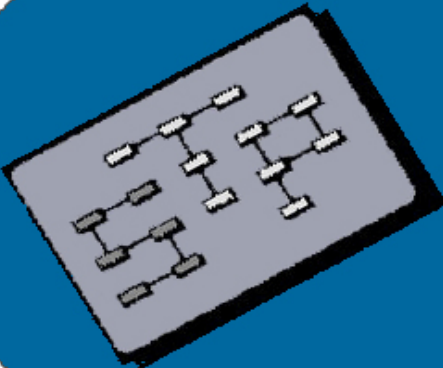
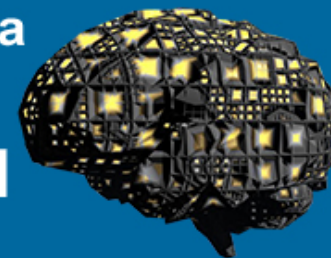


Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte

Sistēmu teorijas un projektēšanas katedra

MĀKSLĪGĀ INTELEKTA PAMATI



2. Modulis “Neinformētas pārmeklēšanas stratēģijas stāvokļu telpā”

2.1. Tēma

# Stāvokļu telpas definīcija, tās elementu interpretācija un piemēri

---

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

*Sistēmu teorijas un projektēšanas katedra*

*Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte*

*Rīgas Tehniskā universitāte*

*E-pasts:* {janis.grundspenkis, alla.anohina}@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 un prasmes reālu problēmu atspoguļošanā ar stāvokļu telpas palīdzību.

Pēc šīs tēmas apgūšanas Jūs:

- spēsiet definēt stāvokļu telpu no struktūras viedokļa;
- pratīsiet aprakstīt stāvokļu telpu formālā veidā;
- pratīsiet aprakstīt stāvokļu telpas mērķu stāvokļus;
- pratīsiet noteikt stāvokļu telpas virsotņu zarošanās faktoru un stāvokļu telpas vidējo zarošanās koeficientu;
- zināsi, kādi ceļu veidi eksistē stāvokļu telpā;
- pratīsiet veidot stāvokļu telpu reālām problēmām.

# Problēmas risināšana

Lai uzbūvētu datorsistēmu, kas spēj risināt problēmas, ir jāveic četras darbības:

1. Precīzi jādefinē problēma, aprakstot tās sākuma un beigu situāciju (iespējams vairākas)
2. Jāanalizē formulētā problēma, nosakot svarīgus objektus un saites starp tiem
3. Jāiegūst zināšanas, kas ir vajadzīgas problēmas risināšanai, un jāatspoguļo tās formālā veidā
4. Jāizvēlas un jāpielieto labākā problēmas risināšanas tehnika

# Problēmas risināšanas tehnika

***Problēmas risināšanas tehnika*** paredz kāda algoritma pielietošanu.

Pirms problēmas risināšanas algoritma izvēles sistēmas projektētājiem ir jāatbild uz šādiem jautājumiem:

- Vai algoritms garantē, ka tiks atrasts atrisinājums?
- Ja atrisinājums ir atrasts, vai algoritms garantē, ka tas ir iespējami labākais risinājums?
- Cik efektīvs algoritms ir laika un atmiņas resursu patēriņa ziņā?
- Kā projektēt algoritmu tā, lai tas visefektīvāk izmantotu zināšanu atspoguļošanas valodu?

***Stāvokļu telpas pārmeklēšana*** ir līdzeklis, kas ļauj atbildēt uz šiem jautājumiem.

# Stāvokļu telpas definīcija no struktūras viedokļa (1)

Stāvokļu telpas pārmeklēšanā problēmu atspoguļo kā ***stāvokļu telpas grafu***.

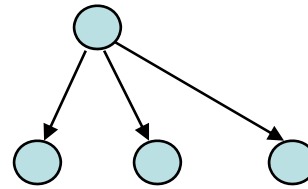
***Grafa virsotnes*** ir problēmas risināšanas procesa diskrēti stāvokļi (piemēram, šaha figūru izkārtojums uz spēles galda).

