

Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte

Sistēmu teorijas un projektēšanas katedra

MĀKSLĪGĀ INTELEKTA PAMATI



3. Modulis "Informētas pārmeklēšanas stratēģijas stāvokļu telpā"

3.1. Tēma

# Heiristiski informēta pārmeklēšana

---

Dr.habil.sc.ing., profesors **Jānis Grundspenķis**, Dr.sc.ing., lektore **Alla Anohina-Naumeca**

*Sistēmu teorijas un projektēšanas katedra*

*Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte*

*Rīgas Tehniskā universitāte*

*E-pasts:* {janis.grundspenkis, alla.anohina-naumeca}@rtu.lv

*Kontaktadrese:* Meža iela 1/4- {550, 545}, Rīga, Latvija, LV-1048

*Tālrunis:* (+371) 67089{581, 595}

# Tēmas mērķi un uzdevumi

Tēmas mērķis ir sniegt zināšanas par heiristiski informētu pārmeklēšanu.

Pēc šīs tēmas apgūšanas Jūs:

- zināsi, kas ir heiristiski informēta pārmeklēšana un ar ko tā atšķiras no neinformētas pārmeklēšanas;
- zināsi, kas ir heiristika stāvokļu telpā, kad tā tiek pielietota un kādi ir tās raksturojumi;
- pratīsi definēt heiristisku novērtējuma funkciju.

# Pārmeklēšanas metožu klasifikācija

## Pārmeklēšanas metodes

### Neinformēta pārmeklēšana

- Pārmeklēšana dziļumā
- Pārmeklēšana plašumā

### Heiristiski informēta pārmeklēšana

- Kalnā kāpšanas stratēģija
- Vislabākā stāvokļa meklēšana
- Starveida pārmeklēšana

Kā jau bija atzīmēts, neinformētajā pārmeklēšanā nav nekādas citas papildinformācijas par stāvokļu labumu (kvalitāti), kā tikai pati stāvokļu telpa. Savukārt, *heiristiski informēta pārmeklēšana* izmanto noteikta veida informāciju par stāvokļiem, kas ļauj virzīt pārmeklēšanu pa perspektīviem zariem stāvokļu telpā, neapskatot neperspektīvus.

# Heiristiski informēta pārmeklēšana (1)

*Heiristika* ir ar pieredzi vai intuitīvi atrasts likums, kas ļauj efektīvāk risināt problēmu. Tas ir tas, kas nebalstās uz teoriju, bet ir iegūts praksē.

*Stāvokļu telpā heiristika* ir likumi, kas ļauj izvēlieties tos zarus stāvokļu telpā, kuri visticamāk ved uz pieņemamu problēmas risinājumu. Tādējādi, lietojot heiristiku, vispirms tiek pētītas daudzsoļākas izvēles, palielinot pārmeklēšanas efektivitāti.

# Heiristiski informēta pārmeklēšana (2)

Mākslīgajā intelektā heiristikas tiek lietotas divās situācijās:

- Problēmām, kurām nav precīzi zināms atrisinājums, jo pastāv zināma nenoteiktība pieejamos datos vai problēmas formulējumā



## **Piemērs:**

Piemērs šādai situācijai ir medicīnas diagnostika. Pacients nosauc simptomus ārstam. Šiem simptomiem var būt vairāki iemesli, pie tam simptomu kopa var būt arī nepilna. Ārsts izvēlas visticamāko diagnozi, balstoties uz savu pieredzi.

- Problēmām, kurām ir precīzs risinājums, bet nav pietiekami daudz resursu (laika un datora atmiņas), lai to atrisinātu



## **Piemērs:**

Šahā stāvokļu telpa ir milzīgi liela. Tajā iespējamo stāvokļu skaits augs eksponenciāli, palielinoties pārmeklēšanas dziļumam. Šajā gadījumā pārmeklēšana dziļumā vai plašumā var aizņemt pārāk daudz laika. Heiristiski algoritmi ļauj pārmeklēšanai iet pa perspektīvu ceļu.

# Heiristiski informēta pārmeklēšana (3)

## Heiristikas raksturojumi:

- Ļauj samazināt pārmeklējamās stāvokļu telpas apjomu
- Prasa papildu informāciju par stāvokļiem
- Var ātri novest pie problēmas atrisinājuma, ja ir labi izvēlēta
- Var novest pie vislabākā risinājuma, bet var arī novest tikai pie pieļaujama risinājuma
- Var būt maldīga, kas nozīmē to, ka tā var nenovest pie atrisinājuma vispār

# Heiristiski informēta pārmeklēšana (4)

Lai realizētu heiristisku pārmeklēšanu, ir jālieto *heiristisks algoritms*.

