

Modell Alapú Diagnosztika Diszkrét Módszerekkel
Diagnosztika Petri háló modellek felhasználásával

Hangos Katalin

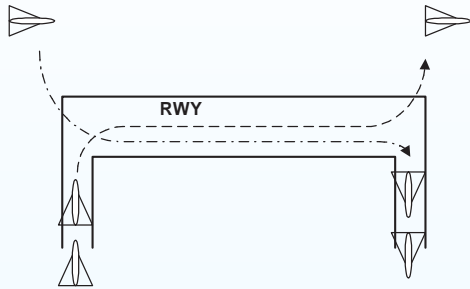
PE Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék

Tartalomjegyzék

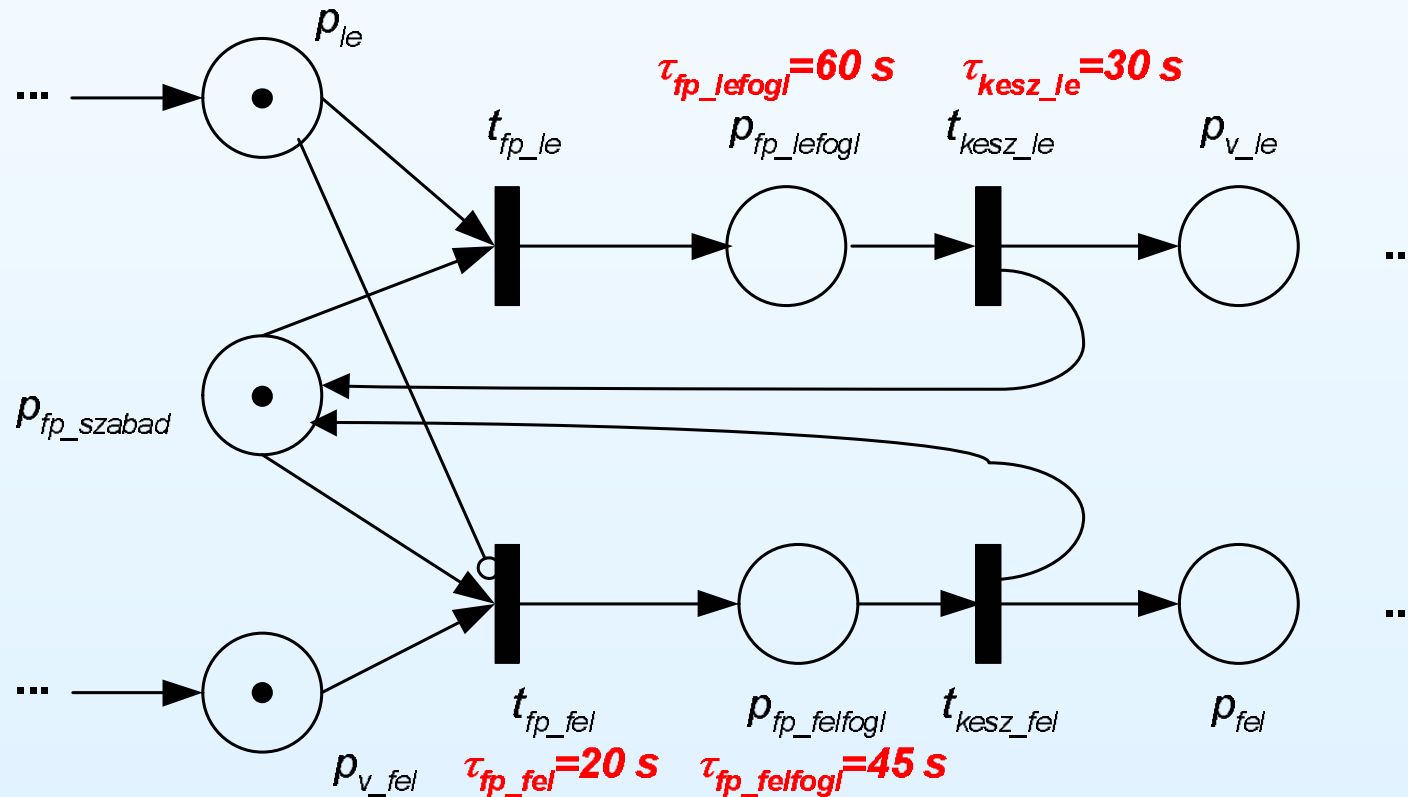
- **Színes Petri hálók (Coloured Petri Nets)**
 - legfontosabb tulajdonságok
- **Színes Petri hálók és kvalitatív differenciaegyenletek**
 - megfeleltetés, hibamódokat tartalmazó modellek
 - jel-nyomok előállítása
- **Operátori eljárások és formális leírásuk**
 - kapcsolat a diszkrét idejű modellekkel
- **Diagnózerek**
 - fogalma és jellemzői
 - Petri háló diagnózerek karakterisztikus jel-nyomok felismerésére