***Grafa loki*** ir pārejas starp stāvokļiem jeb soļi problēmrisināšanas procesā (piemēram, atļautie gājieni šahā).

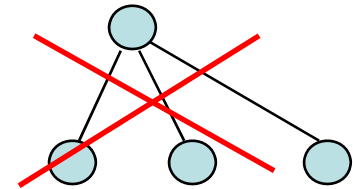
# Stāvokļu telpas definīcija no struktūras viedokļa (2)

Stāvokļu telpas grafa raksturojumi:

- Grafs parasti ir orientēts



Pareizi

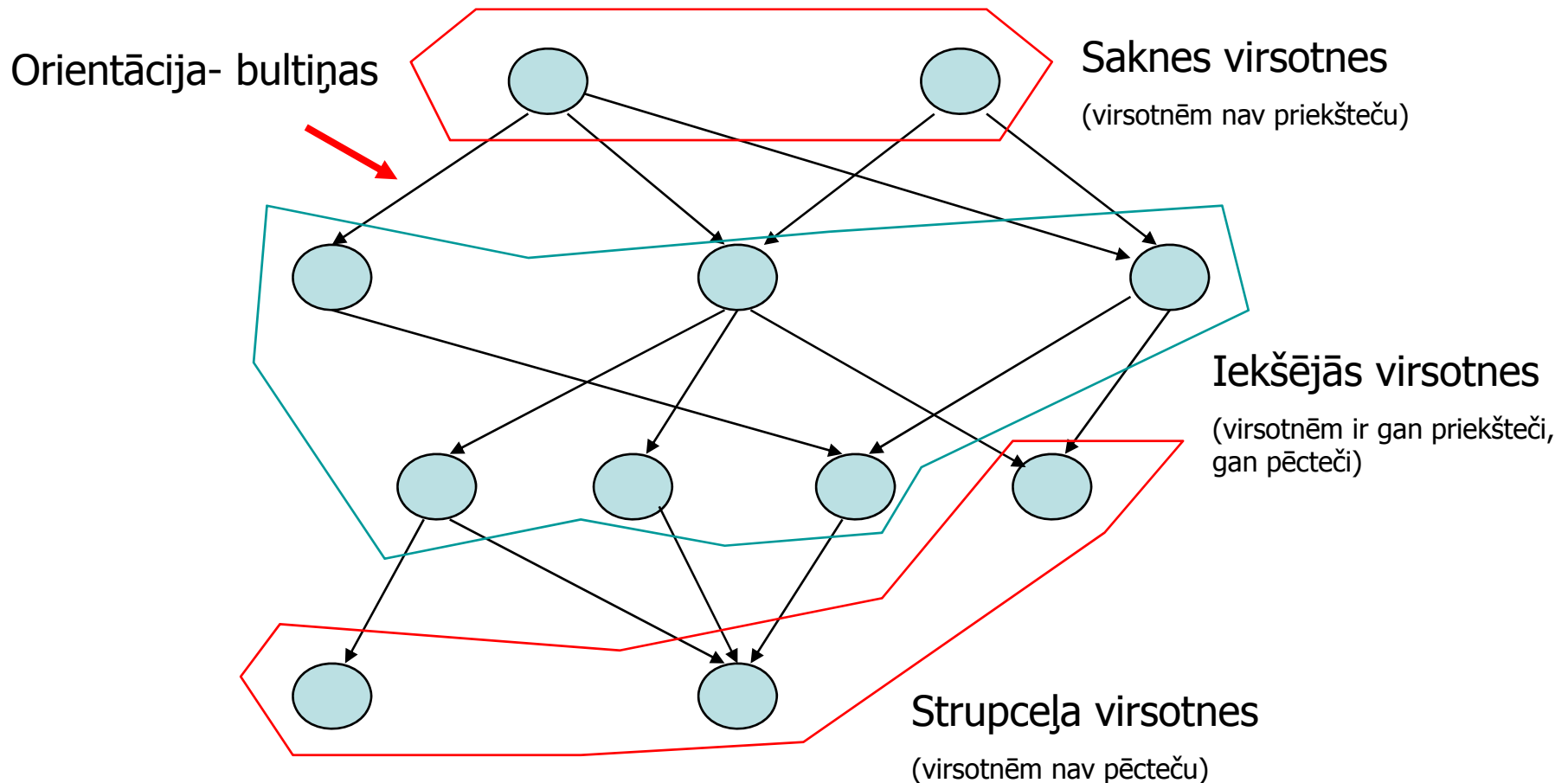


Nepareizi

- Grafā vienmēr ir viena vai vairākas **saknes virsotnes** jeb virsotnes, kurām nav priekšteču
- Grafā vienmēr ir viena vai vairākas **strupceļa virsotnes** jeb virsotnes, kurām nav pēcteču
- Virsotnes, kurām ir gan priekšteči, gan pēcteči sauc par **iekšējām virsotnēm**