Jebkurš heiristisks algoritms sastāv no divām daļām:

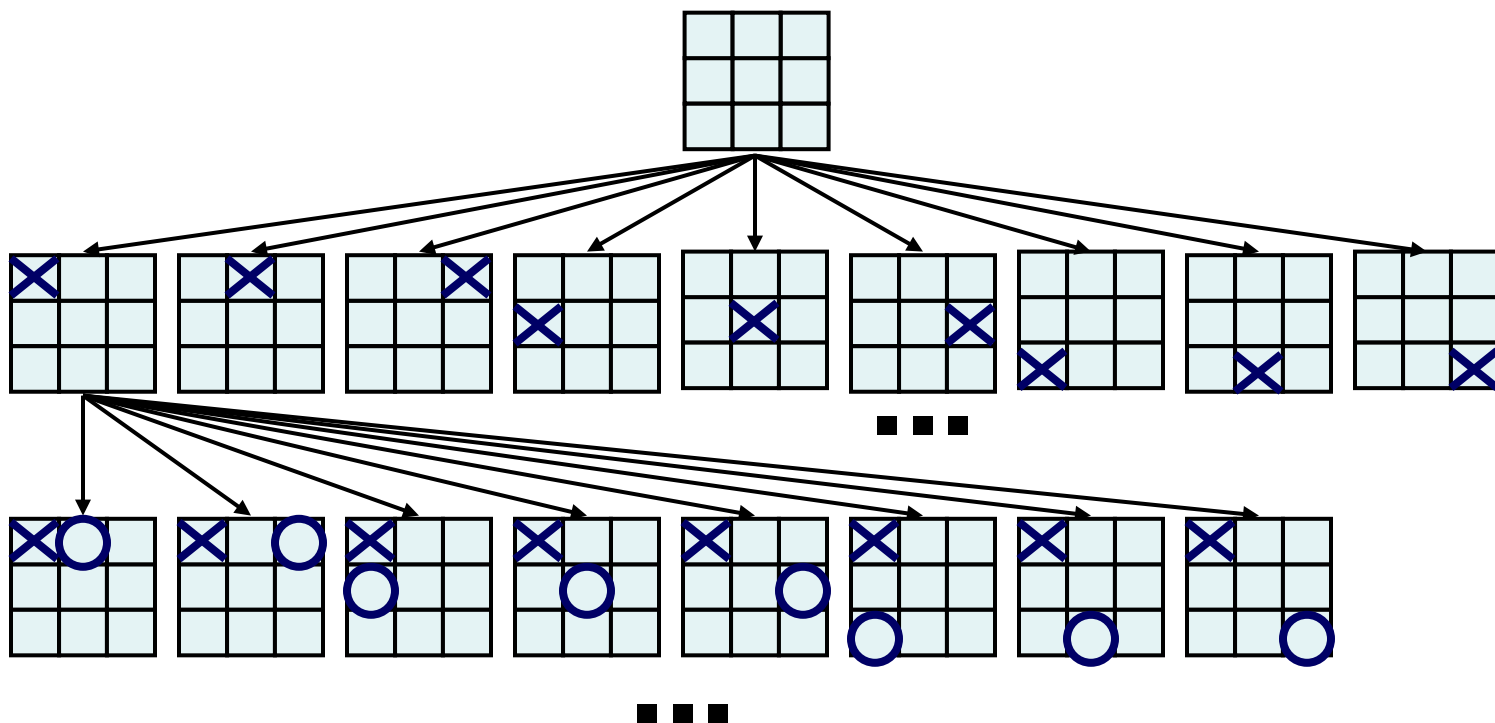
- *Heiristiska mēra*, kas ir skaitlis, kurš raksturo stāvokļa kvalitāti un palīdz izvēlēties nākošo stāvokli
- Algoritma, kas lieto heiristisku mēru, lai pārmeklētu stāvokļu telpu

# Heiristiski informēta pārmeklēšana (5)



## Piemērs:

Veidojot stāvokļu telpu spēlei "krustiņi-nullītes" sākumā ir tikai viens stāvoklis: tukšs spēles lauciņš. Nākamajā līmenī jau ir 9 stāvokļi. Katram no 9 stāvokļiem ir 8 iespējamie pācteči. Kopējais stāvokļu skaits stāvokļu telpā ir  $9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \dots = 9! = 362880$



