

# Vybrané problémy z Klirovy teorie

- PA.** Identifikace parametrů generativního (dynamického) systému z datového systému
- PB.** Zjednodušení modelu generativního systému
  1. redukcí rozlišení
  2. vyloučením proměnných
- PC.** Identifikace struktury generativního systému

# PA. Zobecnění datového na generativní dynamický systém

Identifikace parametrů generativního dynamického systému z datového systému

## Postup

1. Volba maximální délky historie (omezení množiny možných masek)
2. Odhad funkcí přípustnosti  $p_B$  a  $p_{GB}$  z dat.
3. Vybere se generativní systém, který
  - a. minimalizuje neurčitost při generování dat

$$H(\mathbf{G} | \overline{\mathbf{G}}) = H(\mathbf{G}, \overline{\mathbf{G}}) - H(\overline{\mathbf{G}}),$$

- b. je nejjednodušší.

Výběrů může být více.

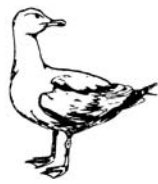
# Závislost mezi proměnnými?



# Z datového systému na dynamický



rest



away



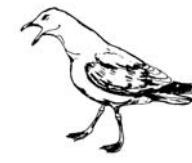
forward



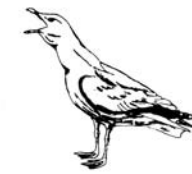
hunched



chocking



mew



oblique



upright

$t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
$v_1$	1	1	0	3	3	3	3	3	4	3	3	0	2	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	0	2
$v_2$	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	2	1	1	1	4	4	4	4	4	3	1	4

$t$	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
$v_1$	2	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	0	2	1	0	2	1	1	4	
$v_2$	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	4

- hloubka historie  $H = 2$
- vzorkovací proměnné:  $s_1(t) = v_1(t - 1)$ ,  $s_2(t) = v_2(t - 1)$ ,  $s_3(t) = v_1(t)$ ,  $s_4(t) = v_2(t)$

$H = 2$   
 $\longleftrightarrow$

$\mathbf{S} = \{s_1, s_2, s_3, s_4\}$  – dynamický systém

Maska

1	3
2	4

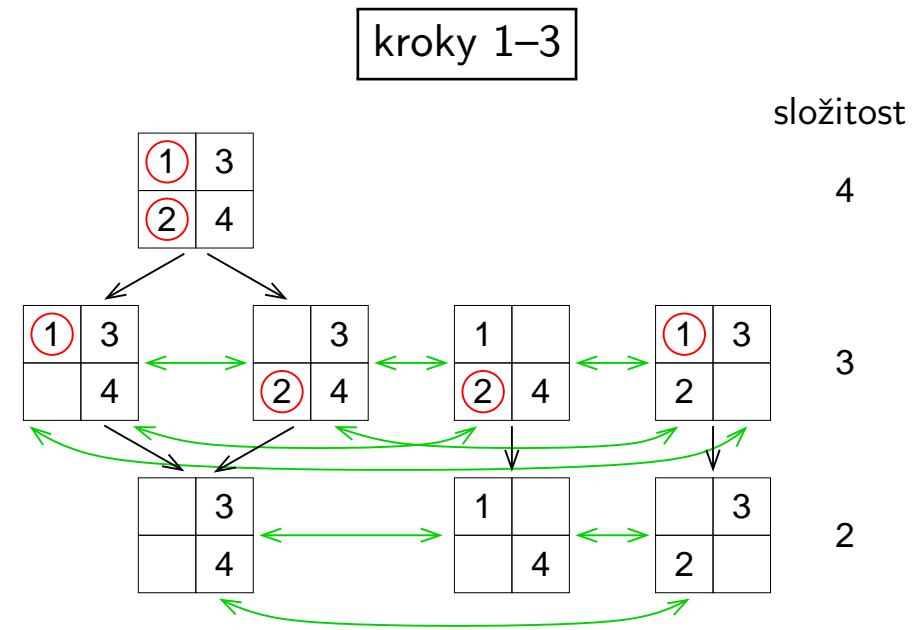
$\overline{\mathbf{G}} = \{s_1, s_2\}$  – generující proměnné generativního systému

