Udalostné systémy

Nedeterministický automat

doc. Ing. Andrej Babinec, PhD.

Rozdiel medzi deterministickým a nedeterministickým automatom

- Deterministický automat
  - Prechodová funkcia δ priraďuje na základe udalosti e nasledovný stav jednoznačne

    $\delta(q_1, e) = q_2$ pre $e \in \Gamma(q_1)$

- Nedeterministický automat môže mať tieto znaky:
  - Prechod do nasledovného stavu môže spôsobiť aj prázdna či nepozorovateľná udalosť ε
  - Nemusí byť jednoznačné, do ktorého stavu spôsobí udalosť e prechod (Prechodová funkcia teda vracia množinu stavov, do ktorých sa môže automat dostať)
  - Počiatočný stav nemusí byť jediným stavom, ale môže to byť množina stavov

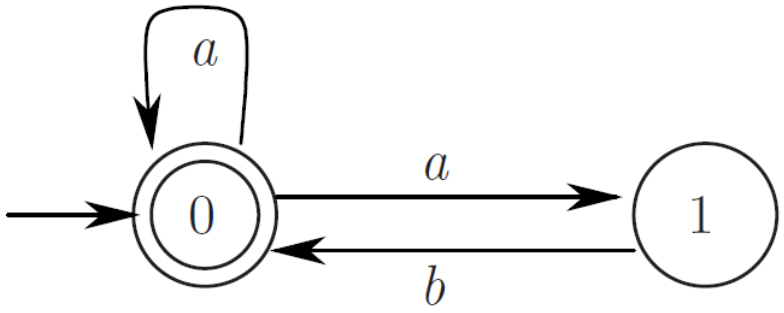
Nedeterministický konečný automat (NDKA)

- Je definovaný 5-ticou:

$$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F\ )$$

- $\Sigma \cup \{\varepsilon\} = \{\varepsilon, e_1, e_2, \dots, e_n\}$ je množina udalostí vrátane prázdneho reťazca
- $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_m\}$ je konečná množina stavov
- $q_0 \subseteq Q$ je množina počiatočných stavov,
- $\delta_{nd}\colon\ Q \times \Sigma \to 2^Q$ prechodová funkcia priraďuje množinu stavov
- $F \subseteq Q$ je množina finálnych stavov

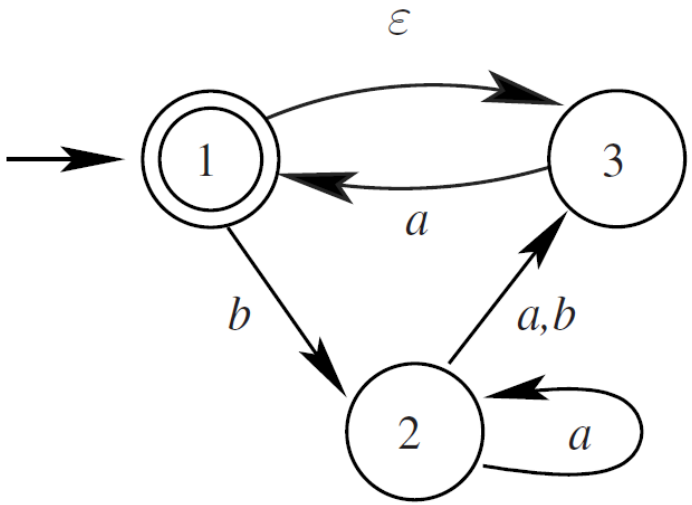
NDKA – Príklad 1



- Nech sa automat, práve nachádza v stave 0
- Keď nastane udalosť a, automat sa dostane buď do stavu 0 alebo 1
- Prechodová funkcia priraďuje množinu stavov:

$$\delta_{nd}(0, a) = \{0, 1\}$$
$$\delta_{nd}(1, b) = \{0\}$$

NDKA – Príklad 2

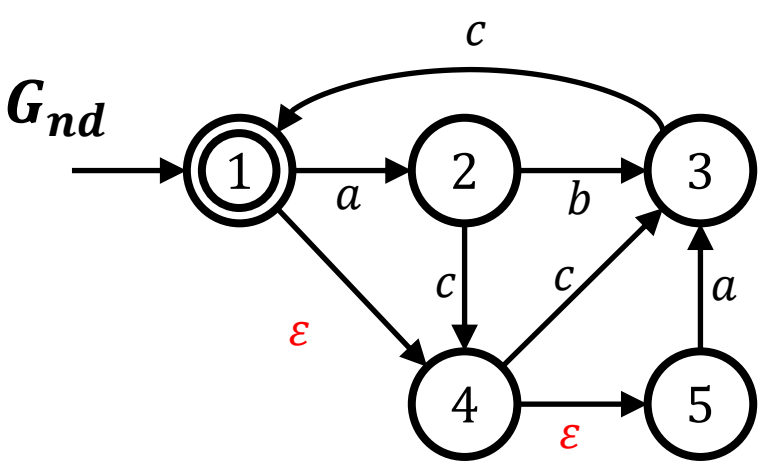


- Systém po jeho zapnutí môže nepozorovane zmeniť stav z 1 na 3 vďaka ε
- Po prijatí reťazca pozorovateľných udalostí baa sa systém môže dostať do ktoréhokoľvek stavu z množiny $\{1, 2, 3\}$

Dosah ε udalosti v stave q : $\varepsilon R(q)$ (ε-Reach)

- $\varepsilon R(q)$ = Množina všetkých stavov, ktoré sú dosiahnuteľné zo stavu q cez prechody označené udalosťou ε.
- Stav q je zahrnutý v tejto množine: $q \in \varepsilon R(q)$

Príklad:



$$\varepsilon R(1) = \{1, 4, 5\}$$
$$\varepsilon R(2) = \{2\}$$
$$\varepsilon R(3) = \{3\}$$
$$\varepsilon R(4) = \{4, 5\}$$
$$\varepsilon R(5) = \{5\}$$

- $\varepsilon R(q)$ môžeme považovať aj za množinu neurčitosti stavu q

Dosah ε udalosti v množine stavov B : $\varepsilon R(B)$

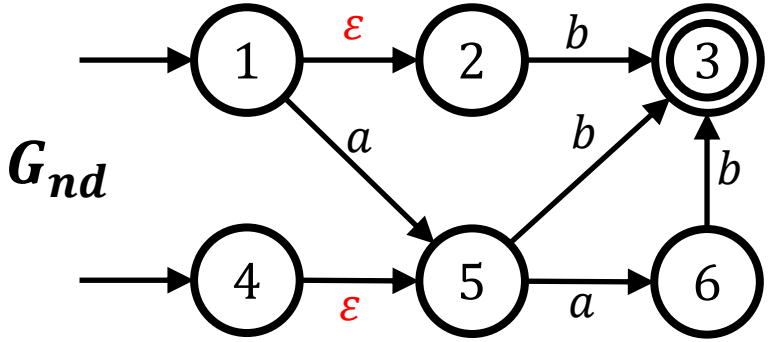
- $\varepsilon R(B)$ = Množina všetkých stavov, ktoré sú dosiahnuteľné z každého stavu q v množine $B \subseteq Q$ cez prechody označené udalosťou ε.

$$\varepsilon R(B) = \bigcup_{q \in B} \varepsilon R(q)$$

- Zjednotenie množín ε-reach získaných pre každé $q \in B$
- Príklad:

$q_0 \subseteq Q$

$q_0 = \{1, 4\} = B$



$\varepsilon R(B) = \{1, 2\} \cup \{4, 5\}$

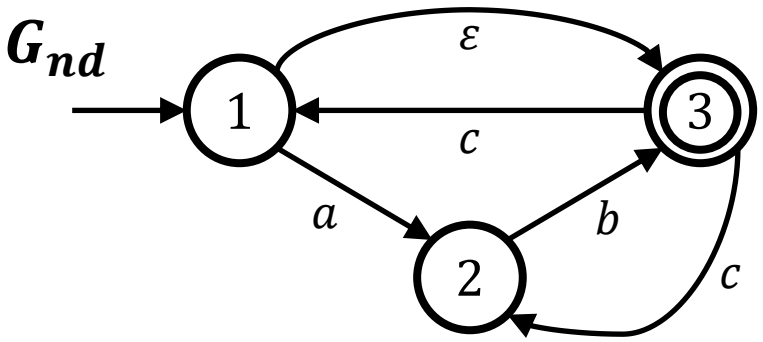
$\varepsilon R(B) = \{1, 2, 4, 5\}$

Pri NDKA sa vynárajú otázky:

- Ako systematicky určiť, v ktorom stave alebo množine stavov sa môže NDKA nachádzať po prijatí nejakého udalostného reťazca η?
  - Napr.: $\eta_1 = abc,$ $\eta_2 = abca$

- Ako určiť generovaný a cieľový jazyk NDKA?

- Existuje nejaký ekvivalentný deterministický konečný automat k NDKA?



$\Rrightarrow$ Pozorovateľ stavov

Pozorovateľ stavov nedeterministického automatu

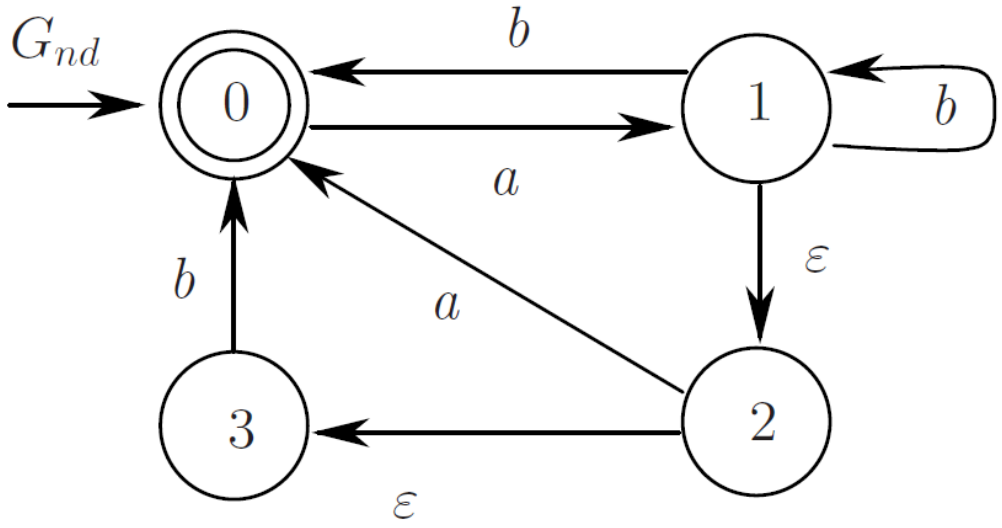
- Je deterministicky automat
- Ak nedeterministický automat je konečný, tak aj jeho pozorovateľ je konečný

