Kybernetika

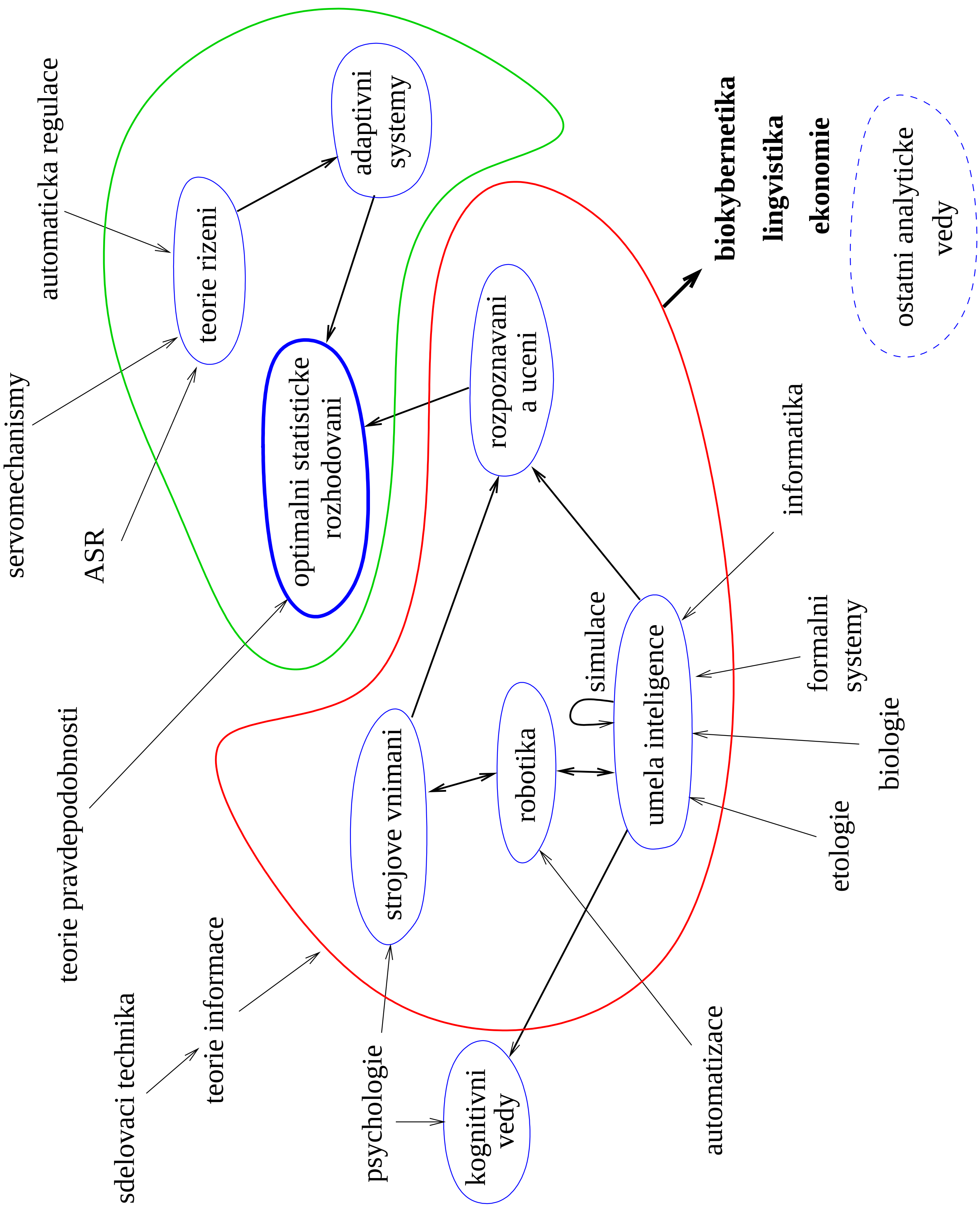
Wiener 1948:

Věda o řízení a sdělování v živých organismech a strojích.

Rok 2000:

Věda o **modelování** a **řízení** složitých systémů.

