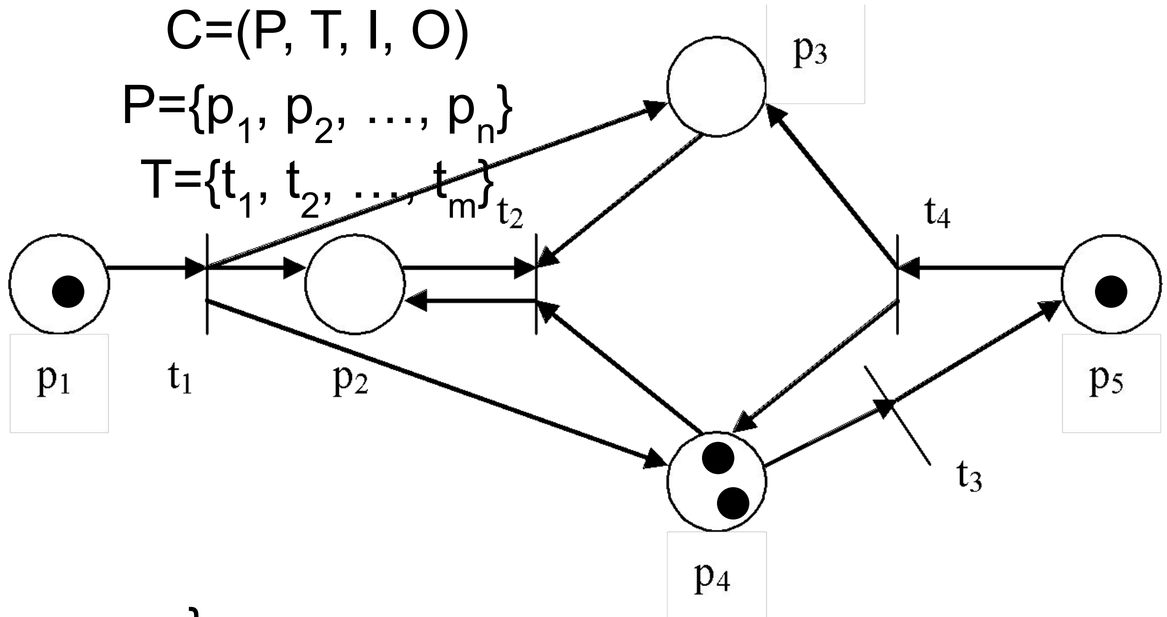
Сети Петри

$C=(P, T, I, O)$

$P=\{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$

$T=\{t_1, t_2, \ldots, t_m\}$



<u>Пример</u>:

$C=\{P, T, I, O\}$

$P=\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$

$T=\{t_1, t_2, t_3, t_4\}$

$I(t_1)=\{p_1\}$ $O(t_1)=\{p_2, p_3, p_4\}$

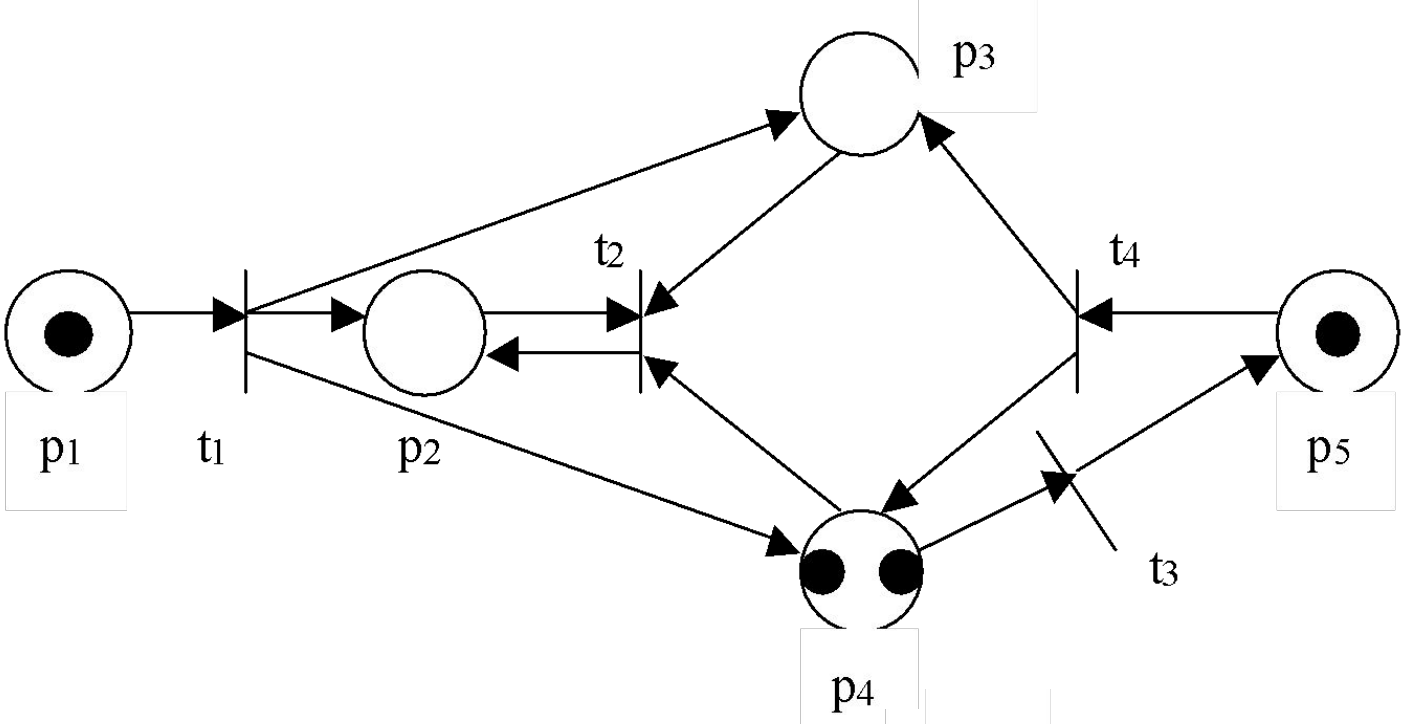
$I(t_2)=\{p_2, p_3, p_4\}$ $O(t_2)=\{p_2\}$