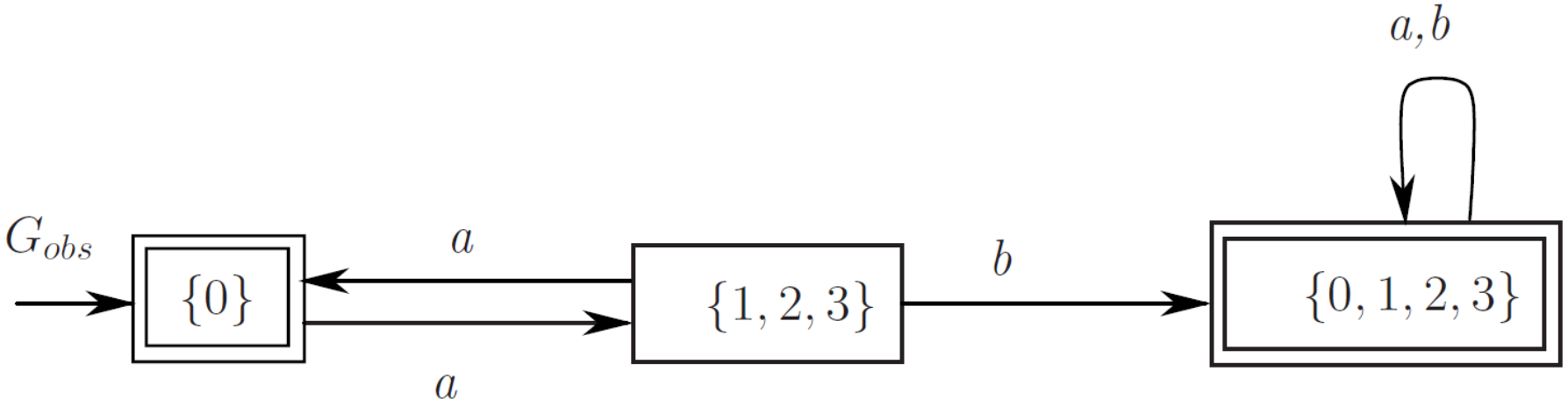
- Označujeme ho $Obs(G_{nd}) = G_{obs}$ (Observer)

- Pre generovaný a cieľový jazyk platí: $L(G_{obs}) = L(G_{nd})$
  $L_m(G_{obs}) = L_m(G_{nd})$

- Stav pozorovateľa $q \in Q_{obs}$ predstavuje podmnožinu stavov NDKA $q \subseteq Q$
  - Graficky ho znázorňujeme obdĺžnikom

Príklad – pozorovateľ NDKA





Algoritmus vytvárania $Obs(G_{nd})$

$$\{1,2,3\} \xrightarrow{e} \{2,4\}$$

- Použité označenia: $G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

  $G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

1) Priraď do počiatočného stavu množinu: $q_{0_{obs}} := \varepsilon R(q_0)$

   Vlož počiatočný stav do množiny stavov: $Q_{obs} = \{q_{0_{obs}}\}$, čiže $B = q_{0_{obs}}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná.
   Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.

5) Pre každý stav $B \in Q_{obs}$, ktorý obsahuje nejaké $q \in F$, platí $B \in F_{obs}$

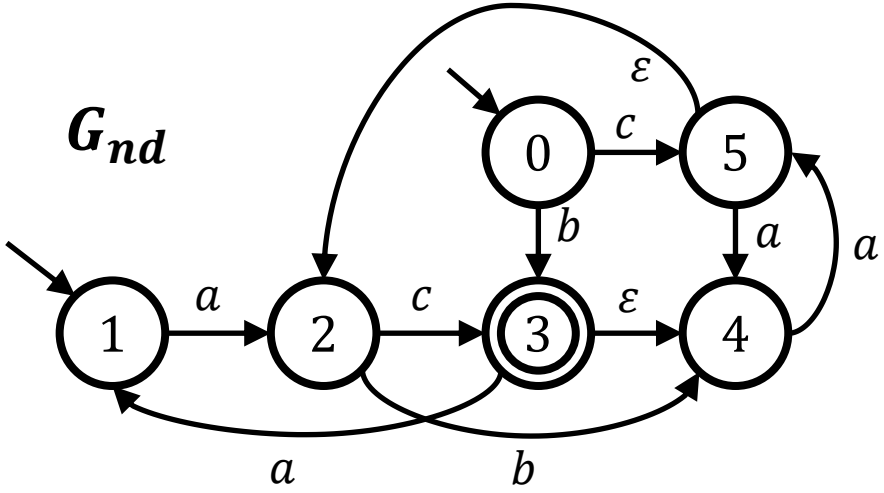
$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

1) Priraď do počiatočného stavu množinu: $q_{0_{obs}} := \varepsilon R(q_0)$

Vlož počiatočný stav do množiny stavov: $Q_{obs} = \{q_{0_{obs}}\}$, čiže $B = q_{0_{obs}}$



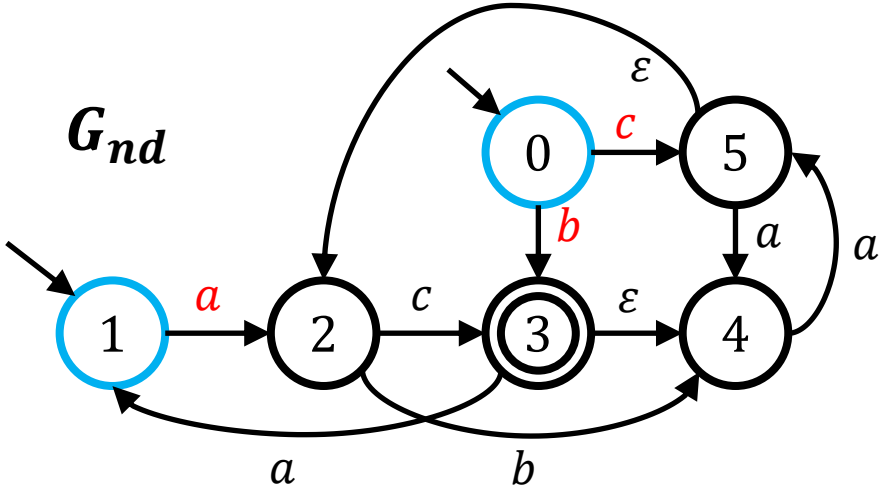
$Obs(G_{nd})$ - príklad

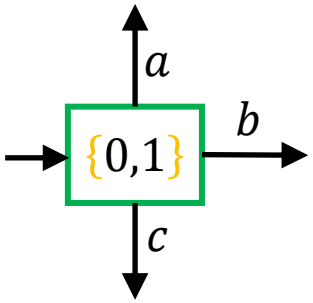
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$





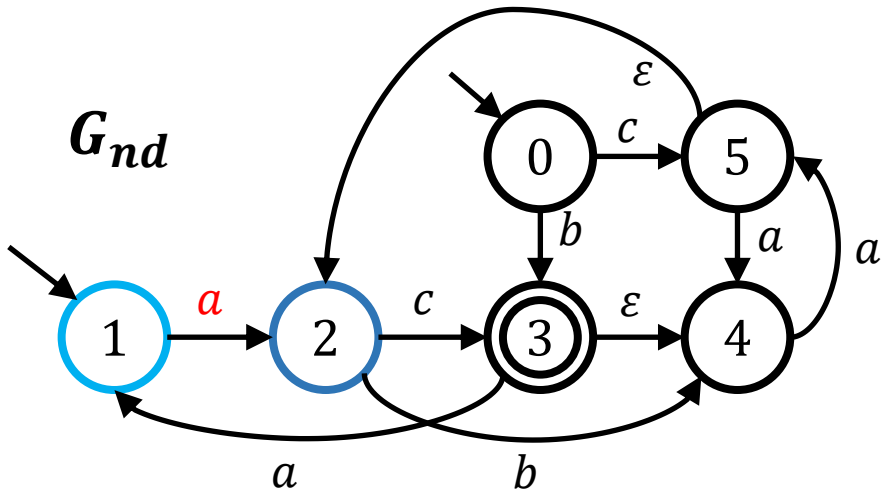
$Obs(G_{nd})$ - príklad

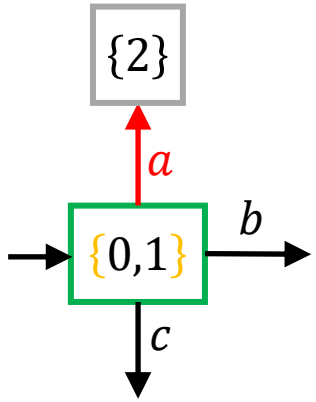
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$ $\quad \varepsilon R(\delta_{nd}(1, a)) = \{2\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

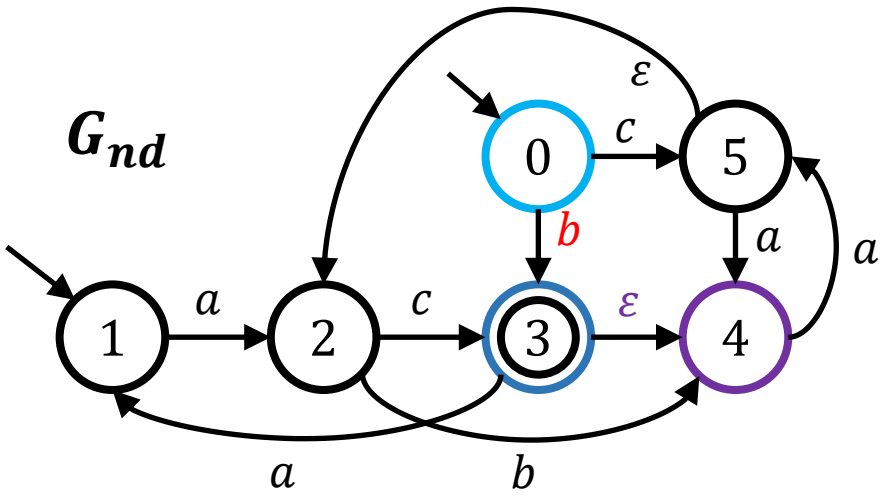
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

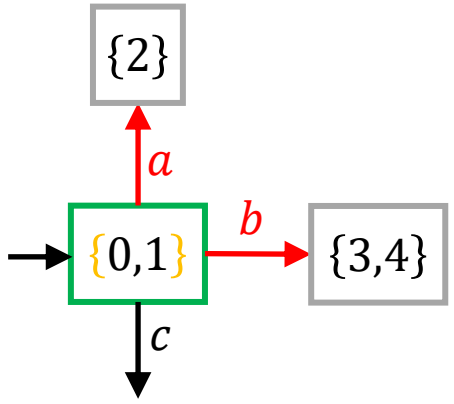
$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$ $\quad \varepsilon R(\delta_{nd}(1, a)) = \{2\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(0, b)) = \{3,4\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

