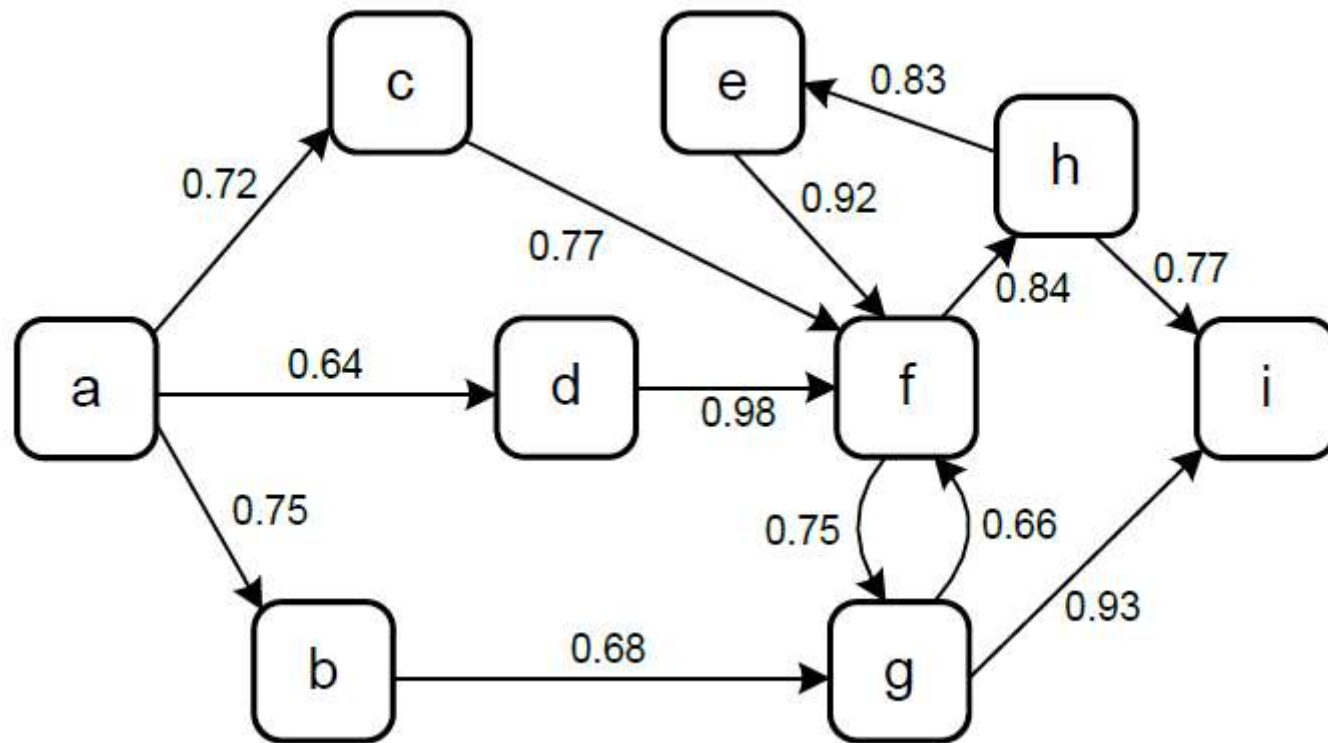


Folyamatbányászat

Függőségi gráfok, ok-okozati hálók

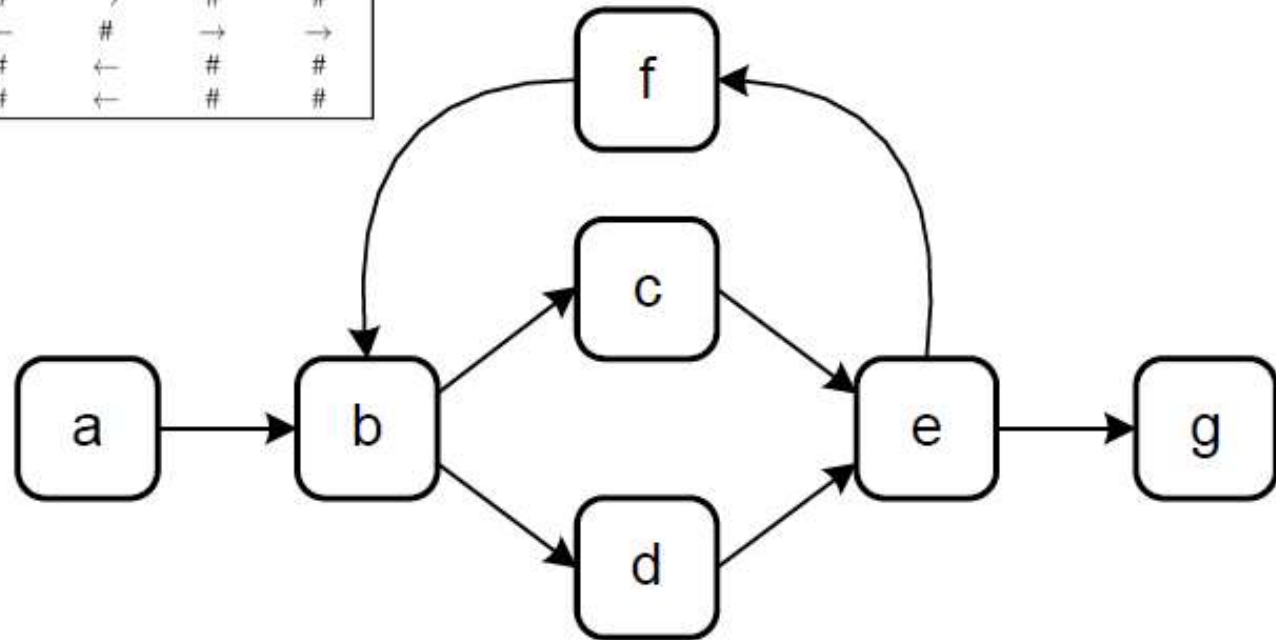
Függőségi gráf (dependency graph)



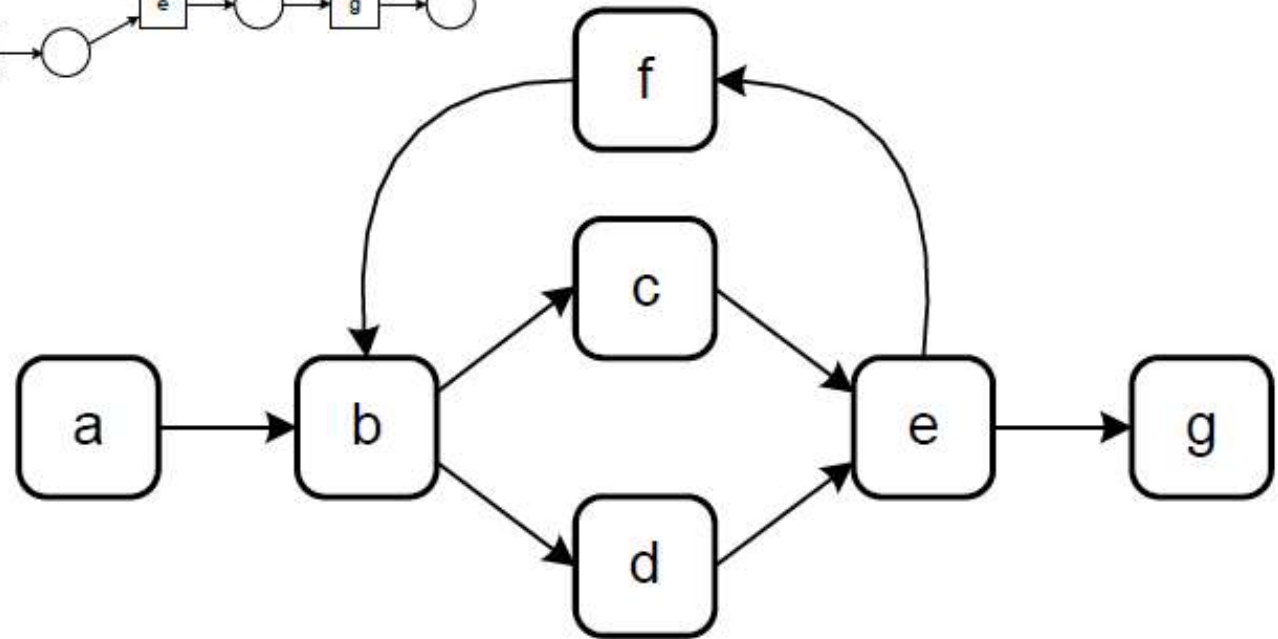
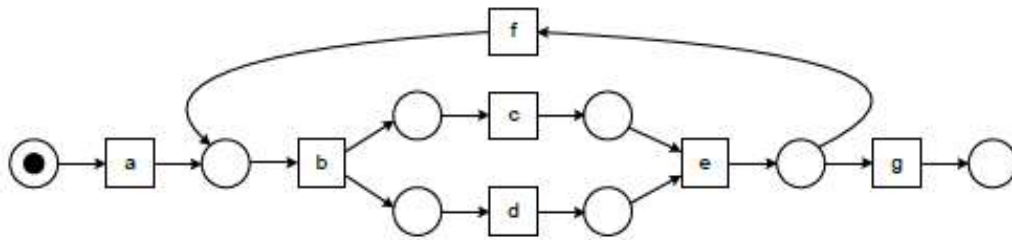
- Az élek meghatározzák az **átmenetek gyakoriságának** a mértékét

Az oksági kapcsolatok megadhatók lábnyomokban

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
<i>a</i>	#	→	#	#	#	#	#
<i>b</i>	←	#	→	→	#	←	#
<i>c</i>	#	←	#		→	#	#
<i>d</i>	#	←		#	→	#	#
<i>e</i>	#	#	←	←	#	→	→
<i>f</i>	#	→	#	#	←	#	#
<i>g</i>	#	#	#	#	←	#	#

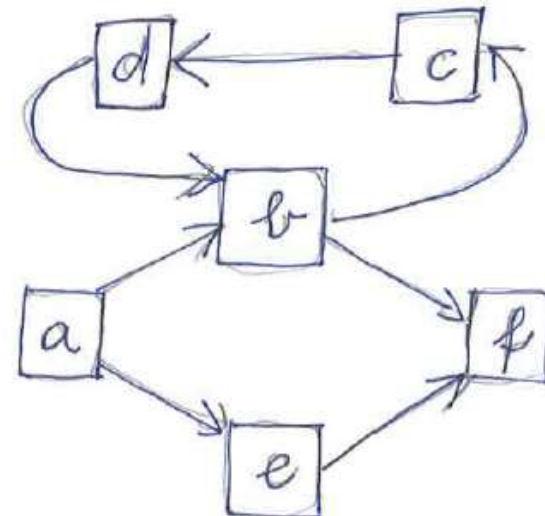
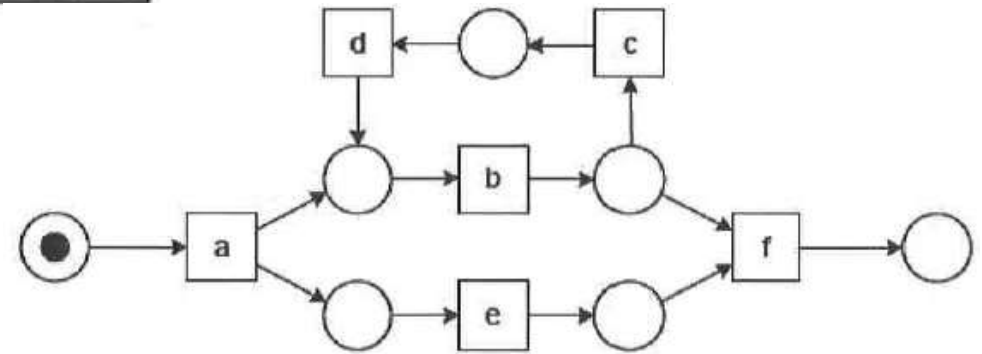
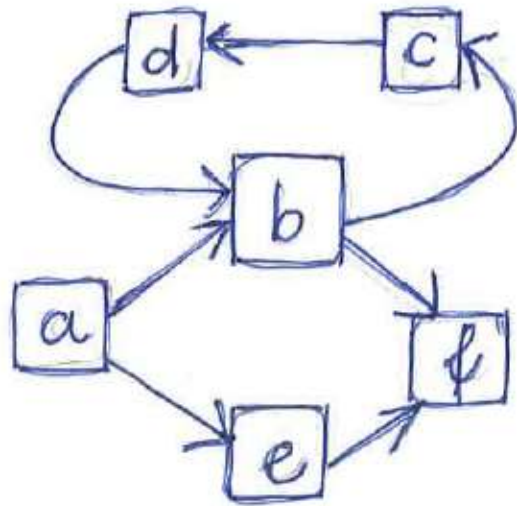