$\mathbf{G} = \{s_3, s_4\}$  – generované proměnné



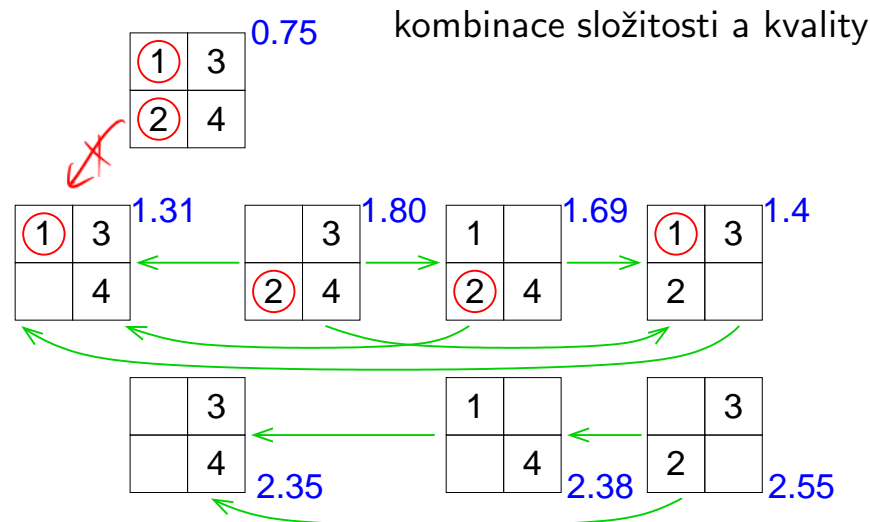
# Procedura výběru optimálních masek

1. Zvol maximální délku historie.
2. Vytvoř diagram (svaz) přípustných masek se šipkami od složitějších k jednodušším maskám.
3. Přidej oboustranné horizontální šipky na každé úrovni diagramu.
4. Pro každou masku vypočti generativní neurčitost (str. 7).
5. Smazej šipky, které vedou od nižší k vyšší neurčitosti.
6. Odstraň tranzitivní hrany. **nepovinné**
7. Výsledkem jsou masky bez následníků.

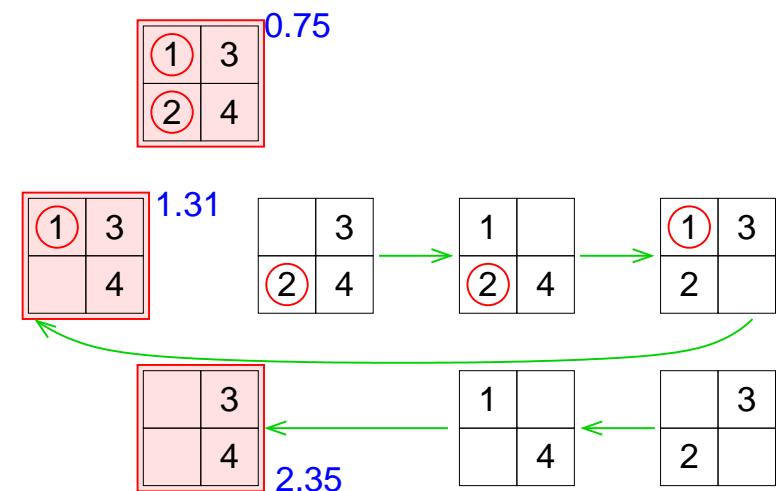


*tranzitivní hrana*

**kroky 4-5**



**kroky 6-7**



# Generativní neurčitosti pro jednotlivé masky

<del><math>s_1</math></del>	<del><math>s_2</math></del>	<del><math>s_3</math></del>	<del><math>s_4</math></del>	$p_B$
0	1	2	4	0.0227
0	3	2	3	0.0455
0	3	2	4	0.0227
0	4	3	3	0.0227
1	1	0	3	0.0227
1	1	1	1	0.0455
1	1	4	4	0.0227
1	2	1	1	0.0227
1	3	0	4	0.0227
1	3	1	3	0.0227
1	3	4	4	0.0227
1	4	1	3	0.0227
2	1	0	3	0.0227
2	1	2	1	0.0455
2	2	4	2	0.0227
2	3	1	1	0.0227
2	3	1	3	0.0227
2	4	1	2	0.0227
2	4	2	1	0.0227
2	4	2	2	0.0227
2	4	2	4	0.0227
3	3	0	3	0.0227
3	3	3	3	0.0909
3	3	4	4	0.0227
3	4	3	3	0.0227
4	2	4	4	0.0227
4	3	0	1	0.0227
4	4	2	4	0.0227
4	4	3	4	0.0227
4	4	4	3	0.0227
4	4	4	4	0.1818