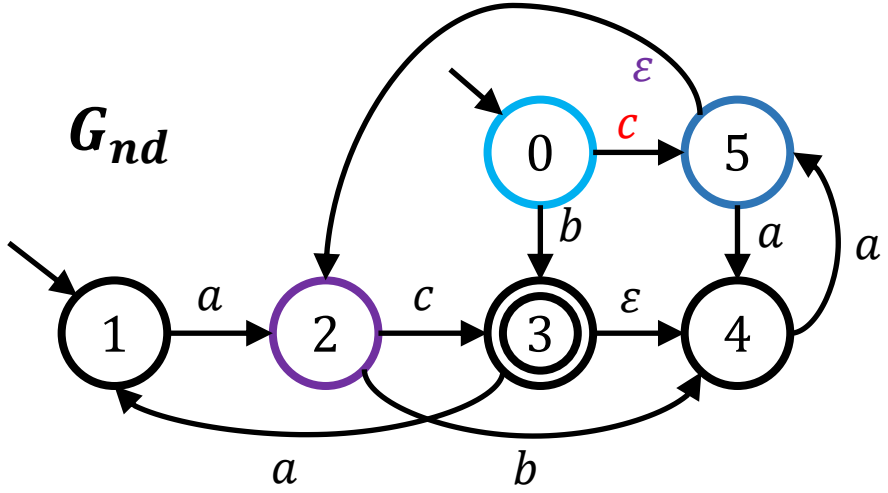
3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

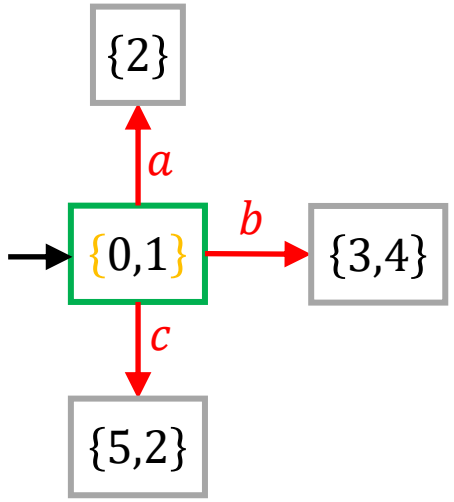
$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(1, a)) = \{2\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(0, b)) = \{3,4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(0, c)) = \{5,2\}$





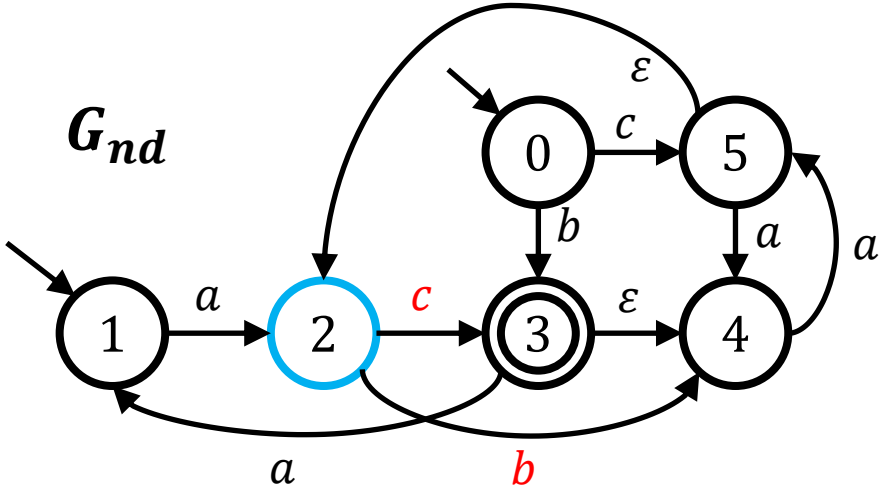
$Obs(G_{nd})$ - príklad

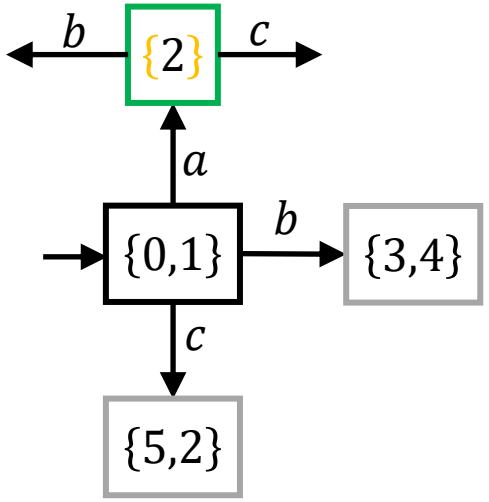
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

$\Gamma_{obs}(B) = \{b, c\}$





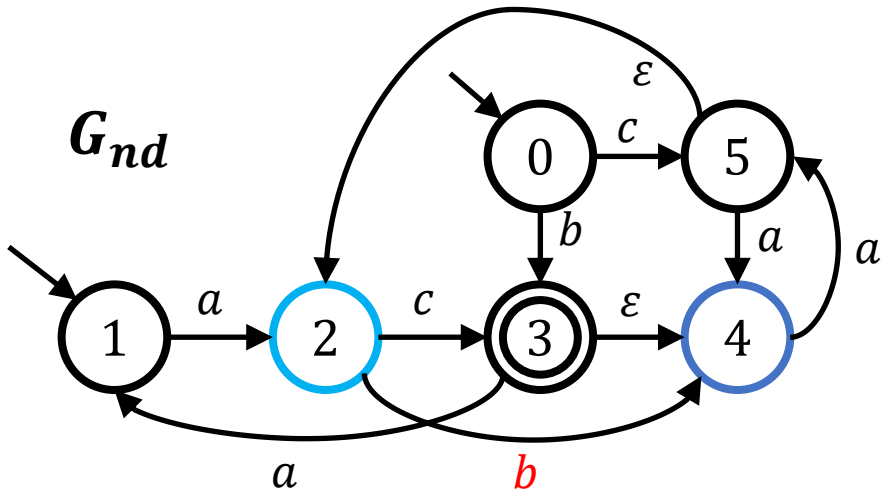
$Obs(G_{nd})$ - príklad

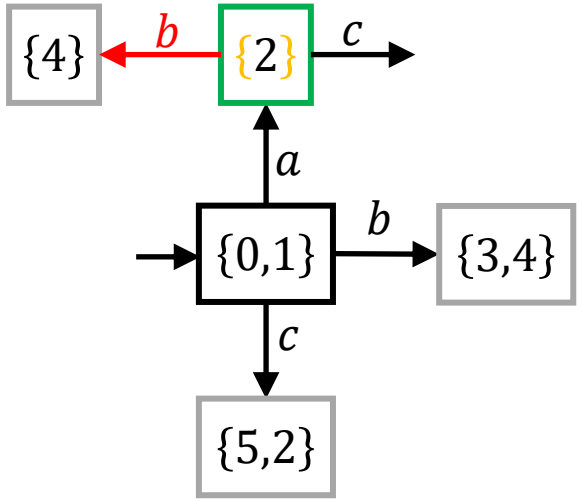
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{b, c\}$ $\qquad \varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

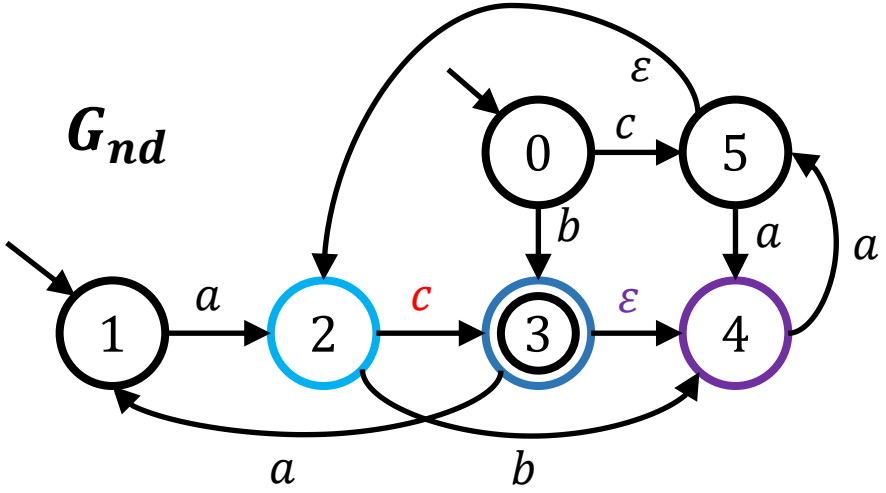
$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

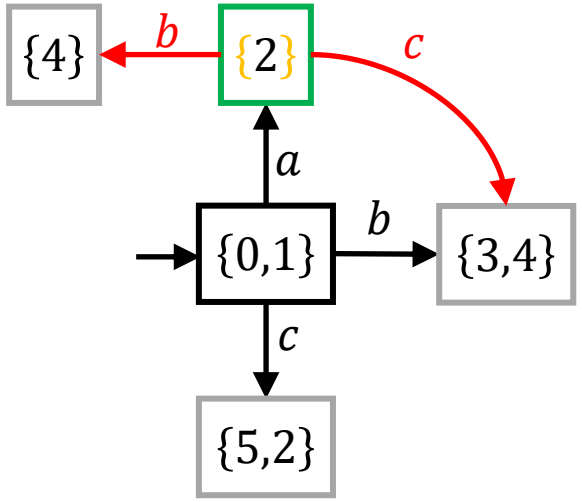
3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{b, c\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, c)) = \{3,4\}$





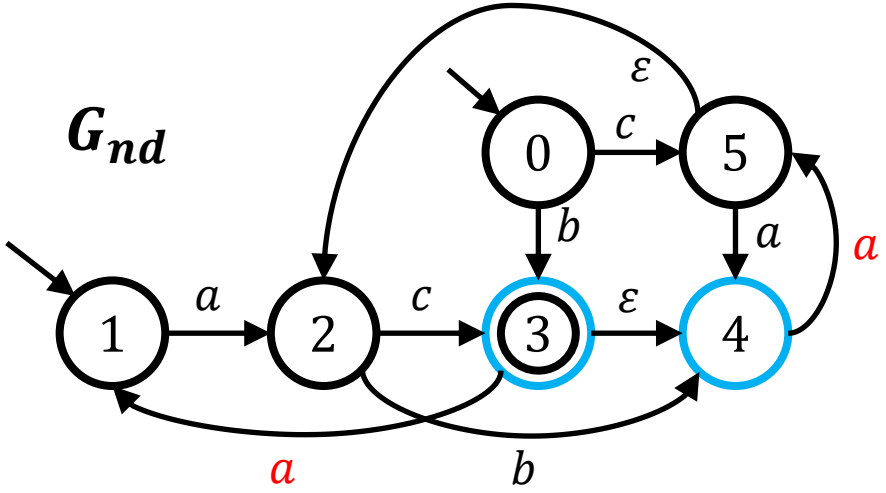
$Obs(G_{nd})$ - príklad

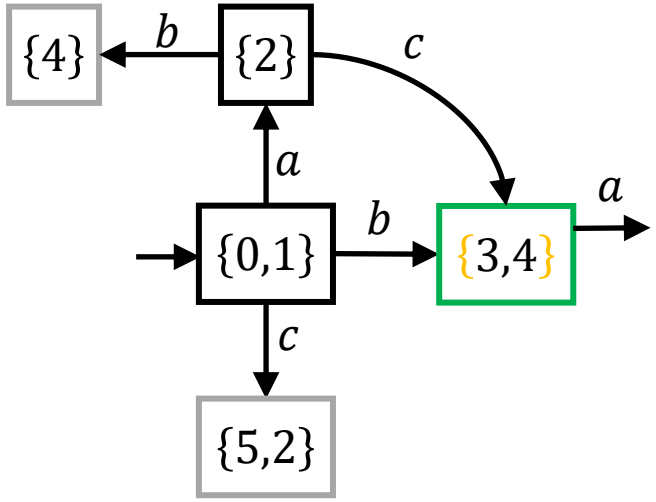
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a\}$





