Kybernetika

Wiener 1948:

Věda o řízení a sdělování v živých organismech a strojích.

Rok 2000:

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

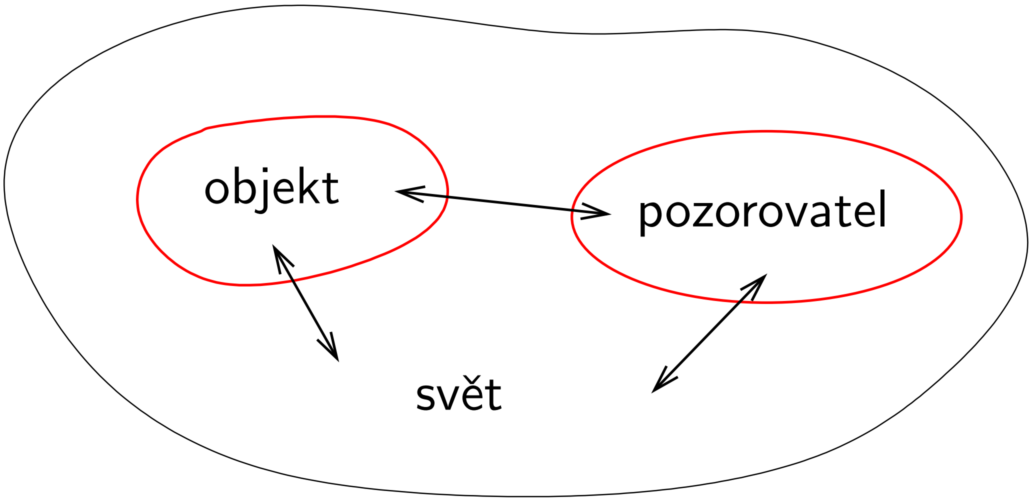
1. Objekt a model.
2. Systém.
3. Hierarchie systémů.
4. Předmět obecné teorie systémů.
5. Role obecné teorie systémů.

Objekt a jeho model

Objekt: Pozorovatelná část reality.

Model

Je dán objekt X a pozorovatel P. $M(X)$ je modelem X jestliže pozorovatel může použít $M(X)$ **k získání odpovědí** na otázky o X.



$\boxed{\textbf{objekt } X \neq \textbf{model } M(X)}$

Systém: Je druh modelu.

- objekt není vydělitelný ze svého okolí
  (Př: počasí nad ČR)
- interakce pozorovatel $\leftrightarrow$ objekt ovlivňují chování obou
  (Př: voltmetr s malým vstupním odporem)

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 $a_i \in A$.

- schéma
- diferenciální rovnice
- naměřená data

Atribut

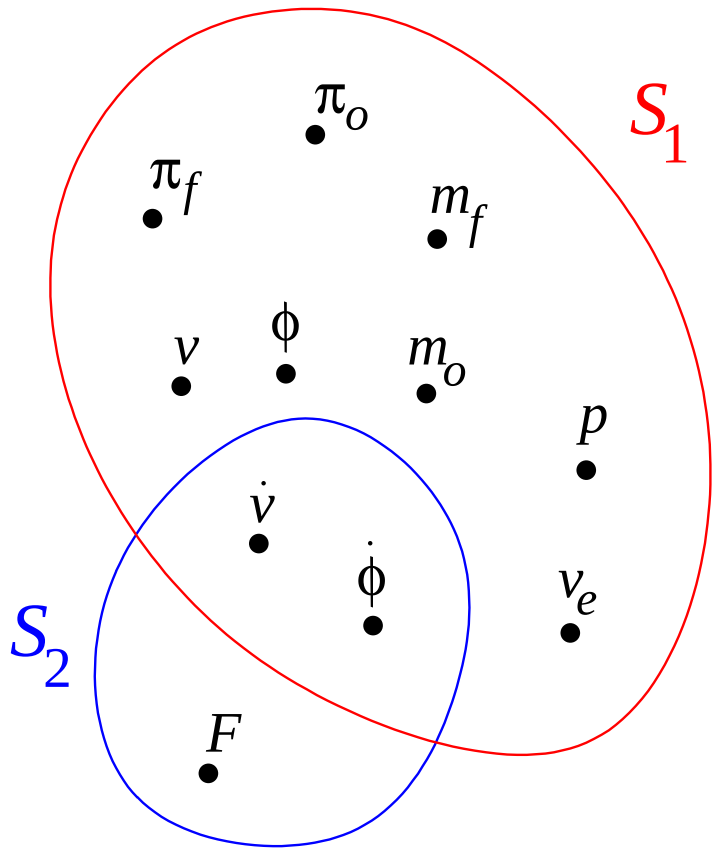
- popisný
  - př: postoje racků při souboji
- komparativní,
  - př: Mohsova stupnice tvrdosti
  - předpokládají částečné uspořádání
- metrický
  - kvantitativní vlastnosti
  - extenzivita: aditivní vůči konkatenaci

Parametr rozlišuje instance

- čas
- poloha
- populace

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		



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.