$\frac{1}{44}$



$$S = \{s_1, s_2, s_3, s_4\}, \quad G = \{s_3, s_4\}, \quad \bar{G} = \{s_1, s_2\}$$

$$H(G | \bar{G}) = H(s_1, s_2, s_3, s_4) - H(s_1, s_2) = 0.7535$$

$$H(s_1, s_3, s_4) - H(s_1) = 1.3149$$

$$H(s_2, s_3, s_4) - H(s_2) = 1.8024$$

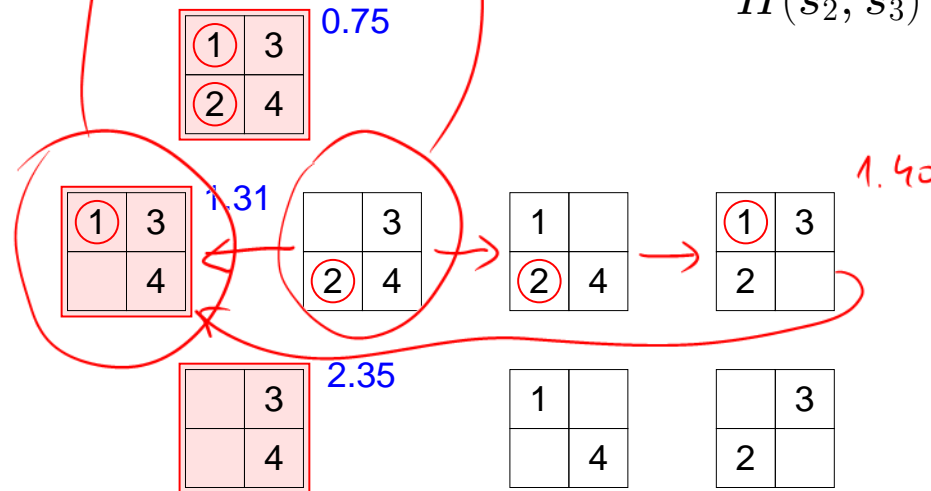
$$H(s_1, s_2, s_4) - H(s_2) = 1.6949$$

$$H(s_1, s_2, s_3) - H(s_1) = 1.4033$$

$$H(s_3, s_4) = 2.3539$$

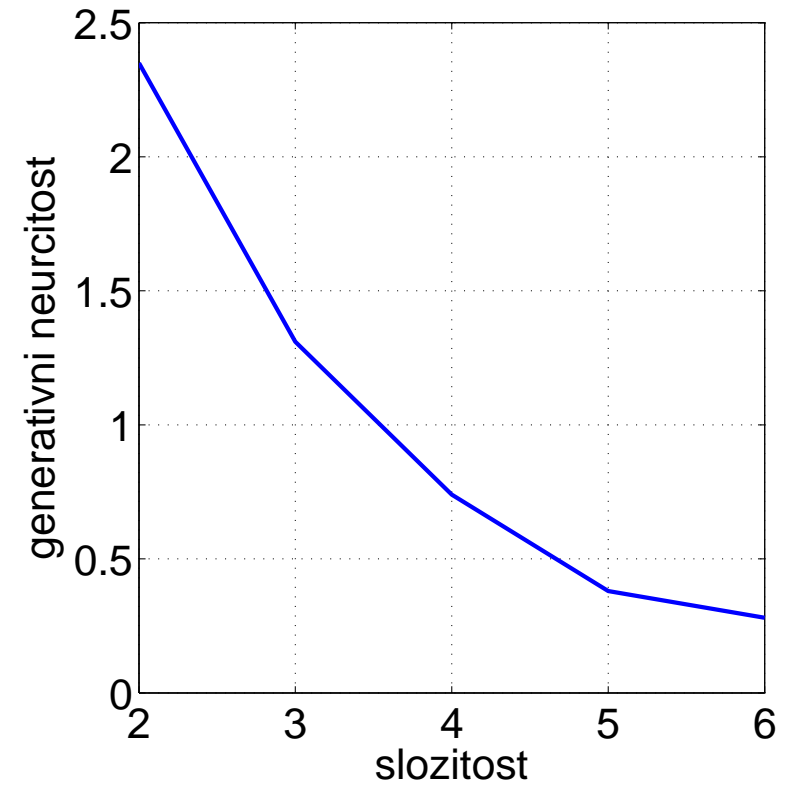
$$H(s_1, s_4) = 2.3768$$

$$H(s_2, s_3) = 2.5506$$



# Výsledek pro hloubku historie $H = 3$

složítost	maska	$H(\mathbf{G}   \overline{\mathbf{G}})$						
2	$M_1$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td></td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>6</td></tr> </table>			5			6	2.35
		5						
		6						
3	$M_2$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>6</td></tr> </table>		3	5			6	1.31
	3	5						
		6						
4	$M_3$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td></td></tr> </table>		3	5	2	4		0.74