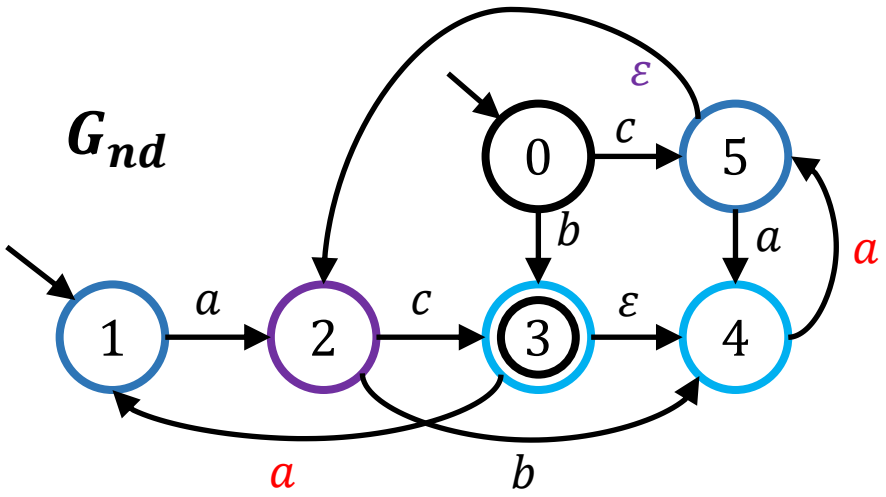
$Obs(G_{nd})$ - príklad

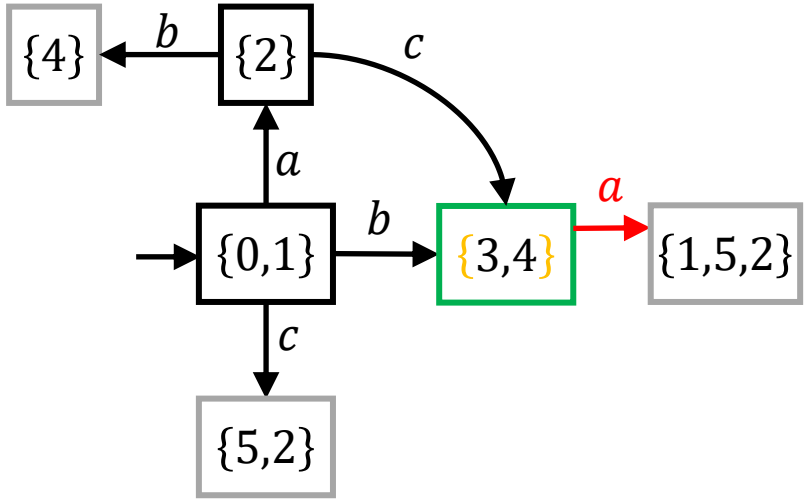
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a\}$ $\qquad \varepsilon R(\delta_{nd}(3, a) \cup \delta_{nd}(4, a)) = \{1,5,2\}$





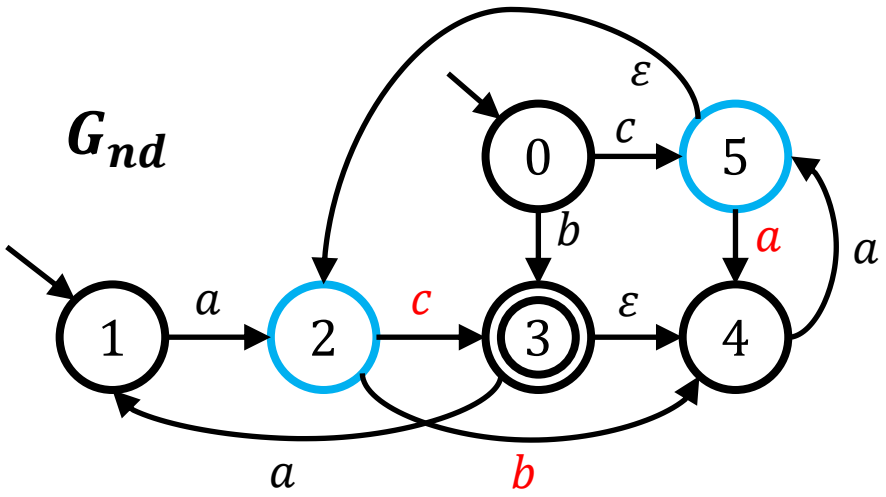
$Obs(G_{nd})$ - príklad

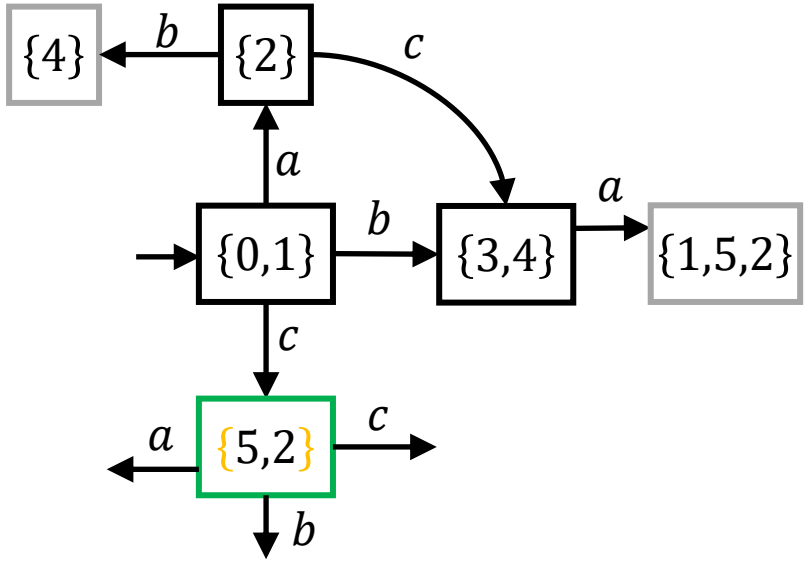
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$





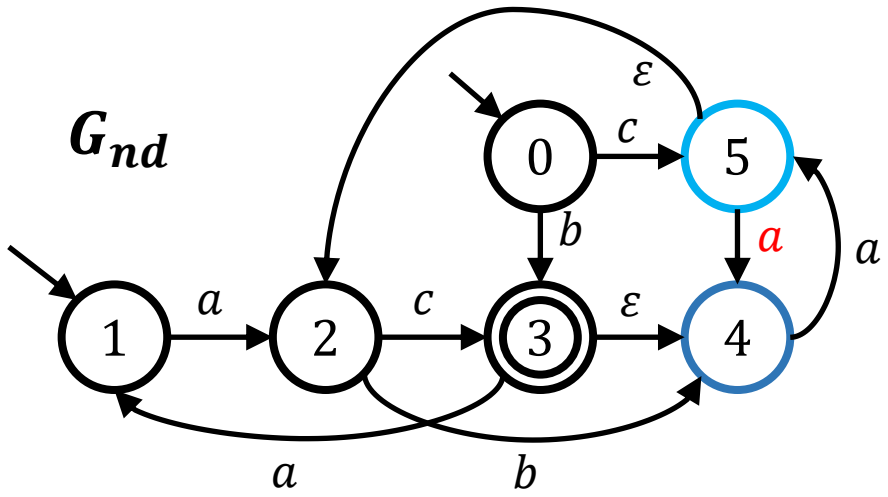
$Obs(G_{nd})$ - príklad

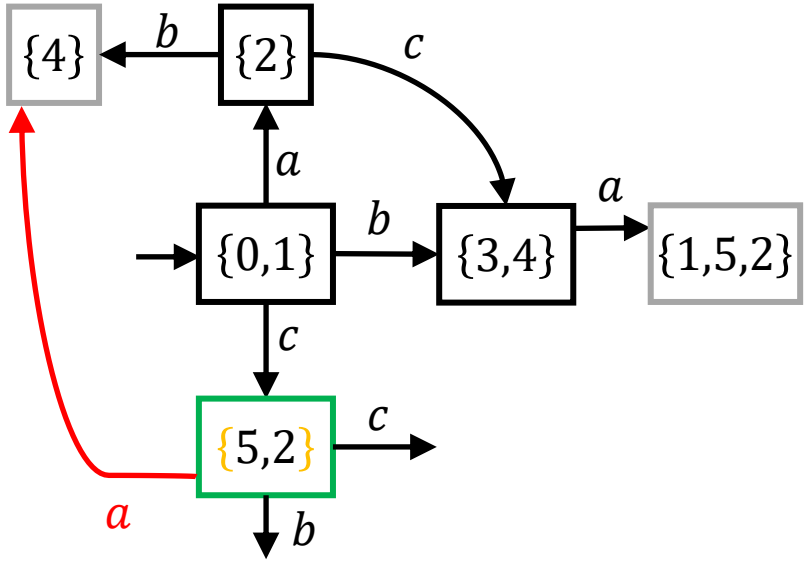
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$ $\quad \varepsilon R(\delta_{nd}(5, a)) = \{4\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

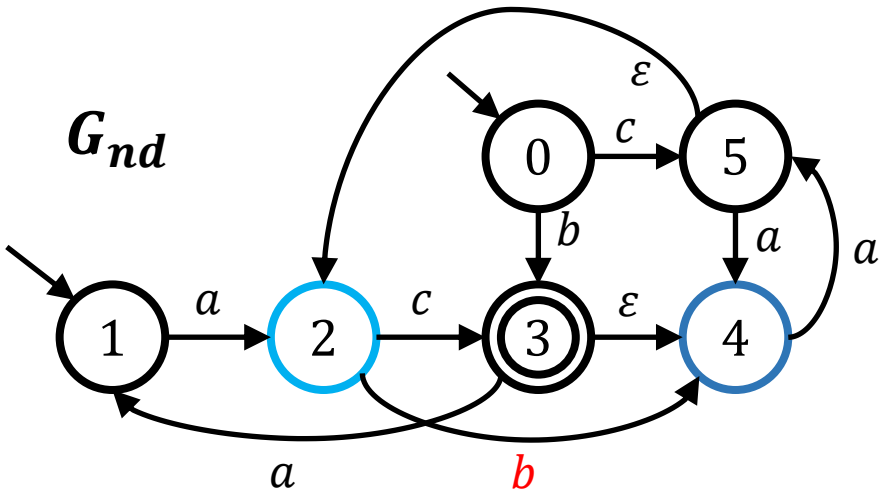
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

