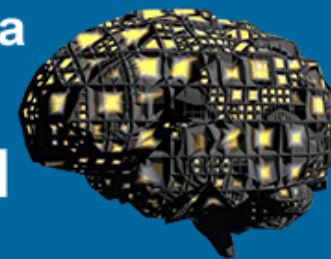


Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte

Sistēmu teorijas un projektēšanas katedra

MĀKSLĪGĀ INTELEKTA PAMATI



4. Modulis "Zināšanu atspoguļošanas shēmas"

4.6. Tēma

# Produkciju sistēmas

---

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 par produkciju sistēmu uzbūves un darbības principiem, kā arī stratēģijām pārmeklēšanas vadībai produkciju sistēmās.

Pēc šīs tēmas apgūšanas Jūs:

- zināsiēt produkciju sistēmu sastāvdaļas un darbības principus;
- zināsiēt stratēģijas pārmeklēšanas vadībai produkciju sistēmās;
- pratīsiēt uzrakstīt produkciju likumus un demonstrēt produkciju sistēmas vadības cikla darbību.

# Produkciju sistēmas: definīcija (1)

***Produkciju sistēmas*** ir uz IF... THEN... likumiem balstītas sistēmas, kas sastāv no 3 daļām:

1. Produkciju likumu kopas
2. Darba atmiņas
3. Vadības cikla "atpazīt-darboties"

# Produkciju sistēmas: definīcija (2)

**Produkcija** jeb **likums** ir pāris "nosacījums-darbība", kas tiek uzdots šādā veidā

## **IF nosacījums THEN darbība**

Produkcija definē problēmas risināšanai vajadzīgu zināšanu vienību. Nosacījuma daļa ir paraugs, kas nosaka, kad šo likumu var pielietot problēmas risināšanai. Darbības daļa definē ar to saistīto problēmas risināšanas soli.

**Darba atmiņa** satur sevī tekošā pasaules stāvokļa aprakstu, ko arī sauc par paraugu.

**Vadības cikls "atpazīt-darboties"** realizē pārmeklēšanu, ļaujot produkciju sistēmai virzīties uz priekšu likumu kopā.

# Parauga virzīta pārmeklēšana (1)

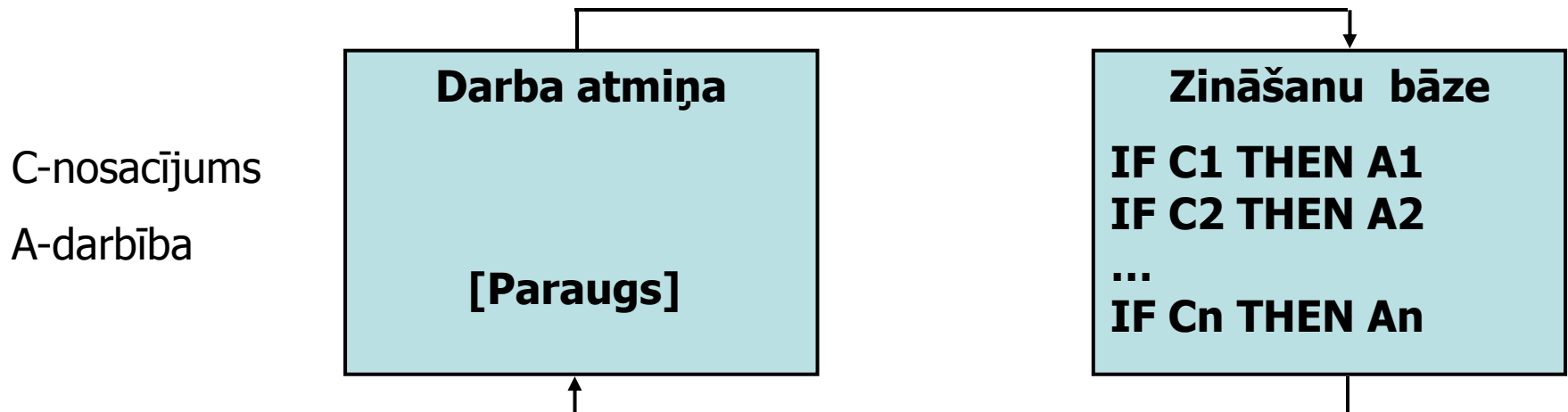
Vadības cikla "atpazīt-darboties" darbība pamatojas uz ***paraugu virzītu pārmeklēšanu***:

1. Darba atmiņā atrodas paraugs, kas raksturo tekošo stāvokli problēmrisināšanas procesā
2. Paraugs tiek salīdzināts ar likumu IF vai THEN daļu (paraugu) atkarībā no pārmeklēšanas virziena
3. Gadījumā, ja vairāki likumi sakrīt ar paraugu, tie veido ***konfliktu kopu***. Visi likumi, kas ietilpst konfliktu kopā, ir ***sagatavotie likumi***. Viena likuma izvēli no konfliktu kopas sauc par ***konflikta atrisināšanu***

# Parauga virzīta pārmeklēšana (2)

Vadības cikla "atpazīt-darboties" darbība pamatojas uz ***parauga virzītu pārmeklēšanu*** (turp.):

4. Viens no sagatavotajiem likumiem tiek iedarbināts, un tas maina darba atmiņas saturu
5. Vadības cikls atkārtojas ar atjaunotu darba atmiņu
6. Process noslēdzas, kad vairs nav likumu, kas sakrīt ar darba atmiņas saturu



# Pārmeklēšanas vadība produkciju sistēmās

Reālās problēmās zināšanu bāze ietver sevī ļoti daudz IF...THEN... likumu. Lai padarītu zināšanu bāzes pārmeklēšanu efektīvāku, intelektuālas sistēmas veidotājs var izmantot heiristisku pārmeklēšanas vadību.

Pastāv 3 pārmeklēšanas vadības stratēģijas:

1. Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli
2. Vadība, lietojot likumu struktūru
3. Vadība, lietojot stratēģijas izvēli konfliktu atrisināšanai

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (1)

Produkciju sistēmās var izvēlēties pārmeklēšanas virzienu:

1. No datiem virzīta pārmeklēšana (tieša pārmeklēšana)
2. No mērķa virzīta pārmeklēšana (inversa pārmeklēšana)

No datiem virzīta pārmeklēšana:

1. Sākas ar problēmas aprakstu (paraugu), kas tiek ievietots darba atmiņā
2. Pēc tam sāk darbību cikls "atpazīt-darboties", kas pārbauda parauga sakrišanu ar likumu IF daļu
3. Iedarbinot likumu, tā THEN daļa tiek ievietota darba atmiņā un process atkārtojas
4. Pārmeklēšana beidzas, kad ir sasniegts mērķis



# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (2)



**Piemērs:** No datiem virzīta pārmeklēšana

Zināšanu bāze:

A

B

1. **IF** Jānis ir students **THEN** Jānis bauda studentu dzīvi

B

2. **IF** Jānis bauda studentu dzīvi **THEN** Jānis tusē ar draugiem **AND**

C

D

Jānis piedalās augstskolas pasākumos

C

3. **IF** Jānis tusē ar draugiem **THEN** Jānim ir vajadzīga nauda

E

E

4. **IF** Jānim ir vajadzīga nauda **THEN** Jānis strādā

F

D

5. **IF** Jānis tusē ar draugiem **AND** Jānis piedalās augstskolas pasākumos

C

G

**THEN** Jānim ir maz brīvā laika

G

6. **IF** Jānim ir maz brīvā laika **AND** Jānis strādā **THEN** Jānis ir nesekmīgs students **AND**

F

H

I

Jānis nesaņem stipendiju

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (3)



**Piemērs:**

No datiem virzīta pārmeklēšana

Zināšanu bāze:

1. **IF A THEN B**
2. **IF B THEN C AND D**
3. **IF C THEN E**
4. **IF E THEN F**
5. **IF C AND D THEN G**
6. **IF G AND F THEN H AND I**

Sākums - A

Mērķis - I

Iterācija	Darba atmiņa	Konfliktu kopa	Iedarbinātais likums
0	A	1	1
1	A, B	1, 2	2
2	A, B, C, D	1, 2, 3, 5	5
3	A, B, C, D, G	1, 2, 3, 5	3
4	A, B, C, D, G, E	1, 2, 3, 5, 4	4
5	A, B, C, D, G, E, F	1, 2, 3, 5, 4, 6	6
6	A, B, C, D, G, E, F, H, I	1, 2, 3, 5, 4, 6	beigas

