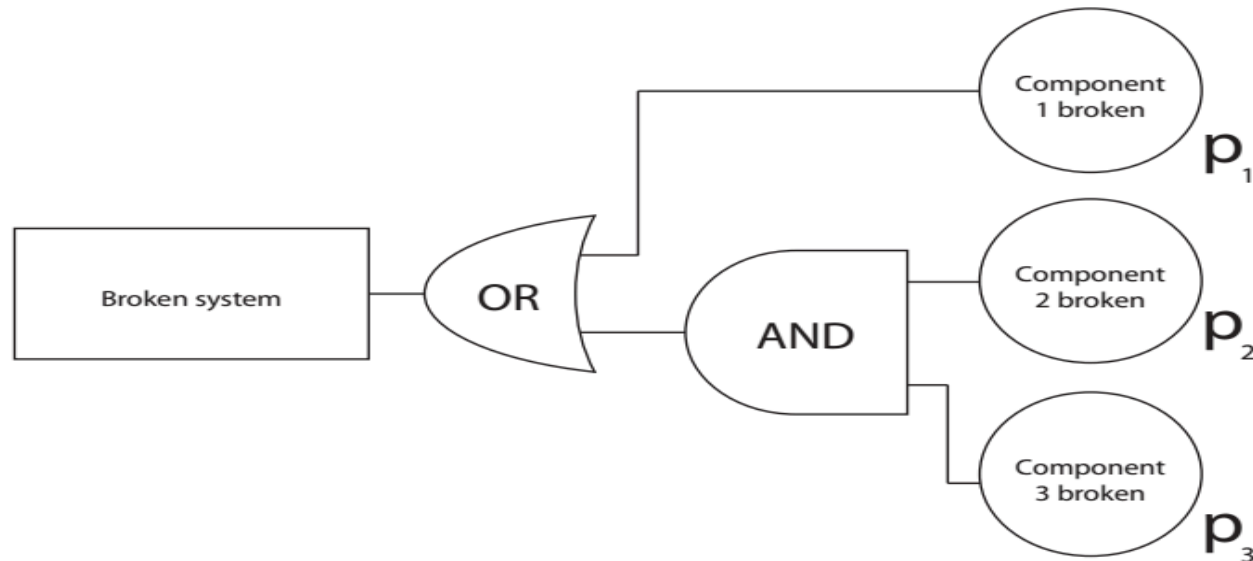
Kaikki oikeudet pidetään.

Sisältö

1. Johdanto
2. Pareittainen dominanssi
3. Multilineaarinen optimointi
4. Algoritmin kuvaus
5. Harva tietorakenne
6. Haaroituksen priorisointimenetelmät
7. Tulokset
8. Yhteenveto

1. Johdanto

- Riskipuuanalyysi kuvaa systeemin luotettavuutta
- Luotettavuus R voidaan mallintaa multilineaarisen funktion kuten $R=p_1+p_2p_3$ avulla, jossa p_i tarkoittaa vikaantumistodennäköisyyttä komponentille i



2. Pareittainen dominanssi

- Fussell-Vesely tärkeysmitta vikaantumistapahtumalle e_i on

$$FV(e_i) = FV(p, e_i) = \frac{Q(p) - Q(p|e_i^c)}{Q(p)}, Q(p) \neq 0$$

jossa p on tapahtumien todennäköisyydet, $p = (p_1, \dots, p_n)$

- Epävarmat vikaantumistodennäköisyydet $p_i \in [\underline{p}_i, \bar{p}_i]$
- e_i ei dominoi e_j :tä joss
 - $FV(p, e_i) \geq FV(p, e_j) \forall p$
 - $FV(p, e_i) > FV(p, e_j)$ jollekin käyvälle p

3. Multilineaarinen optimointi

- Dominanssi voidaan ratkaista multilineaarisena optimointiongelmana [Toppila-Salo 2013]
- Multilineaarinen funktio on

$$g(\mathbf{x}) = g(x_1, \dots, x_n) = \sum_{J \subset \{1, \dots, n\}} \alpha_J \prod_{i \in J} x_i$$