1. Klasické součásti kybernetiky.
2. Objekt a model.
3. Systém.
4. Hierarchie systémů.
5. Předmět obecné teorie systémů.
6. Role obecné teorie systémů.


automaticka regulace
servomechanismy
ASR
teorie pravdepodobnosti
sdelovaci technika
teorie informace
teorie rizeni
adaptivni systemy
optimalni statisticke rozhodovani
rozpoznavani a uceni
strojove vnimani
robotika
umela inteligence
simulace
psychologie
kognitivni vedy
automatizace
informatika
formalni systemy
biologie
etologie
biokybernetika
lingvistika
ekonomie
ostatni analyticke vedy

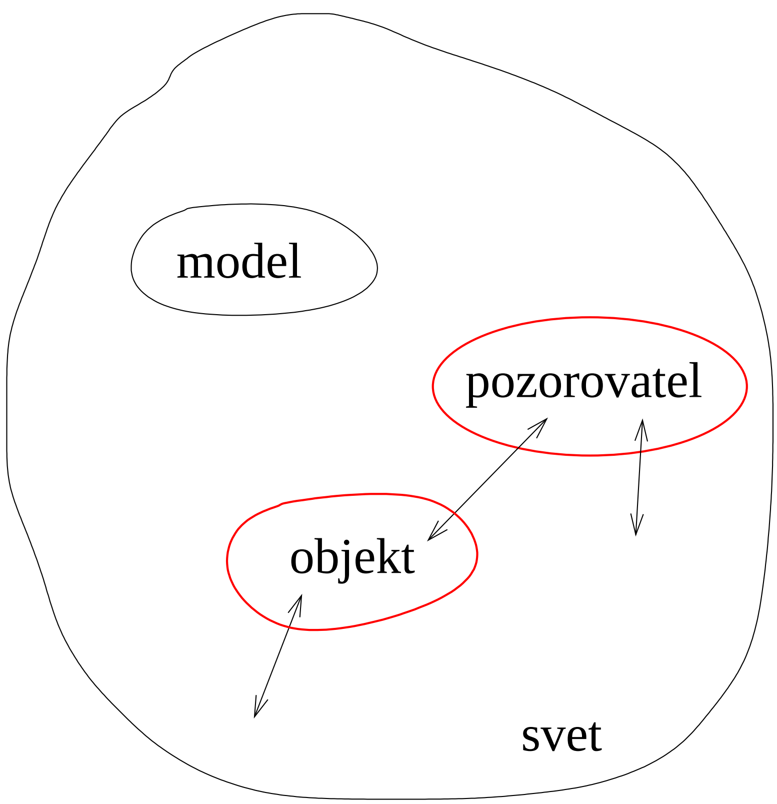
Objekt a jeho model

Objekt

Pozorovatelná část reality.

Model

Jsou dány objekty M, X, a pozorovatel P. Objekt M je modelem X jestliže pozorovatel může použít M **k získání odpovědí** na otázky o X.



prediktivní model, dedukce

Objekt $\neq$ model

Systém je model

Systém

Systém je trojice $S = (A, B; R)$,

$A -$ je množina podstatných atributů,

$B -$ je parametrická množina,

$R -$ je relace informační závislosti mezi $a_i \in A$.

Atribut

- popisný
  - př: postoje racků při souboji
- komparativní,
  - př: Mohsova stupnice tvrdosti
  - předpokládají částečné uspořádání
- metrický
  - kvantitativní vlastnosti
  - extenzivita: aditivní vůči konkatenaci

Parametr rozlišuje instance

- čas
- poloha
- populace

Hledisko

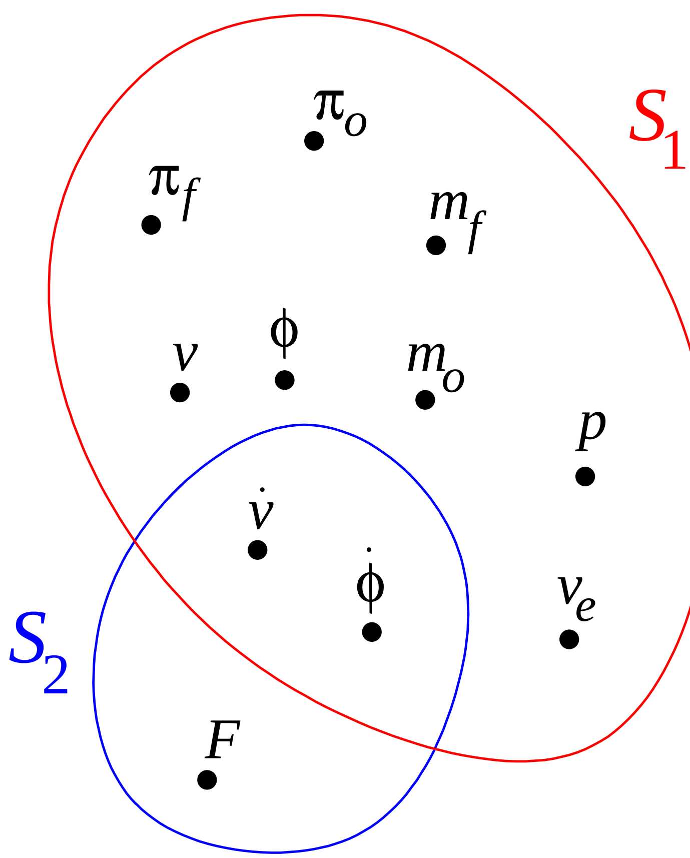
- Volba systému závisí na účelu zkoumání.
- Na každém materiálním objektu je možno definovat mnoho různých systémů **významných z různého hlediska.**
- Systémy na různých fyzikálních objektech mohou být formálně totožné.