	3	5						
2	4							
5	$M_4$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr> </table>		3	5	2	4	6	0.38
	3	5						
2	4	6						
6	$M_5$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td></tr> </table>	1	3	5	2	4	6	0.28
1	3	5						
2	4	6						

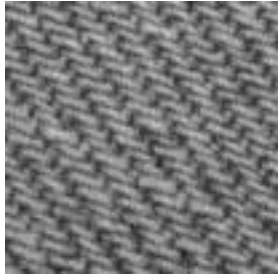


## Interpretace

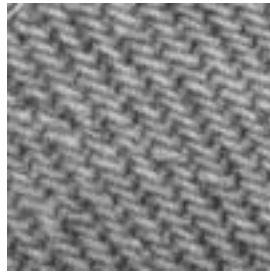
- $R_2$  reaguje bezprostředně na  $R_1$  ( $M_2$ )
- $R_1$  dominuje ( $M_3$ ), ale reaguje na reakci  $R_2$  ( $M_4$ )



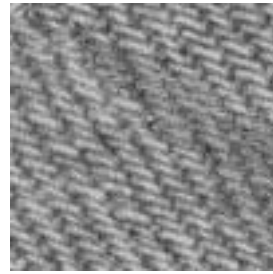
# Příklad texturního systému



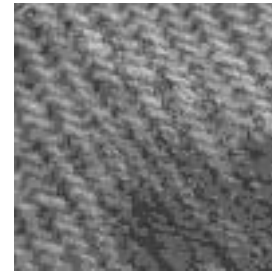
původní obraz



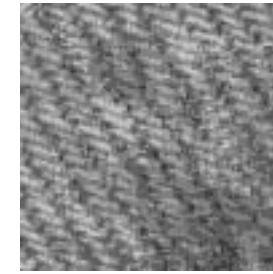
bez eliminace



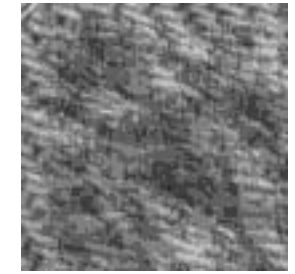
7 eliminováno



17 eliminováno

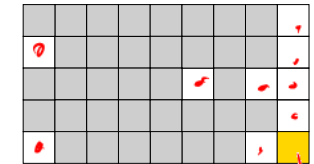
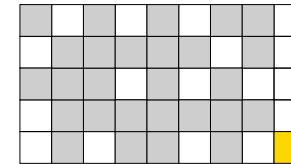
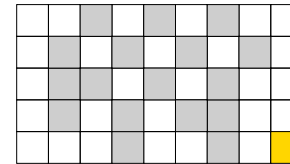
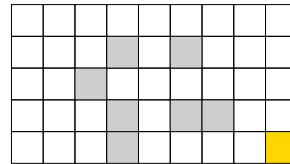
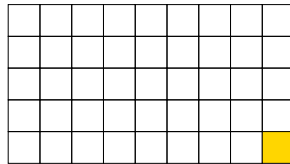