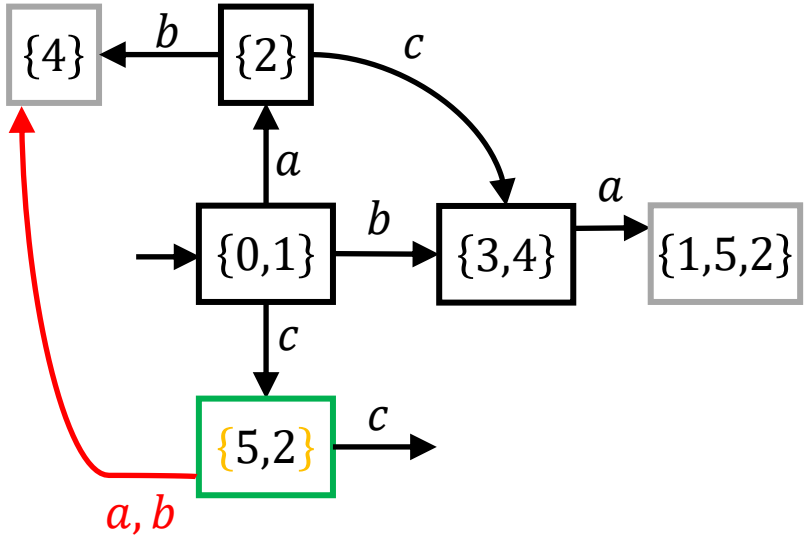
$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$ $\quad \varepsilon R(\delta_{nd}(5, a)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

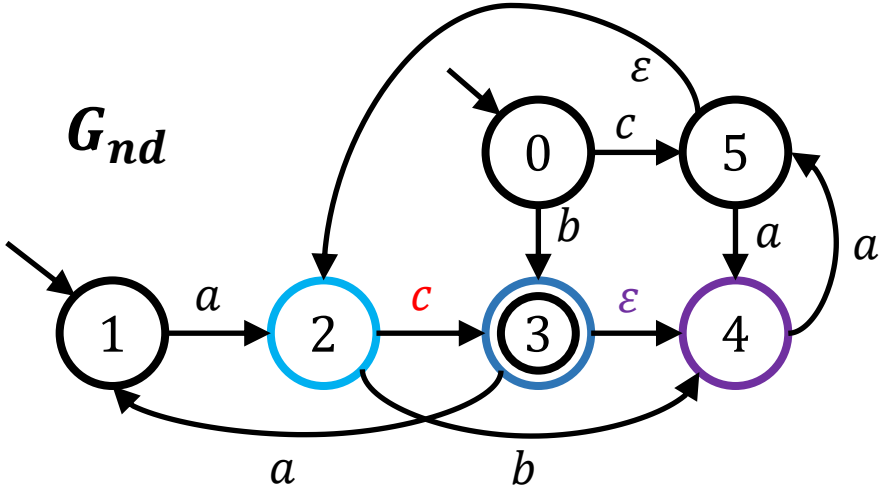
3) Pre každú aktívnu udalosť e identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta_{nd}(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez prázdne udalosti ε, t.j. $\varepsilon R(q_i)$.

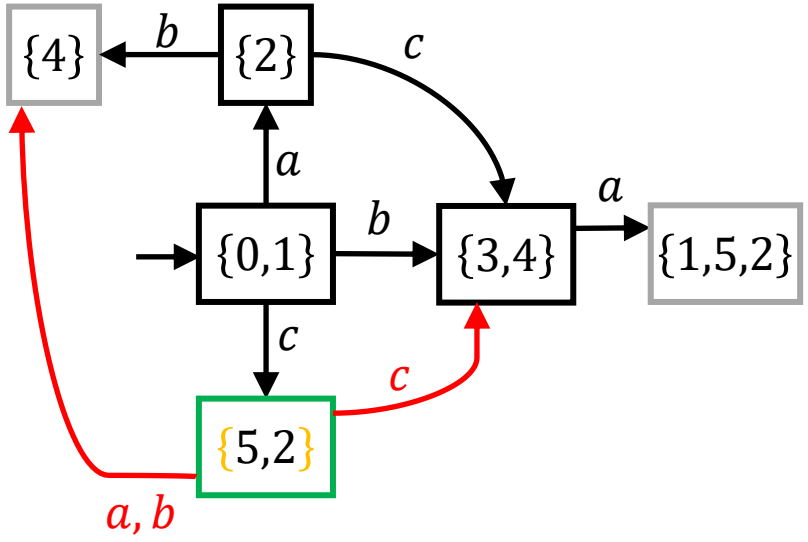
$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(5, a)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, c)) = \{3,4\}$





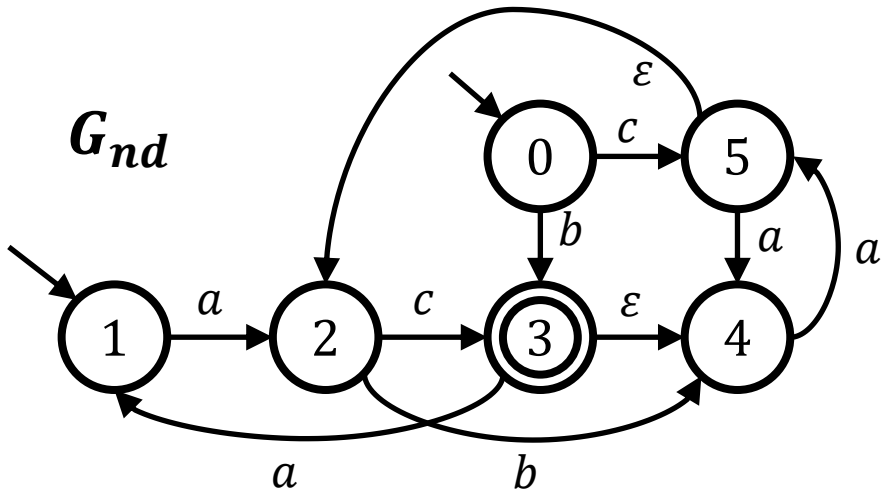
$Obs(G_{nd})$ - príklad

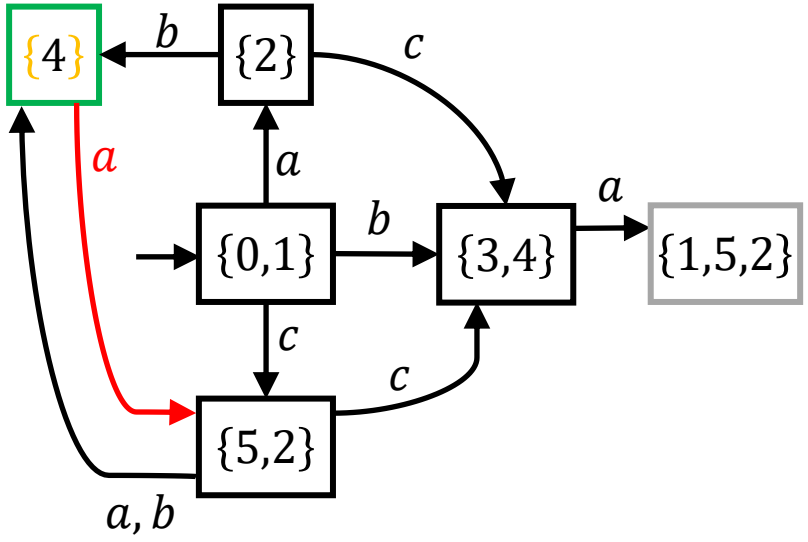
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.
(Robíme tie isté kroky ako doposiaľ, len bez animácie.)

$\Gamma_{obs}(B) = \{a\}$ $\qquad \varepsilon R(\delta_{nd}(4, a)) = \{5,2\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

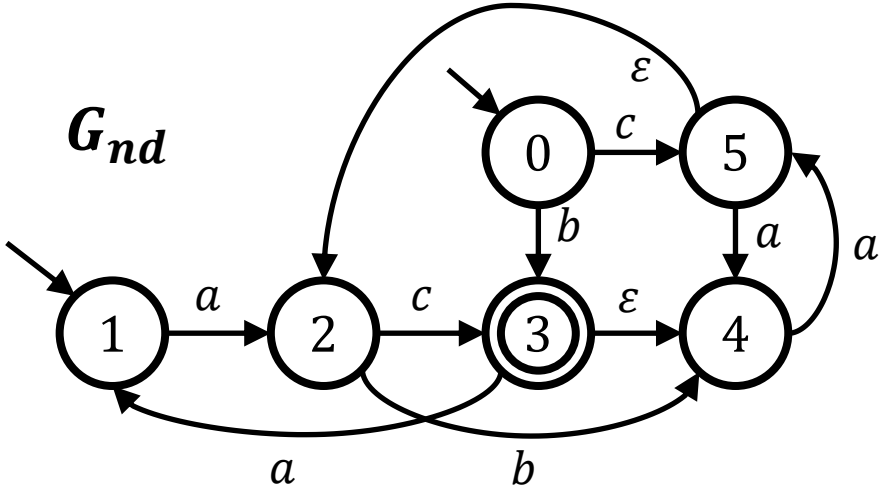
4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.
(Robíme tie isté kroky ako doposiaľ, len bez animácie.)

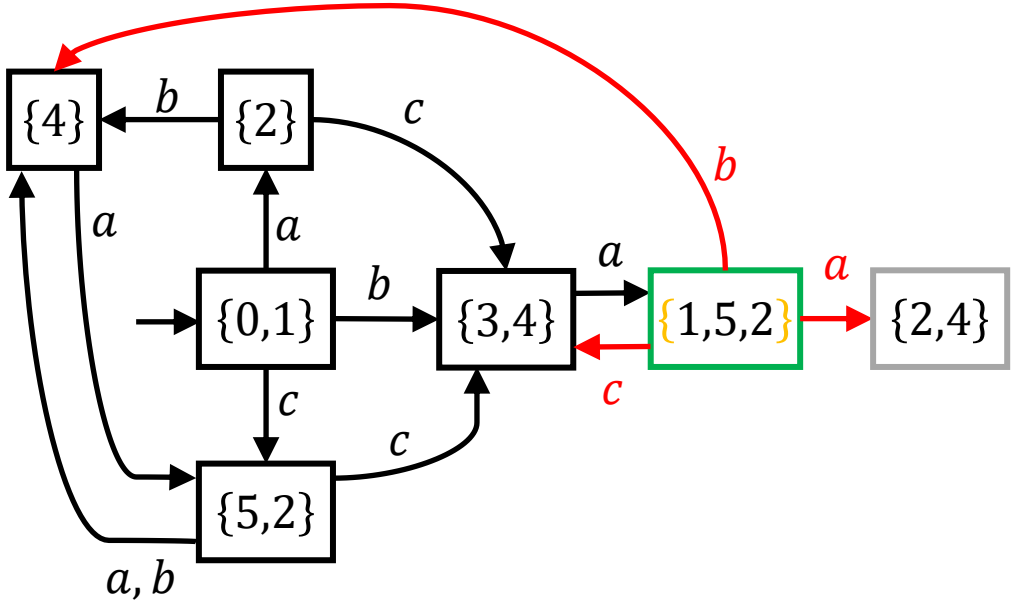
$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(1, a) \cup \delta_{nd}(5, a)) = \{2,4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, c)) = \{3,4\}$