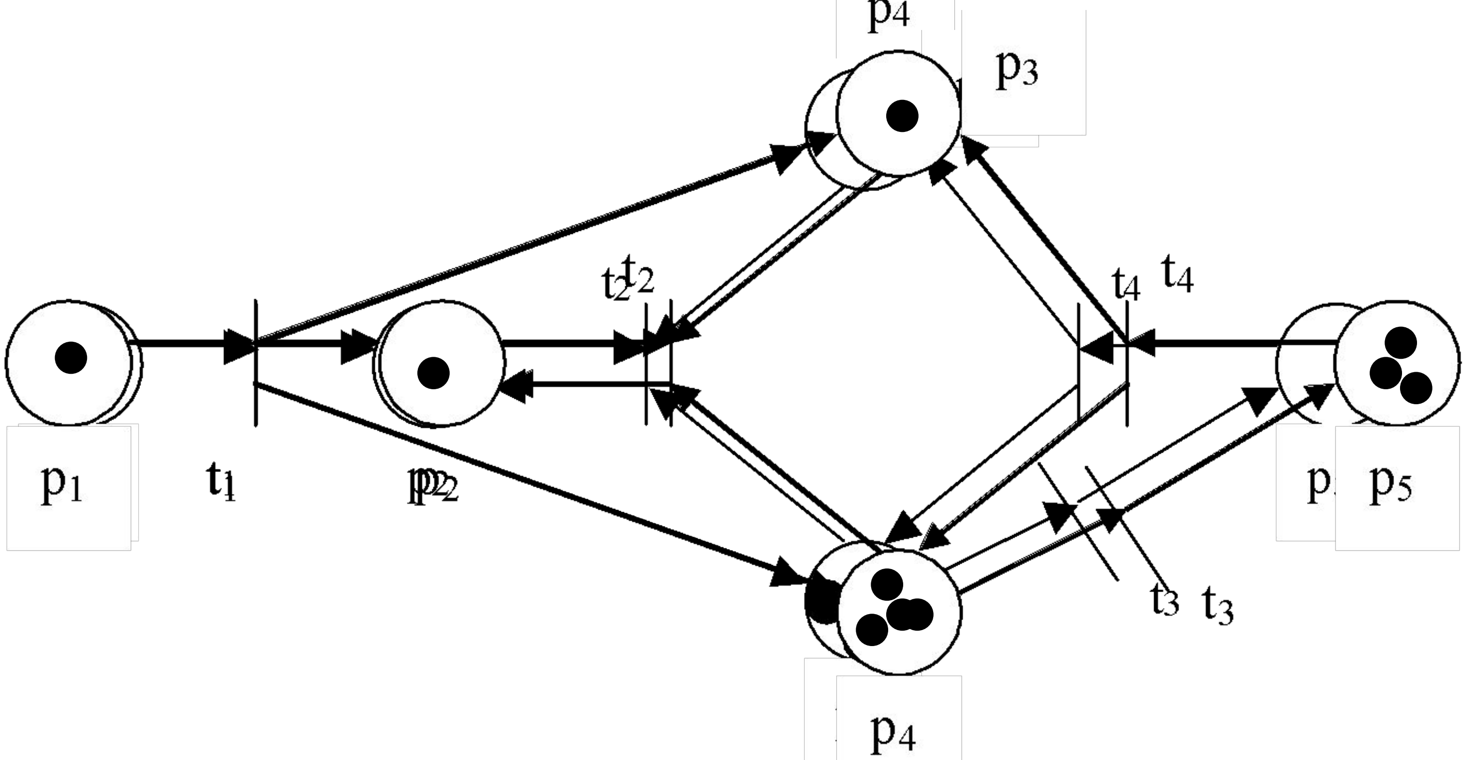
$I(t_3)=\{p_4\}$ $O(t_3)=\{p_5\}$

$I(t_4)=\{p_5\}$ $O(t_4)=\{p_3, p_4\}$

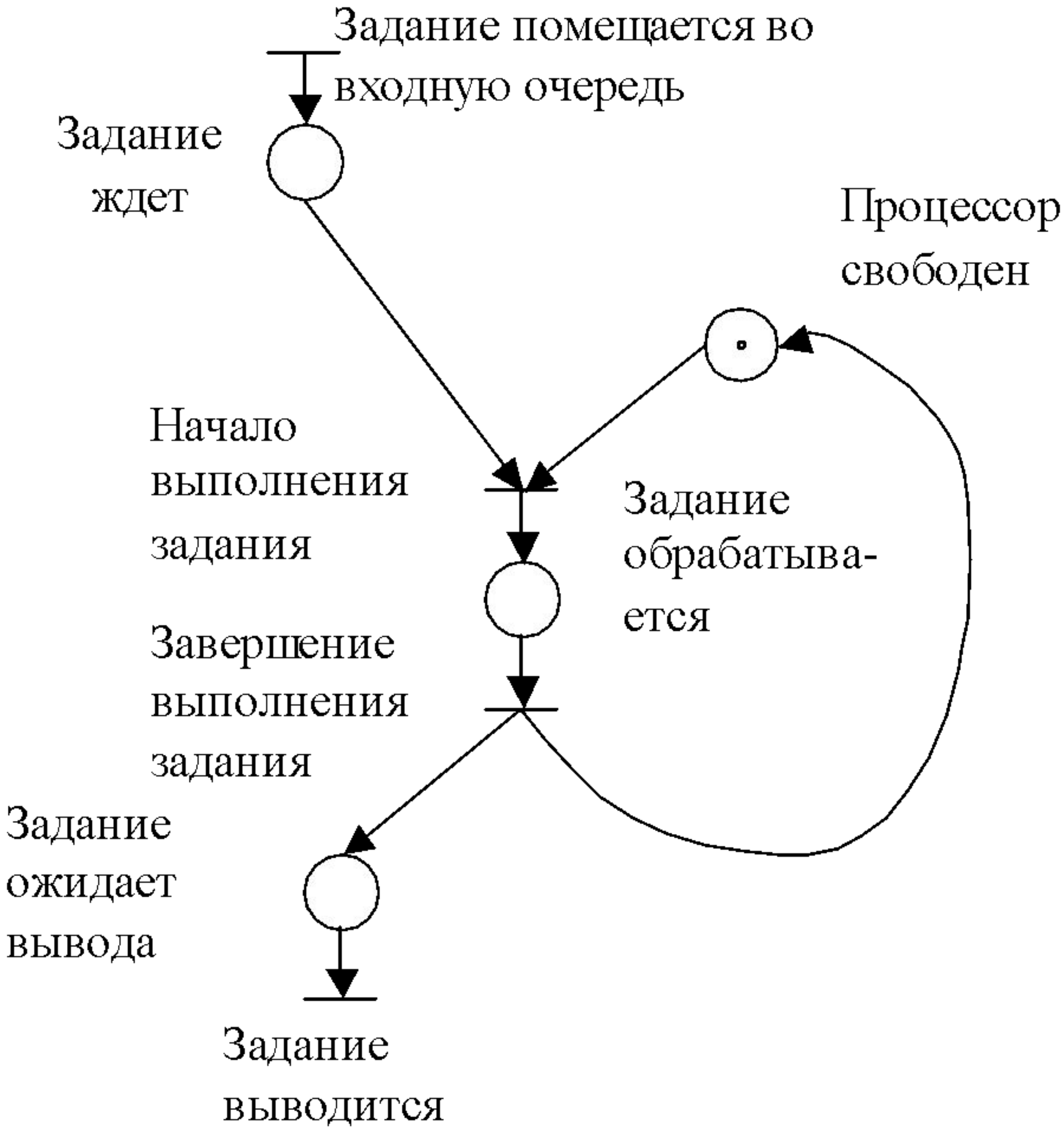
$M= (P, T, I, O, \mu)$

$\mu=(1, 0, 0, 2, 1)$

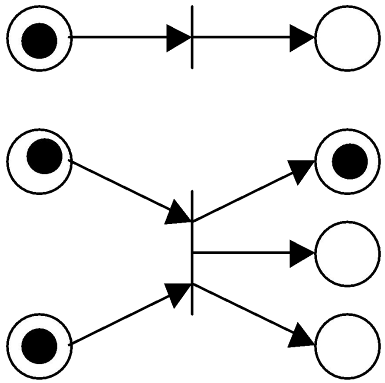

p_3
t_2
t_4
p_1
t_1
p_2
p_5
t_3
p_4


p_3
t_2