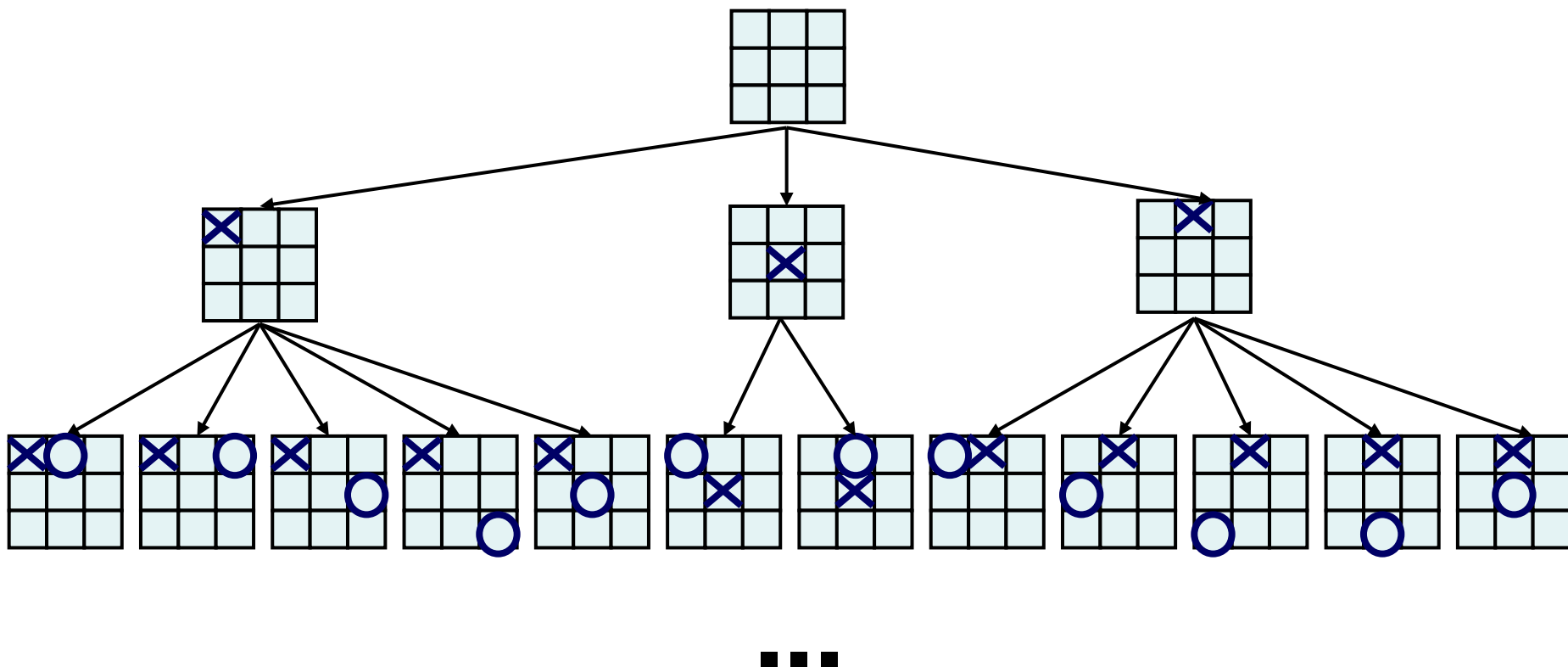


# Heiristiski informēta pārmeklēšana (6)



## Piemērs:

Spēlē "krustiņi-nullītes" stāvokļu telpu var ievērojami samazināt, ņemot vērā simetriskuma pazīmi. Tādējādi, sākumā var apskatīt tikai 3 iespējamus gājienus: stūrī, centrā un sānu malā. Tas ļauj samazināt pārmeklējamo stāvokļu skaitu līdz  $12 \cdot 7! = 60480$  stāvokļiem