Obecný systém

Na interpretaci nezávislý bezkontextový model ve standardní formě, který reprezentuje třídu ekvivalence vzhledem k významným vlastnostem relací.

Systém z hlediska pozorovatele

systém S_1 na objektu		systém S_2 na objektu	
v	rychlost	$\dot{v}$	zrychlení
$\dot{v}$	zrychlení	$\dot{\phi}$	úhlová zrychlení
ϕ	úhlové rychlosti	F	síly působící na části rakety
$\dot{\phi}$	úhlová zrychlení		
π_f	průtoky paliva		
π_o	průtoky okysličovadla		
p	tlak ve spalovacích komorách		
v_e	rychlosti výtoku plynů		
m_f	hmotnost paliva		
m_o	hmotnost okysličovadla		



Předmět OTS

Klir 1985:

OTS je metodologie pro zkoumání vlastností velmi složitých systémů bez zjevné struktury, které se vyskytují v různých tradičních disciplínách.

1. **Předmět zkoumání:**

   Strukturální vlastnosti společné určitým třídám systémů.

2. **Model systému:**

   Matematicky, experimentálně nebo simulací získaný.

Náplň této části přednášek

1. Formalismus, kterým lze popsat zobecněný dynamický systém.

   Zobecněný diskrétní dynamický systém popsaný naměřenými daty anebo jejich zobecněním.

   Pravděpodobnostní anebo posibilistický model nad množinou stavů. Výměna informace měřena na základě entropie.

2. Vybrané problémy OTS

   - Jak vytvořit systém z dat?
   - Jak zjednodušit daný systém?
   - Jak zjistit strukturu složitých systémů?

Bez ohledu na interpretaci a kontext.

GSPS

Nástroj, který podporuje efektivní inženýrskou práci v procesu analýza–predikce–experiment.

Hierarchie systémů

4	**METASYSTÉMY** relace mezi relacemi níže	**pravidla** popisující změny struktury
3	**STRUKTUROVANÉ SYSTÉMY** relace mezi modely níže	**rozložení** vztahu mezi proměnnými na dílčí vztahy
2	**GENERATIVNÍ SYSTÉMY** modely generující data níže zobecnění dynamických systémů	vztah mezi proměnnými **vysvětlující** pozorovaná data
1	**DATOVÉ SYSTÉMY** pozorování popsaná v jazyce níže	zdrojový systém doplněný **vzorkem** dat
0	**ZDROJOVÉ SYSTÉMY** jazyk pro popis dat	soubor měřitelných vlastností důležitých z nějakého **hlediska**
	MĚŘITELNÁ REALITA	

abstrakce roste & neurčitost klesá

Datový systém

$$D = (A, B;\, d, u)$$

(A, B) obecný obraz systému

$A = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$	základní proměnné
$B = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$	parametry
$V_i,\ i = 1, 2, \dots, n$	obor hodnot v_i
$W_j,\ j = 1, 2, \dots, m$	obor hodnot w_j
$\mathbf{V} = V_1 \times V_2 \times \cdots \times V_n$	
$\mathbf{W} = W_1 \times W_2 \times \cdots \times W_m$	

(u, d) reprezentace relací mezi proměnnými

$d\colon \mathbf{W} \to \mathbf{V}$	ostrá data
$\tilde{d}\ {:}\mathbf{W} \times \mathbf{V} \to \langle 0, 1\rangle$	fuzzy data
$u_i \in \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, n$	vstupních proměnné

Vzorek aktivity systému

Obraz systému (A, B) charakterizuje potenciální stavy proměnných, funkce d poskytuje informaci o jejich skutečných stavech na vymezené množině parametrů.

Data jsou výsledkem měření na objektu.

$$\mathbf{d} = [v_{i,w}]$$

$$\begin{array}{c|cccccccccc} i \downarrow \ \backslash \ w \rightarrow & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline v_1 & 1 & 1 & 2 & 0 & 3 & 2 & 0 & 2 & 3 & 1 \\ v_2 & 3 & 2 & 2 & 0 & 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 1 \end{array}$$

sloupce jsou stavy pozorované na hodnotách $\mathbf{w}$,

řádky jsou pozorování jedné proměnné na parametrické množině.