Az oksági kapcsolatok megadhatók Petri háló formájában

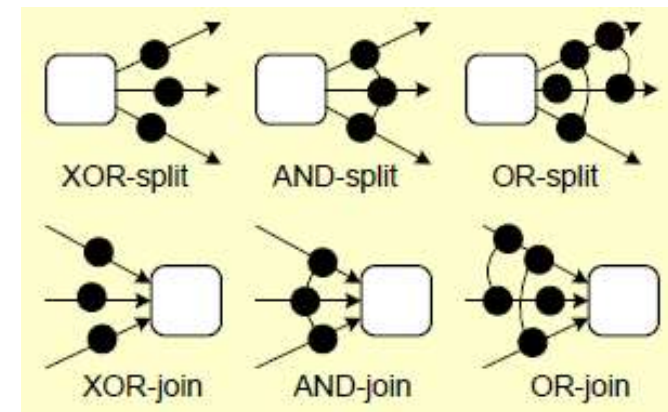
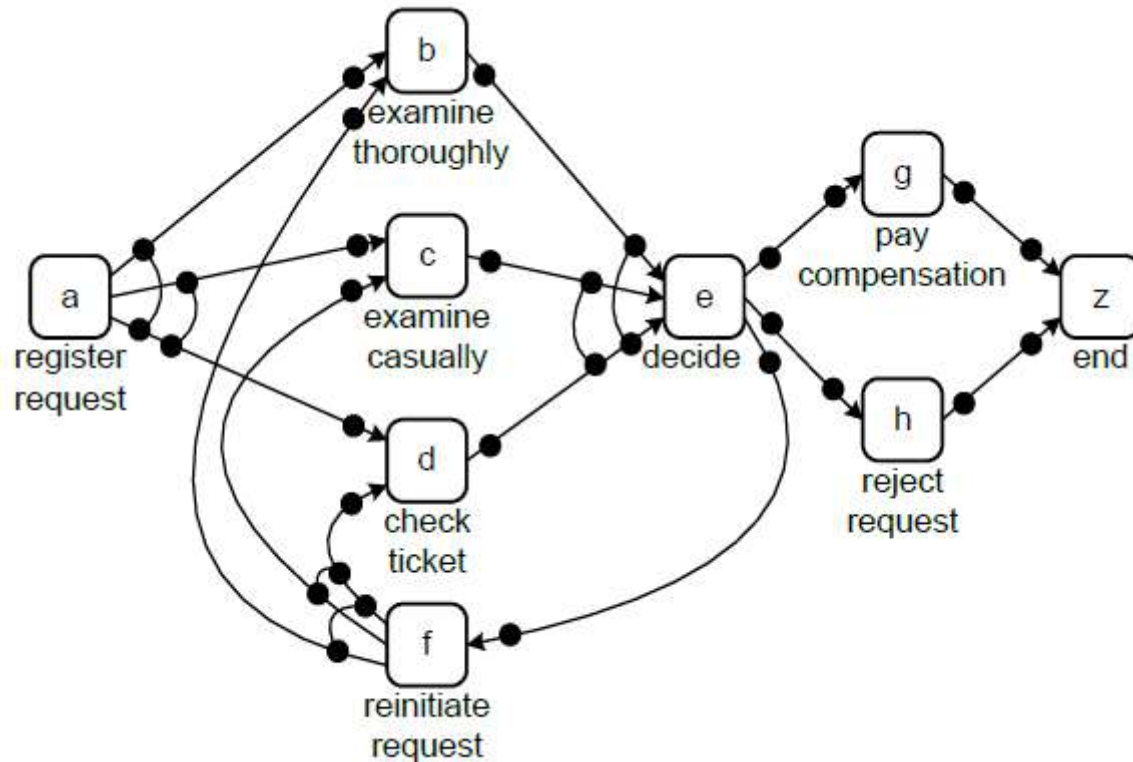


Rajzolja fel a lábnyom táblázathoz tartozó függőségi gráfot, illetve a Petri hálóhoz tartozó függőségi gráfot!

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>a</i>	#	→	#	#	→	#
<i>b</i>	←	#	→	←		→
<i>c</i>	#	←	#	→		#
<i>d</i>	#	→	←	#		#
<i>e</i>	←				#	→
<i>f</i>	#	←	#	#	←	#

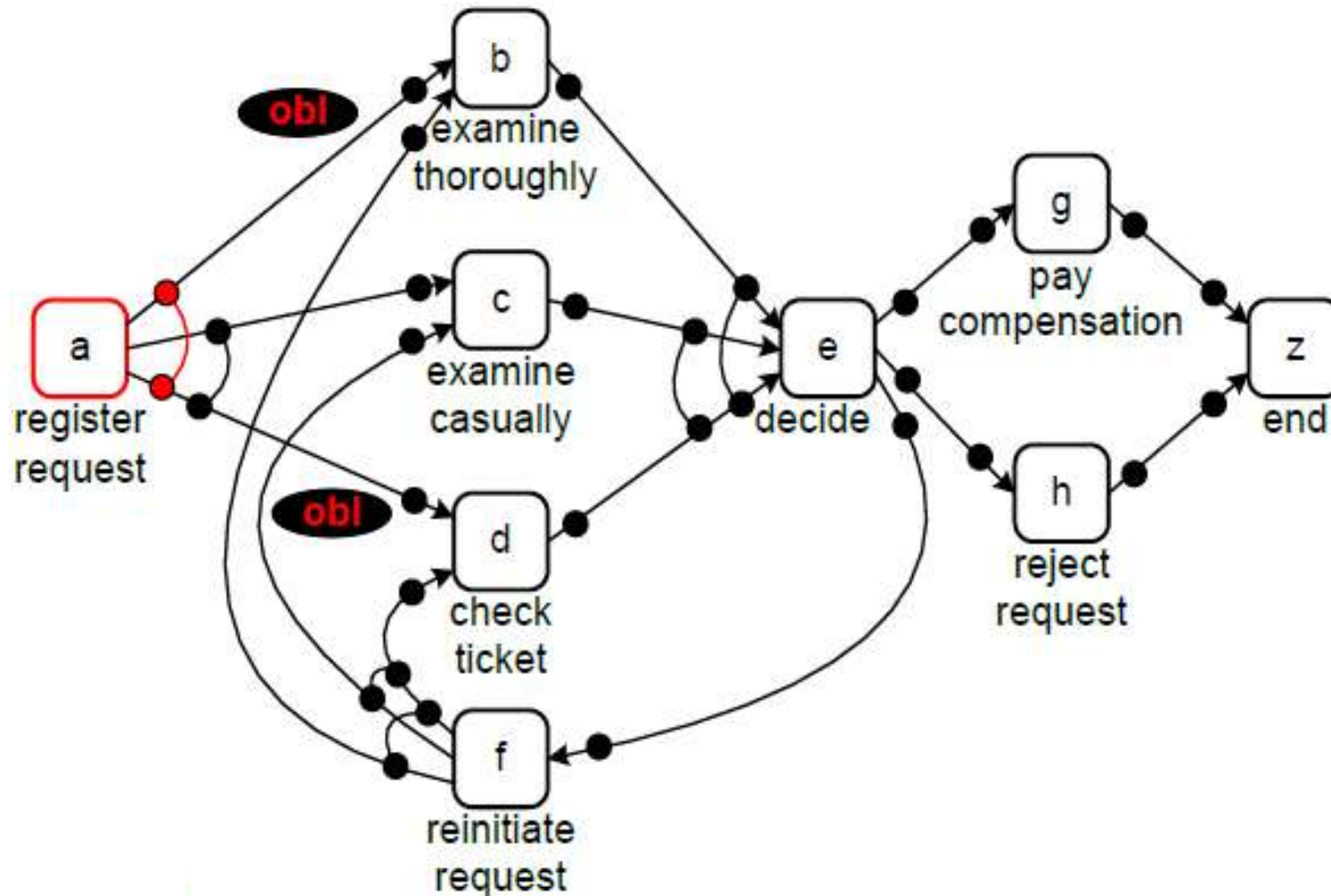


Ok-okozati háló (Causal nets = C-nets)

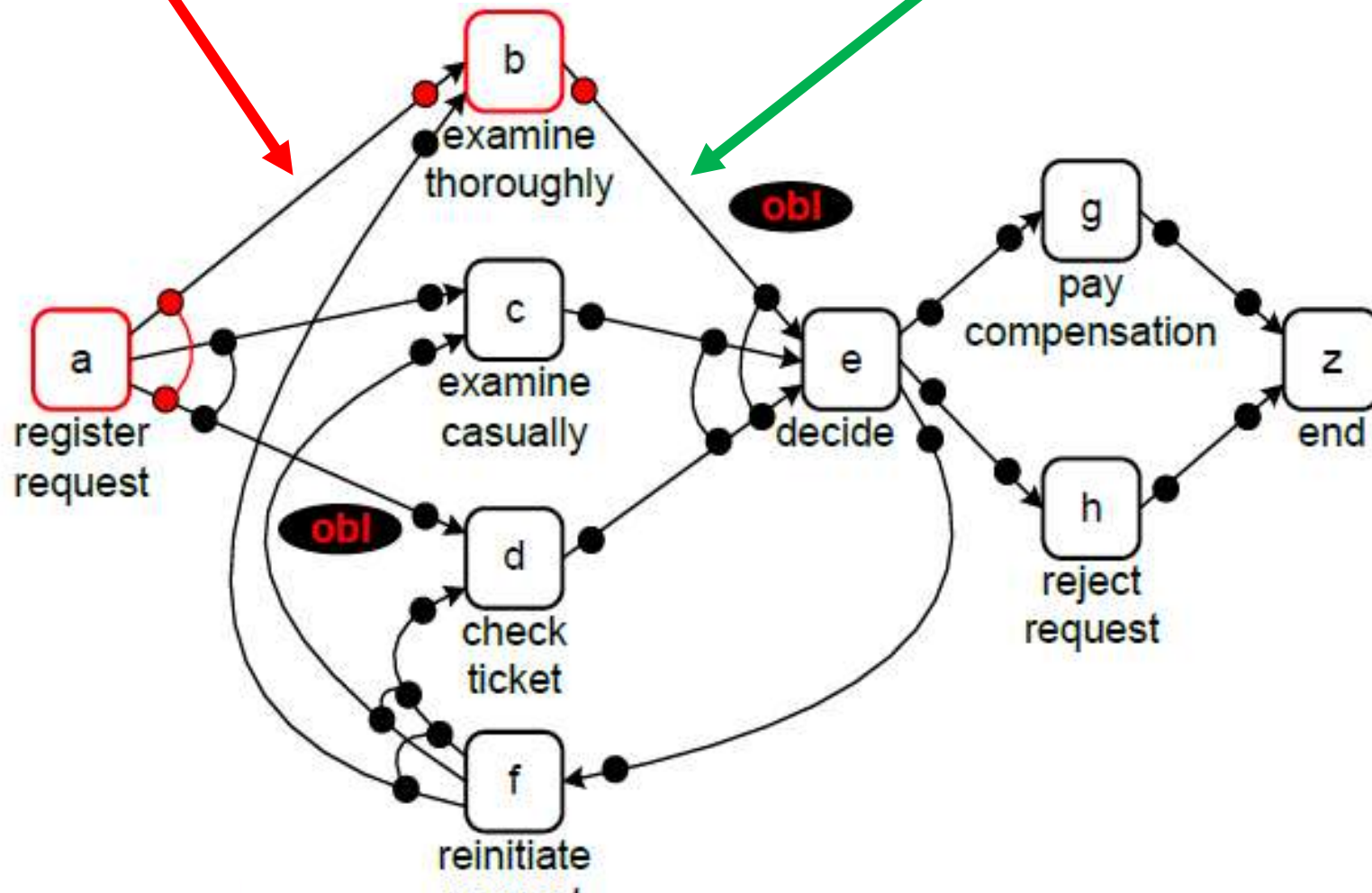


- Több bányászati technikának a kimenete, pl. Heuristics Miner (ProM)
- Jól illeszkedik a főbb nyelvekhez, pl. BPMN
- Modellezhető a XOR, AND és OR, nincsenek felesleges nyomok vagy duplikált műveletek