$Obs(G_{nd})$ - príklad

$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

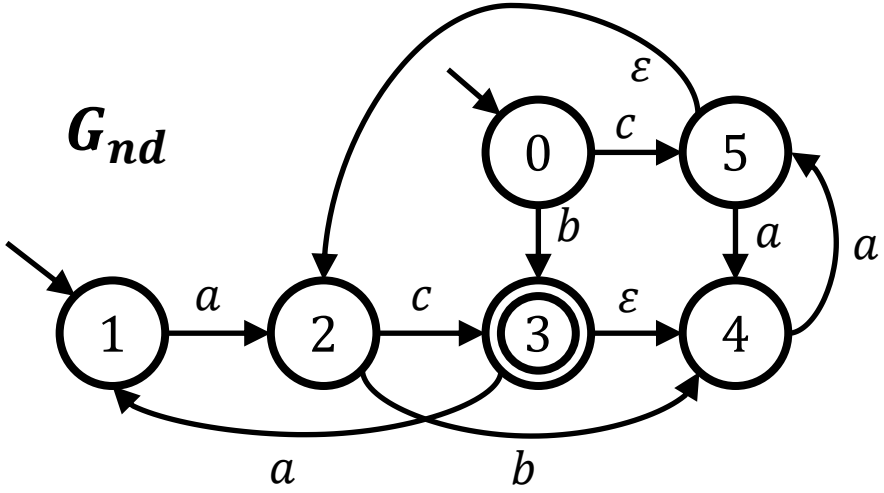
4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.
(Robíme tie isté kroky ako doposiaľ, len bez animácie.)

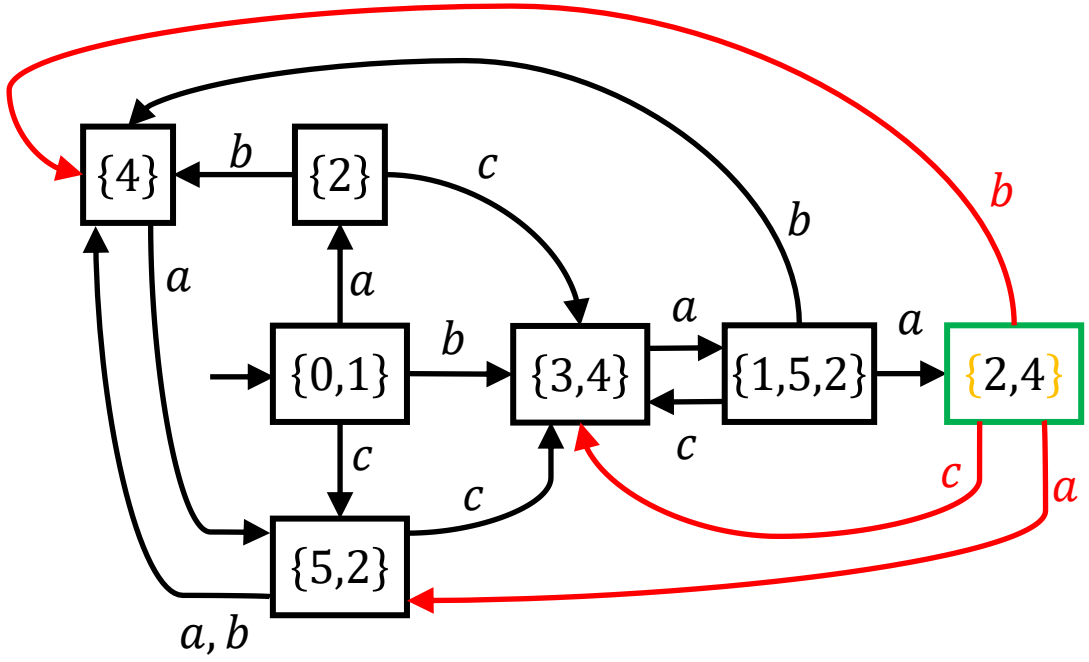
$\Gamma_{obs}(B) = \{a, b, c\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(4, a)) = \{5,2\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, b)) = \{4\}$

$\varepsilon R(\delta_{nd}(2, c)) = \{3,4\}$





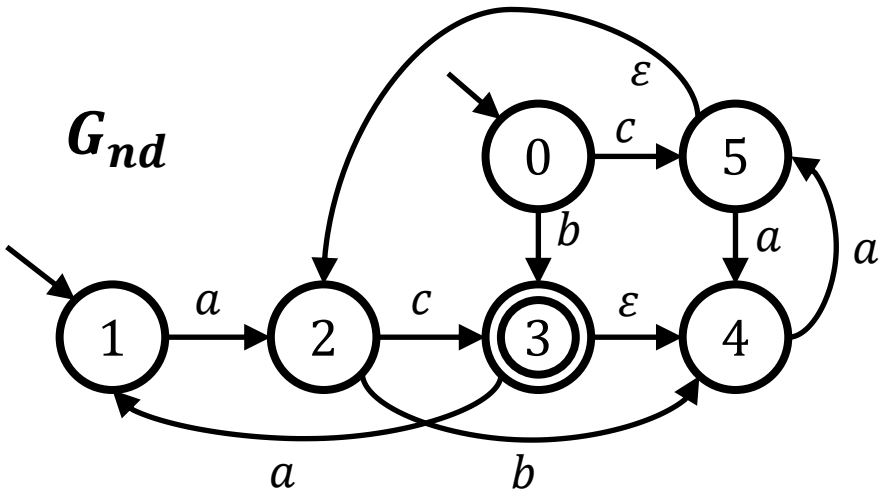
$Obs(G_{nd})$ - príklad

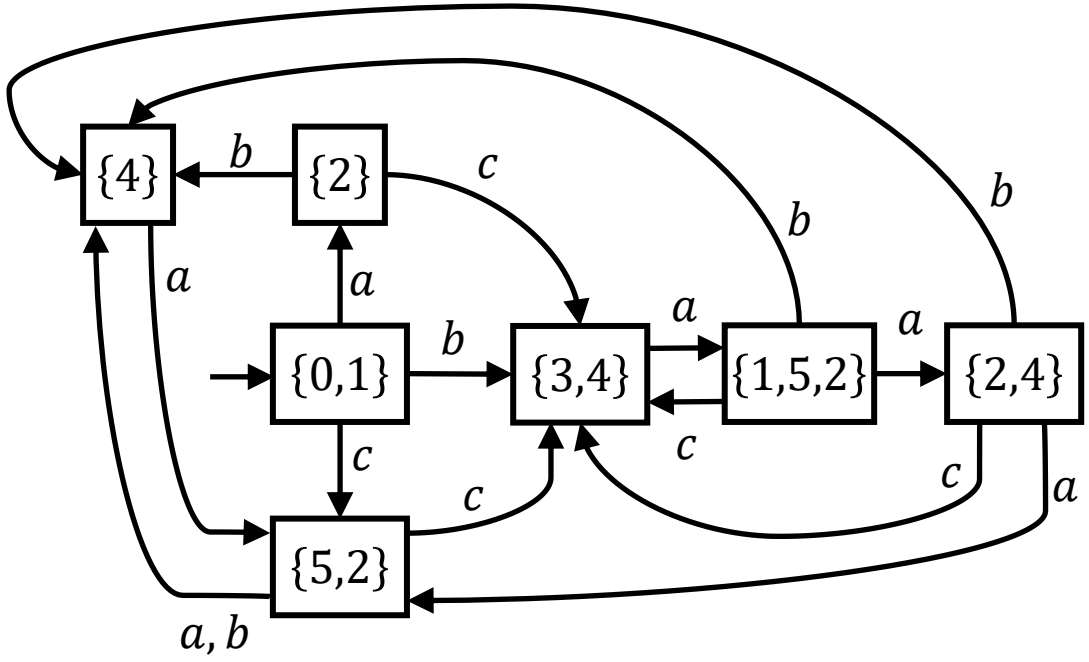
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.
(Robíme tie isté kroky ako doposiaľ, len bez animácie.)

Už nám nezostal žiaden stav na analýzu.





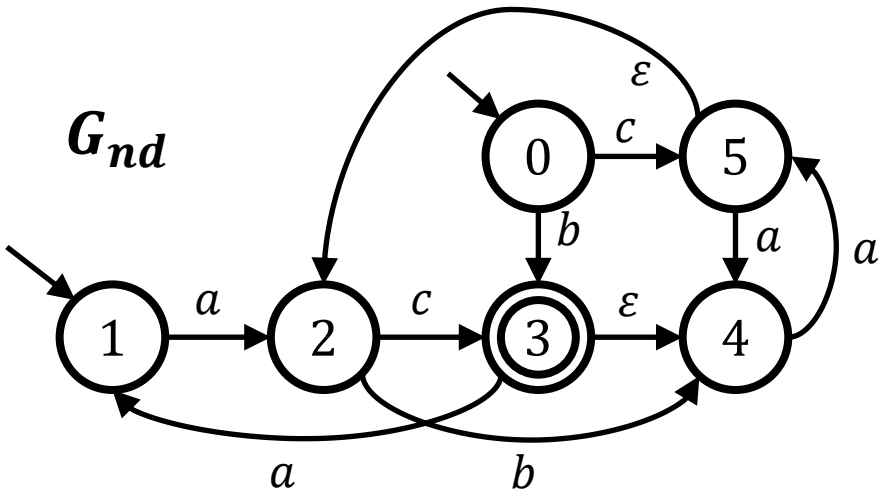
$Obs(G_{nd})$ - príklad

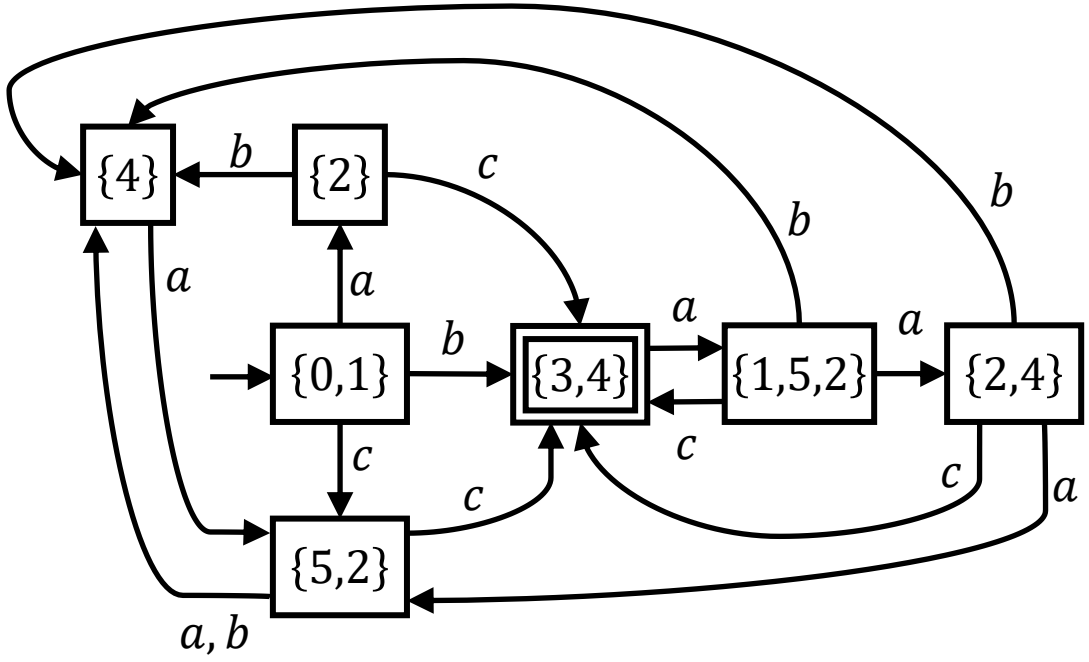
$G_{nd} = (\Sigma \cup \{\varepsilon\}, Q, q_0, \delta_{nd}, F)$ $\quad q \in Q$