t_4
p_1
t_1
p_2
p_5
t_3
p_4

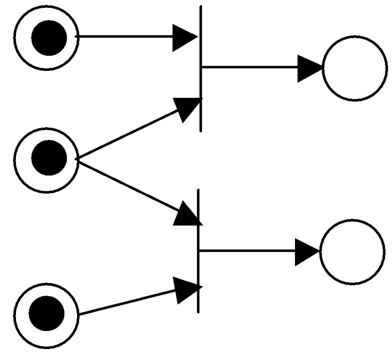
Сети Петри для моделирования

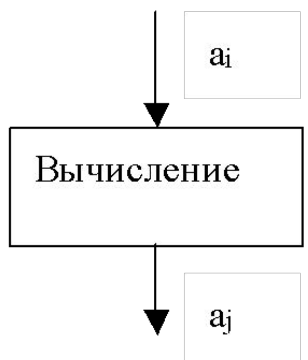


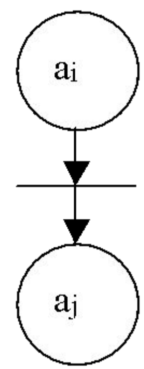
Одновременность

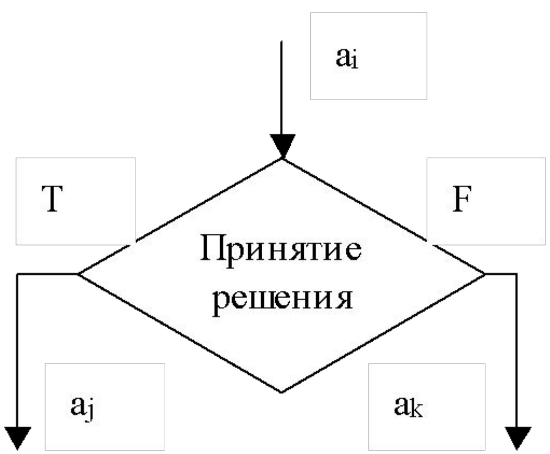


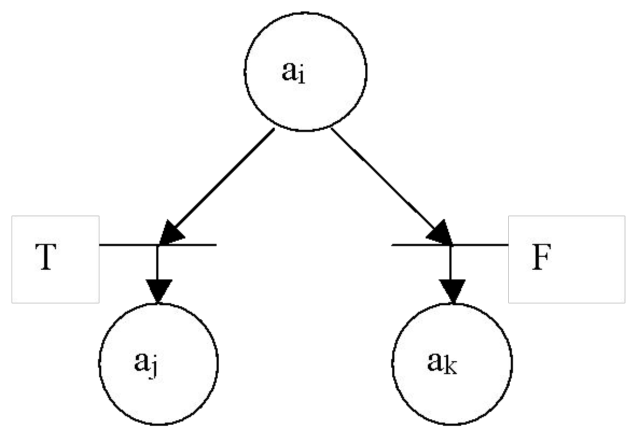