27 eliminováno

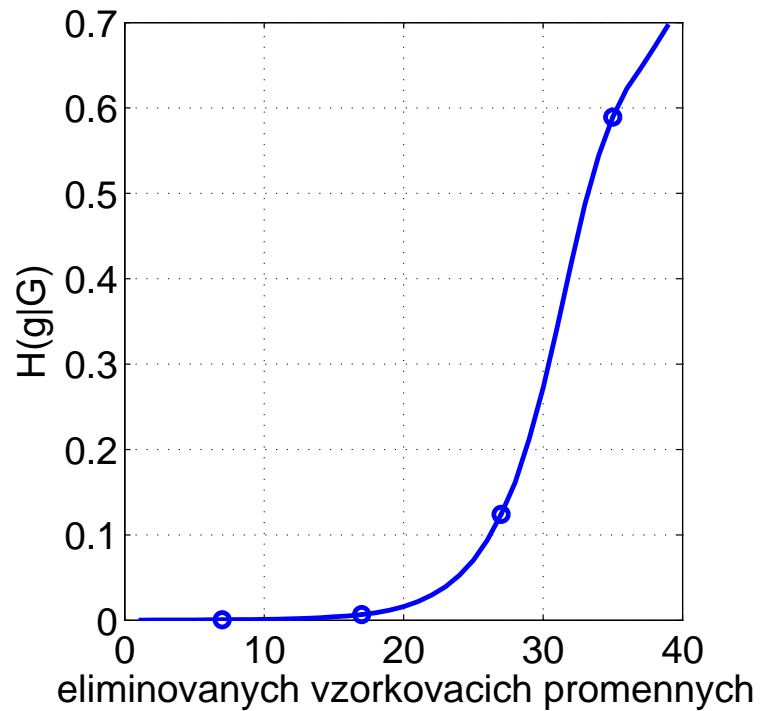


35 eliminováno

masky:



$$H(g | \bar{G})$$



$$H(g, \bar{G}) = 13.22$$

$$H(g) = 1.38$$

# Masky pro $n = 3$ a $H = 2$

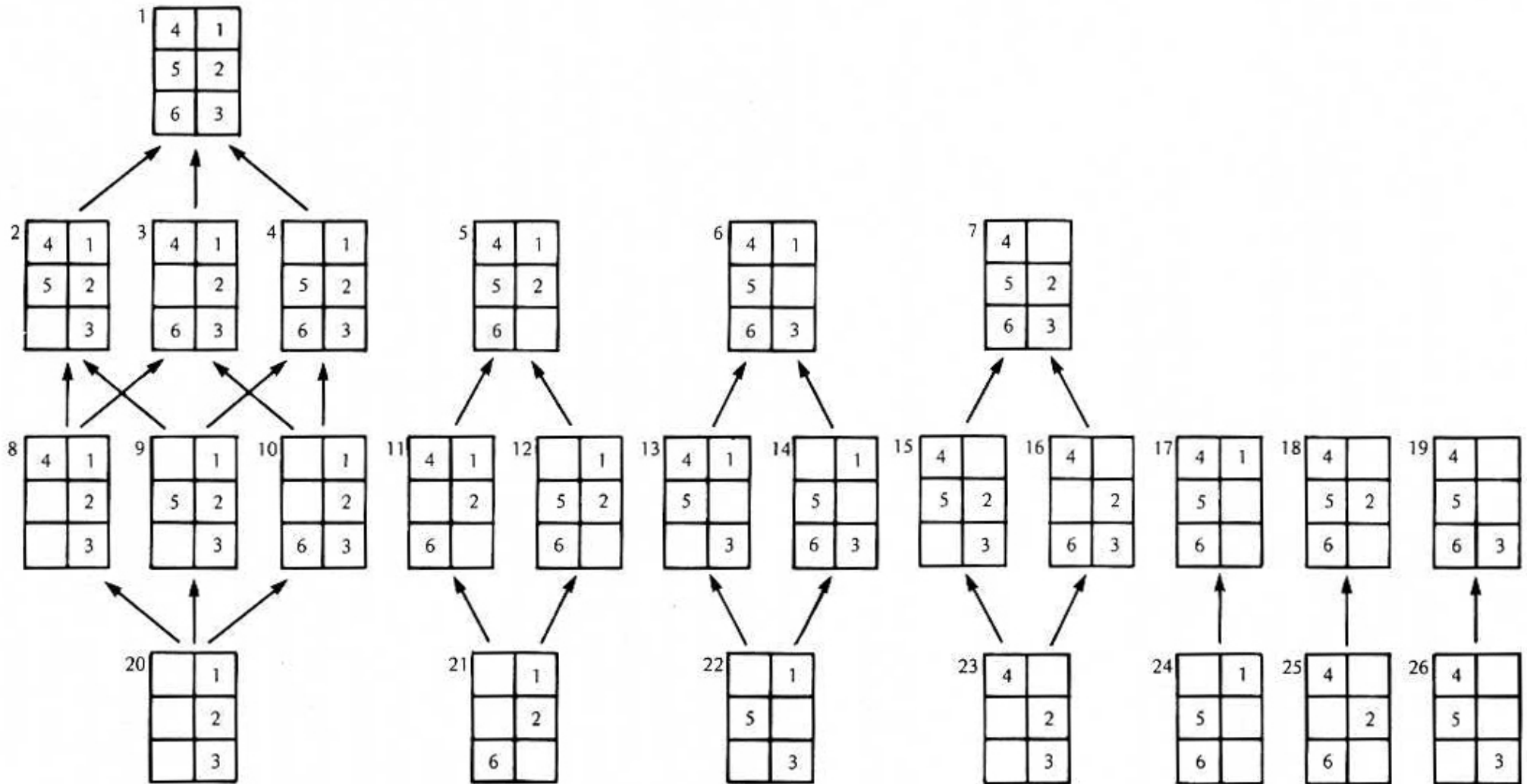
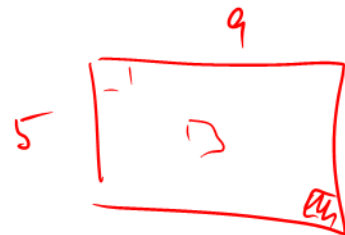