Zobecněný diskrétní dynamický systém
Systém s chováním

Cíl: zobecnit data, modelovat dynamiku

Chování

Vztah mezi proměnnými systému nezávisle na absolutní hodnotě parametrů.

Vzorkovací proměnné

Doplňují základní proměnné v_i o proměnné s_k

$$s_k(w) = v_i(r_j(\mathbf{w}))$$

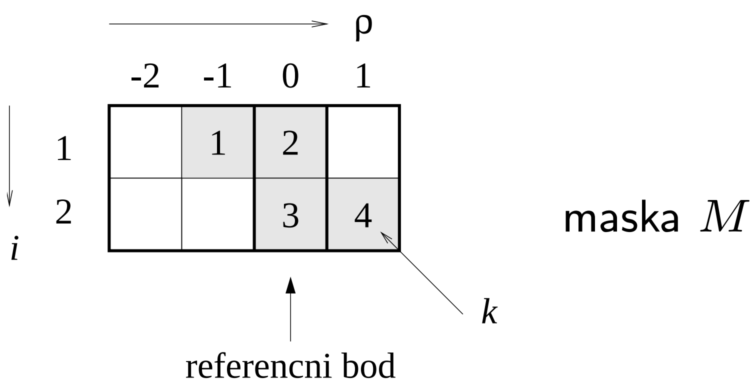
odpovídají vnitřním stavovým proměnným v dynamickém systému

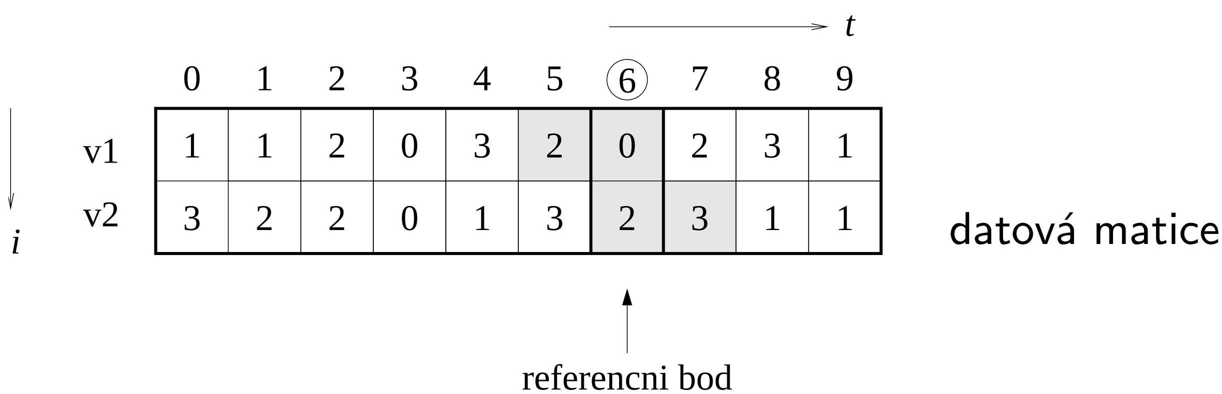
Translační pravidla $r_j \in R$

každému elementu ve $\mathbf{W}$ přiřazují jeden element z $\mathbf{W}$:

$$r_j \colon \mathbf{W} \to \mathbf{W}.$$

Maska





Hodnoty vzorkovacích proměnných s_k:

$$s_1(6) = v_1(5) = 2$$

$$s_2(6) = v_1(6) = 0$$

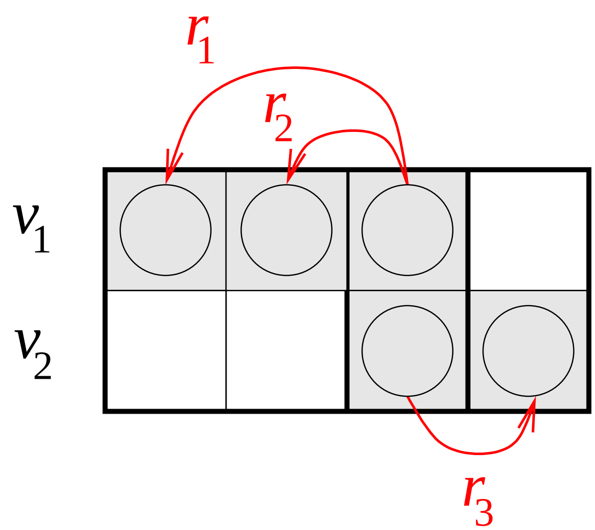
$$s_3(6) = v_2(6) = 2$$

$$s_4(6) = v_2(7) = 3$$

Maska

Maska M reprezentuje strukturu okolí na parametrické množině $M \subseteq V \times R$, každému páru $(v_i, r_j) \in M$ odpovídá jedna rovnice $s_k = v_i(r_j(\mathbf{w}))$.