Конфликт

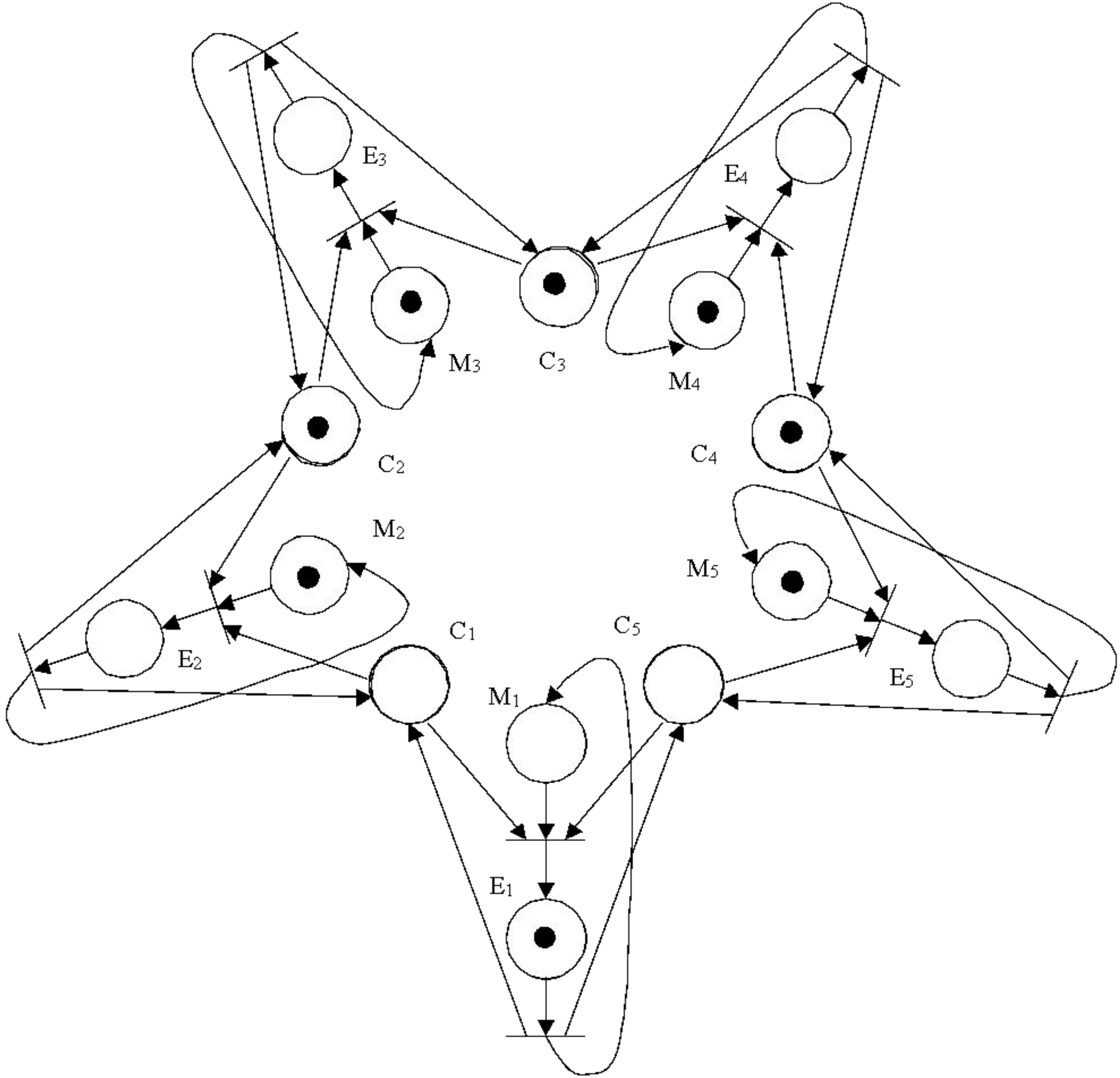






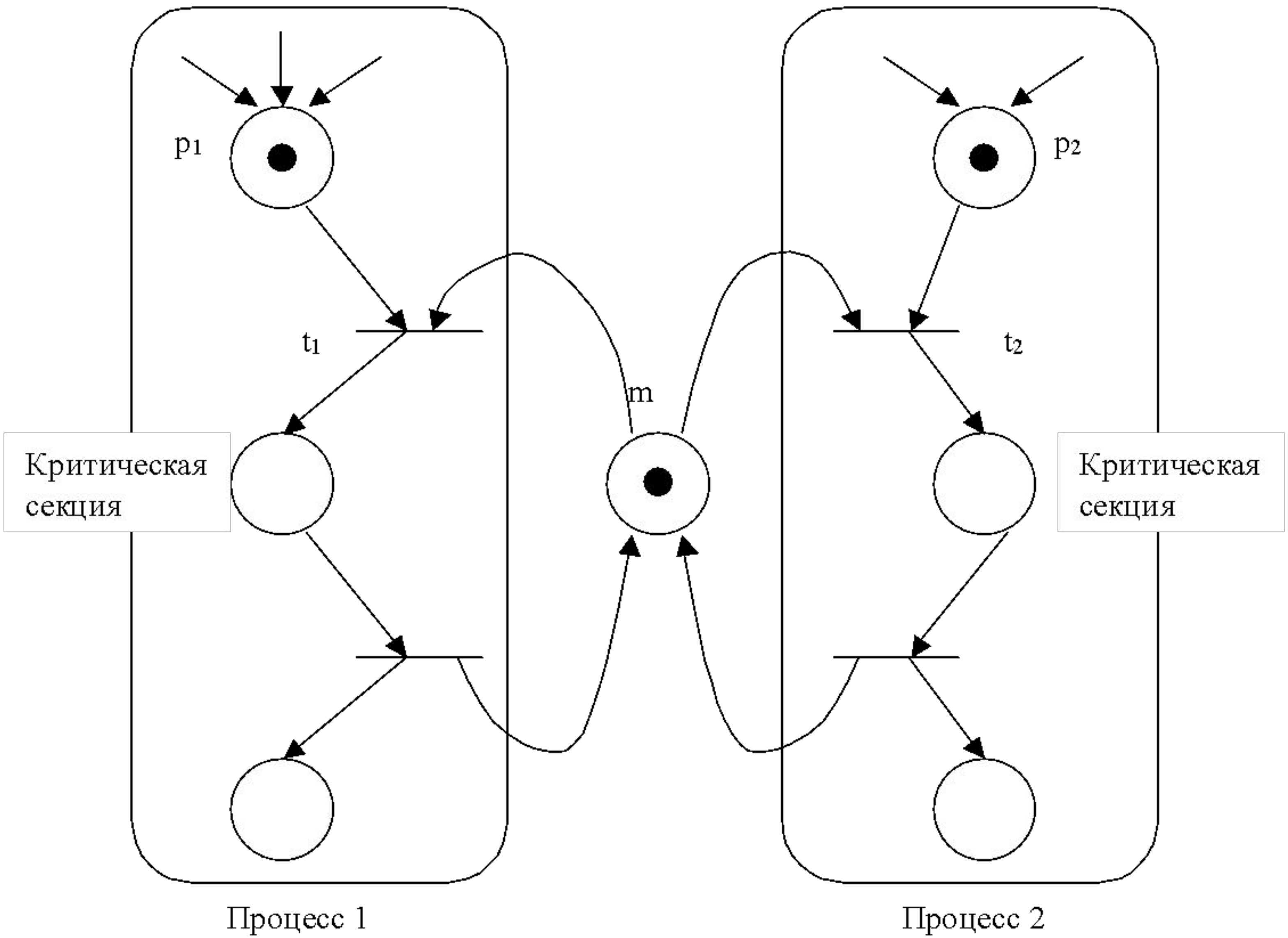






E3
E4
M3
C3
M4
C2
C4
M2
M5
C1
C5
E2
M1
E5
E1

Параллельные взаимодействующие вычислительные процессы



Средства синхронизации и связи

- Блокировка памяти
- Операция «Проверка и установка»