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (4)

No mērķa virzīta pārmeklēšana:

1. Sakumā darba atmiņā ievieto mērķi (paraugu)
2. Tālāk sāk darbību vadības cikls “atpazīt-darboties”, kas pārbauda parauga sakrišanu ar likumu THEN daļu
3. Iedarbinot likumu, tā IF daļa tiek ievietota darba atmiņā un process atkārtojas
4. Pārmeklēšana beidzas, kad ir iegūti noteikti fakti par problēmu

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (5)



**Piemērs:**

No mērķa virzīta pārmeklēšana

Zināšanu bāze:

1. **IF** p **AND** q **THEN** mērķis
2. **IF** r **AND** s **THEN** p
3. **IF** w **AND** r **THEN** q
4. **IF** t **AND** u **THEN** q
5. **IF** v **THEN** s
6. **IF** sākums **THEN** v **AND** r **AND** q

Iterācija	Darba atmiņa	Konfliktu kopa	Iedarbinātais likums
0	mērķis	1	1
1	mērķis, p, q	1, 2, 3, 4	2
2	mērķis, p, q, r, s	1, 2, 3, 4, 5	3
3	mērķis, p, q, r, s, w	1, 2, 3, 4, 5	4
4	mērķis, p, q, r, s, w, t, u	1, 2, 3, 4, 5	5
5	mērķis, p, q, r, s, w, t, u, v	1, 2, 3, 4, 5, 6	6
6	mērķis, p, q, r, s, w, t, u, v, sākums	1, 2, 3, 4, 5, 6	beigas

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (6)



**Piemērs:** No mērķa virzīta pārmeklēšana

Zināšanu bāze:

A

B

1. **IF** Jānis ir students **THEN** Jānis bauda studentu dzīvi

B

2. **IF** Jānis bauda studentu dzīvi **THEN** Jānis tusē ar draugiem **AND**

C

D

Jānis piedalās augstskolas pasākumos

C

3. **IF** Jānis tusē ar draugiem **THEN** Jānim ir vajadzīga nauda

E

E

4. **IF** Jānim ir vajadzīga nauda **THEN** Jānis strādā

F

D

5. **IF** Jānis tusē ar draugiem **AND** Jānis piedalās augstskolas pasākumos

C

G

**THEN** Jānim ir maz brīvā laika

G

6. **IF** Jānim ir maz brīvā laika **AND** Jānis strādā **THEN** Jānis ir nesekmīgs students **AND**

F

H

I

Jānis nesaņem stipendiju

# Vadība, lietojot pārmeklēšanas stratēģijas izvēli (7)



**Piemērs:**

No mērķa virzīta pārmeklēšana

Zināšanu bāze:

1. **IF A THEN B**
2. **IF B THEN C AND D**
3. **IF C THEN E**
4. **IF E THEN F**
5. **IF C AND D THEN G**
6. **IF G AND F THEN H AND I**

Sākums – H, I

Mērķis - A

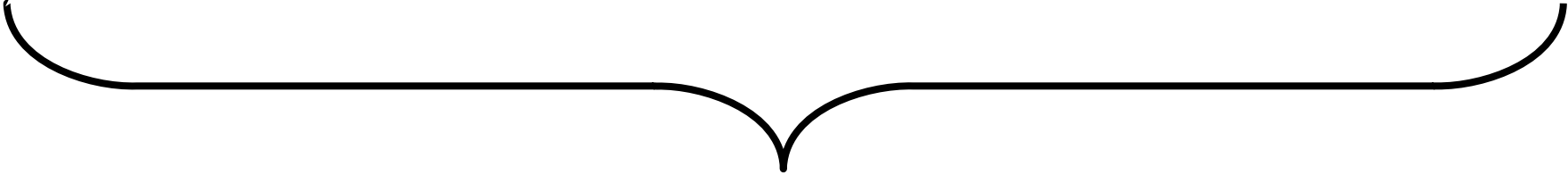
Iterācija	Darba atmiņa	Konfliktu kopa	Iedarbinātais likums
0	H, I	6	6
1	H, I, G, F	6, 5, 4	4
2	H, I, G, F, E	6, 5, 4, 3	3
3	H, I, G, F, E, C	6, 5, 4, 3	5
4	H, I, G, F, E, C, D	6, 5, 4, 3, 2	2
5	H, I, G, F, E, C, D, B	6, 5, 4, 3, 2, 1	1
6	H, I, G, F, E, C, D, B, A	6, 5, 4, 3, 2, 1	beigas