Színes Petri háló
Coloured Petri Nets (CPNs)

Futópálya Petri háló modellje – időzített



Időzített Petri háló modell



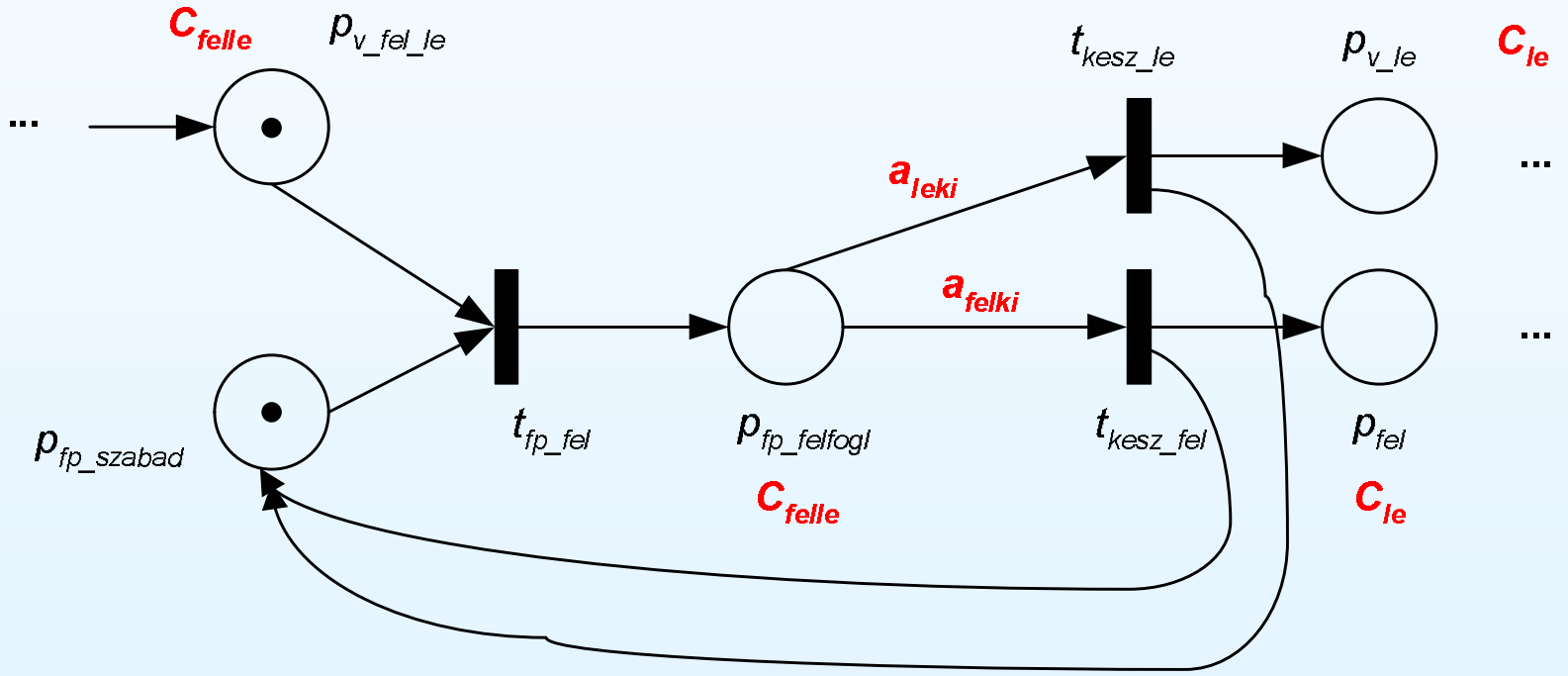
Futópálya Petri háló modell – színes

Színezett Peri háló modell: "feliratok"

Élfüggvény: $a_{felki} : \text{if } val(p_{fp_lefogl}) = "\uparrow" \text{ then } "true"$

$a_{fel} = val(p_{fp_lefogl}) , val(p_{fel}) = a_{fel}$

Szinhalmoz: $C_{felle} = \{\uparrow, \downarrow\}$



Színes Petri hálók és kvalitatív modellek

Az irányítandó rendszer leírása

Színezett Petri hálóval (CPN): kvalitatív modellből állíthatjuk elő

- színhalmazok: a változók kvalitatív értékkészletéből
- helyek: változókhoz rendelvek
- átmenetek: egyenletekhez rendelvek (statikus és dinamikus egyenlettel)

Diagnosztikai alkalmazások: a meghibásodásokat is modellezni kell!