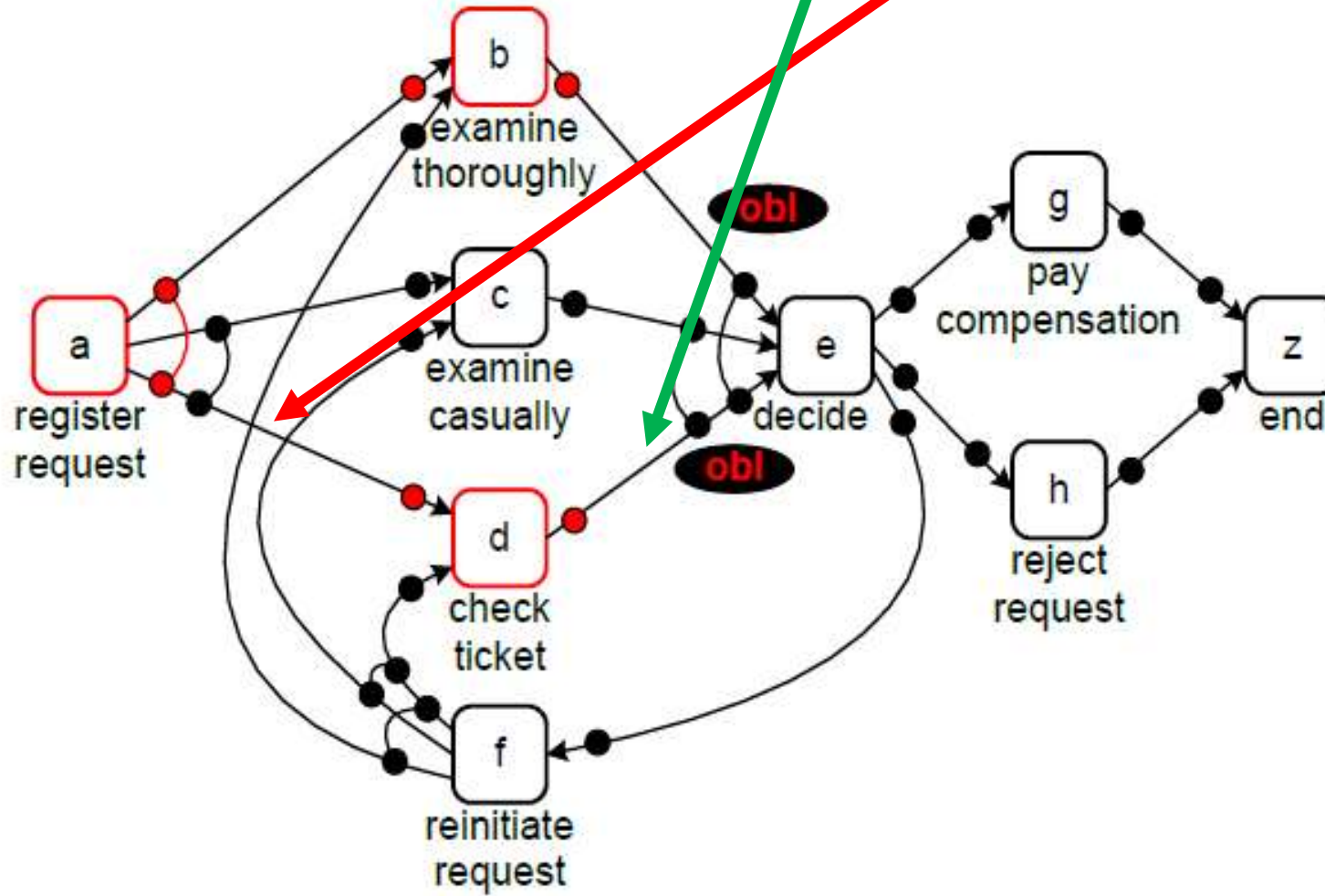
Feltételezzük, hogy az *a* művelet egyik kötése érvényesül, így *b* és *d* a kimeneti kötés miatt engedélyezve lesz



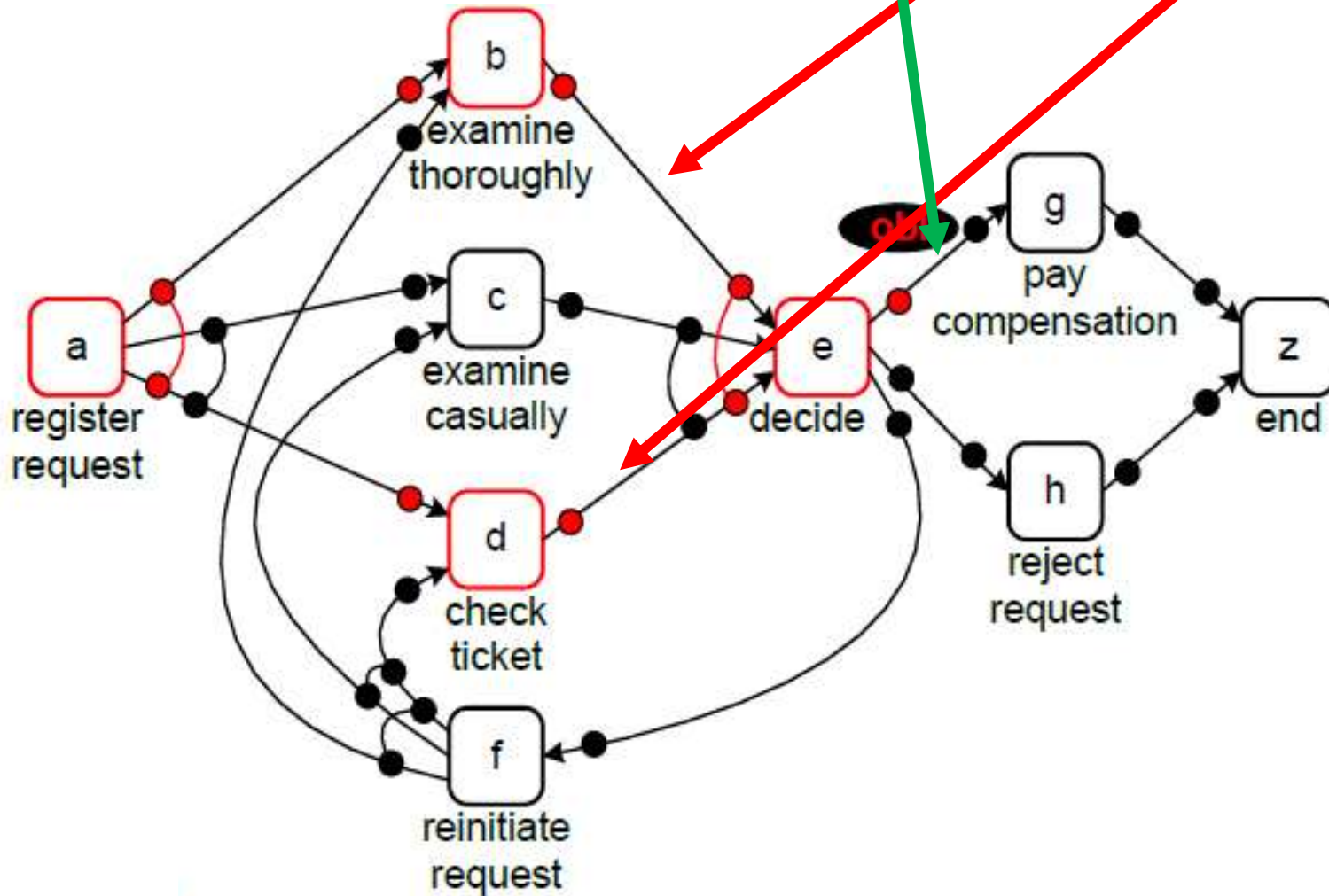
A b fordul elő a folyamatban, megszüntetjük az (a,b) kötelmet és létrehozunk a (b,e) kötelmet



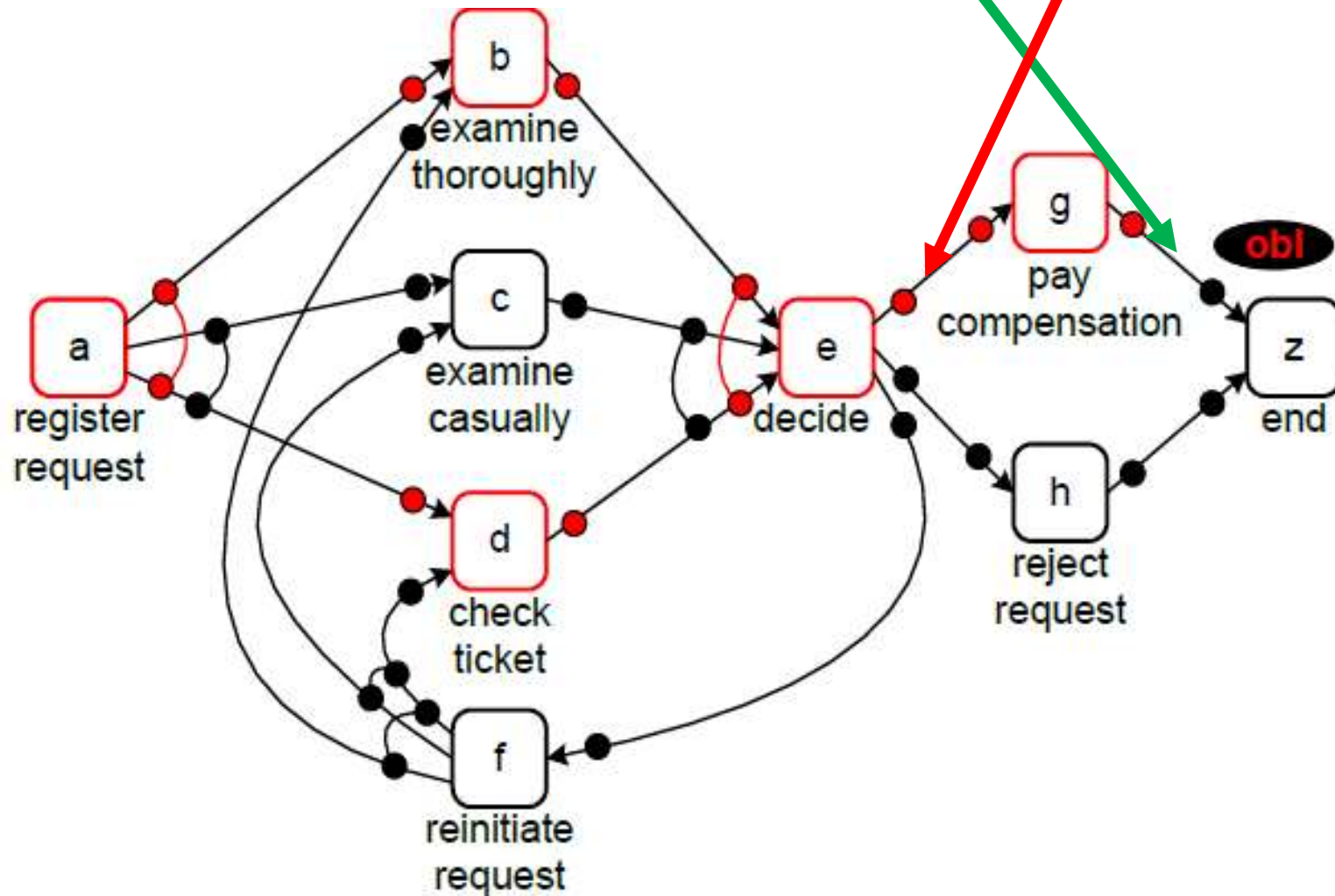
A d fordul elő, megszüntetjük az (a,d) kötelmet és létrehozunk a (d,e) kötelmet