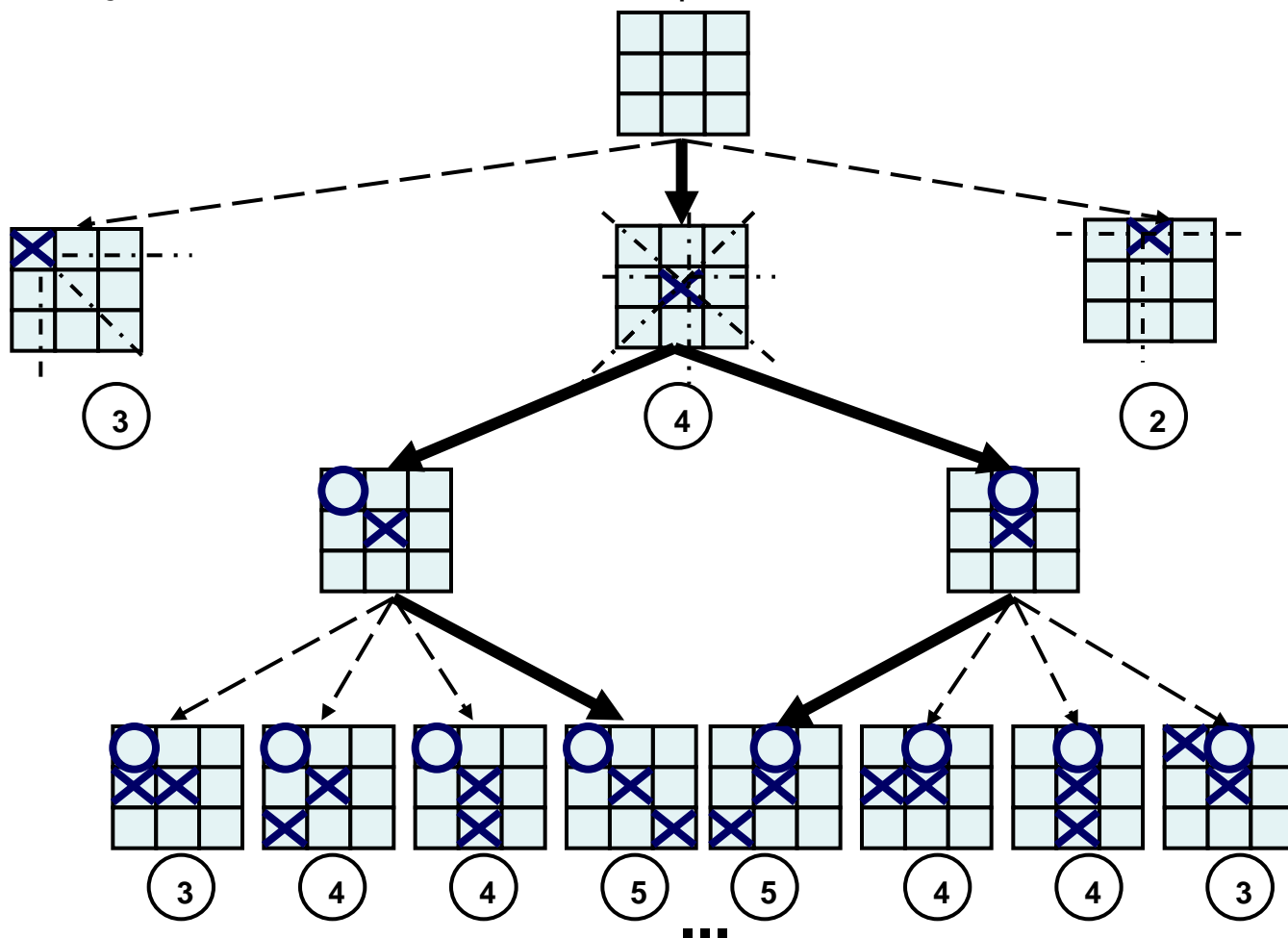


# Heiristiski informēta pārmeklēšana (7)



## Piemērs:

Taču vēl vairāk pārmeklējamo stāvokļu telpu var samazināt, izmantojot vienkāršu heiristiku. Par heiristiku var būt pozīcijas izvēle, kurā X ir vislielākais potenciāli uzvarētu stāvokļu skaits. Šī pozīcija ir centrs. Rezultātā 2/3 stāvokļu telpas ir atmestas. Pretinieks var izvēlēties tikai vienu no 2 stāvokļiem, un tālāk mēs varam atkal pielietot heiristiku.



3

Heiristisks  
mērs jeb  
skaitlis, kas  
norāda  
potenciāli  
uzvarētu  
stāvokļu  
skaitu

# Heiristiku daudzveidība (1)

Vienā un tajā pašā stāvokļu telpā var definēt dažādas heiristikas.