# Stāvokļu telpas definīcija no struktūras viedokļa (3)

Stāvokļu telpas grafa iespējamais izskats (virsoņu klases no stāvokļu telpas struktūras viedokļa):



# Stāvokļu telpas formālā definīcija (1)

## *Stāvokļu telpas formālā definīcija:*

Stāvokļu telpu atspoguļo 4-vietīgs kartežs  $\langle V, L, S, M \rangle$ , kur:

V-virsotņu kopa, kas atbilst stāvokļiem problēmas risināšanas procesā;

L-loku kopa, kas atbilst pārejām starp stāvokļiem jeb soļiem problēmas risināšanas procesā;

S-netukša virsotņu kopas apakškopa ( $S \subset V$ ), kas satur vienu vai vairākus problēmas risināšanas sākuma stāvokļus (dotos datus par problēmu)

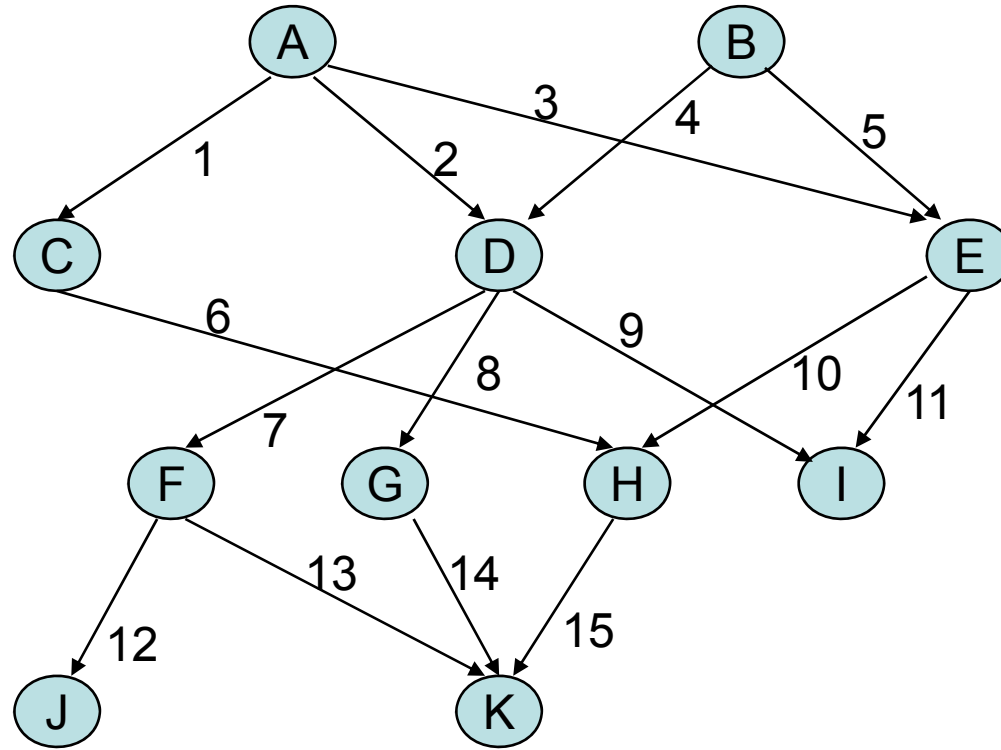
M-netukša virsotņu kopas apakškopa ( $M \subset V$ ), kas satur vienu vai vairākus problēmas risināšanas mērķa stāvokļus (atrisinājumus)