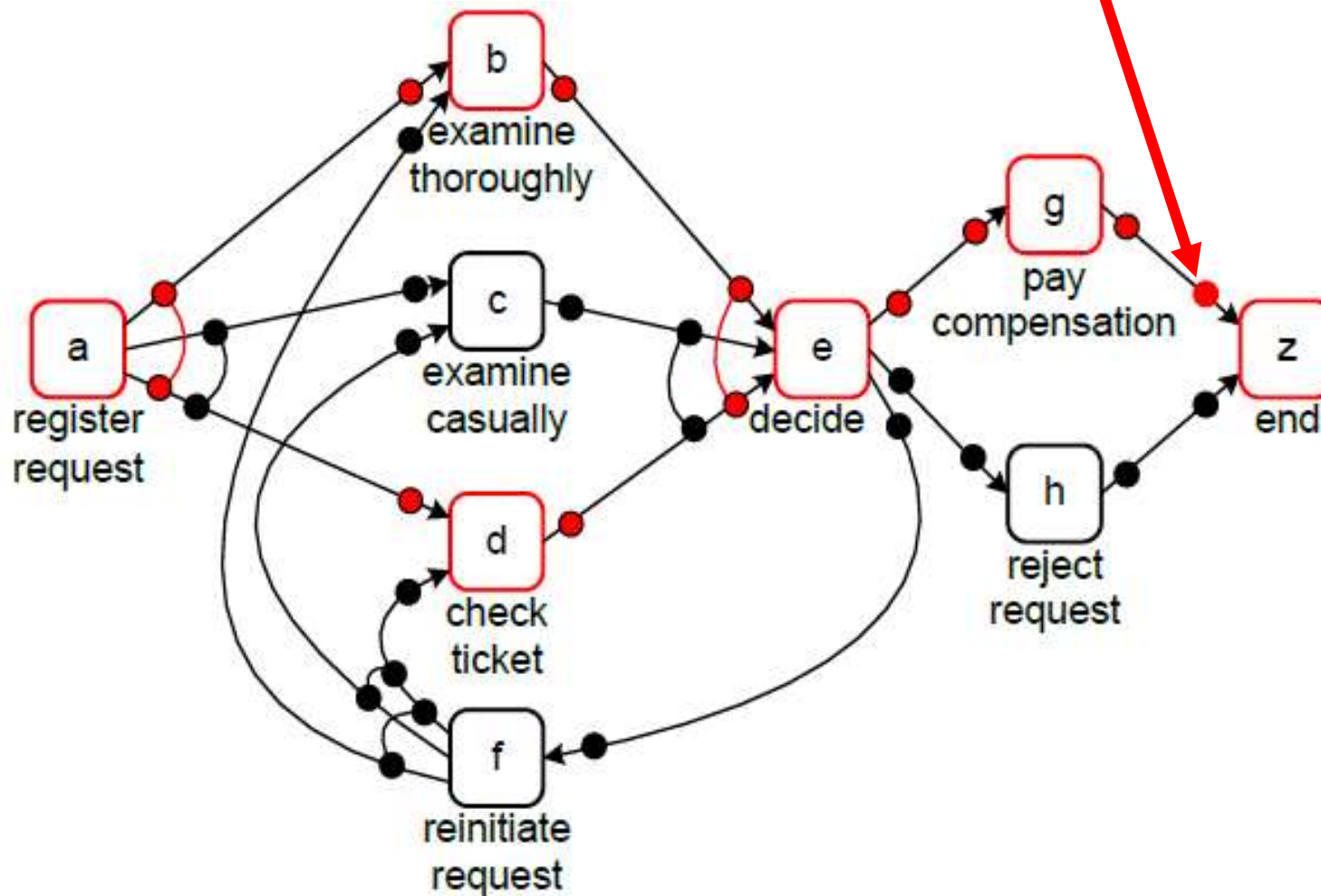
Az e fordul elő, megszüntetjük az (b,e) és (d,e) kötelmet és létrehozunk az (e,g) kötelmet



A g fordul elő, megszüntetjük az (e, g) kötelmet és létrehozunk a (g, z) kötelmet



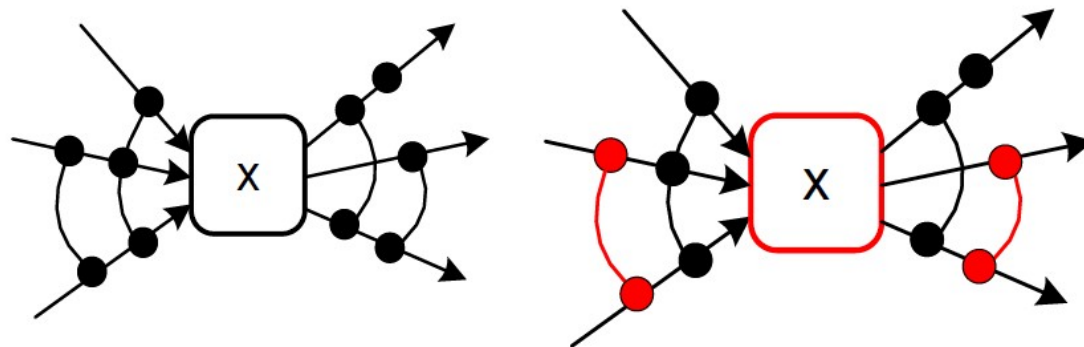
A z fordul elő, megszüntetjük a (g,z) kötelmet és nincs további lehetőség



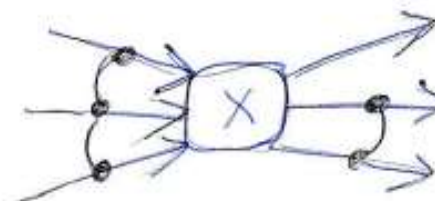
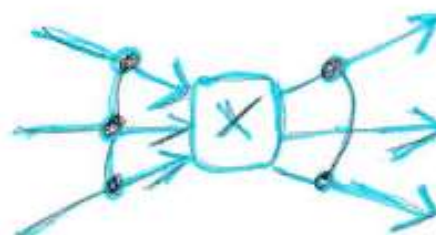
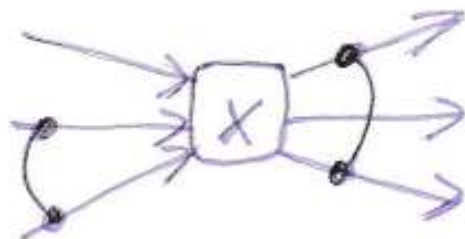
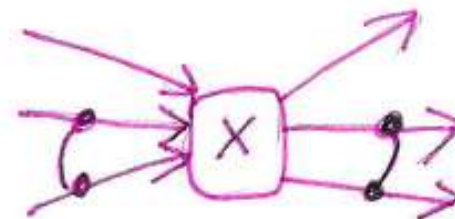
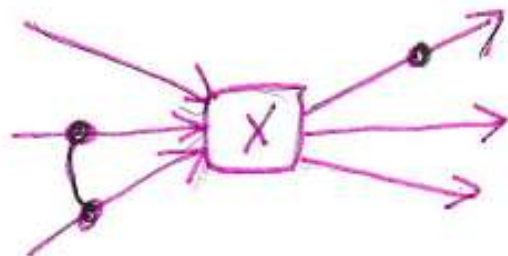
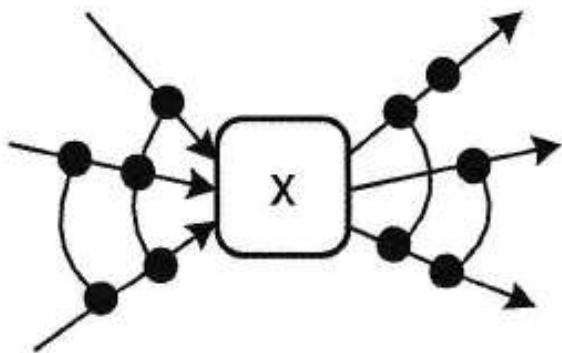
Szabályok

- Az ok-okozati háló kezdő műveletével indulunk.
- Az ok-okozati háló befejező műveletével fejezzük be a nyomon követést.
- A kezdő és befejező művelet nem mehet végbe a kezdő és befejező művelet között.
- A token-eket (jelölő pont) meghatározott sorrendben kell elhasználni.
- A folyamat végén nem lehetnek megmaradó kötelezettségek.

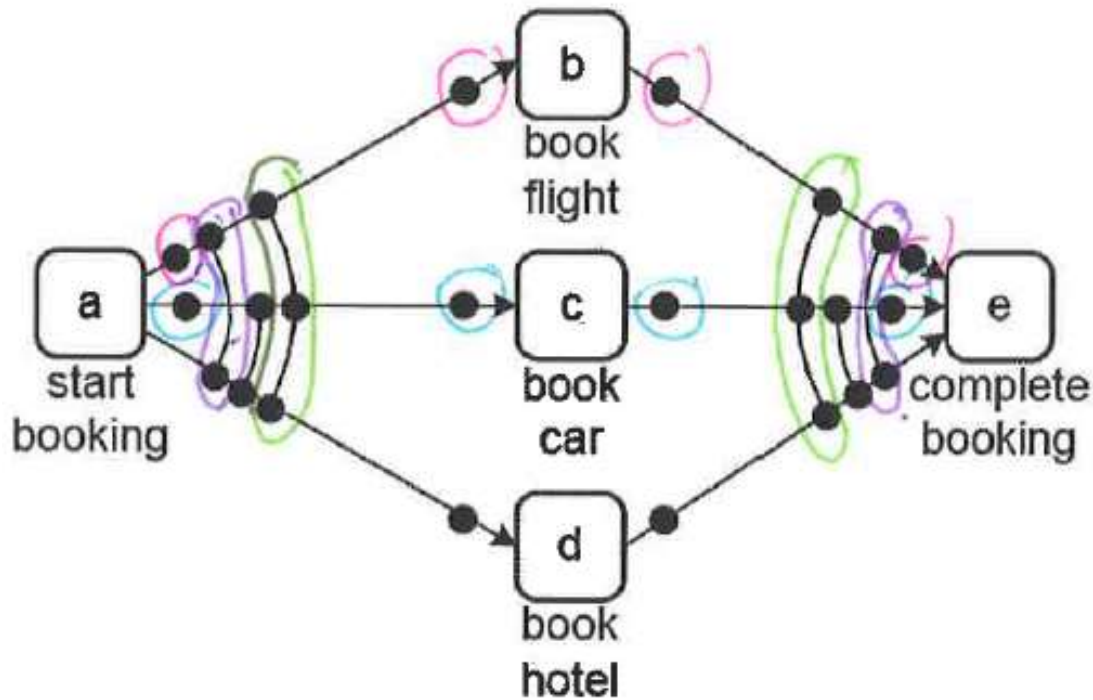
Egy lehetséges kötés:



1. Hány kötés lehetséges? Rajzolja fel a lehetőségeket!

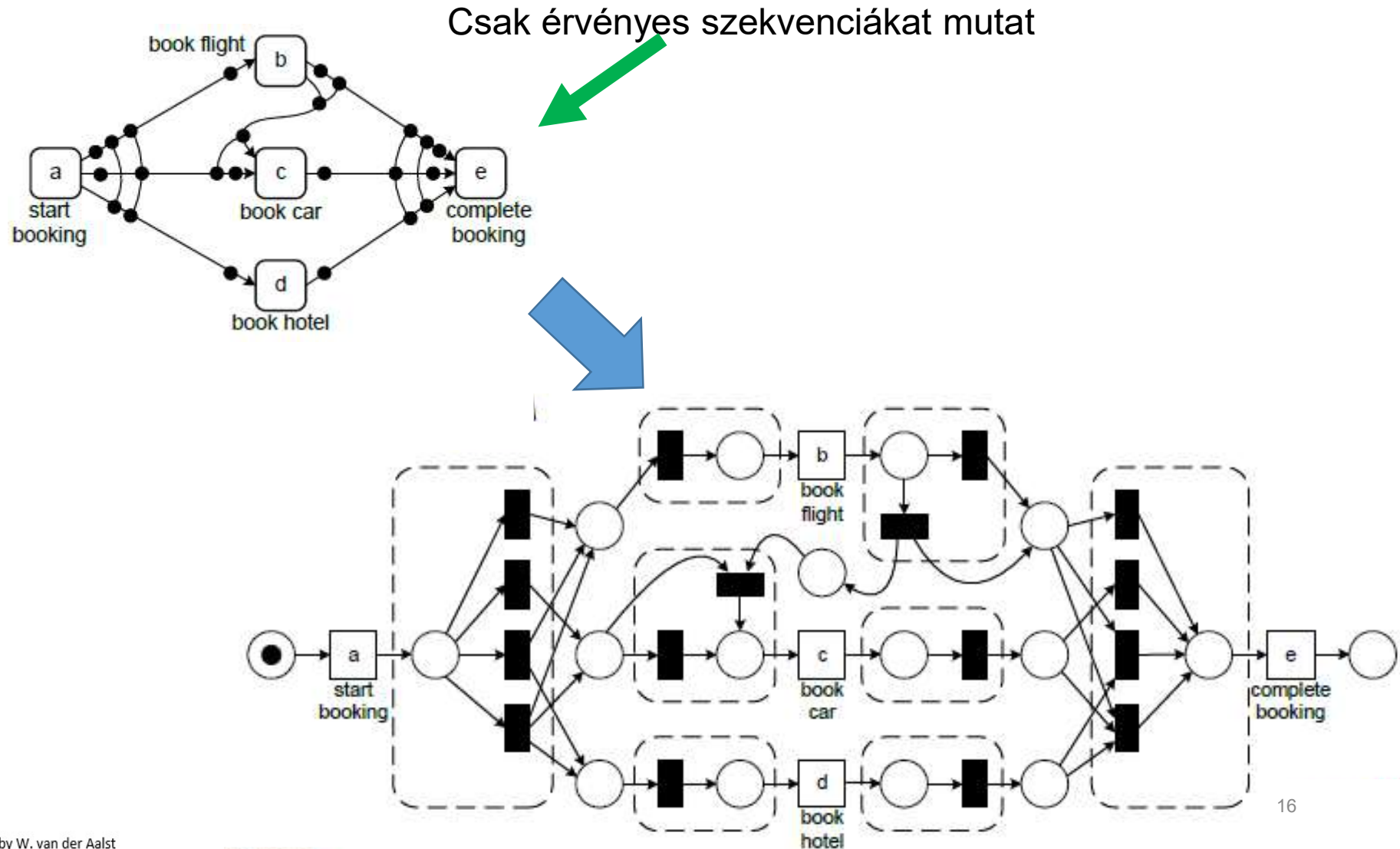


Hány érvényes kötési szekvencia lehetséges az alábbi függőségi gráf alapján és melyek ezek?

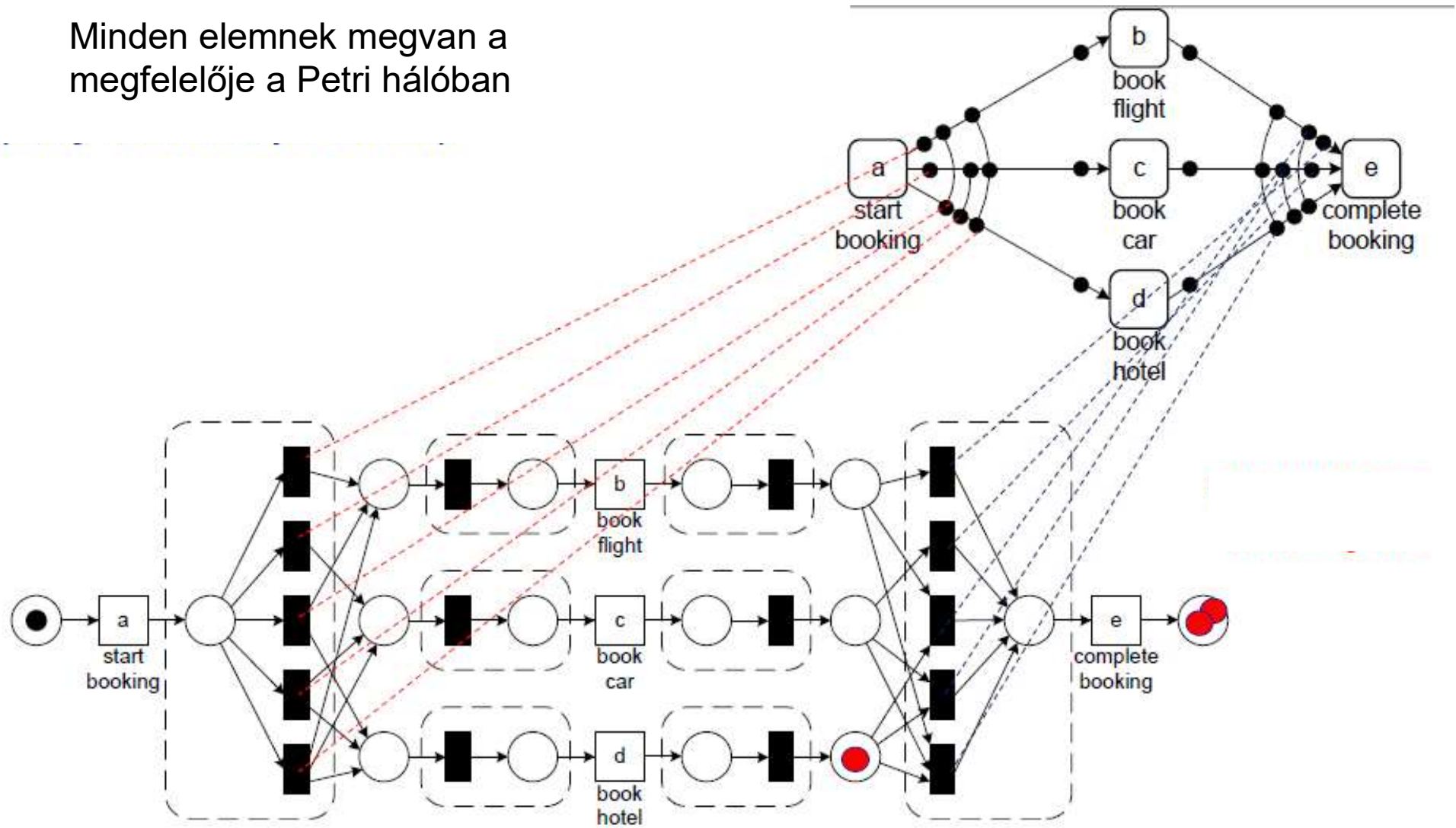


- a b e
 - a c e
 - a b d e
 - a d b e
 - a c d e
 - a d c e
 - x a b c d e
 - a b d c e
 - x a c b d e
 - x a c d b e
 - x a d b c e
 - x a d c b e
- 12

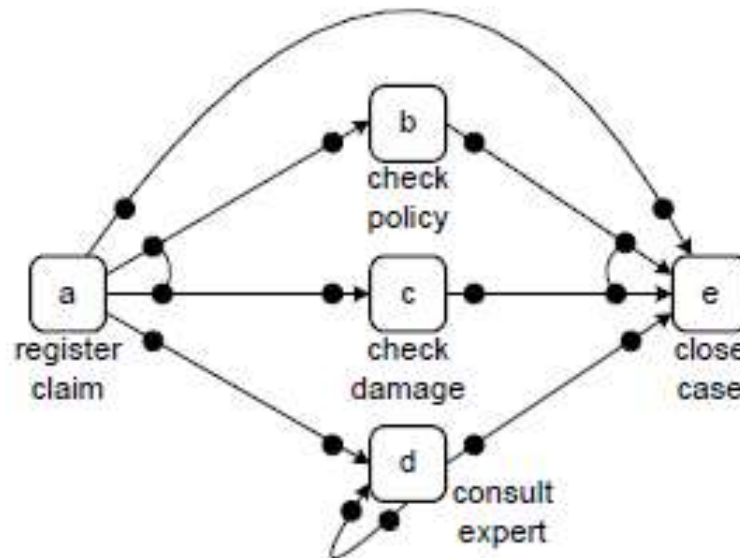
Kapcsolat az ok-okozati háló és a Petri háló között



Minden elemnek megvan a megfelelője a Petri hálóban



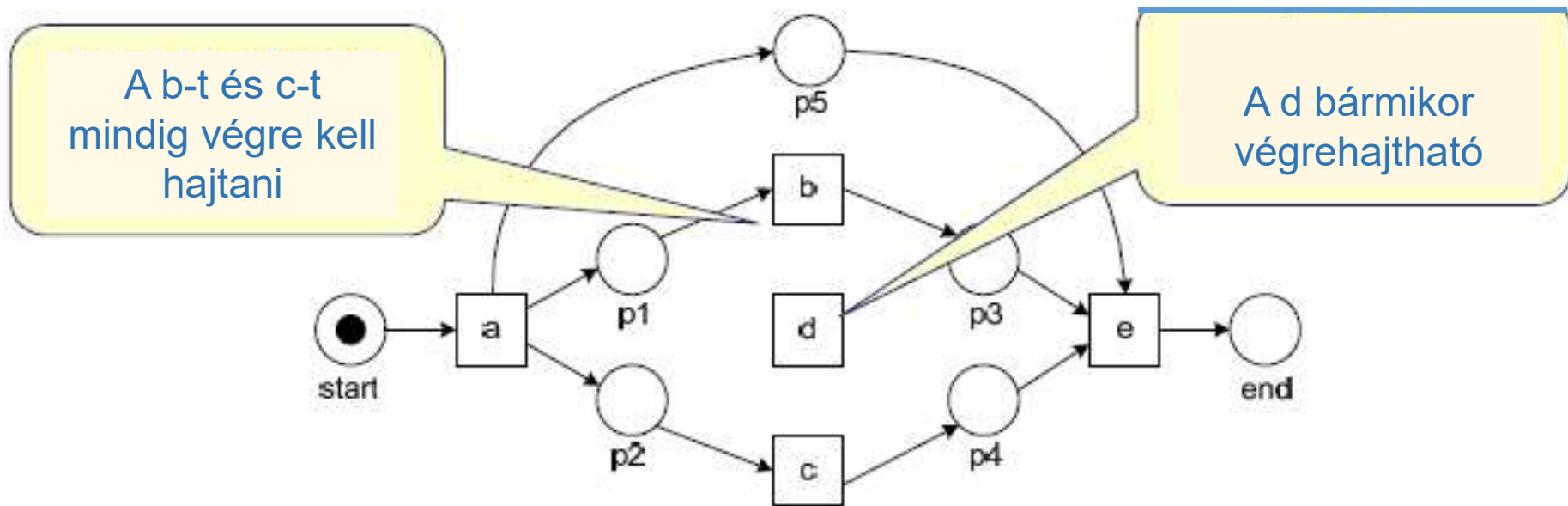
Tekintsünk egy ok-okozati hálót és néhány valós lefutást



nincsenek a modellben

$$L = [\langle a, e \rangle^5, \langle a, b, c, e \rangle^{10}, \langle a, c, b, e \rangle^{10}, \langle a, b, e \rangle^1, \langle a, c, e \rangle^1, \langle a, d, e \rangle^{10}, \langle a, d, d, e \rangle^2, \langle a, d, d, d, e \rangle^1]$$