**Piemērs:**

Apskatīsim spēli ar 8 kauliņiem, kuri pareizi ir jāizvieto. Pievērsīsim uzmanību tikai 1. līmeņa stāvokļiem.

Spēles sākuma  
stāvoklis

2	8	3
1	6	4
7		5

Mērķis

1	2	3
8		4
7	6	5

2	8	3
1	6	4
	7	5

...

2	8	3
1		4
7	6	5

...

2	8	3
1	6	4
7	5	

...

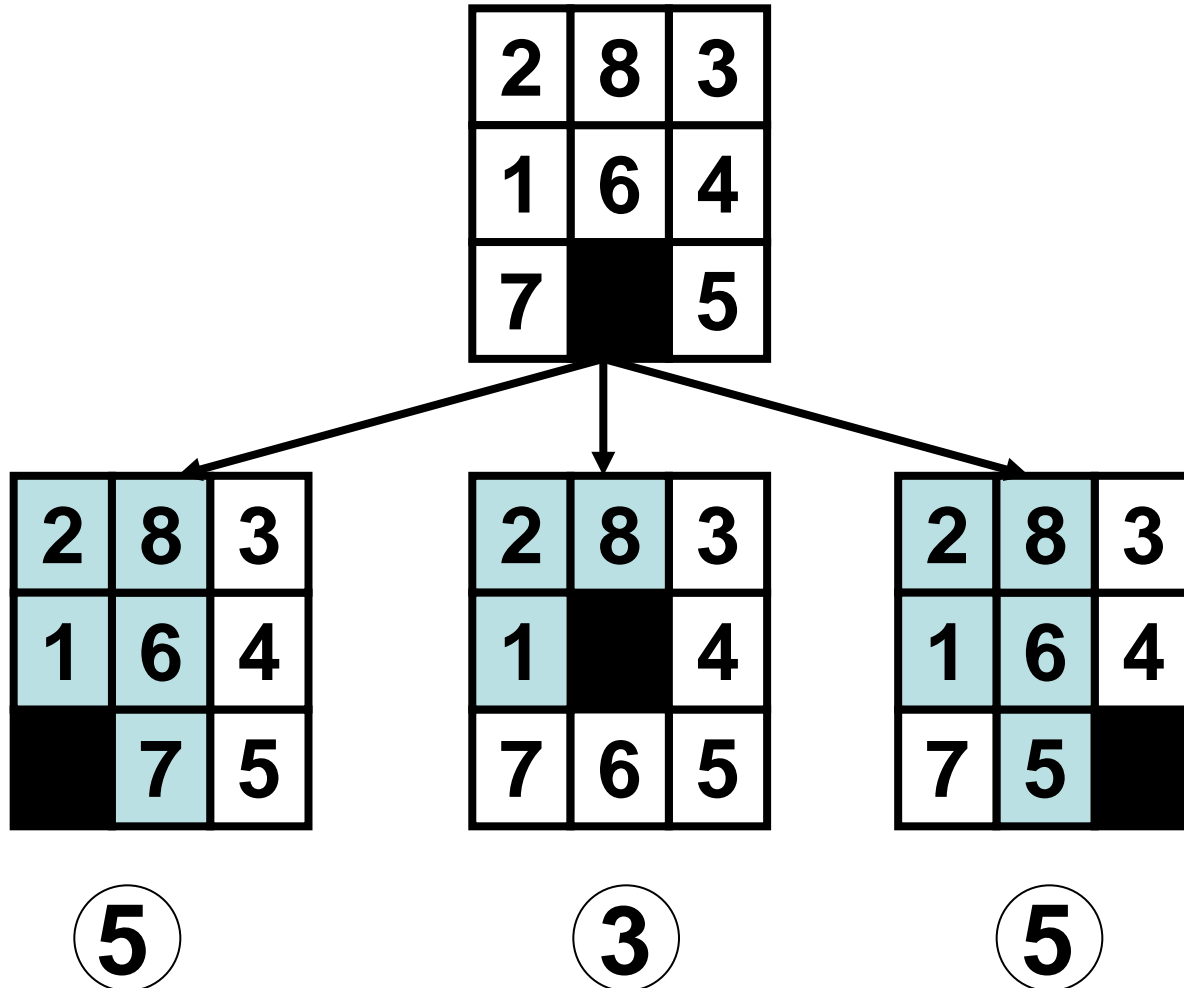
1. līmeņa stāvokļi

# Heiristiku daudzveidība (2)



## Piemērs:

Visvienkāršākā heiristika ir kauliņu skaits, kas atrodas nepareizās vietās, salīdzinot ar mērķa stāvokli



Kauliņš nepareizajā vietā



Heiristisks mērs

Stāvoklis, kuram kauliņu skaits nepareizās vietās ir vismazākais, atrodas tuvāk mērķa stāvoklim un tiks apskatīts pirmais.