Семафоры Дейкстры

P(S)   V(S)

P(S): S:=S-1;

if S<0, then {остановить процесс и поместить его в очередь ожидания к семафору **S**}

V(s): if S<0 then {поместить один из ожидающих процессов очереди семафора S в очередь готовности};

S:=S+1

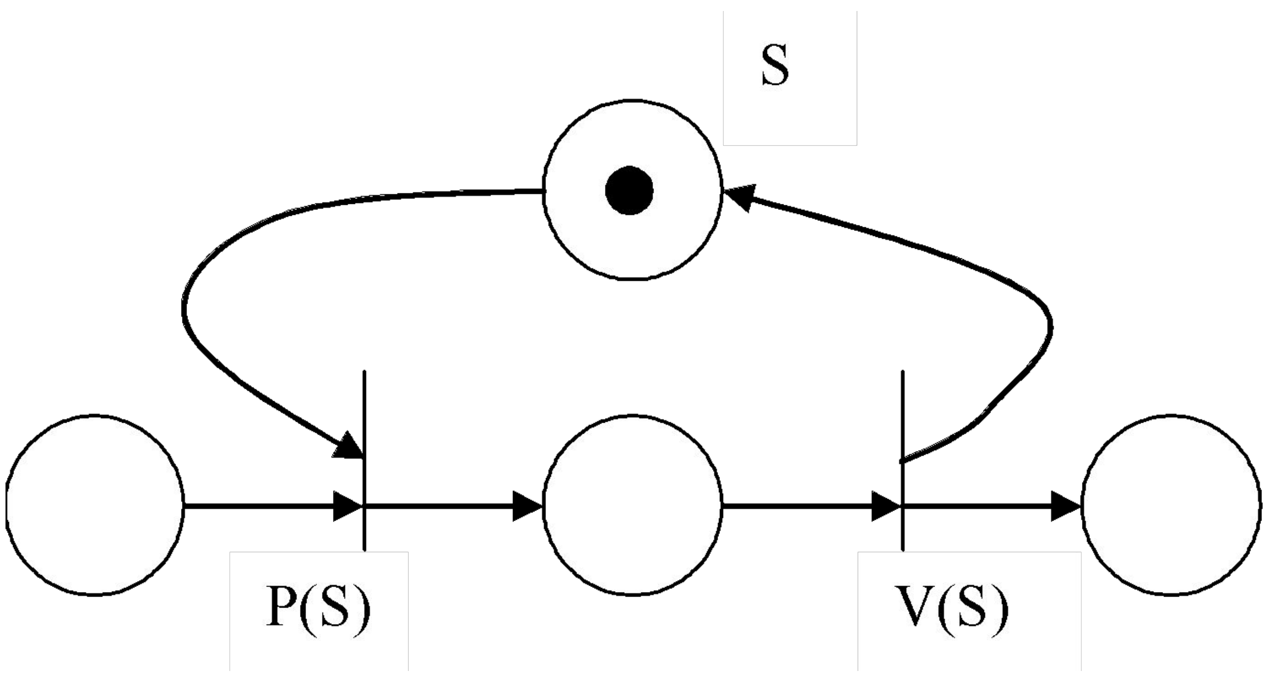
InitSem (имя_семафора, начальное_значение_семафора);

P(S): if S>=1 then S:=S-1

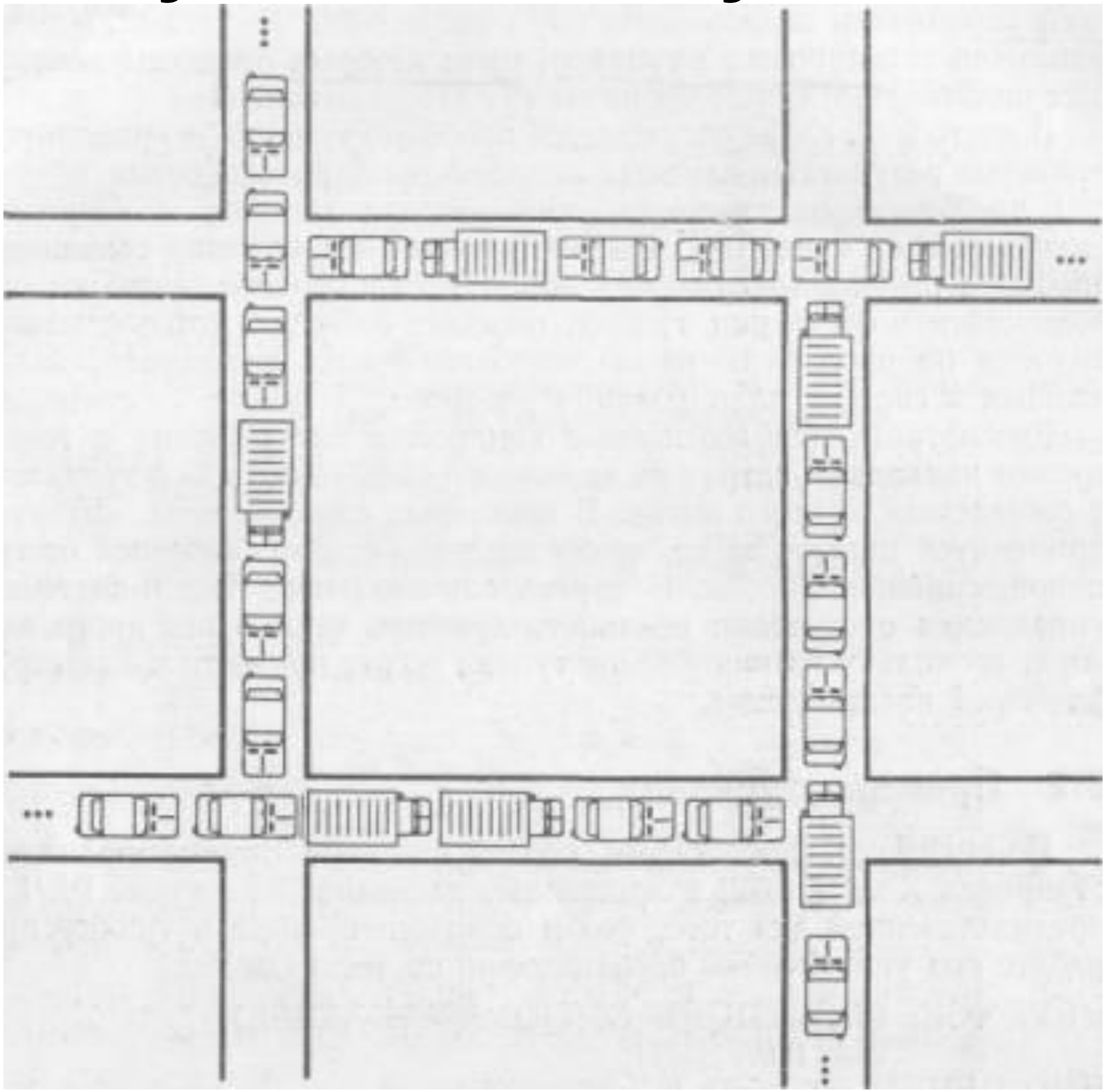
else WAIT(S){остановить процесс и поместить в очередь ожидания к семафору S}