Az Alfa algoritmus problémái a loggal



$$L = [\langle a, e \rangle^5, \langle a, b, c, e \rangle^{10}, \langle a, c, b, e \rangle^{10}, \langle a, b, e \rangle^1, \langle a, c, e \rangle^1, \langle a, d, e \rangle^{10}, \langle a, d, d, e \rangle^2, \langle a, d, d, d, e \rangle^1]$$

Gyakorisági mérték számítása

a az i. esemény a trace-ben

b az i+1. esemény a trace-ben

$$|a \rangle_L b| = \sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times |\{1 \leq i < |\sigma| \mid \sigma(i) = a \wedge \sigma(i+1) = b\}|$$

logbeli trace-ek

egy trace hossza

a-t követi a b esemény a logban



A trace-ekben megszámoljuk az egymás utáni előfordulásokat

Egy fontos információ elveszik, ha a gyakoriságok nincsenek figyelembe véve.

$$L = [\langle a, e \rangle^5, \langle a, b, c, e \rangle^{10}, \langle a, c, b, e \rangle^{10}, \langle a, b, e \rangle^1, \langle a, c, e \rangle^1, \langle a, d, e \rangle^{10}, \langle a, d, d, e \rangle^2, \langle a, d, d, d, e \rangle^1]$$

$ \rangle_L $	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>a</i>	0	11	11	true	5
<i>b</i>	0	0	10	false	11
<i>c</i>	0	10	0	false	11
<i>d</i>	0	0	0	true	13
<i>e</i>	0	0	0	false	0

A függőség mértéke, figyelembe vesszük a párhuzamosságot

$$|a \succ_L b| = \sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times |\{1 \leq i < |\sigma| \mid \sigma(i) = a \wedge \sigma(i+1) = b\}|$$

Függőség mértéke:

Közvetlen egymásutániság

$|a \Rightarrow_L b|$ Az a és b függőség reláció értéke

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$

Tekintsünk különböző mintázatokat és számoljuk ki a logok alapján az értékeket!

A két kiszámolt érték hozzárendelése a megfelelő élhez

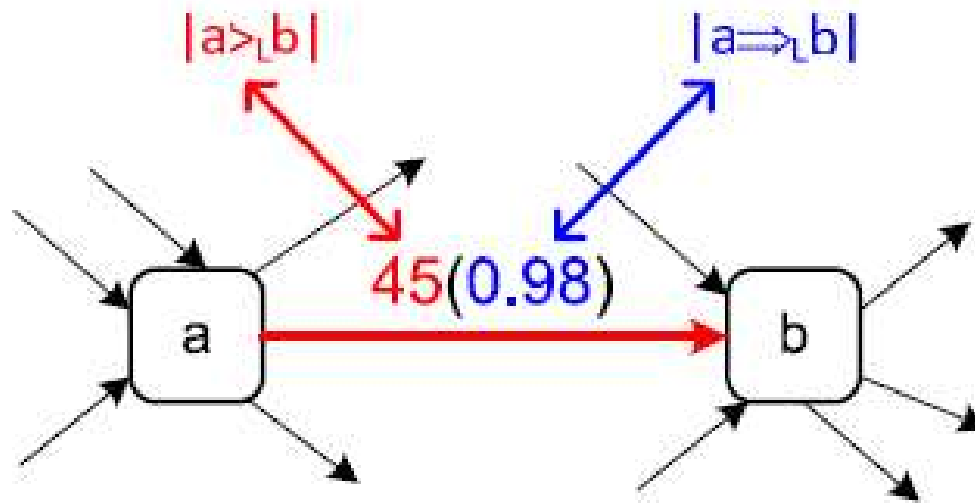
gyakoriság

$$|a \succ_L b| = \sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times |\{1 \leq i < |\sigma| \mid \sigma(i) = a \wedge \sigma(i+1) = b\}|$$

függőségi mérték

$|a \Rightarrow_L b|$ Az a és b függőség reláció értéke

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$



Mindkét érték egy előre definiált küszöbérték felett kell, hogy legyen

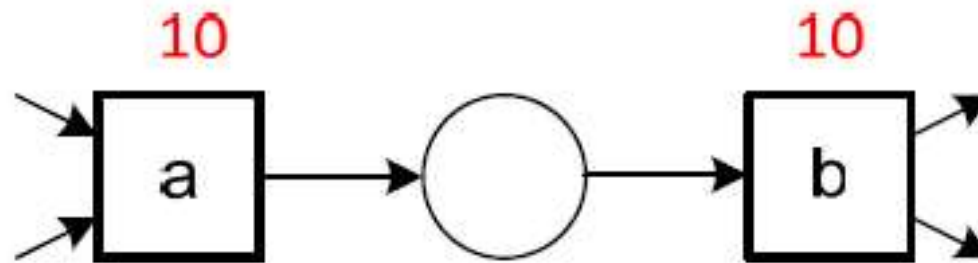
A függőségi gráf megrajzolása a két paraméter aktuális értékének figyelembe vételével

1. Határozzuk meg az egymást követő kapcsolat gyakoriságának minimális számát és a függőségi mérték minimális értékét (küszöbértékek figyelembe vétele).
2. Határozzuk meg a log alapján az egymást követő kapcsolat gyakoriságát.
3. Számoljuk ki a függőségi mértékeket.
4. Rajzoljuk meg a függőségi gráfot, amely csak azokat az éleket tartalmazza, amelyeknél a két paraméter érték eléri az első pontban megadott küszöbértékeket.

Szekvencia mintázat

Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a >_L b| - |b >_L a|}{|a >_L b| + |b >_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a >_L a|}{|a >_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$