# Heiristiku daudzveidība (3)



## Piemērs:

Cita heiristika var summēt visus attālumus starp nepareizā vietā novietotu kauliņu un tā pareizo vietu

2	8	3
1	6	4
7		5



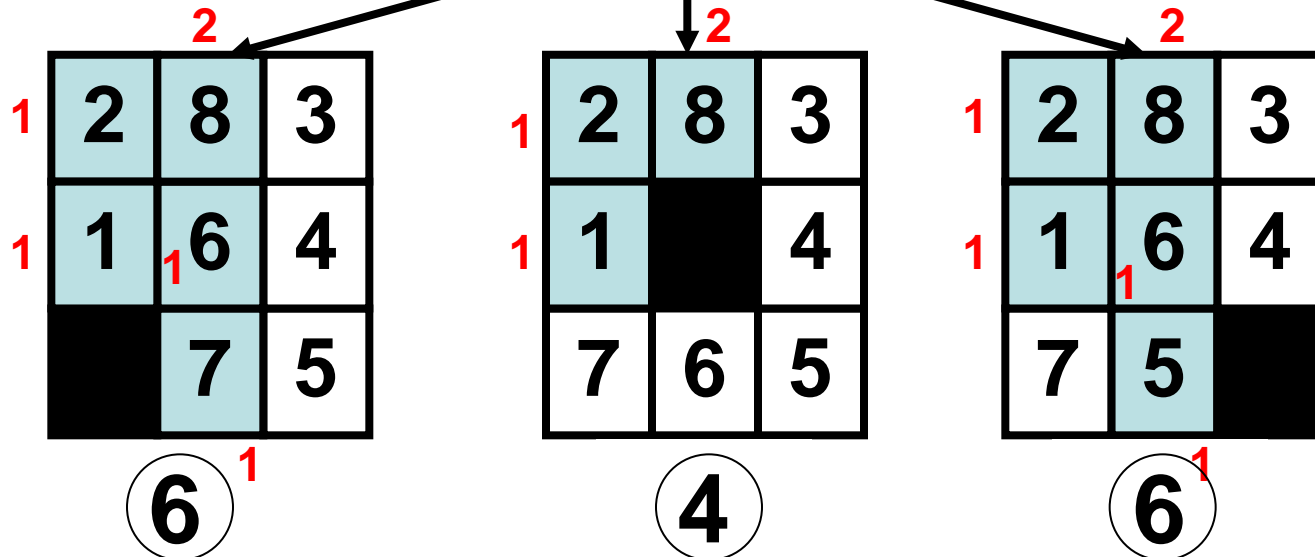
Kauliņš nepareizā vietā

1

Kauliņa attālums līdz pareizai vietai

6

Heiristisks mērs



# Heiristiku daudzveidība (4)



## Piemērs:

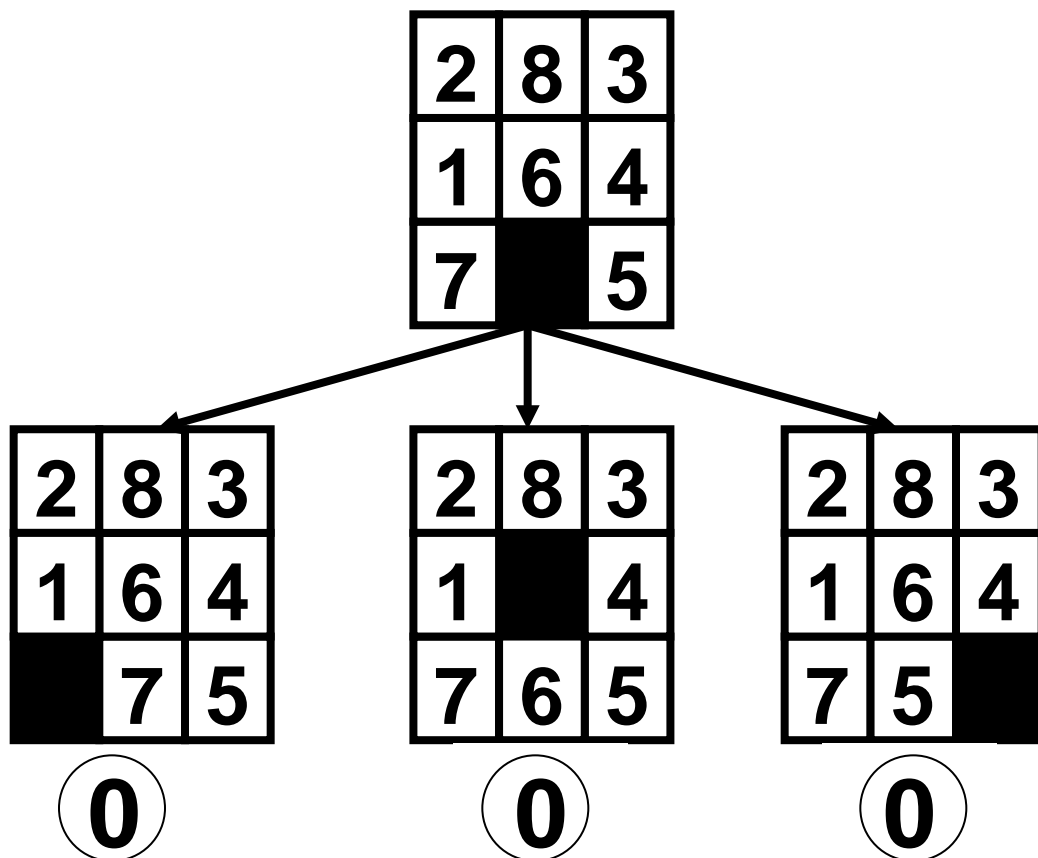
Iepriekšējās divas heiristikas neņem vērā kauliņu pārvietošanas grūtības. Vissarežģītākais gadījums ir tad, kad ir jāapmaina vietām divi blakus stāvoši kauliņi:

Tas prasa vairāk par 2 gājieniem, jo kauliņiem vajag apiet vienu otru. Labākā heiristika ņemtu vērā šādu kauliņu pārvietošanas grūtības

2	1	3
8		4
7	5	6

0

Heiristisks mērs



Visos šajos stāvokļos nav divu blakus stāvošu kauliņu, kas jāapmaina vietām, tāpēc heiristisks mērs visiem stāvokļiem ir 0

# Heiristiku daudzveidība (5)



## Piemērs:

Zemāk dotā tabula atspoguļo kopsavilkumu par apskatītajām heiristikām.

	Kauliņu skaits nepareizās vietās	Kauliņu attālumu summa līdz pareizajām vietām	Kauliņu pārvietošanas grūtības									
<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>7</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1	6	4		7	5	5	6	0