$G_{obs} = (\Sigma, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $\quad q \in B \in Q_{obs}$

5) Pre každý stav $B \in Q_{obs}$, ktorý obsahuje nejaké $q \in F$, platí $B \in F_{obs}$

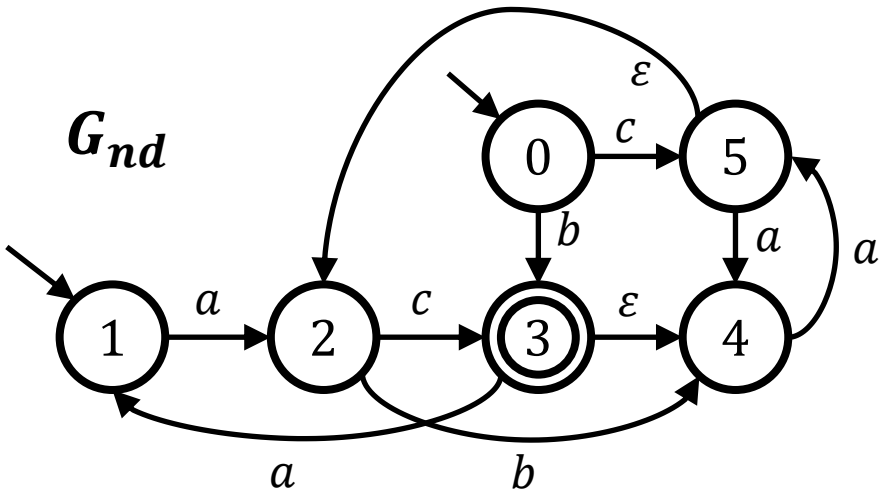
Iba stav $\{3,4\} \in Q_{obs}$ obsahuje finálny stav $3 \in F$.

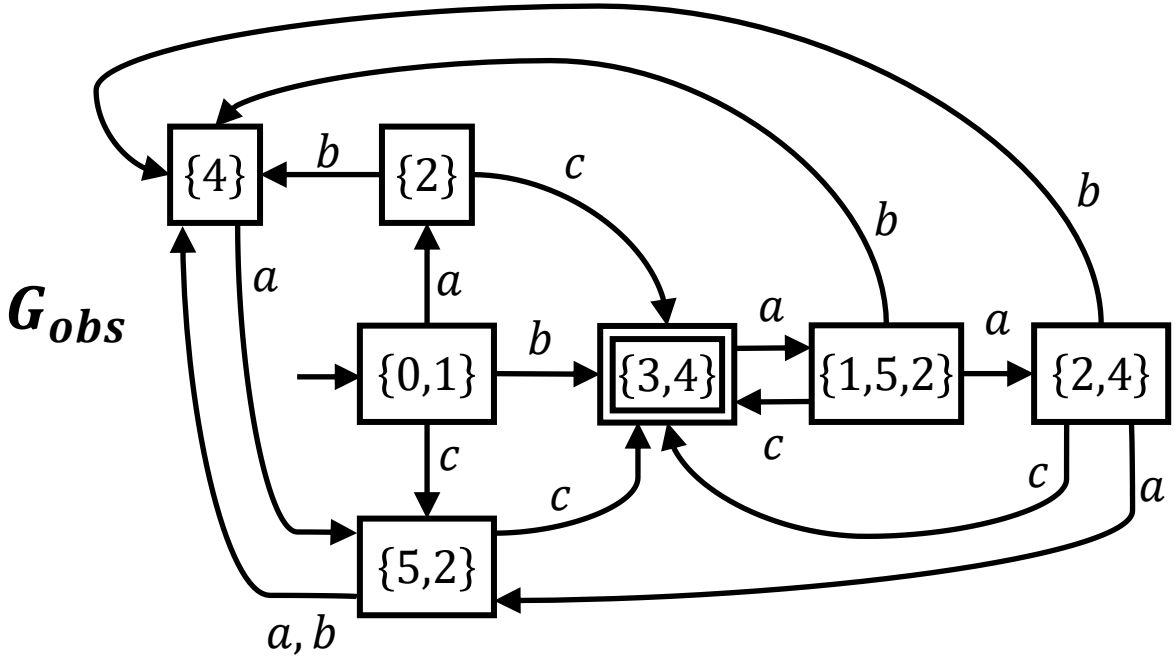




$Obs(G_{nd})$ - príklad

- Zhrnutie
  - G_{obs} je deterministický automat
  - G_{nd} a G_{obs} sú jazykovo ekvivalentné: $L(G_{obs}) = L(G_{nd})$
    $L_m(G_{obs}) = L_m(G_{nd})$

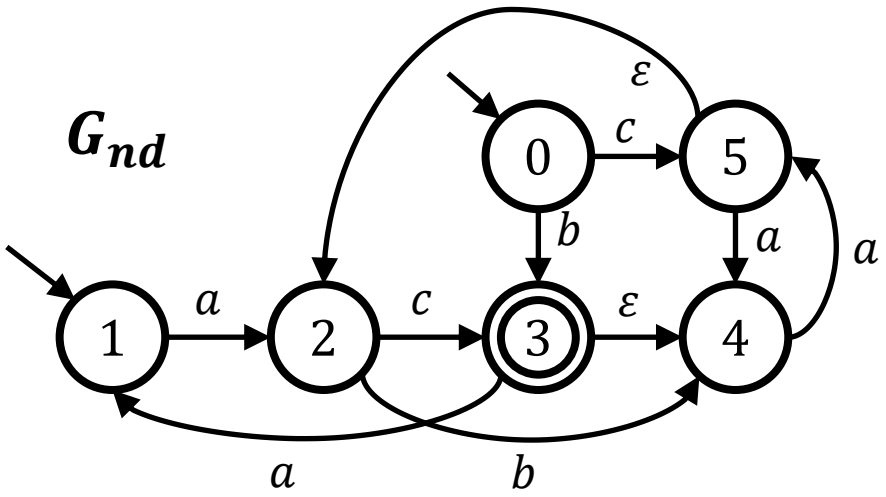


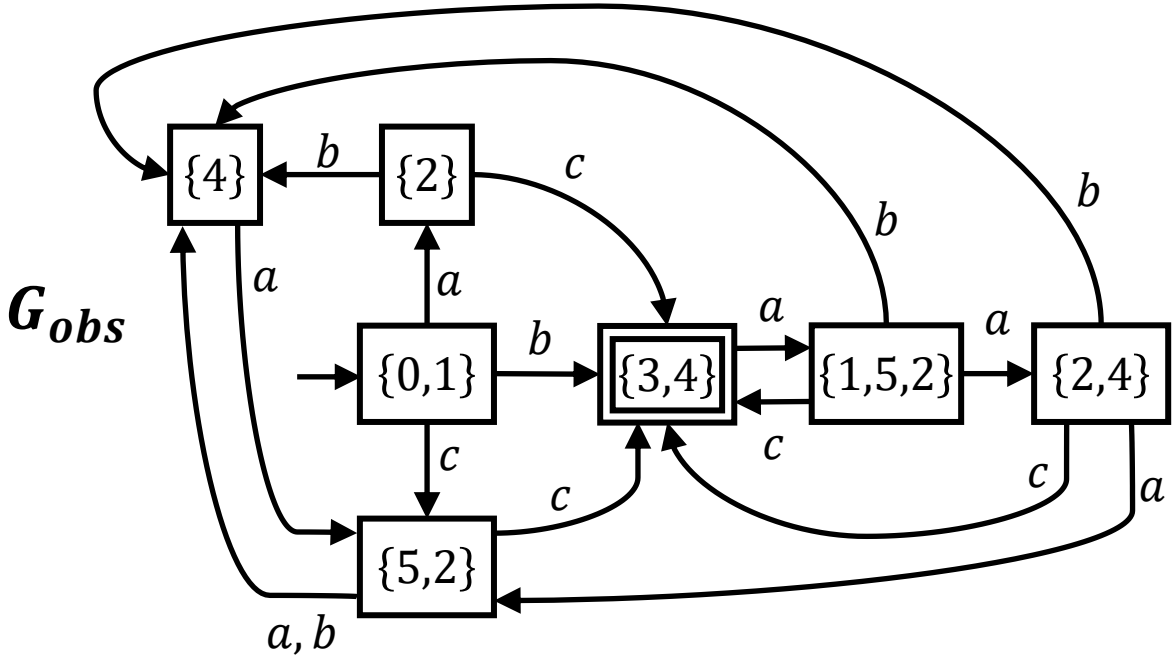


$Obs(G_{nd})$ - príklad 2

- Do akého stavu / stavov sa dostaneme prijatím udalostného reťazca s?

$$s = c\ c\ a\ a\ a\ b$$





Udalostné systémy

Čiastočne pozorovateľný DUS

doc. Ing. Andrej Babinec, PhD.