Statikus példa: érzékelő additív hibával 1

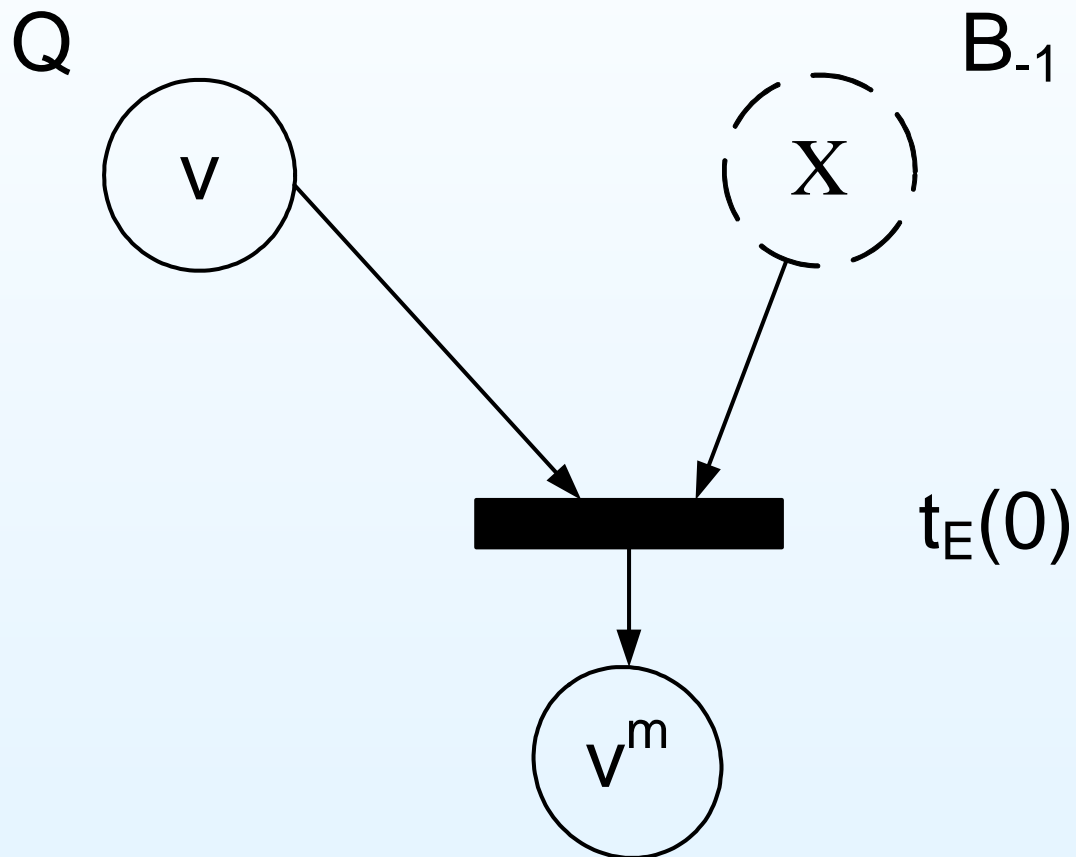
Algebrai model egyenlet: $v^m = v + \chi \cdot E$

$[v] \in \mathcal{Q}$, $[v]^m \in \mathcal{Q}_e$, $\chi \in B_{-1} = \{-1, 0, 1\}$, $[E] = L$

$[v^m]$	$[\chi]$	$[v]$	mode
N	0	N	normal
H	0	H	normal
L	0	L	normal
0	0	0	normal
$e+$	1	H	faulty
H	1	N	faulty
N	1	L	faulty
L	1	0	faulty
N	-1	H	faulty
L	-1	N	faulty
0	-1	L	faulty
$e-$	-1	0	faulty

Statikus példa: érzékelő additív hibával 2

CPN modell



Kvalitatív jelek

Kvalitatív érték-készlet "normális" N értékkel rendelkező változókra

$$Q = \{H, N, L, 0\}, \quad \mathcal{B} = \{0, 1\}, \quad Q_{\mathcal{E}} = \{H, N, L, 0, e+, e-\}$$

ahol *High*, *Low*, *Normal*, *error*.

Egy **kvalitatív jel** egy olyan jel (bemenet, kimenet, állapot vagy **zavarás** (*fault indicator!*)) amely értékeit minden időpillanatban egy véges kvalitatív érték-készletből veszi.