# Stāvokļu telpas formālā definīcija (2)



**Piemērs:**



$V = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K\}$

$L = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$

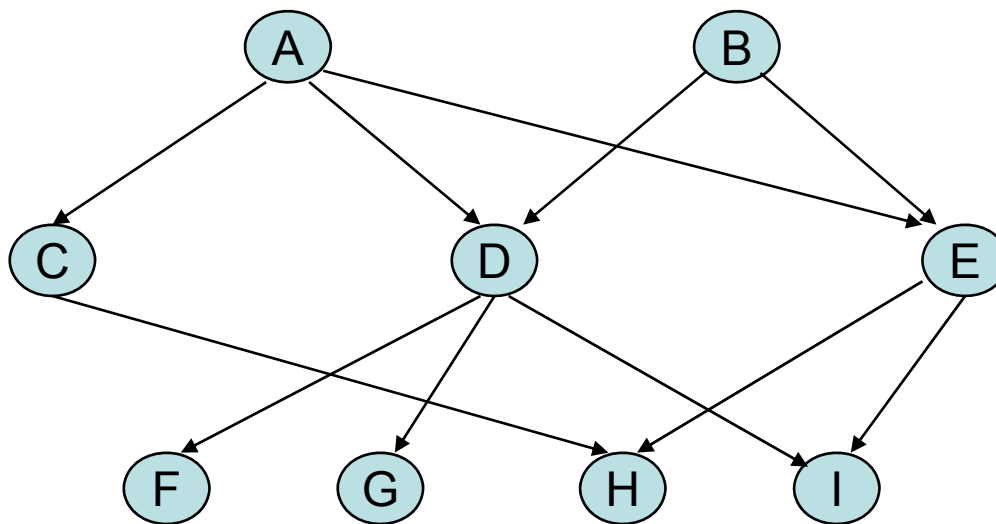
$S = \{A\}$

$M = \{I, K\}$

# Stāvokļu telpas struktūru daudzveidība (1)

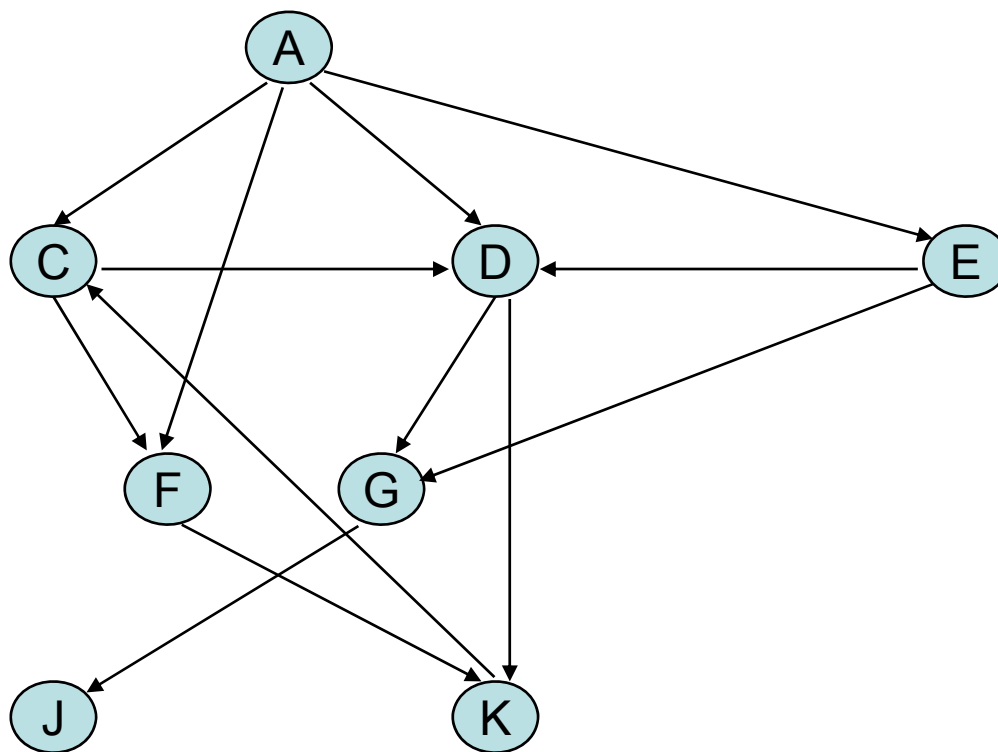
Stāvokļu telpas struktūras var būt dažādas.