2	8	3										
1	6	4										
	7	5										
<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1		4	7	6	5	3	4	0
2	8	3										
1		4										
7	6	5										
<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>5</td><td></td></tr></table>	2	8	3	1	6	4	7	5		5	6	0
2	8	3										
1	6	4										
7	5											

Piemērs demonstrē, cik grūti ir atrast labu heiristiku. Katra no apskatītajām heiristikām ignorē kādus kritiskus informācijas elementus, un līdz ar to var būt uzlabota.

# Heiristiska novērtējuma funkcija

Vēl viens aspekts, kas ir svarīgs pārmeklēšanā, ir mērķa sameklēšana pa īsāko ceļu. Lai to ņemtu vērā, parasti katram stāvoklim stāvokļu telpā atrod *heiristisku novērtējuma funkciju*:

$$f(n) = g(n) + h(n),$$

kur

$g(n)$  – attālums no sākuma virsotnes līdz virsotnei  $n$ , jeb līmenis, kurā atrodas virsotne  $n$  stāvokļu telpā, ja tā ir pareiza hierarhija; šī vērtība novērš pārmeklēšanas veikšanu ne pa īsāko ceļu

$h(n)$  – heiristisks mērs, kas raksturo stāvokļa kvalitāti jeb attāluma novērtējumu no virsotnes  $n$  līdz mērķim; šī vērtība vada pārmeklēšanu caur daudzsoļiem stāvokļiem