Egy **esemény** következik be, ha egy kvalitatív jel értéke megváltozik. Egy e_X eseményt formálisan a $e_X(t, q_X) = (t, [x](t) = q_X)$ párral jellemezhetünk, ahol t az az időpillanat, mikor az $[x]$ kvalitatív jel felveszi a q_X értéket.

Jel-nyomok – esemény-sorozatok

Egy $[x]$ kvalitatív jel **jel-nyoma (signal trace)** egy esemény-sorozat

$$\mathcal{T}_{(x)}(t_0, t_F) = \{(t_0; [x](t_0) = q_{x0}), (t_1; [x](t_1) = q_{x1}), \dots, (t_F; [x](t_F) = q_{xF})\}$$

a (t_0, t_F) időintervallumon, ahol $q_* \in \mathcal{Q}_x$

Több jelnek együttesen is lehet jel-nyoma, például $\mathcal{T}_{(u,d,y)}(t_0, t_F)$

Egyszerűsített jelölés: az időt elhagyjuk, például

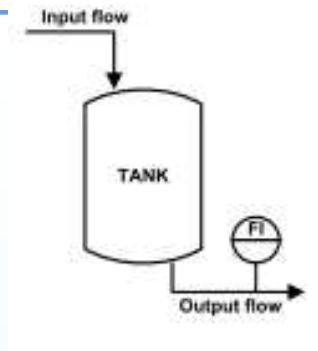
$$\mathcal{T}_{(h,T)}(1, 3) = \{(N, N), (L, H), (L, e+)\}$$

Diagnosztikai célra definiálhatunk

- nominális (normális viselkedést leíró) jel-nyomokat
- karakterisztikus (jellemző) jel-nyomokat (valamilyen adott meghibásodásra)