V(S): if S=0 then RELEASE(S) {поместить один из ожидающих процессов очереди семафора S в очередь готовности};

S:=S+1



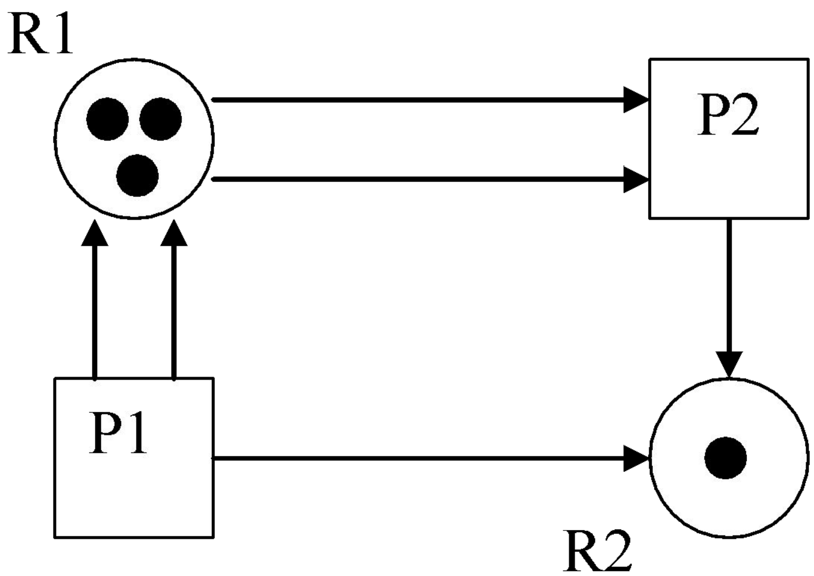
Тупиковые ситуации



Ресурсы:

- Повторно используемые (системные) ресурсы (RR или SR — reusable resource или system resource);
- потребляемые (или расходуемые) ресурсы (CR — consumable resource).

Модель повторно используемых ресурсов Холта



Условия возникновения тупика:

- взаимного исключения;
- ожидания;
- отсутствия перераспределения;
- кругового ожидания.

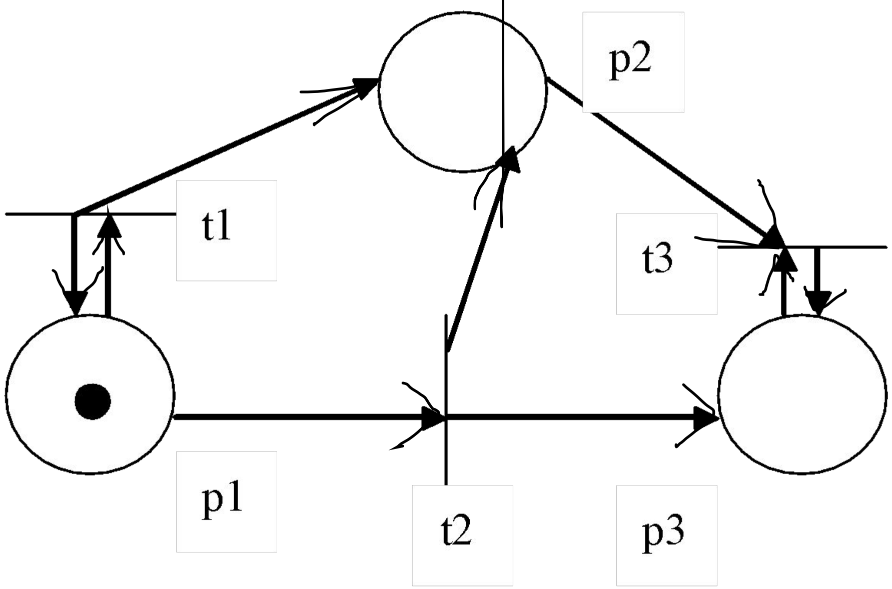
Формальные модели для изучения проблемы тупиковых ситуаций

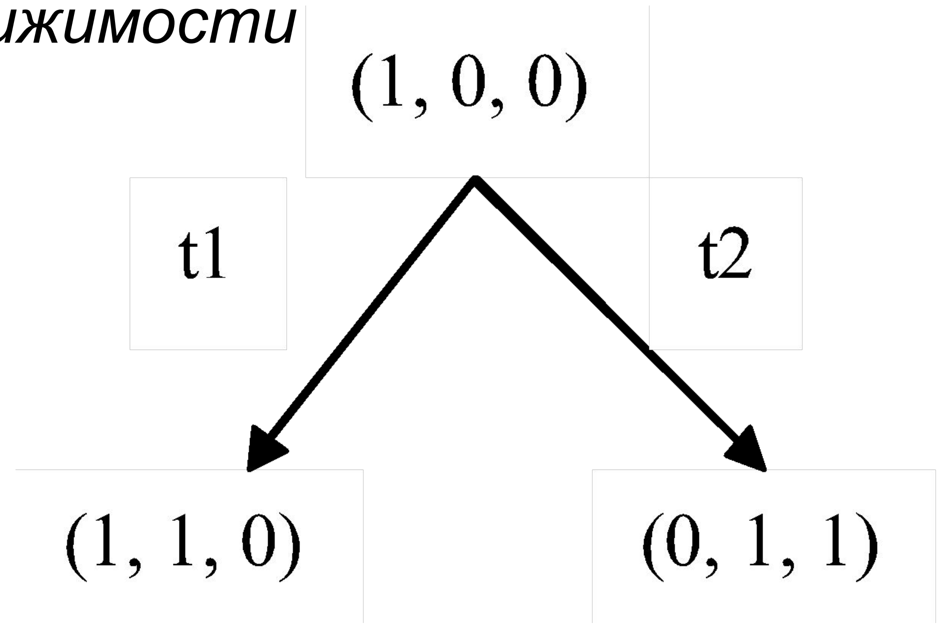
- Сети Петри
- Вычислительные схемы
- Модель пространства состояний
- Модель Холта