Kompaktně reprezentuje translační pravidla.



$$R = \{r_1 = -2,\ r_2 = -1,\ r_3 = +1\}$$

$$s_1(w) = v_1(w-2)$$

$$s_2(w) = v_1(w-1)$$

$$s_3(w) = v_1(w)$$

$$s_4(w) = v_2(w)$$

$$s_5(w) = v_2(w+1)$$

Systém s chováním

Stavový prostor

Je-li stavem okamžitá hodnota všech vzorkovacích proměnných $s_i \in S_i$, potom

$$S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_k = \mathbf{S}$$

je stavový prostor.

Funkce chování

Chování systému je funkce definující přípustné stavy

$$f_B : \mathbf{S} \to \{0, 1\}$$

Systém s chováním

$$F_B = (A, B;\ M, f_B),$$

(A, B) je obecný obraz systému

M je maska

f_B je funkce chování

Generativní systém

Systém s chováním nezahrnuje předpis jak generovat pozorovaná data.

Generativní maska

Rozklad masky M na generující část $M_{\bar{g}}$ a generovanou část M_g:

$$M_G = (M_g, M_{\bar{g}})$$

tak, že

$$M_g \subset M$$
$$M_{\bar{g}} \subset M$$
$$M_g \cup M_{\bar{g}} = M$$
$$M_g \cap M_{\bar{g}} = \emptyset$$

Generativní funkce chování

Množinu vzorkovacích proměnných rozložíme na generující množinu $\bar{\mathbf{G}}$ a generovanou množinu $\mathbf{G}$, potom

$$f_{GB} \colon \bar{\mathbf{G}} \times \mathbf{G} \to \{0, 1\}$$

$$f_{GB}(\mathbf{g}, \bar{\mathbf{g}}) = \begin{cases} 1 & \mathbf{g} \text{ nastane když } \bar{\mathbf{g}} \text{ nastane} \\ 0 & \mathbf{g} \text{ nenastane když } \bar{\mathbf{g}} \text{ nastane} \end{cases}$$

Generování dat

1. Dán stav $\bar{\mathbf{g}} \in \bar{\mathbf{G}}$ pro dané $t \in T$, použije se funkce f_{GB} pro zjištění stavu $\mathbf{g} \in \mathbf{G}$ pro t.
2. Hodnota t je nahrazena novou a krok 1 se opakuje.

- Vyžaduje uspořádanou parametrickou množinu.
- Vyžaduje počáteční podmínky.
- Pořadí generování:
  1. dopředné (prediktivní): $t = t + 1$,
  2. zpětné (retrodiktivní): $t = t - 1$.
- Každý řádek masky M_g pro dopředné pořadí má právě jeden prvek na pravé hraně masky, pro zpětné na levé straně.
- U nedeterministického systému se wnásledující stav vygeneruje náhodně s danou pravděpodobností.

Determininistický a nedeterministický systém

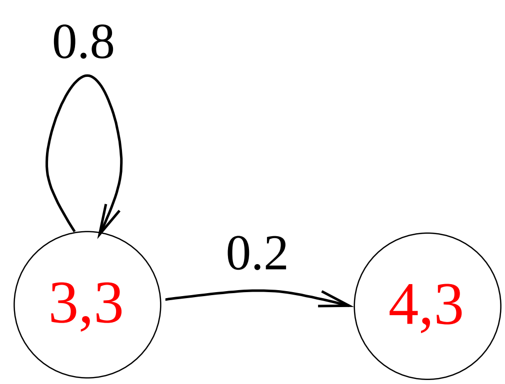
Deterministický systém

Pro každý generující stav $\bar{\mathbf{g}} \in \mathbf{G}$ je povolen pouze jeden generovaný stav $\mathbf{g} \in \mathbf{G}$.

Nedeterministický systém

Povoleno je více stavů.

$\bar{\mathbf{g}}$		$\mathbf{g}$		
s_1	s_2	s_3	s_4	f_B
1	1	4	3	0.023
1	0	3	4	0.023
0	3	4	3	0.023
3	**3**	3	3	0.091
3	4	3	4	0.023
4	3	4	4	0.023
3	**3**	4	3	0.023
3	0	3	3	0.023
⋮				⋮



nederministický
stav $(3,3)$ má dva následníky