Attēlā atspoguļotā struktūra atbilst izejošam kokam un pareizai hierarhijai. Šajā struktūrā visas virsotnes var izvietot pa līmeņiem, nav loku pāri līmeņiem, starp viena līmeņa virsotnēm, kā arī nav ne ciklu, ne cilpu.



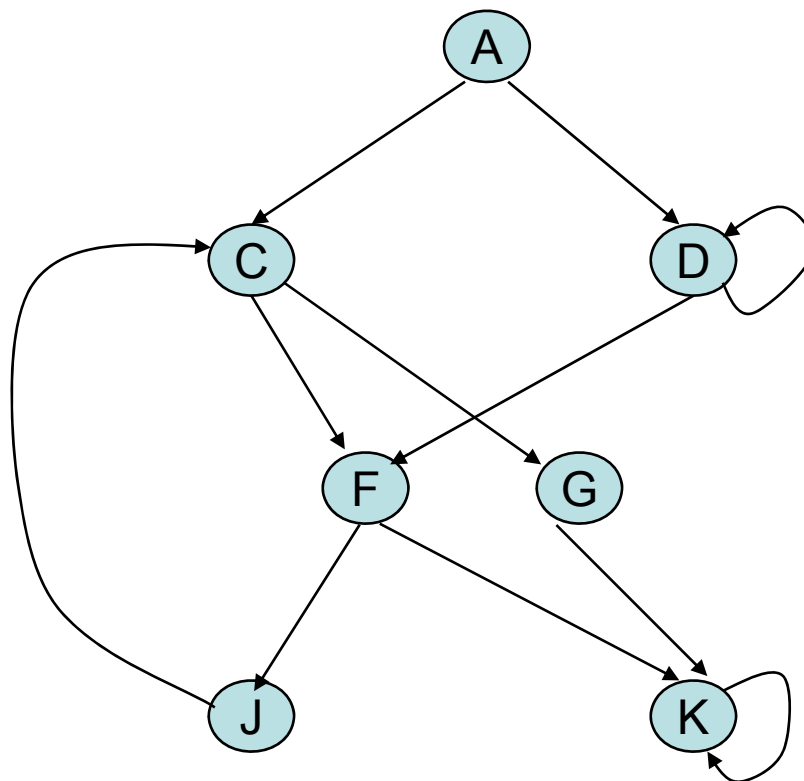
# Stāvokļu telpas struktūru daudzveidība (2)

Atspoguļotā struktūra ir tīkls. Tajā ir loki starp viena līmeņa virsotnēm un pāri līmeņiem, kā arī ir cikli.



# Stāvokļu telpas struktūru daudzveidība (3)

Atspoguļotajā struktūrā ir cilpas, t.i., stāvokļi, kuri atkārtojas uzreiz viens pēc otra, piemēram, ir nolemts stāvokli kādu laiku nemainīt.



# Mērķa stāvokļi (1)

Mērķa stāvokļus var aprakstīt divos veidos:

- Ar kaut kādu šo mērķa stāvokļu mērāmu īpašību



## Piemērs:

Spēlē "krustiņi-nullītes" sākuma stāvoklis ir tukšs spēles lauciņš. Savukārt, mērķa stāvoklis ir stāvoklis, kurā vienā rindā, kolonā vai pa diagonāli ir:

- izvietoti trīs krustiņi, ja mērķis ir spēlētāja, kas spēlē ar krustiņiem, uzvara, vai
- izvietotas trīs nulles, ja mērķis ir spēlētāja, kas spēlē ar nullītēm, uzvara.