Сети Петри

- Дерево достижимости
- Матричные уравнения

Дерево достижимости





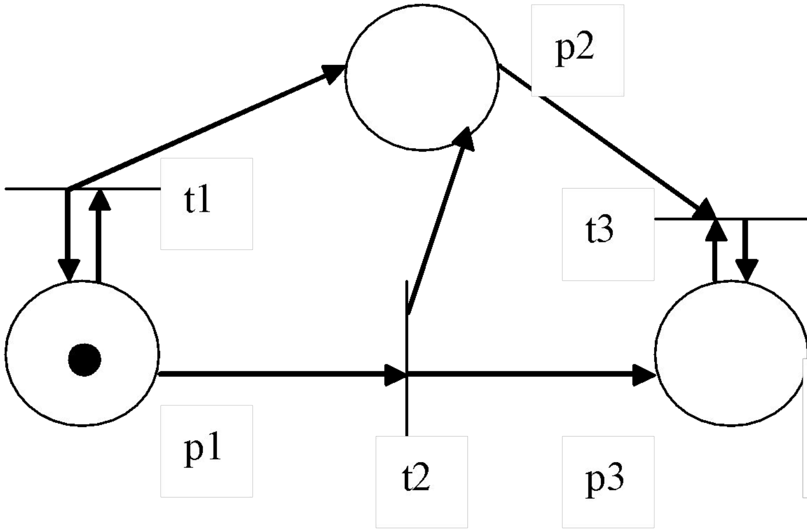
$\omega + a = \omega$,
$a < \omega$
$\omega - a = \omega,\ a \le \omega$

Классификация вершин:

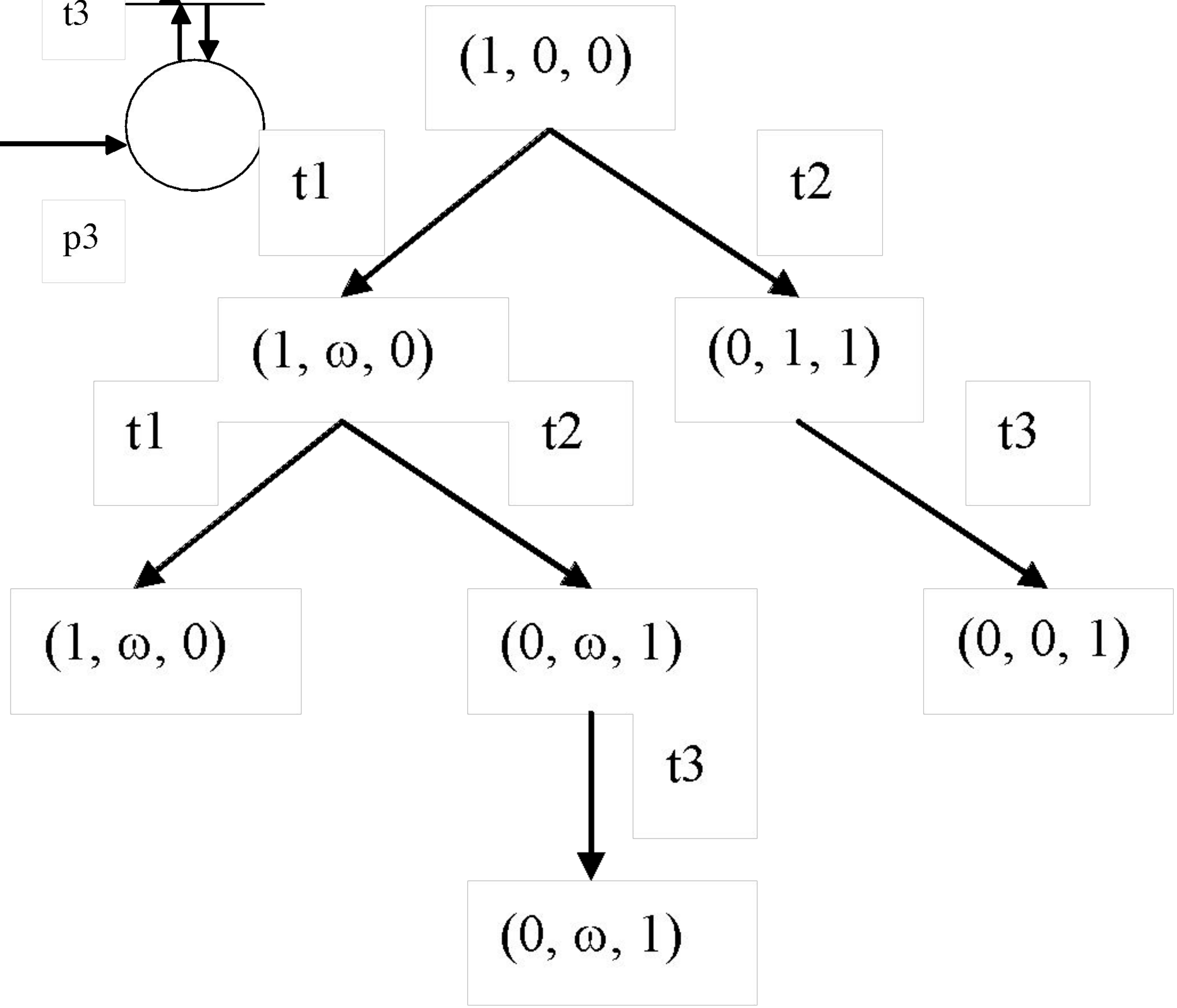
- граничная;
- терминальная;
- дублирующая;
- внутренняя.