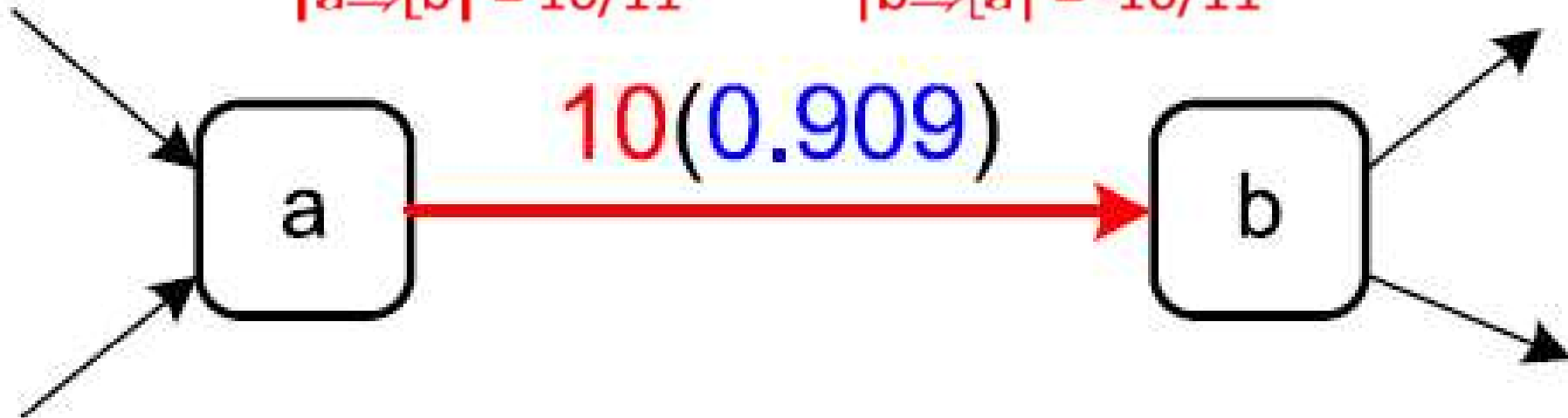


$$|a >_L b| = 10$$

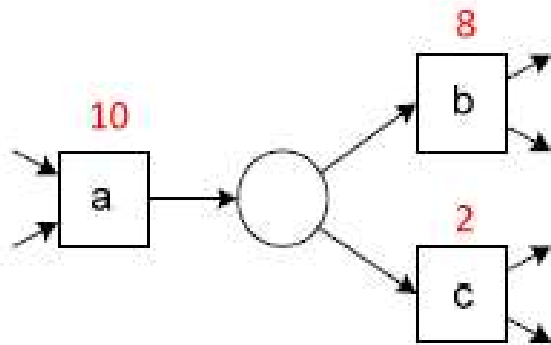
$$|a \Rightarrow_L b| = 10/11$$

$$|b >_L a| = 0$$

$$|b \Rightarrow_L a| = -10/11$$



XOR-split mintázat, Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5



$$|a \succ b| = 8$$

$$|a \Rightarrow b| = 8/9$$

$$|a \succ c| = 2$$

$$|a \Rightarrow c| = 2/3$$

$$|c \succ a| = 0$$

$$|c \Rightarrow a| = -2/3$$

$$|b \succ a| = 0$$

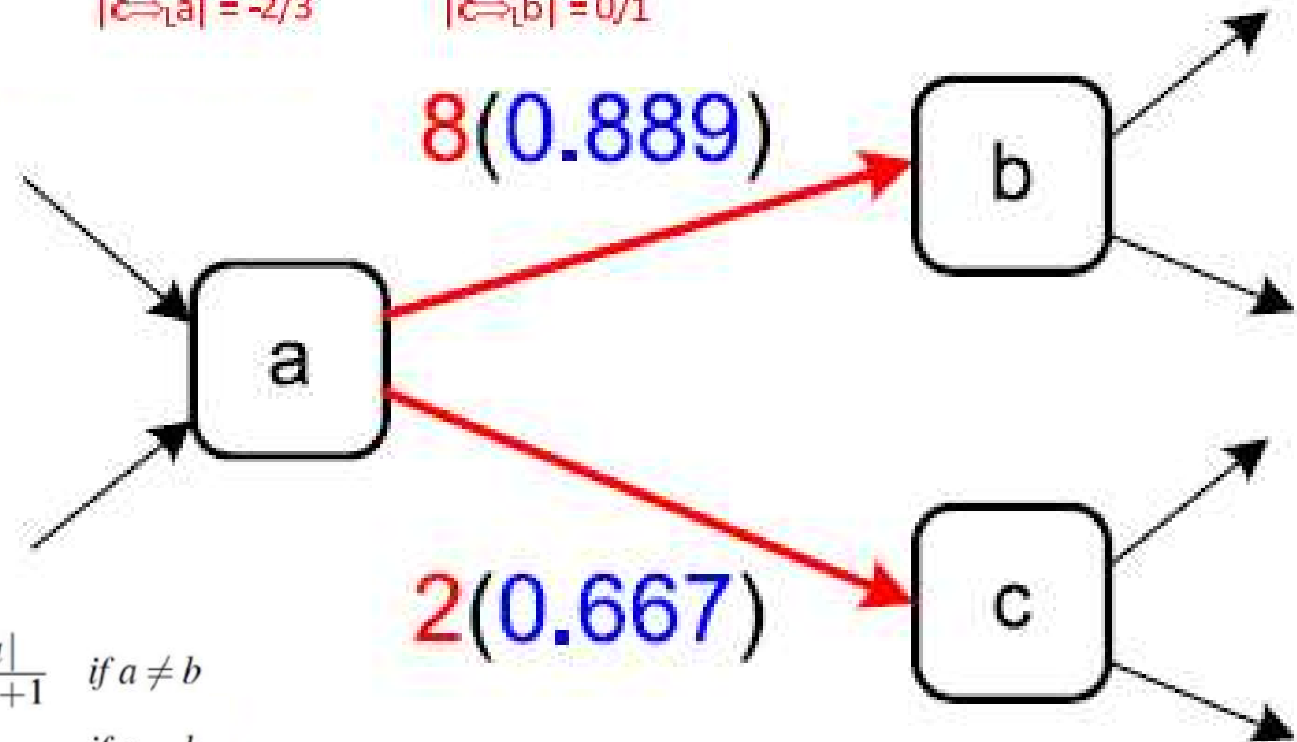
$$|b \Rightarrow a| = -8/9$$

$$|b \succ c| = 0$$

$$|b \Rightarrow c| = 0/1$$

$$|c \succ b| = 0$$

$$|c \Rightarrow b| = 0/1$$

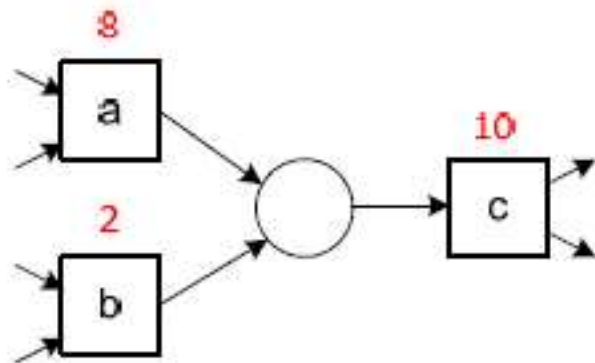


$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$

XOR-join mintázat

Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$



$$|a \succ_L b| = 0$$

$$|a \Rightarrow_L b| = 0/1$$

$$|b \succ_L a| = 0$$

$$|b \Rightarrow_L a| = 0/1$$

$$|a \succ_L c| = 8$$

$$|a \Rightarrow_L c| = 8/9$$

$$|b \succ_L c| = 2$$

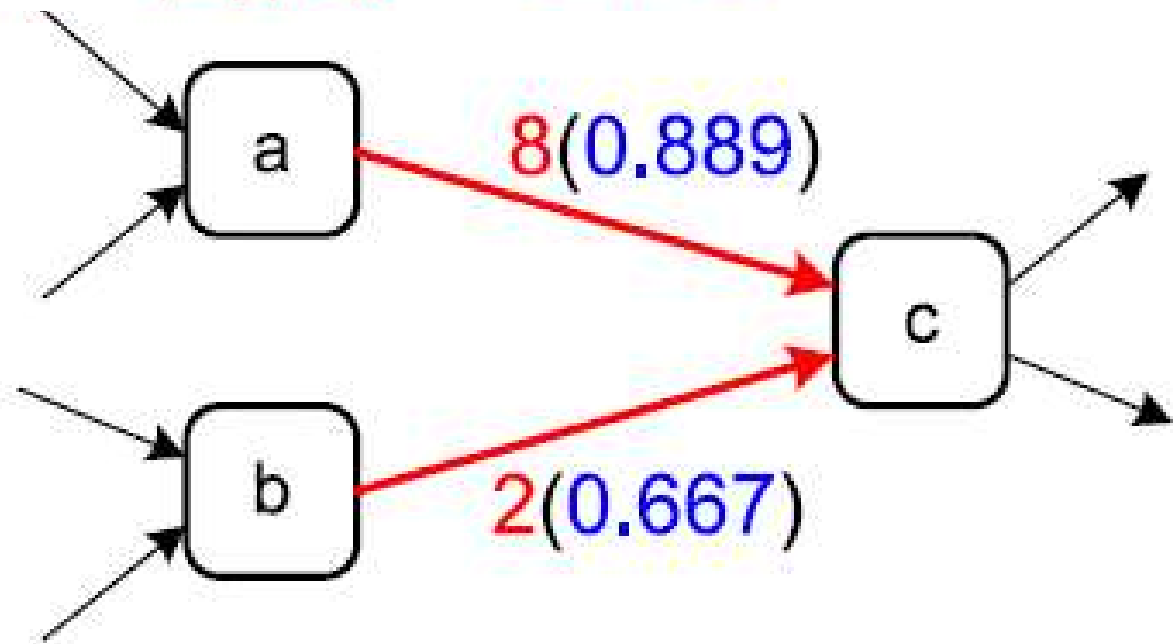
$$|b \Rightarrow_L c| = 2/3$$

$$|c \succ_L a| = 0$$

$$|c \Rightarrow_L a| = -8/9$$

$$|c \succ_L b| = 0$$

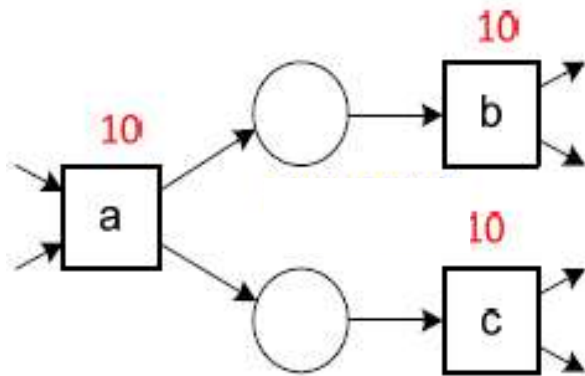
$$|c \Rightarrow_L b| = -2/3$$



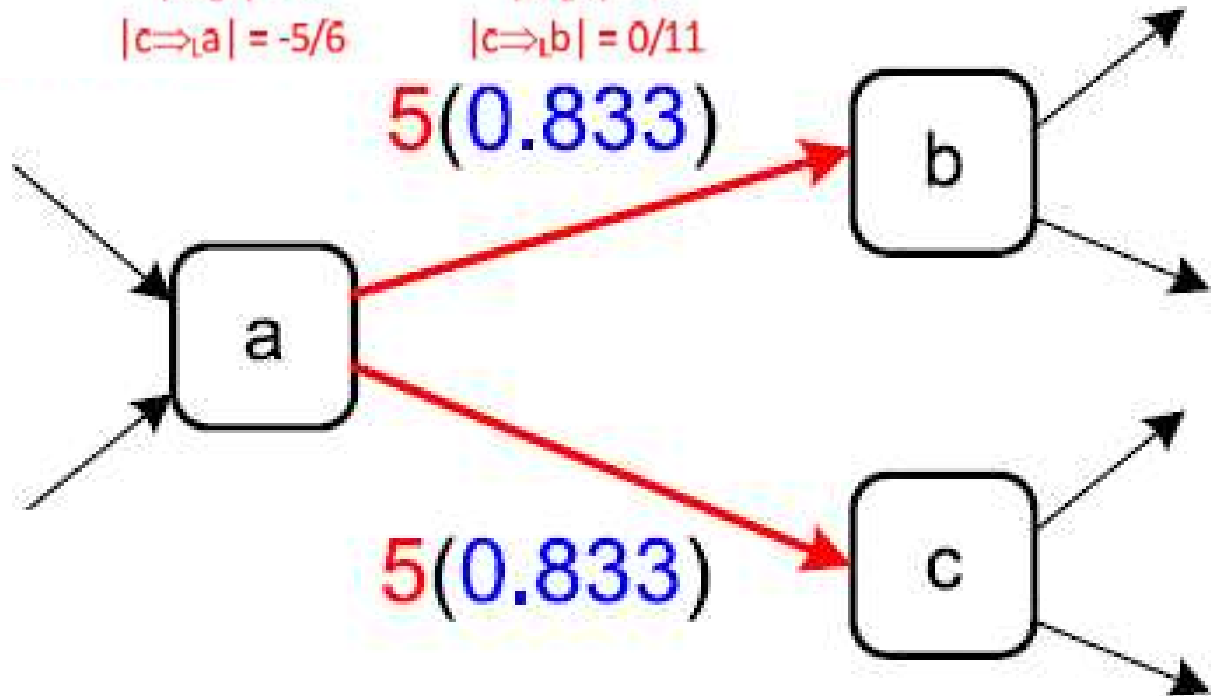
AND-split mintázat

Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$



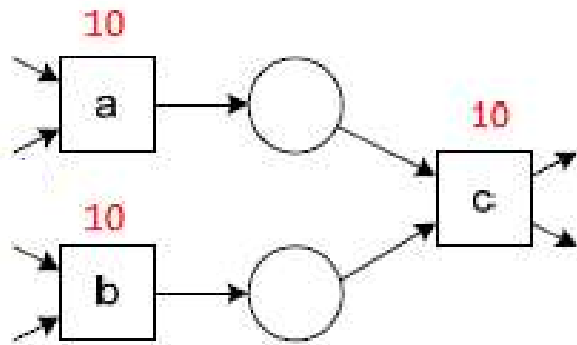
$ a \succ_L b = 5$	$ b \succ_L a = 0$
$ a \Rightarrow_L b = 5/6$	$ b \Rightarrow_L a = -5/6$
$ a \succ_L c = 5$	$ b \succ_L c = 5$
$ a \Rightarrow_L c = 5/6$	$ b \Rightarrow_L c = 0/11$
$ c \succ_L a = 0$	$ c \succ_L b = 5$
$ c \Rightarrow_L a = -5/6$	$ c \Rightarrow_L b = 0/11$



AND-join mintázat

Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$



$$|a \succ_L b| = 5$$

$$|a \Rightarrow_L b| = 0/11$$

$$|b \succ_L a| = 5$$

$$|b \Rightarrow_L a| = 0/11$$

$$|a \succ_L c| = 5$$

$$|a \Rightarrow_L c| = 5/6$$

$$|b \succ_L c| = 5$$

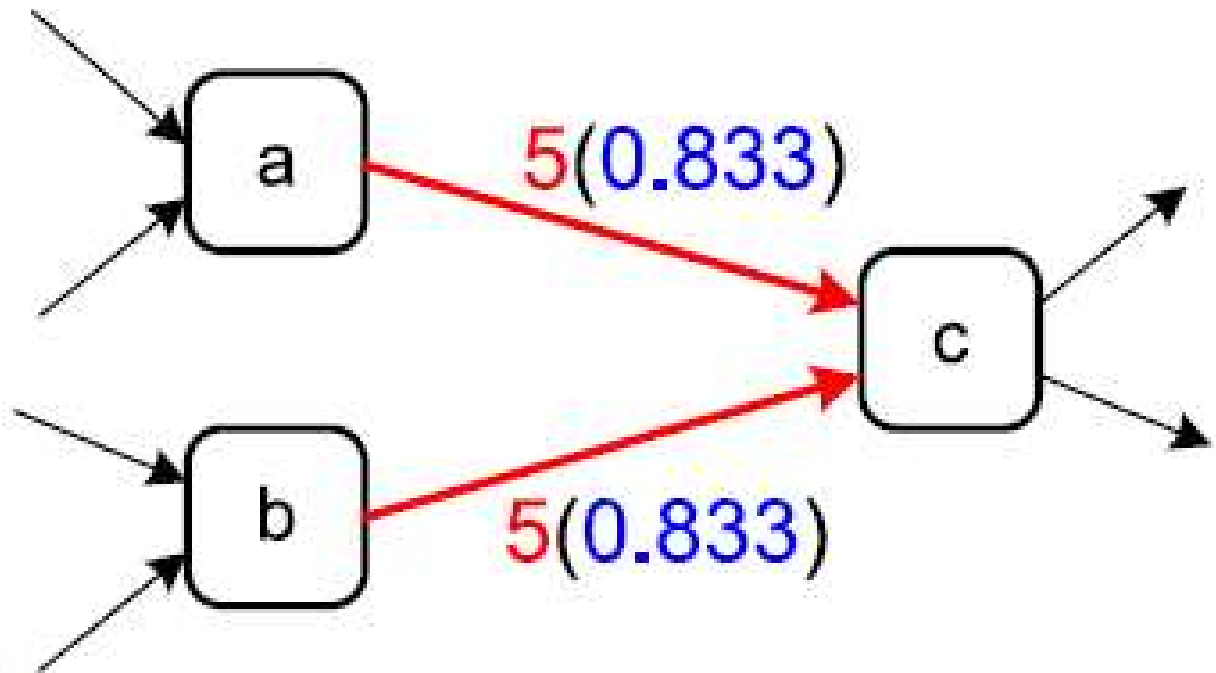
$$|b \Rightarrow_L c| = 5/6$$

$$|c \succ_L a| = 0$$

$$|c \Rightarrow_L a| = -5/6$$

$$|c \succ_L b| = 0$$

$$|c \Rightarrow_L b| = 5/6$$

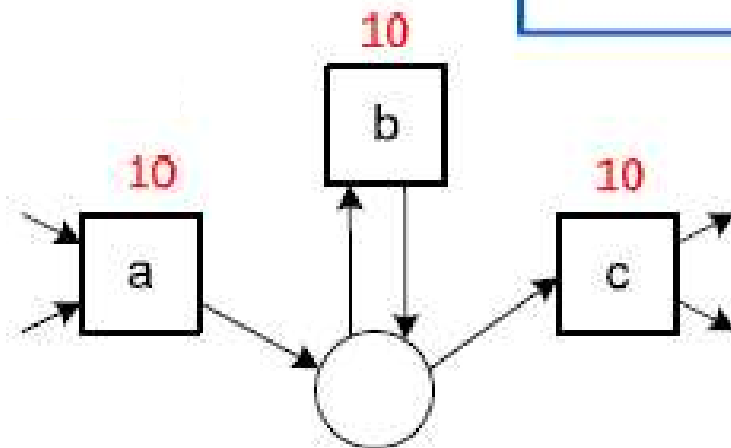


LOOP mintázat

Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

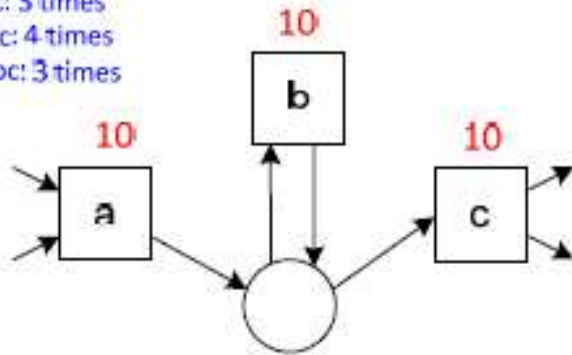
$|a \Rightarrow_L b|$ Az a és b függőség reláció értéke