Figure 3.10. Meaningful masks for  $n = 3$  and  $\Delta M = 2$ , arranged according to the complexity and submask orderings.

# Počet smysluplných masek dané velikosti

		$H$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n$	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
	2	1	8	40	176	736	3008	12160	48896	196096	785408
	3	1	26	316	3032	26416	220256	$1.8 \cdot 10^6$	$1.4 \cdot 10^7$	$1.2 \cdot 10^8$	$10^9$
	4	1	80	2320	48224	872896	$1.5 \cdot 10^7$	$2.4 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^9$	$10^{11}$	$10^{12}$
	5	1	242	16564	742568	$2.8 \cdot 10^7$	$10^9$	$10^{10}$	$10^{12}$	$10^{13}$	$10^{15}$
	6	1	728	116920	$1.1 \cdot 10^7$	$8.8 \cdot 10^8$	$10^{11}$	$10^{12}$	$10^{14}$	$10^{16}$	$10^{18}$
	7	1	2186	821356	$1.7 \cdot 10^8$	$10^{10}$	$10^{12}$	$10^{14}$	$10^{17}$	$10^{19}$	$10^{21}$
	8	1	6560	$5.8 \cdot 10^6$	$2.6 \cdot 10^9$	$10^{12}$	$10^{14}$	$10^{17}$	$10^{19}$	$10^{21}$	$10^{24}$
	9	1	19682	$4.0 \cdot 10^7$	$10^{10}$	$10^{13}$	$10^{16}$	$10^{19}$	$10^{21}$	$10^{24}$	$10^{27}$
	10	1	59048	$2.8 \cdot 10^8$	$10^{12}$	$10^{15}$	$10^{18}$	$10^{21}$	$10^{24}$	$10^{27}$	$10^{30}$

$$N = (2^H - 1)^n - (2^{H-1} - 1)^n$$



$$44 = 5 \times 9 - 1$$

$$H = 9$$

$$n = 5$$

ale není korektní  
ve struktuře pro  
texturu:  $H = 45$ ,  $n = 1$   
čiž  $N = 1.8 \cdot 10^{13}$

# Zobecnění datového na dynamický systém: shrnutí

## = **Identifikace parametrů**

### **Experimentální identifikace**

vhodná pro zobecněné dynamické systémy bez zjevné struktury

### **Matematicko-fyzikální identifikace**

vhodná pro lineární deterministické systémy jednoduché struktury

## **Pozn: Identifikace struktury**

Rozklad systému na podsystémy.

Jiný problém, probereme později.