# Vadība, lietojot likumu struktūru (1)

Problēmsfēras eksperti kodē svarīgākās heiristiskas, vadoties no savām profesionālām zināšanām. Viņi apskata nosacījumus noteiktā kārtībā, un šī kārtība satur sevī svarīgu procedurālu informāciju, kas ir vajadzīga veiksmīgai problēmas atrisināšanai. Piemēram, mehāniķa vārdi "Ja dzinējs negriežas un starmeši neiedegas, tad pārbaudiet akumulatoru", piedāvā noteiktu darbību secību: sāukumā pārbaudīt dzinēju, tad starmešus un beigās akumulatoru. Šīs problēmsfēras eksperta zināšanas jā saglabā, veidojot intelektuālas sistēmas zināšanu bāzi.

# Vadība, lietojot likumu struktūru (2)

LIKUMU STRUKTŪRA  
+  
LIKUMU KĀRTĪBA ZINĀŠANU BĀZĒ



Nosaka secību, kādā tiks pārmeklēta zināšanu bāze un cik efektīva būs pārmeklēšana



# Vadība, lietojot likumu struktūru (3)

## LIKUMU STRUKTŪRA

Kas būs nosacījumu daļā?

Kas būs darbības daļā?

Kā tiks  
savienoti  
vairāki  
nosacījumi  
(AND, OR) ?

Kāda secība būs  
nosacījumiem, ja  
tie ir vairāki?

IF a & b & c...

IF b & a & c...

Kāda secība būs  
darbībām, ja tās ir  
vairākas?

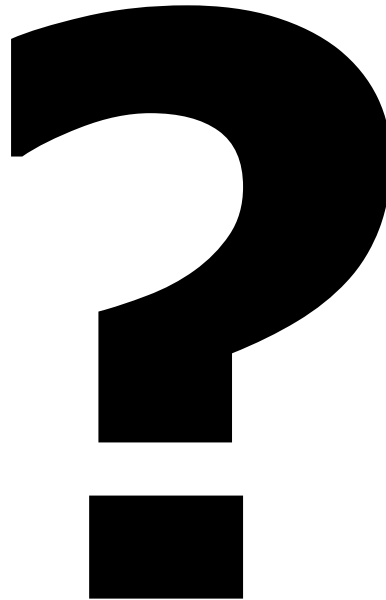
... THEN a & b & c

... THEN b & a & c

# Vadība, lietojot likumu struktūru (4)

## LIKUMU KĀRTĪBA

1. LIKUMS A
2. LIKUMS B
3. LIKUMS C
4. LIKUMS D
5. LIKUMS E



1. LIKUMS E
2. LIKUMS B
3. LIKUMS D
4. LIKUMS A
5. LIKUMS C

# Vadība, lietojot stratēģijas izvēli konfliktu atrisināšanai

Visvienkāršākā stratēģija ir ierosināt pirmo likumu no konfliktu kopas un neizmantot jau ierosinātos likumus.

Plašāk pieņemta ir šāda stratēģija:

1. Ja produkciju likums tika ierosināts, tad to nevar ierosināt atkārtoti, kamēr darba atmiņas paraugi, kas sakrīt ar šo likumu, nav modificēti. Tas pārmeklēšanā ļauj novērst ciklus
2. Jādod priekšroka tam produkcijas likumam, kas sakrīt ar darba atmiņai nesen pievienotiem paraugiem. Šajā gadījumā darba atmiņas paraugiem ir jāpievieno laika iezīme, kas specificē, kad paraugs tika ievietots darba atmiņā
3. Jādod priekšroka specifiskiem likumiem salīdzinājumā ar vispārīgākiem. Likums ir specifiskāks, jo vairāk nosacījumu tam ir.