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a >_L b| - |b >_L a|}{|a >_L b| + |b >_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a >_L a|}{|a >_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$



LOOP mintázat, Küszöbértékek: ≥ 1 és ≥ 0.5

assume
ac: 3 times
abc: 4 times
abbc: 3 times



$$|a \succ a| = 0$$

$$|a \Rightarrow a| = 0/1$$

$$|b \succ a| = 0$$

$$|b \Rightarrow a| = -7/8$$

$$|c \succ a| = 0$$

$$|c \Rightarrow a| = -3/4$$

$$|a \succ b| = 7$$

$$|a \Rightarrow b| = 7/8$$

$$|b \succ b| = 3$$

$$|b \Rightarrow b| = 3/4$$

$$|c \succ b| = 0$$

$$|c \Rightarrow b| = -7/8$$

$$|a \succ c| = 3$$

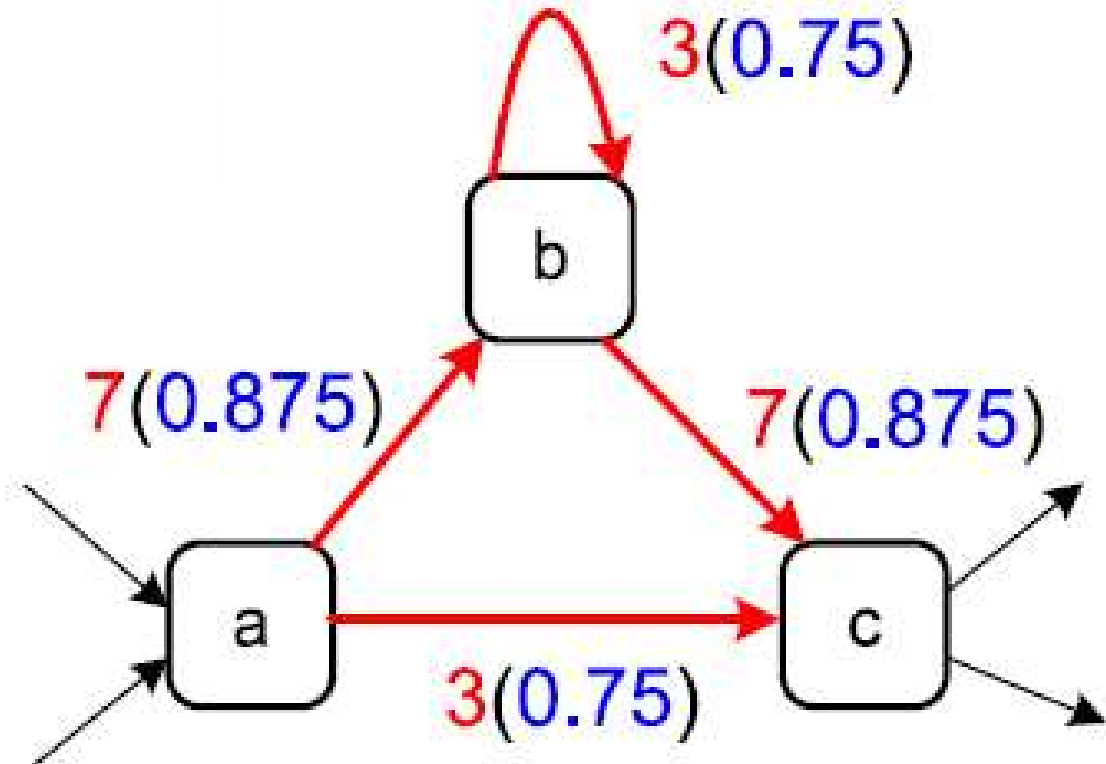
$$|a \Rightarrow c| = 3/4$$

$$|b \succ c| = 7$$

$$|b \Rightarrow c| = 7/8$$

$$|c \succ c| = 0$$

$$|c \Rightarrow c| = 0/1$$



$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a \succ_L b| - |b \succ_L a|}{|a \succ_L b| + |b \succ_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a \succ_L a|}{|a \succ_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$

Térjünk vissza a kiindulási feladathoz:
 Számítsuk ki a függőség mértékét $|a \Rightarrow_L b|$ és $|d \Rightarrow_L d|$
 estén! Ehhez először meghatározzuk a
 gyakoriságokat tartalmazó táblázat értékeit

$$L = [\langle a, e \rangle^5, \langle a, b, c, e \rangle^{10}, \langle a, c, b, e \rangle^{10}, \langle a, b, e \rangle^1, \langle a, c, e \rangle^1, \\ \langle a, d, e \rangle^{10}, \langle a, d, d, e \rangle^2, \langle a, d, d, d, e \rangle^1]$$

$ >_L $	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>a</i>	0	11	11	13	5
<i>b</i>	0	0	10	0	11
<i>c</i>	0	10	0	0	11
<i>d</i>	0	0	0	4	13
<i>e</i>	0	0	0	0	0

Függőségek mértéke: a számítás eredménye minden műveletpár esetén

$ \Rightarrow_L $	a	b	c	d	e
a	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$	$\frac{5-0}{5+0+1} = 0.83$
b	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{10-10}{10+10+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$
c	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{10-10}{10+10+1} = 0$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$
d	$\frac{0-13}{0+13+1} = -0.93$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{4}{4+1} = 0.80$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$
e	$\frac{0-5}{0+5+1} = -0.83$	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0-13}{0+13+1} = -0.93$	$\frac{0}{0+1} = 0$

Összehasonlítás

függőségi mérték

$ \Rightarrow_L $	a	b	c	d	e
a	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$	$\frac{5-0}{5+0+1} = 0.83$
b	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{10-10}{10+10+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$
c	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{10-10}{10+10+1} = 0$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$

$ \Rightarrow_L $	a	b	c	d	e
a	0	11	11	13	5
b	0	0	10	0	11
c	0	10	0	0	11
d	0	0	0	4	13
e	0	0	0	0	0

$ \Rightarrow_L $	a	b
a	$\frac{4}{4+1} = 0.80$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$
b	$\frac{0-13}{0+13+1} = -0.93$	$\frac{0}{0+1} = 0$

$|a \Rightarrow_L b|$ Az a és b függőség reláció értéke

$$|a \Rightarrow_L b| = \begin{cases} \frac{|a >_L b| - |b >_L a|}{|a >_L b| + |b >_L a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a >_L a|}{|a >_L a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases}$$

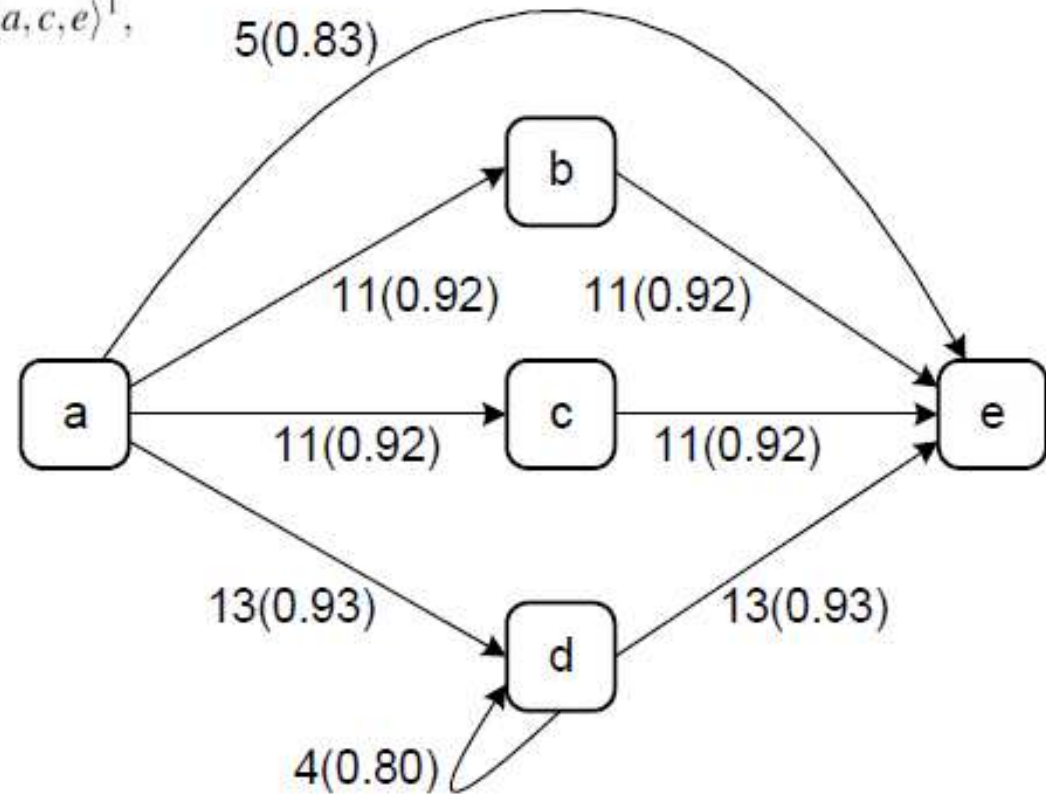
gyakoriság

Függőségi gráf létrehozása

$$L = [\langle a, e \rangle^5, \langle a, b, c, e \rangle^{10}, \langle a, c, b, e \rangle^{10}, \langle a, b, e \rangle^1, \langle a, c, e \rangle^1, \langle a, d, e \rangle^{10}, \langle a, d, d, e \rangle^2, \langle a, d, d, d, e \rangle^1]$$

$ \succ_L $	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>a</i>	0	11	11	13	5
<i>b</i>	0	0	10	0	11
<i>c</i>	0	10	0	0	11
<i>d</i>	0	0	0	4	13
<i>e</i>	0	0	0	0	0

$ \Rightarrow_L $	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>a</i>	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$	$\frac{5-0}{5+0+1} = 0.83$
<i>b</i>	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{10-0}{10+0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$
<i>c</i>	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{10-10}{10+10+1} = 0$	$\frac{0}{0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{11-0}{11+0+1} = 0.92$
<i>d</i>	$\frac{0-13}{0+13+1} = -0.93$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{0-0}{0+0+1} = 0$	$\frac{4}{4+1} = 0.80$	$\frac{13-0}{13+0+1} = 0.93$
<i>e</i>	$\frac{0-5}{0+5+1} = -0.83$	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0-11}{0+11+1} = -0.92$	$\frac{0-13}{0+13+1} = -0.93$	$\frac{0}{0+1} = 0$



Ha magasabb küszöbértékeket használunk, veszítünk információkat!