Алгоритм:

- $\mu[x]=\mu[y]$, x – дублирующая;
- $\mu[x]$, x – терминальная;
- $t_j \in T$, $\mu[x]$, z. $\mu[z]$, p_i:
  - $\mu[x]_i=\omega$, $\mu[z]_i=\omega$;
  - $\mu[y]<\delta(\mu[x], t_j)$ и $\mu[y]_i<\delta(\mu[x], t_j)_i$, то $\mu[z]_i=\omega$;
  - $\mu[z]_i=\delta(\mu[x], t_j)_i$.



p2
t1
t3
p1
t2
p3

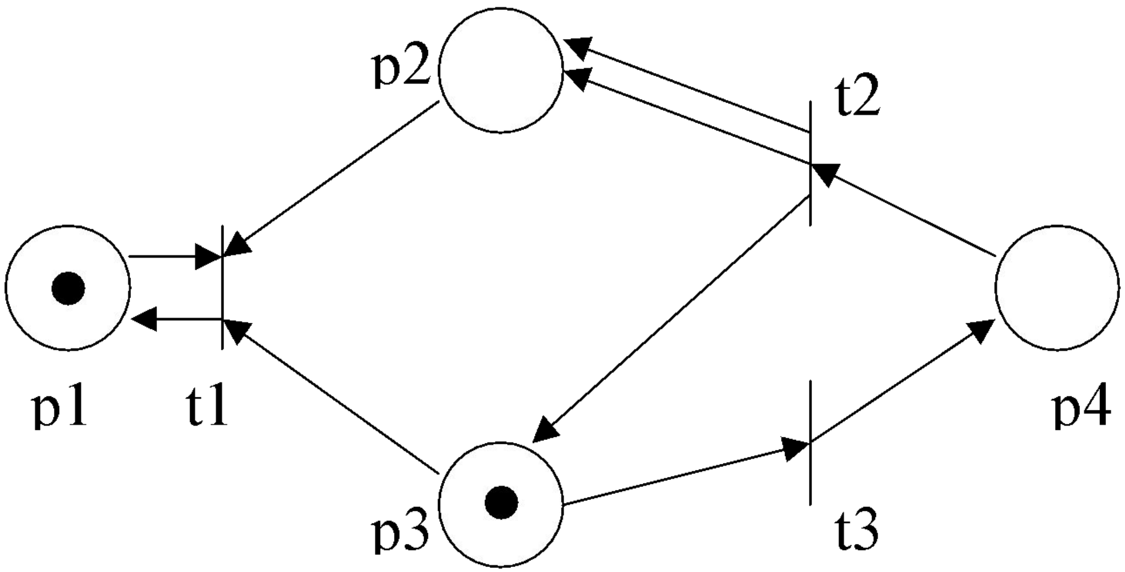


(1, 0, 0)
t1
t2
(1, ω, 0)
(0, 1, 1)
t1
t2
t3
(1, ω, 0)
(0, ω, 1)
(0, 0, 1)
t3
(0, ω, 1)

Матричные уравнения

D^- D^+ $D=D^+-D^-$

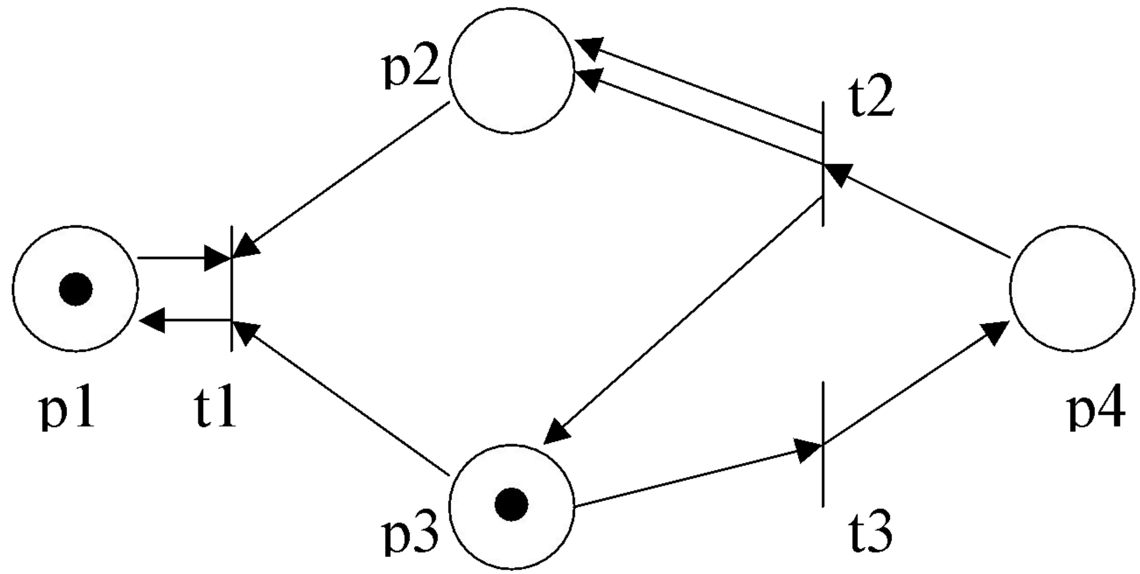
- $D^-[i, j]=\#(p_i, I(t_j))$
- $D^+[j, i]=\#(p_i, O(t_j))$



$$D^- = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad D^+ = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

$\mu' = \mu + x * D$

$\mu = (1, 0, 1, 0)$



$$\mu' = (1,0,1,0) + (0,0,1) \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} = (1,0,1,0) + (0,0,-1,+1) = (1,0,0,1)$$

$\sigma = t3\ t2\ t3\ t2\ t1 \quad f(\sigma) = (1, 2, 2)$

$$\mu' = (1,0,1,0) + (1,2,2) \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} = (1,0,1,0) + (0,3,-1,0) = (1,3,0,0)$$

μ=(1, 0, 1, 0)   μ'=(1, 8, 0, 1)

$$(1,8,0,1) = (1,0,1,0) + x \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & +2 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & +1 \end{bmatrix},$$

x=(0, 4, 5)
σ=t3 t2 t3 t2 t3 t2 t3 t2 t3

$$\mu' = \mu + x \cdot D$$

$$x \cdot D = \mu' - \mu$$

$$x \cdot D \cdot D^T = (\mu' - \mu) \cdot D^T$$