IF a THEN c

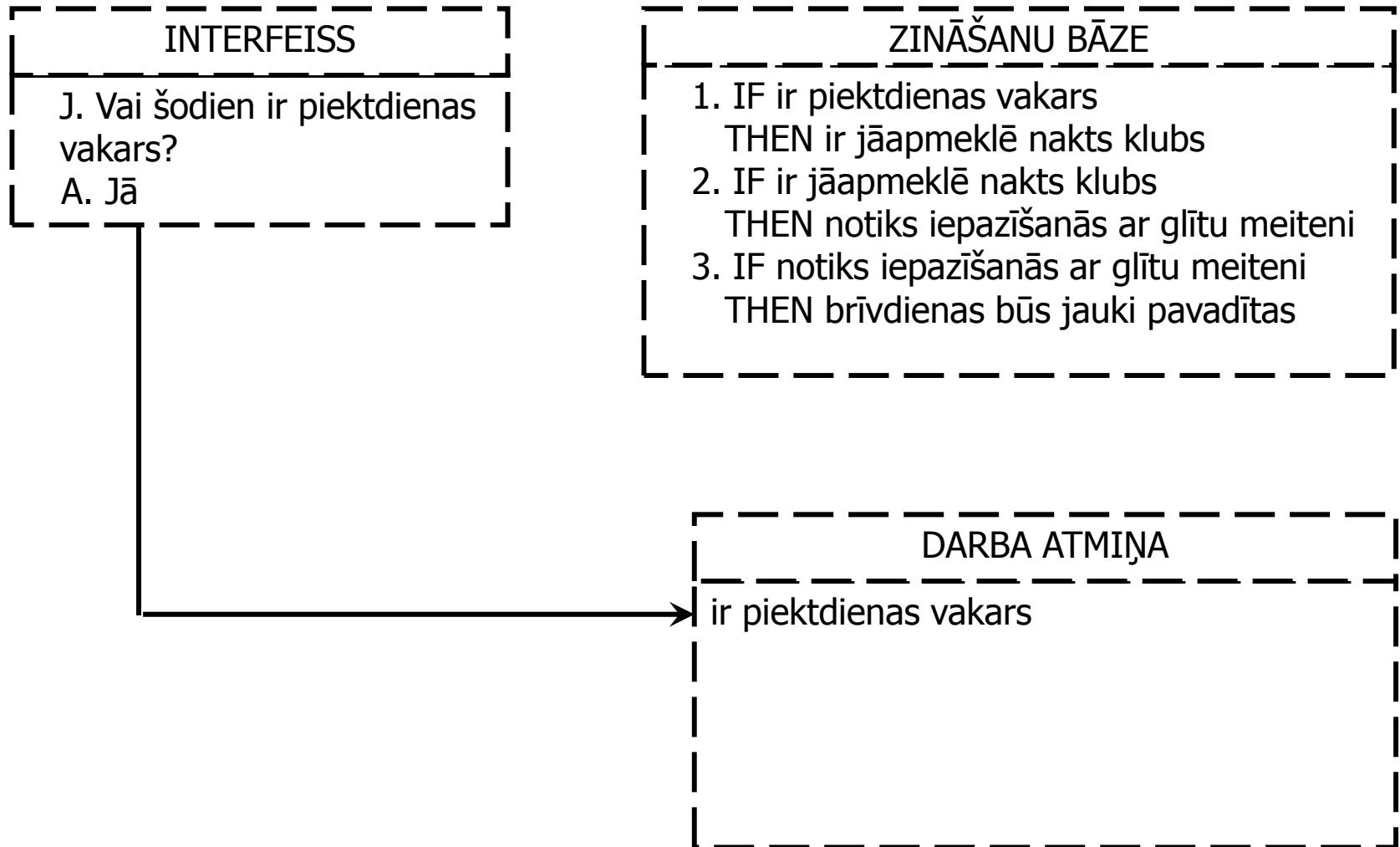
IF a AND b THEN c

specifiskāks likums

# Produkciju sistēmas: piemērs (1)



**Piemērs:**



1. Solis Darba atmiņā tiek ievietots paraugs "ir piektdienas vakars"

# Produkciju sistēmas: piemērs (2)



**Piemērs:**

## INTERFEISS

J. Vai šodien ir piektdienas vakars?

A. Jā

## ZINĀŠANU BĀZE

1. IF ir piektdienas vakars  
THEN ir jāapmeklē nakts klubs
2. IF ir jāapmeklē nakts klubs  
THEN notiks iepazīšanās ar glītu meiteni
3. IF notiks iepazīšanās ar glītu meiteni  
THEN brīvdienas būs jauki pavadītas