Čiastočne pozorovateľný DUS

- DUS reagujúci na udalosti, z ktorých niektoré sú <u>pre nás</u> nepozorovateľné
- Nepozorovateľná udalosť môže nastať preto, že:
  - chýba senzor, ktorý by danú udalosť zaznamenal,
  - neexistuje komunikačný kanál, ktorý by informáciu preniesol do modelovaného systému z miesta výskytu, kde ovplyvní iný kooperujúci systém,
  - ide o udalosť zlyhania niektorého subsystému, ktorú si navonok nemusíme hneď všimnúť,

  ...
- Takýto DUS môžeme stále modelovať deterministickým automatom
  - Nepozorovateľné udalosti označíme množinou Σ_{uo} (unobservable)
  - Pozorovateľné udalosti označíme množinou Σ_o (observable)
  - Výsledný deterministický automat bude reagovať na udalostnú množinu $\Sigma = \Sigma_o \cup \Sigma_{uo}$

Pozorovateľ stavov deterministického automatu s nepozorovateľnými udalosťami

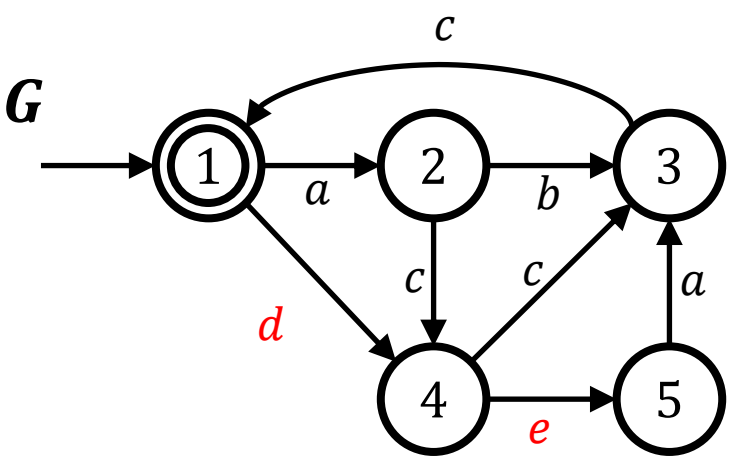
- Pozorovateľ poskytuje najlepší odhad stavov, v ktorých sa DUS môže nachádzať
- Algoritmus jeho tvorby je podobný, ako v prípade pozorovateľa pre NDKA.
- Potrebujeme urobiť len niekoľko formálnych zmien
  - Napr. zaviesť ekvivalent funkcie $\varepsilon R(q)$, t.j. $UR(q)$

Dosah nepozorovateľných udalostí v stave q: $UR(q)$

- $UR(q)$ = Množina všetkých stavov, ktoré sú dosiahnuteľné zo stavu q cez prechody označené nepozorovateľnými udalosťami $e_{uo} \in \Sigma_{uo}$.
- Stav q je zahrnutý v tejto množine: $q \in UR(q)$

Príklad:

$\Sigma_{uo} = \{d, e\}$



$UR(1) = \{1, 4, 5\}$

$UR(2) = \{2\}$

$UR(3) = \{3\}$

$UR(4) = \{4, 5\}$

$UR(5) = \{5\}$

- Definíciu možno rozšíriť aj na určenie dosahu nepozorovateľných udalostí v množine stavov. $UR(B) = \bigcup_{q \in B} UR(q)$

Algoritmus vytvárania $Obs(G)$

- Algoritmus je podobný, ako v prípade pozorovateľa pre NDKA.
- Postačuje považovať všetky udalosti v Σ_{uo} akoby boli prázdnymi udalosťami ε.
  - To je v podstate zakomponované vo funkcii $UR(q)$
- Udalostnou množinou pozorovateľa bude teda iba Σ_o.
- Zmeny v algoritme sú iba formálne
  - T.j. zmeny sa týkajú iba, typu objektov, s ktorými sa pracuje.

Algoritmus vytvárania $Obs(G)$

$$\{1,2,3\} \xrightarrow{e} \{2,4\}$$

- Použité označenia: $G = (\Sigma, Q, q_0, \delta, F)$, $\Sigma = \Sigma_o \cup \Sigma_{uo}$, $q \in Q$

  $G_{obs} = (\Sigma_o, Q_{obs}, q_{0_{obs}}, \delta_{obs}, F_{obs})$ $q \in B \in Q_{obs}$

1) Priraď do počiatočného stavu množinu: $q_{0_{obs}} := UR(q_0)$

   Vlož počiatočný stav do množiny stavov: $Q_{obs} = \{q_{0_{obs}}\}$, čiže $B = q_{0_{obs}}$

2) V každom novom stave $B \in Q_{obs}$ pre každé $q \in B$ identifikuj aktívne udalosti e.

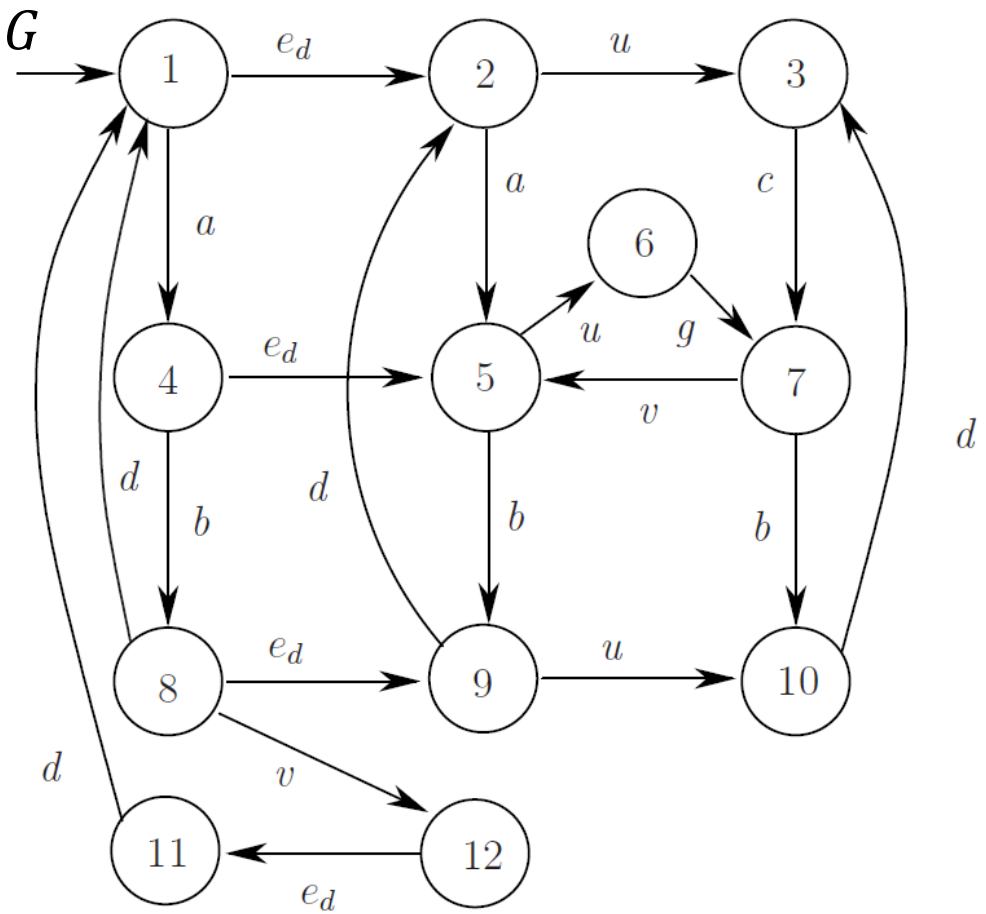
3) Pre každú aktívnu udalosť $e \in \Sigma_o$ identifikuj všetky stavy $q_i \in Q$, do ktorých je možné sa dostať z každého takého $q \in B$, pre ktoré je $\delta(q, e) = q_i$ definovaná. Nový stav B_i je daný množinou všetkých identifikovaných q_i pre danú udalosť e, ktoré sú doplnené o stavy dosiahnuteľné cez nepozorovateľné udalosti, t.j. $UR(q_i)$.

4) Opakuj kroky 2 a 3, kým je možné analyzovať nové stavy pozorovateľa.

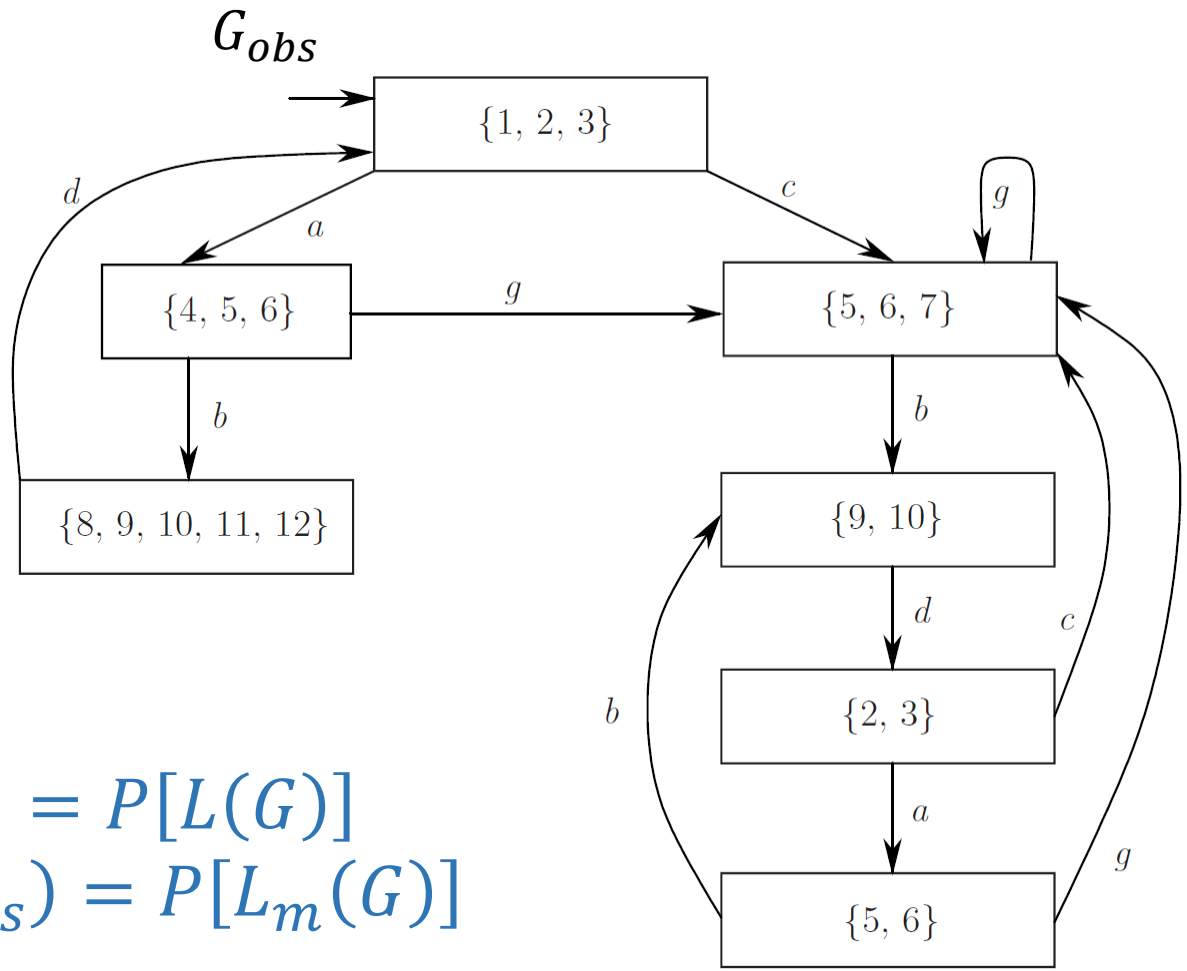
5) Pre každý stav $B \in Q_{obs}$, ktorý obsahuje nejaké $q \in F$, platí $B \in F_{obs}$

Príklad

- $\Sigma_{uo} = \{e_d, u, v\}$



- Jazyky G_{obs} sú projekcie jazykov G: $P: \Sigma^* \to \Sigma_o^*$



$$L(G_{obs}) = P[L(G)]$$
$$L_m(G_{obs}) = P[L_m(G)]$$

Ďakujem za pozornosť