Egyszerű dinamikus példa

Szabad kifolyású tartály: kvalitatív modellegyenletek

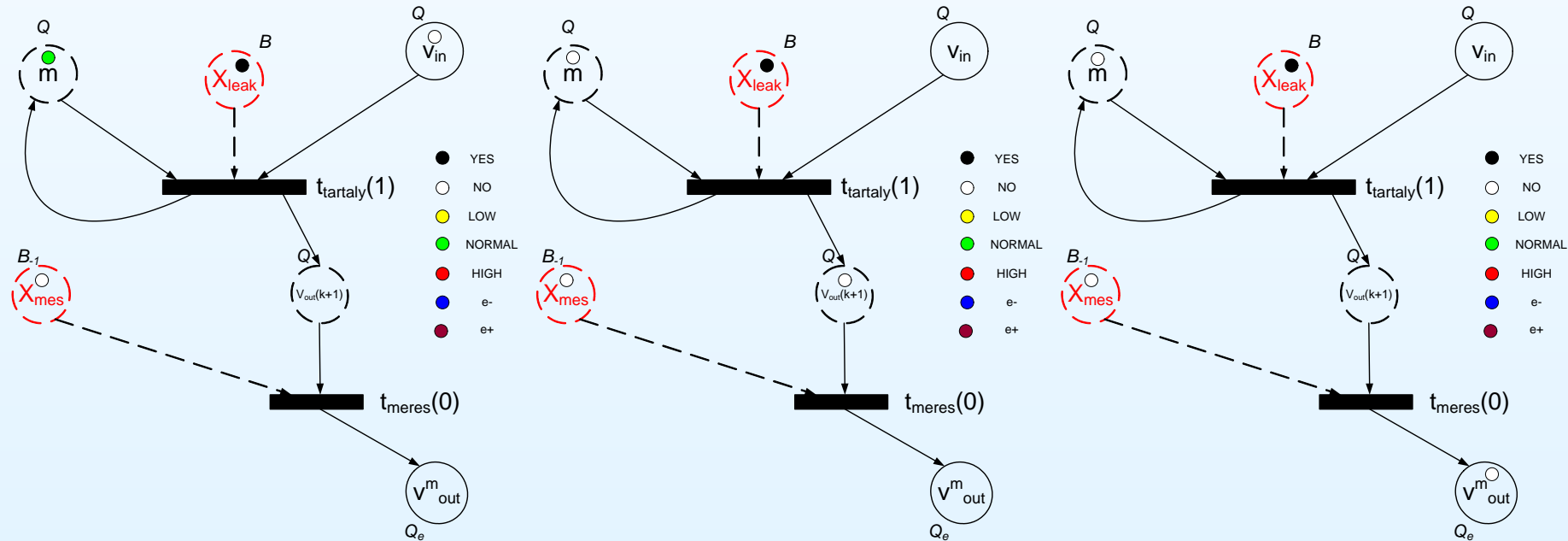


$$[m](k + 1) = [m](k) + [v_{in}](k) - K \cdot [m](k) - \chi_{leak} \cdot B$$

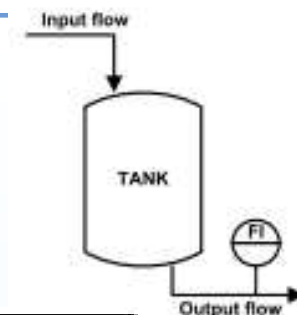
kis lyuk - $[B] = L$

+ érzékelő additív hibával

CPN modell:



Egyszerű dinamikus példa



Megoldás: **kvalitatív bemenet-kimenet jel-nyomokkal**

$[m]$ initial mass in tank	$[v_{in}]$ input flow sequence	$[z_{leak}]^*$ tank leakage	$[z_{meas}]^*$ sensor failure	$[v_T^m]$ measured flow sequence
LOW	(NORMAL, NORMAL, NORMAL)	0	NEG	(LOW, LOW, LOW)
LOW	(NORMAL, NORMAL, NORMAL)	1	POS	(LOW, LOW, LOW)