## DARBA ATMIŅA

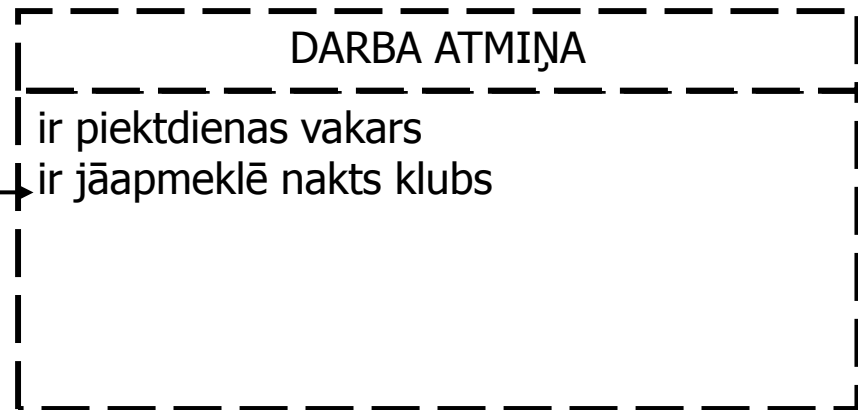
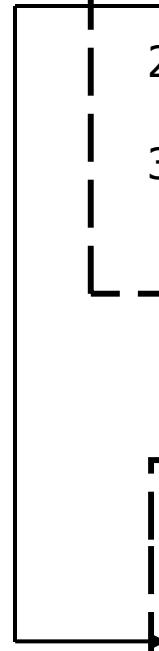
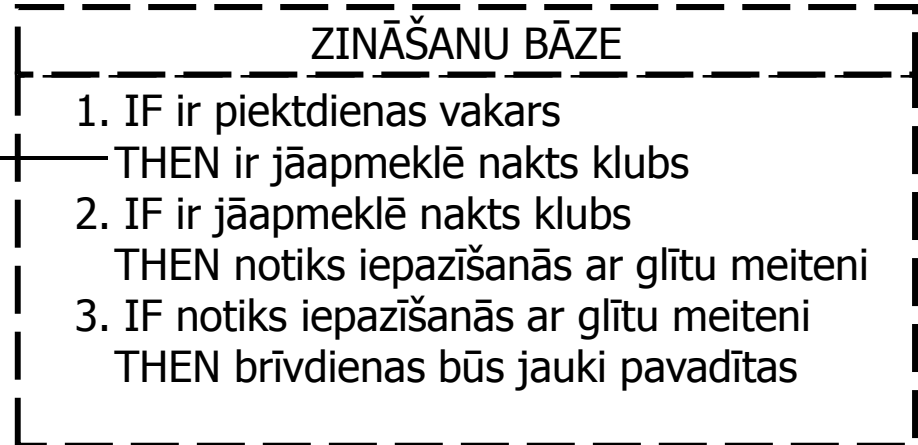
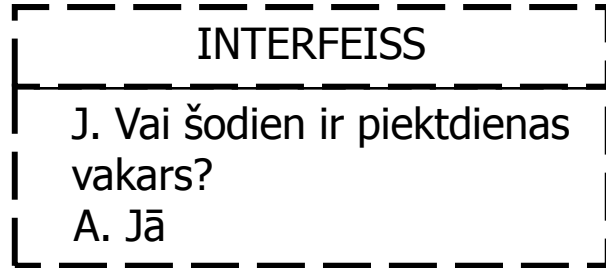
ir piektdienas vakars

2.Solis Darba atmiņā esošais paraugs "ir piektdienas vakars" tiek salīdzināts ar zināšanu bāzes likumu IF daļu. Sakrišana tiek konstatēta un 1.likums tiek ierosināts.