Sākuma stāvoklis

X	X	X

Piemērs mērķa stāvoklim,  
ja mērķis ir spēlētāja, kas  
spēlē ar krustiņiem, uzvara

	0	
	0	
	0	

Piemērs mērķa stāvoklim,  
ja mērķis ir spēlētāja, kas  
spēlē ar nullītēm, uzvara

# Mērķa stāvokļi (2)

Mērķa stāvokļus var aprakstīt divos veidos (turp.):

- Ar īpašību ceļam, kas ved no sākuma stāvokļa uz mērķa stāvokli un tiek radīts problēmas risināšanas gaitā



## **Piemērs:**

Dažās problēmās, piemēram, ceļojošā tirgotāja problēmā, mērķis ir jāsasniedz pa īsāko ceļu. Ceļojošajam tirgotājam ir jāapmeklē noteikts skaits pilsētu un jāatgriežas atpakaļ. Šajā problēmā pilsētas tiek attēlotas, kā stāvokļu telpas grafa virsotnes. Savukārt, grafa loki atspoguļo ceļa garumu starp divām pilsētām. Problēmas risināšanas mērķis ir atrast ceļu, kas aptvertu visas pilsētas, bet būtu īsākais pēc garuma.

# Zarošanās faktori (1)

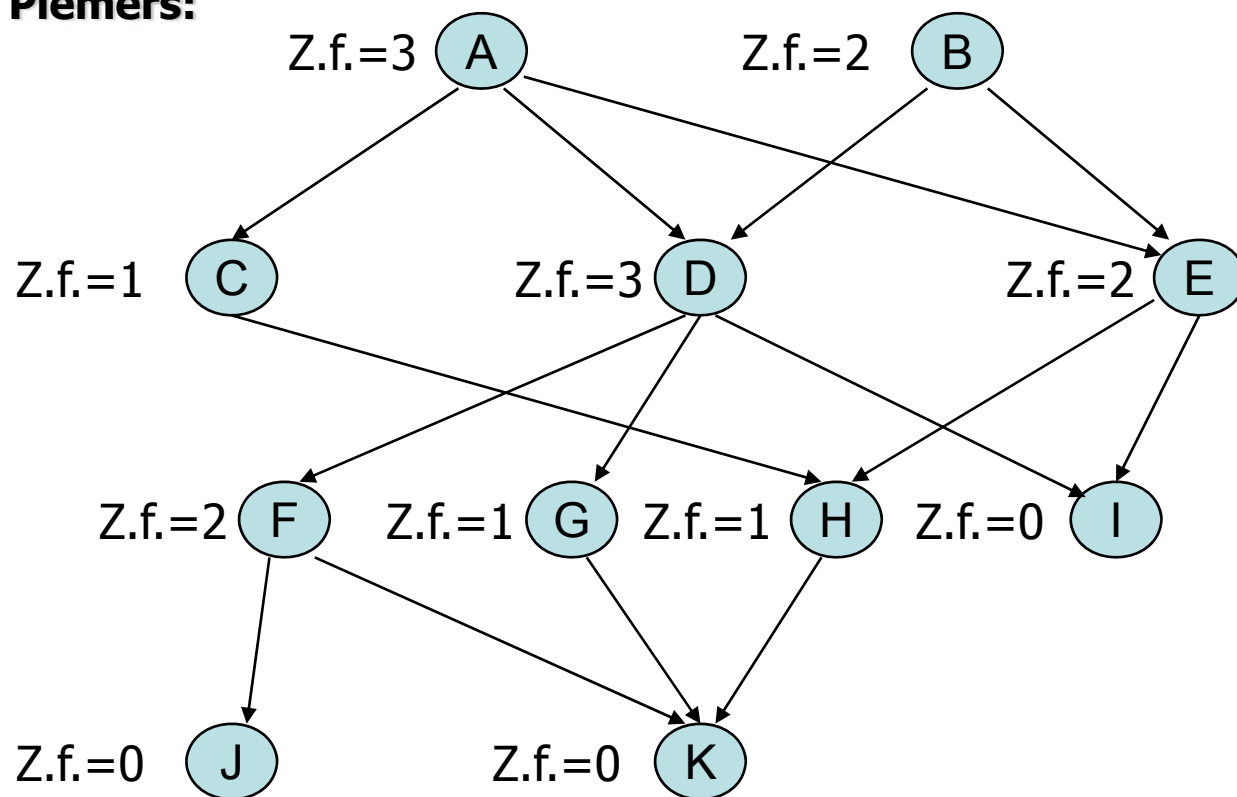
Stāvokļu telpā var definēt divus faktorus:

- ***Virsotnes zarošanās faktors*** ir vienāds ar šīs virsotnes tiešo pēcteču skaitu (grafu teorijas terminoloģijā – virsotnes lokālā pakāpe izejošiem lokiem). Zarošanās faktors tiek mērīts katrai virsotnei. Mērķa virsotnēm šis faktors ir vienāds ar 0.
- ***Stāvokļu telpas vidējais zarošanās koeficients*** tiek mērīts visai stāvokļu telpai kopumā, un to iegūst, summējot visu virsotnu zarošanās faktorus un dalot summu ar kopējo stāvokļu skaitu stāvokļu telpā.

# Zarošanās faktori (2)



Piemērs:



**Z.f.** A B C D E F G H I J K

Stāvokļu telpas vidējais zarošanās koeficients = 
$$\frac{3 + 2 + 1 + 3 + 2 + 2 + 1 + 1 + 0 + 0 + 0}{11} = \frac{15}{11} = 1,36$$

**Virsotņu skaits**



# Ceļu veidi stāvokļu telpā (1)

***Atrisinājuma ceļš*** ir ceļš stāvokļu telpā, kas sākas kādā sākuma virsotnē un beidzas kādā mērķa virsotnē. Atrisinājumu var sasniegt pa dažādiem ceļiem.

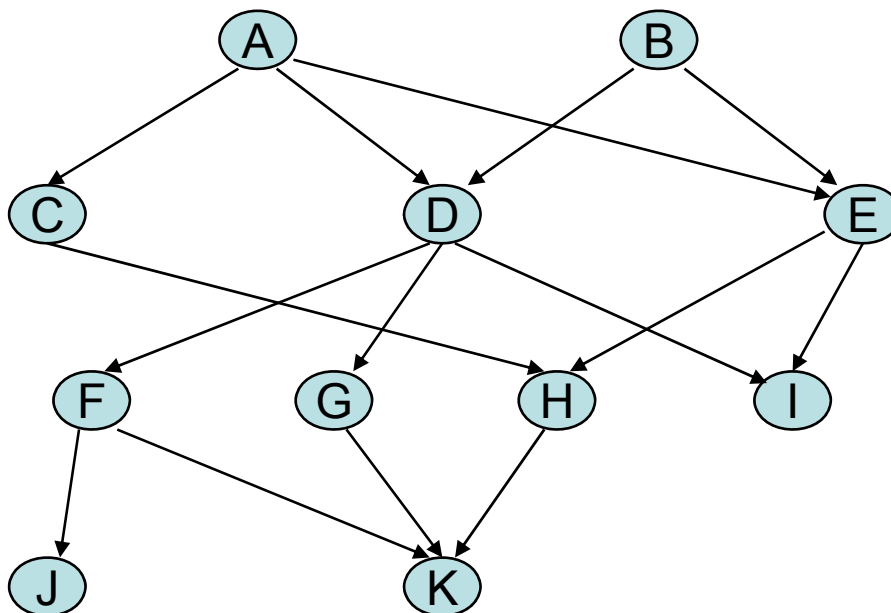
Citi ceļu veidi:

- Pilns ceļš. Tas ir jebkurš ceļš, kas sākas sākuma virsotnē un sasniedz strupceļa stāvokli. Katrs atrisinājuma ceļš ir pilns ceļš.
- Daļējais jeb nepilns ceļš ir jebkura pilna ceļa daļa (tas var sākties un noslēgties jebkurā stāvokļu telpas virsotnē). Pārmeklēšanā izmanto šāda ceļa speciālveidu, t.i. daļēju ceļu, kas sākas sākuma virsotnē, bet nerasniedz mērķi.