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.

Datový systém

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

(A, B) obecný obraz systému

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

(u, d) reprezentace relací mezi proměnnými

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

Vzorek aktivity systému

Obraz systému (A, B) charakterizuje potenciální stavy proměnných, funkce d poskytuje informaci o jejich skutečných stavech na části parametrické množiny.

Data jsou výsledkem měření na objektu.

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

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

$\xrightarrow{\quad} w$, $\downarrow i$

datová matice

- **sloupce** jsou stavy pozorované na hodnotách $\mathbf{w}$,
- **řádky** jsou pozorování jedné proměnné indexované hodnotou parametru.

Zobecněný diskrétní dynamický systém

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

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

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

Realizace translačních pravidel na uspořádané parametrické rovině: Maska

i \ ρ	-2	-1	0	1
1		1	2	
2			3	4

maska M

k

referenční bod

i \ t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v_1	1	1	2	0	3	2	0	2	3	1
v_2	3	2	2	0	1	3	2	3	1	1

datová matice

referenční bod

Hodnoty vzorkovacích proměnných s_k:

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

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

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

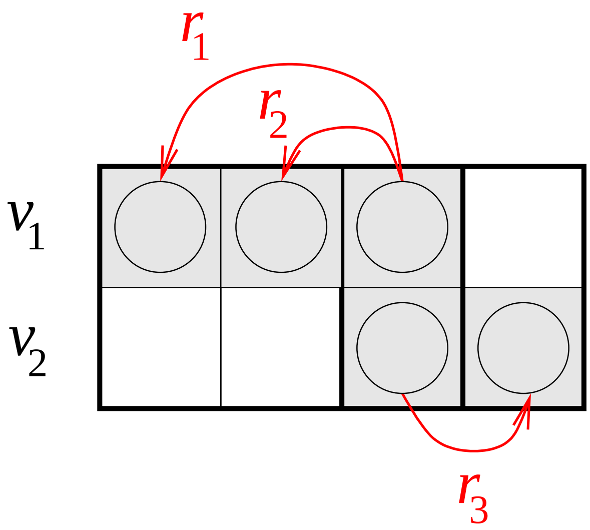
$$s_4(6) = v_2(7) = 3$$

Stav pro masku M v poloze $t = 6$: $\quad \mathbf{s}(6) = (2,\ 0,\ 2,\ 3)$

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.



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

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

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

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

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

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

Zobecněný dynamický systém

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 přípustnosti

definuje přípustné stavy

$$p_B \colon \mathbf{S} \rightarrow \{0, 1\} \quad (\text{ nebo } \mathbf{S} \rightarrow \langle 0, 1 \rangle \ )$$

(pravděpodobnost, posibilita)

Dynamický systém

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

(A, B) je obecný obraz systému

M je maska

p_B je funkce přípustnosti stavu

Generativní systém

Zobecněný dynamický systém 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 přípustnosti

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

$$p_{GB}\colon \bar{\mathbf{G}} \times \mathbf{G} \to \{0, 1\} \quad \big(\text{ nebo } \bar{\mathbf{G}} \times \mathbf{G} \to \langle 0, 1 \rangle\ \big)$$

je generativní funkce přípustnosti.

Nedetermininistický systém

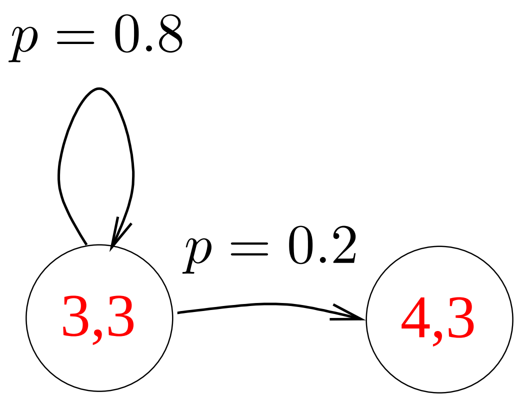
Deterministický systém

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	p_{GB}
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

Pravděpodobnost přechodu

$$p(\mathbf{g} \mid \bar{\mathbf{g}}) = \frac{p_{GB}(\mathbf{g}, \bar{\mathbf{g}})}{p_G(\bar{\mathbf{g}})}$$

Generování dat

1. Dán stav $\bar{\mathbf{g}} \in \bar{\mathbf{G}}$ pro dané $t \in T$, použije se pravděpodobnost přechodu $p(\mathbf{g} \mid \bar{\mathbf{g}})$ 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 následující stav vygeneruje náhodně s danou pravděpodobností.

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