HIGH	(LOW, LOW, LOW)	1	0	(LOW, NO, NO)
HIGH	(LOW, LOW, LOW)	0	NEG	(LOW, NO, NO)
...
D NORMAL	(NO, NO, NO)	0	0	(LOW, NO, NO)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	1	POS	(LOW, LOW, LOW)
NORMAL	(NO, NO, NO)	1	NEG	(e-, e-, e-)
NORMAL	(NO, NO, NO)	0	POS	(NORMAL, LOW, LOW)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	0	NEG	(NO, e-, e-)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	1	0	(NO, NO, NO)
...

Operátori eljárások

Operátori eljárások

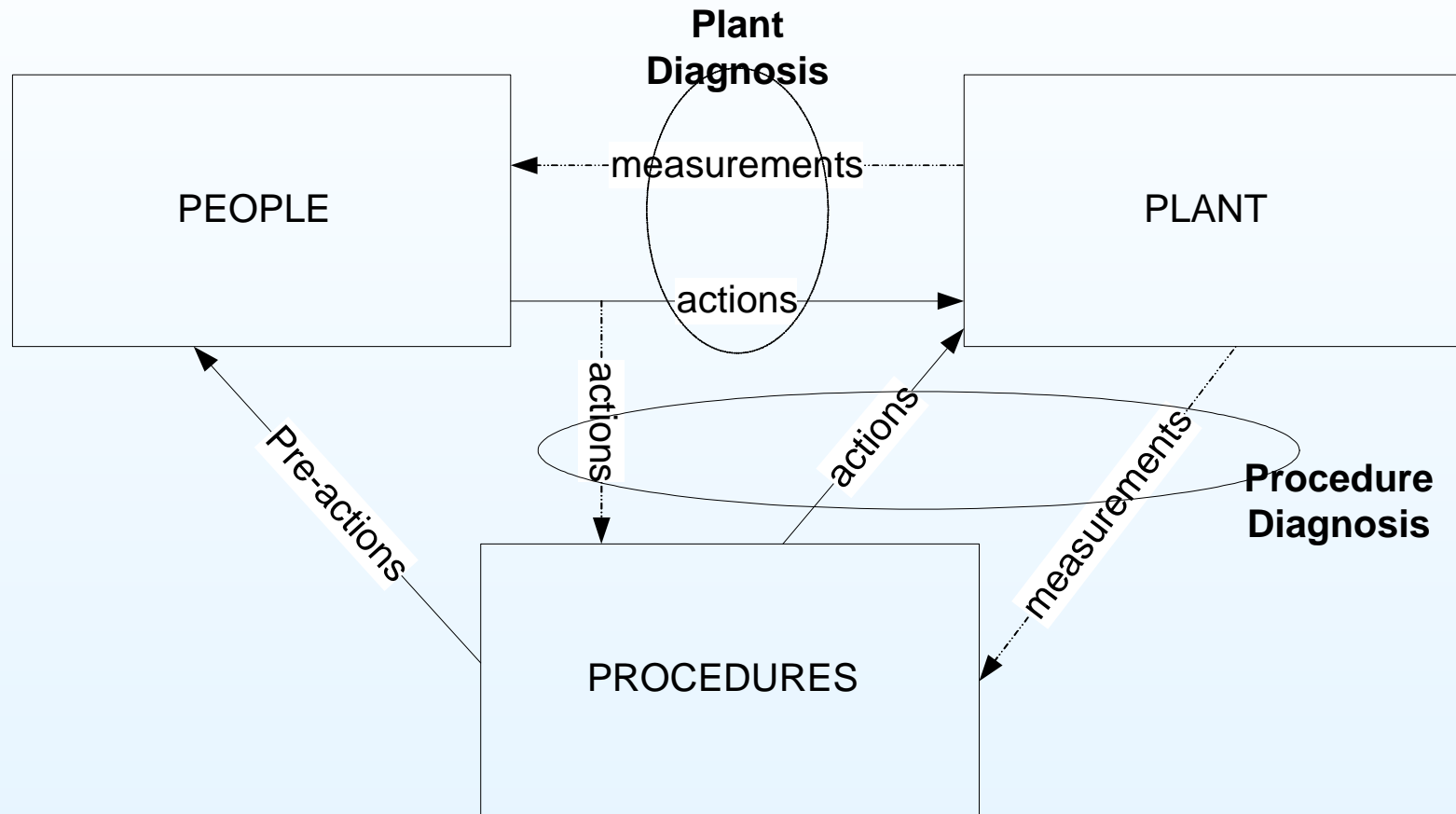
Diszkrét, soros és párhuzamos lépéseket is tartalmazó **vezérlési eljárások**.