# Ceļu veidi stāvokļu telpā (2)



Piemērs:



Ja B ir sākuma stāvoklis un K ir mērķa stāvoklis, tad atrisinājuma ceļi ir:

B -> D -> F -> K

B -> D -> G -> K

B -> E -> H -> K

Daži no pilniem ceļiem ir:

B -> D -> G -> K

B -> D -> I

Daži no daļējiem ceļiem ir:

B -> D -> F

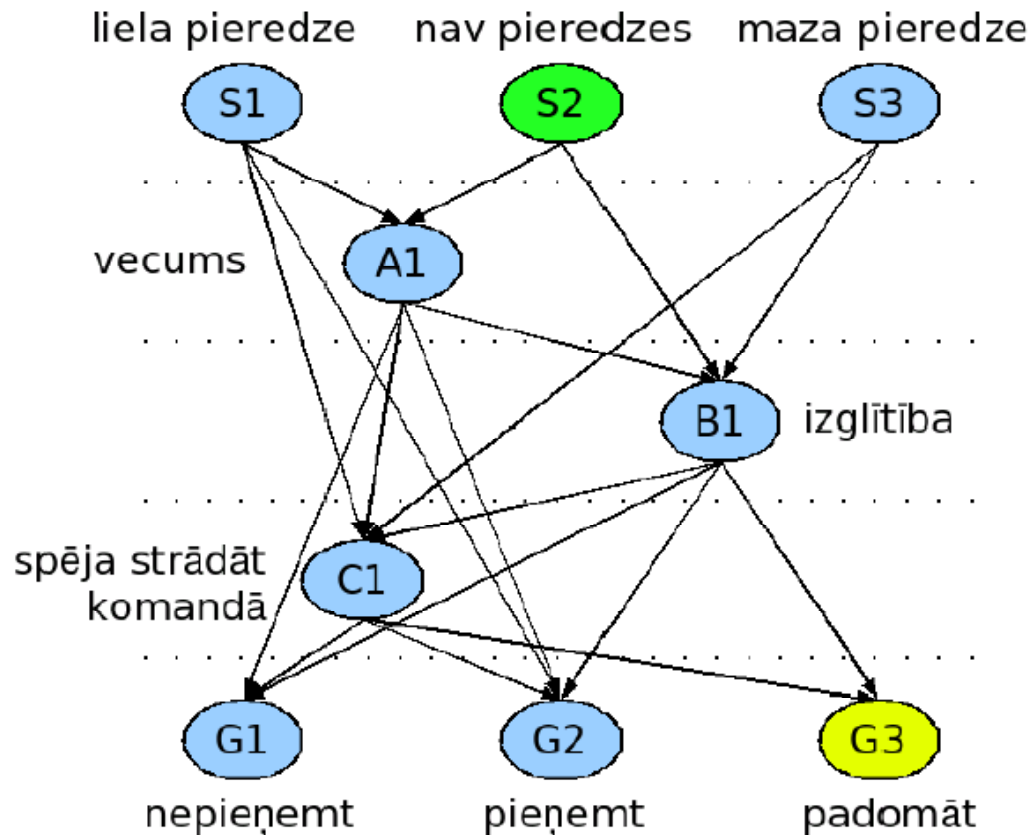
B -> E

# Stāvokļu telpas piemērs (1)



## Piemērs:

Zemāk ir atspoguļota stāvokļu telpa, ko varētu lietot personāla atlases eksperts. Virsotnes atspoguļo faktoros, ko eksperts ņem vērā, pieņemot lēmumu par darbā pieņemšanu: pieredze, vecums, iegūtā izglītība un spēja strādāt komandā. Faktori ir sakārtoti to izskatīšanas secībā, un šo secību atspoguļo loku secība.



Endželis A. Studiju darbs  
mācību priekšmetā  
"Mākslīgā intelekta  
pamati". RTU, 2006.

# Stāvokļu telpas piemērs (2)



## Piemērs:

Atspoguļotajā stāvokļu telpā par problēmas risināšanas sākuma stāvokļiem (kopu S) kalpo potenciāla darbinieka pieredze: liela pieredze, nav pieredzes vai maza pieredze. Savukārt, mērķi (kopa M) ir personāla atlases eksperta lēmumi: nepieņemt pretendentu, pieņemt vai padomāt.

Atkarībā no dotā sākumstāvokļa var būt vairāki alternatīvi atrisinājuma ceļi, piemēram:

*"liela pieredze" -> "spēja strādāt komandā" -> "nepieņemt"*

*"liela pieredze" -> "vecums" -> "spēja strādāt komandā" -> "padomāt"*

*"liela pieredze" -> "pieņemt"*