- Kohdefunktio on multilineaarinen. Rajoitusehdot ovat muotoa

$$\underline{x}_i \leq x_i \leq \bar{x}_i$$

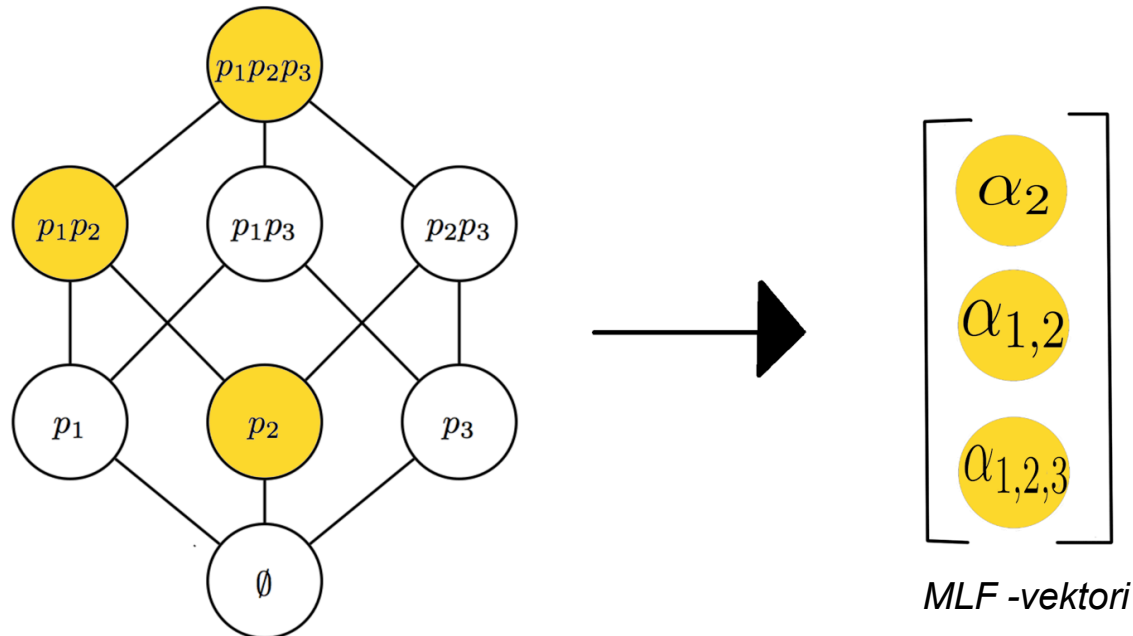
4. Algoritmin kuvaus

- Epänegatiivisuus algoritmi perustuu branch-and-bound menetelmään, haaroitusaskel on rivillä 6.

```
1: if  $a_0 + f^+(\underline{p}) + f^-(\bar{p}) \geq 0$  then  
2:   return true  
3: else if  $a_0 + f^+(\bar{p}) + f^-(\underline{p}) < 0$  then  
4:   return false  
5: else  
6:   Select any  $i$ .  
7:   return Algorithm( $\underline{p}^{-i}, \bar{p}^{-i}, f^-$ )  $\wedge$  Algorithm( $\underline{p}^{-i}, \bar{p}^{-i}, f^+$ )  
8: end if
```

5. Harva tietorakenne

Hyperkuutio tietorakenne harvalle multilineaarisisille funktioille, joissa monomit säilytetään hyperkuution solmuissa ja monomit voidaan indeksoida yksikäsitteisesti MLF -vektoriin.



6. Haaroituksen priorisointimenetelmät

- Haaroituksen priorisointi voi vähentää rekursiokutsujen lukumäärää branch-and-bound algoritmossa, joka löytää multilineaarisen funktion epänegatiivisuuden.
- A –menetelmä
 - Faktoroi muuttuja, jossa suurin $A_i = f'_i(\hat{x}_i)l_i$ s.e.
$$f(x) = f'_i(x)x_i + h(x)$$
$$l_i = \bar{x}_i - \underline{x}_i$$
$$\hat{x}_i = \frac{\bar{x}_i + \underline{x}_i}{2}$$
- Most Monomial –menetelmä
 - Faktoroi muuttuja, joka esiintyy useimmissa monomeissa

7. Tulokset

Methods	7 case		RHR	
	Time [s]	Number of calls	Time [s]	Number of calls
A	≈ 3	896	$\approx 19\text{k}$	4566579
MostMonomials	≈ 1	246	≈ 76	9017
Random	≈ 5	$\approx 2.2\text{k}$	$\approx 12\text{k}$	$\approx 3.6\text{M}$

8. Yhteenveto

1. Hyperkuutioalgoritmi toteutettu epänegatiivisuus operaatiolle.
2. Käytännönsovellus tapahtumien priorisointiin multilineaaristen funktioiden ja pareittaisen dominanssin avulla.
3. Uusi haaroituspriorisointi menetelmä kehitetty perustuen monomien määrään, ja sen tulokset ovat lupaavia.
4. Testattu lämmönpoistojärjestelmälle eräessä ydinvoimalassa (RHR).