Fajtái:

- indítási, leállítási, üzemmód-váltási
- biztonsági
- szabályozási

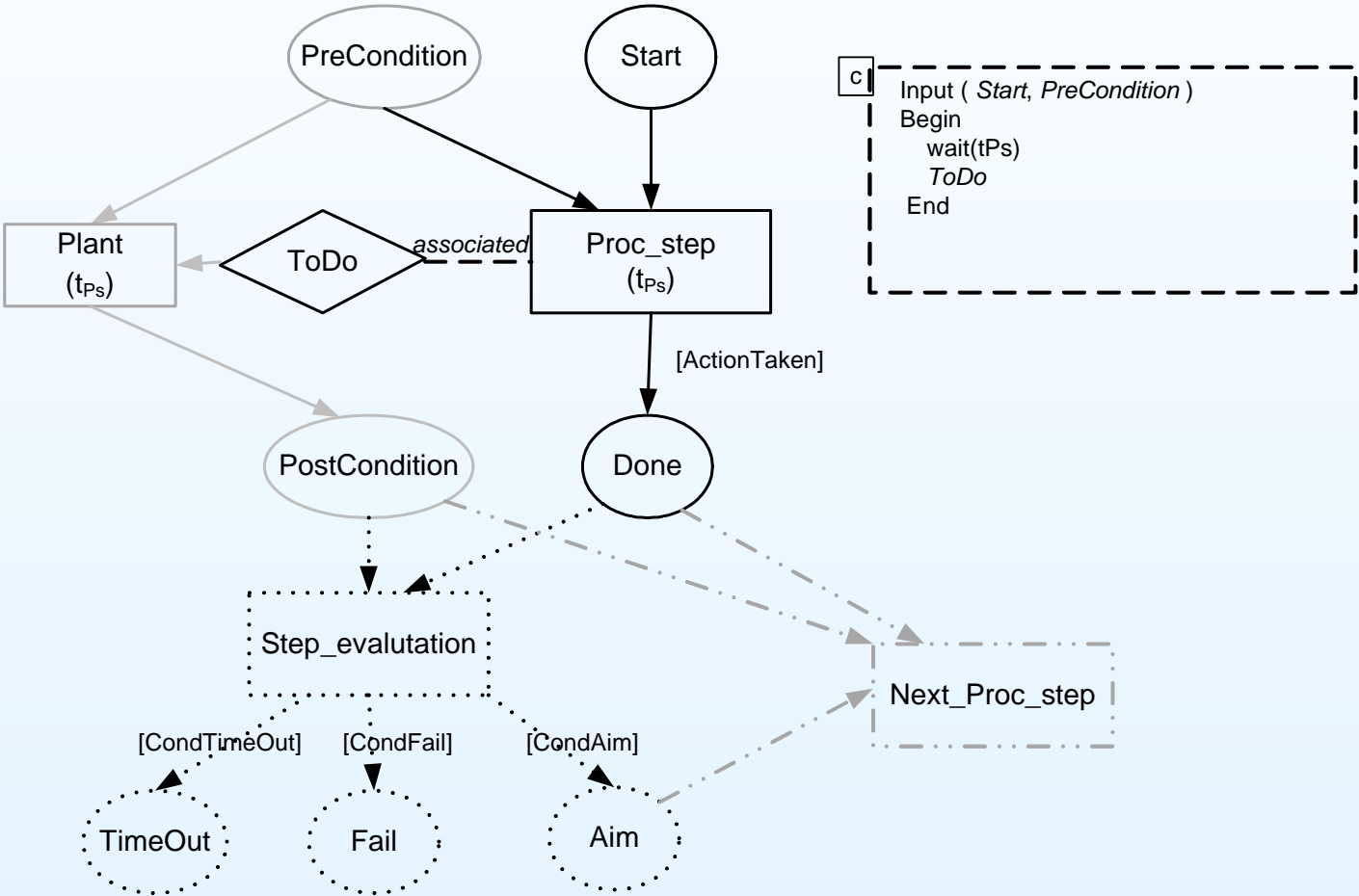
Elemei: diszkrét lépések

Az operátori eljárások környezete



Egy eljárás lépés formális leírása

Színezett Petri hálóval (CPN)



Diagnosztika színes Petri hálókkal

Diagnózerek

Jellemző jel-nyomok

Minden meghibásodási módra egy olyan jel-nyom, ami azt egyértelműen azonosítja

$[m]$ initial mass in tank	$[v_{in}]$ input flow sequence	$[z_{leak}]^*$ tank leakage	$[z_{meas}]^*$ sensor failure	$[v_T^m]$ measured flow sequence
LOW	(NORMAL, NORMAL, NORMAL)	0	NEG	(LOW, LOW, LOW)
LOW	(NORMAL, NORMAL, NORMAL)	1	POS	(LOW, LOW, LOW)
HIGH	(LOW, LOW, LOW)	1	0	(LOW, NO, NO)
HIGH	(LOW, LOW, LOW)	0	NEG	(LOW, NO, NO)
...
D NORMAL	(NO, NO, NO)	0	0	(LOW, NO, NO)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	1	POS	(LOW, LOW, LOW)
NORMAL	(NO, NO, NO)	1	NEG	(e-, e-, e-)
NORMAL	(NO, NO, NO)	0	POS	(NORMAL, LOW, LOW)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	0	NEG	(NO, e-, e-)
D NORMAL	(NO, NO, NO)	1	0	(NO, NO, NO)
...

Pozitív additív szenzor-hiba jellemző jel-nyoma

$$\mathcal{T}_{(v_{in}, v_{out}^m)}(1, 4) = \{(0, H), (0, N), (0, L), (0, L)\}$$

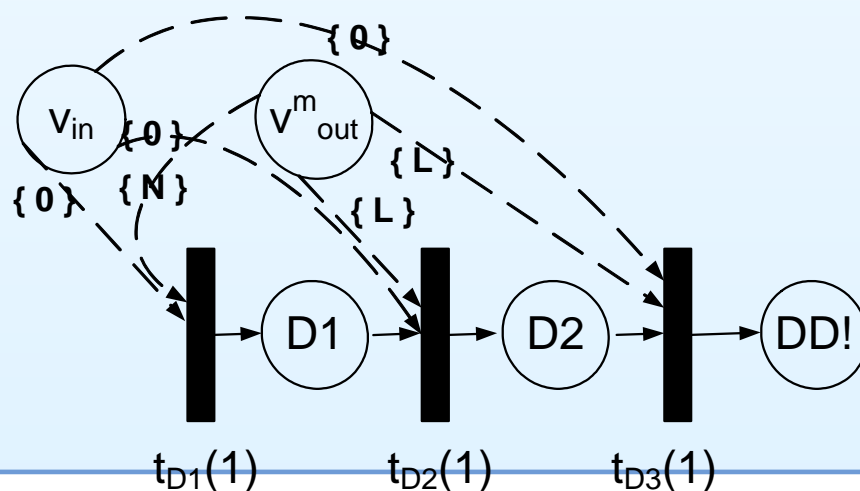
Diagnózerek

A diagnózer egy olyan diszkrét eseményű rendszer, ami "felismeri" egy meghibásodási mód jellemző jel-nyomát, és így azonosítja azt.

A diagnózer szerkezete:

- minden eseményhez a jellemző jel-nyomban külön átmenet t_{t_i}
- *belső helyek*: minden időlépés után
 p_{Dt_i} : a jellemző jel-nyom i -edik eseménye megtörtént
- a mért jelekhez tartozó helyekhez *teszt-él segítségével kapcsolódik*

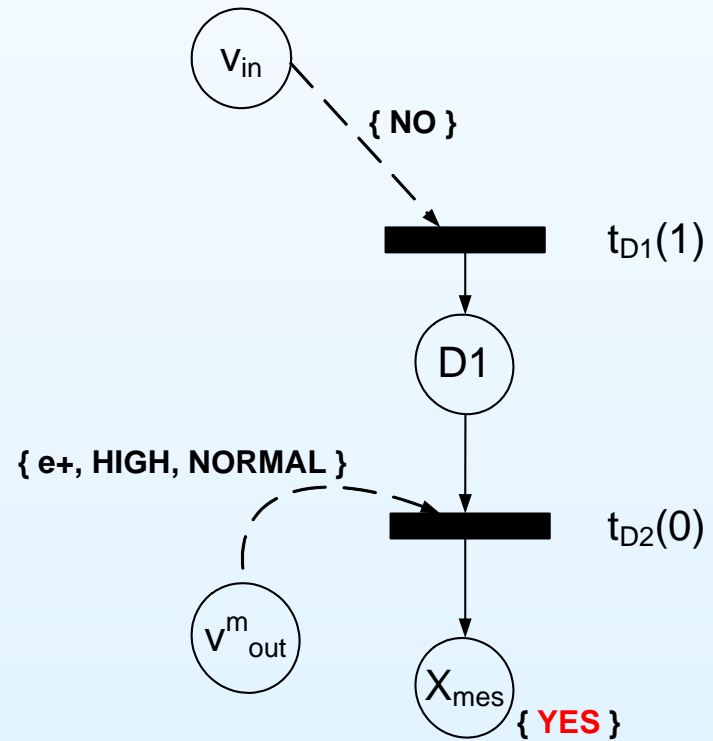
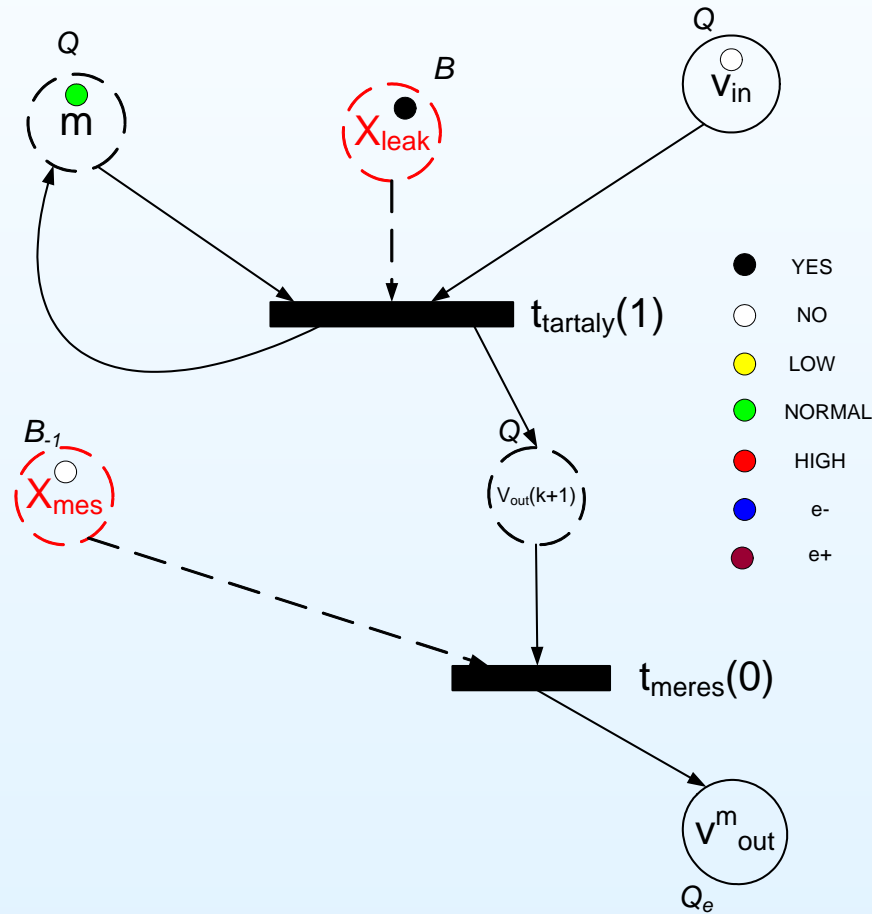
Példa: $\mathcal{T}_{(v_{in}, v_{out}^m)}(1, 3) = \{(0, N), (0, L), (0, L)\}$



Diagnózer a tartály szenzorral példára

Hiba: pozitív hiba az érzékelőben

Jellemző jel-nyom: $(0; v_{in} = 0), (1; v_{out}^m = H)$



Vezetővel irányított garázskapu diagnózerei