# Produkciju sistēmas: piemērs (3)



**Piemērs:**

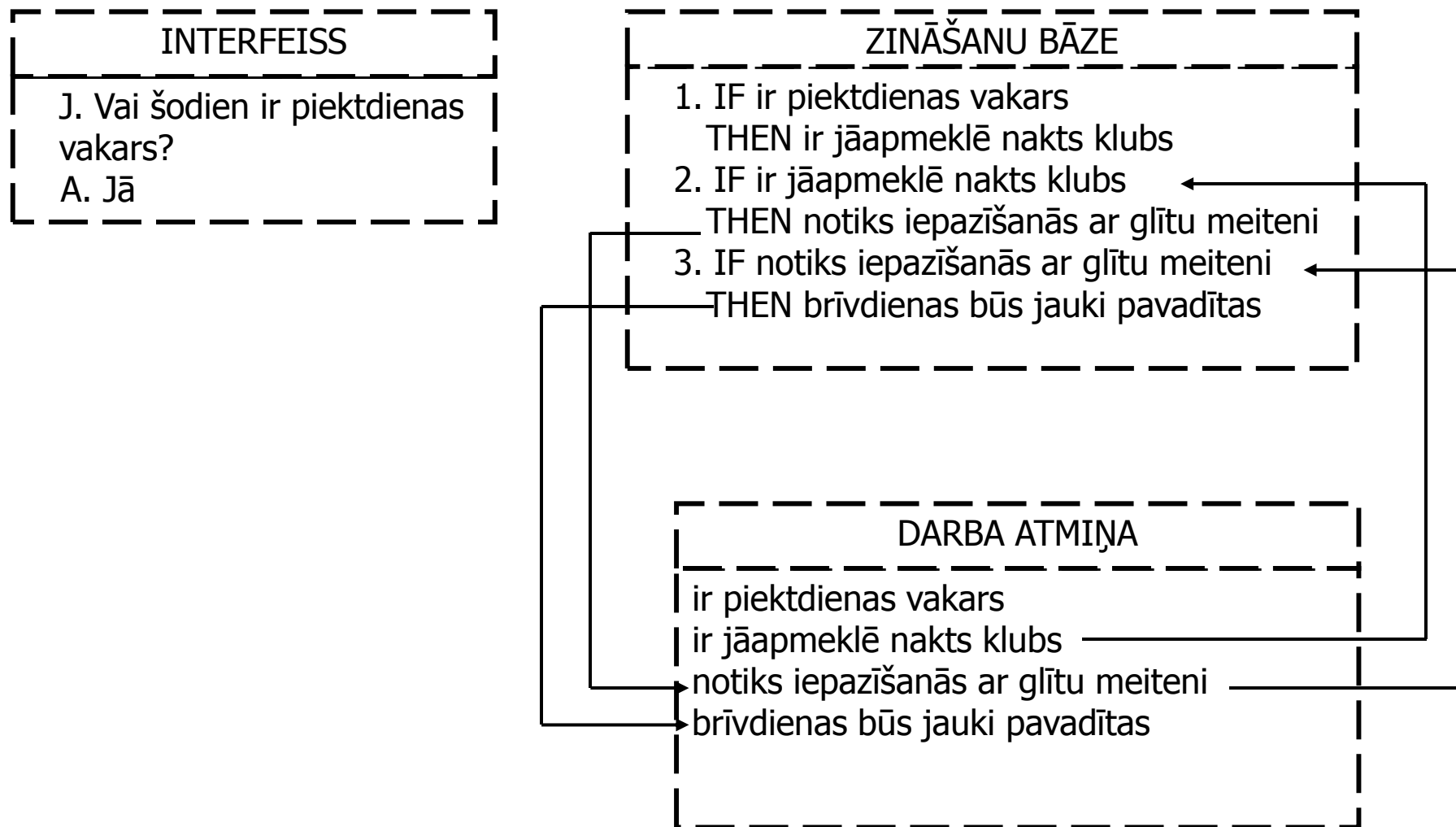


3.Solis 1.likuma THEN daļa tiek pievienota darba atmiņai un process atkārtojas attiecībā uz šo paraugu.

# Produkciju sistēmas: piemērs (4)



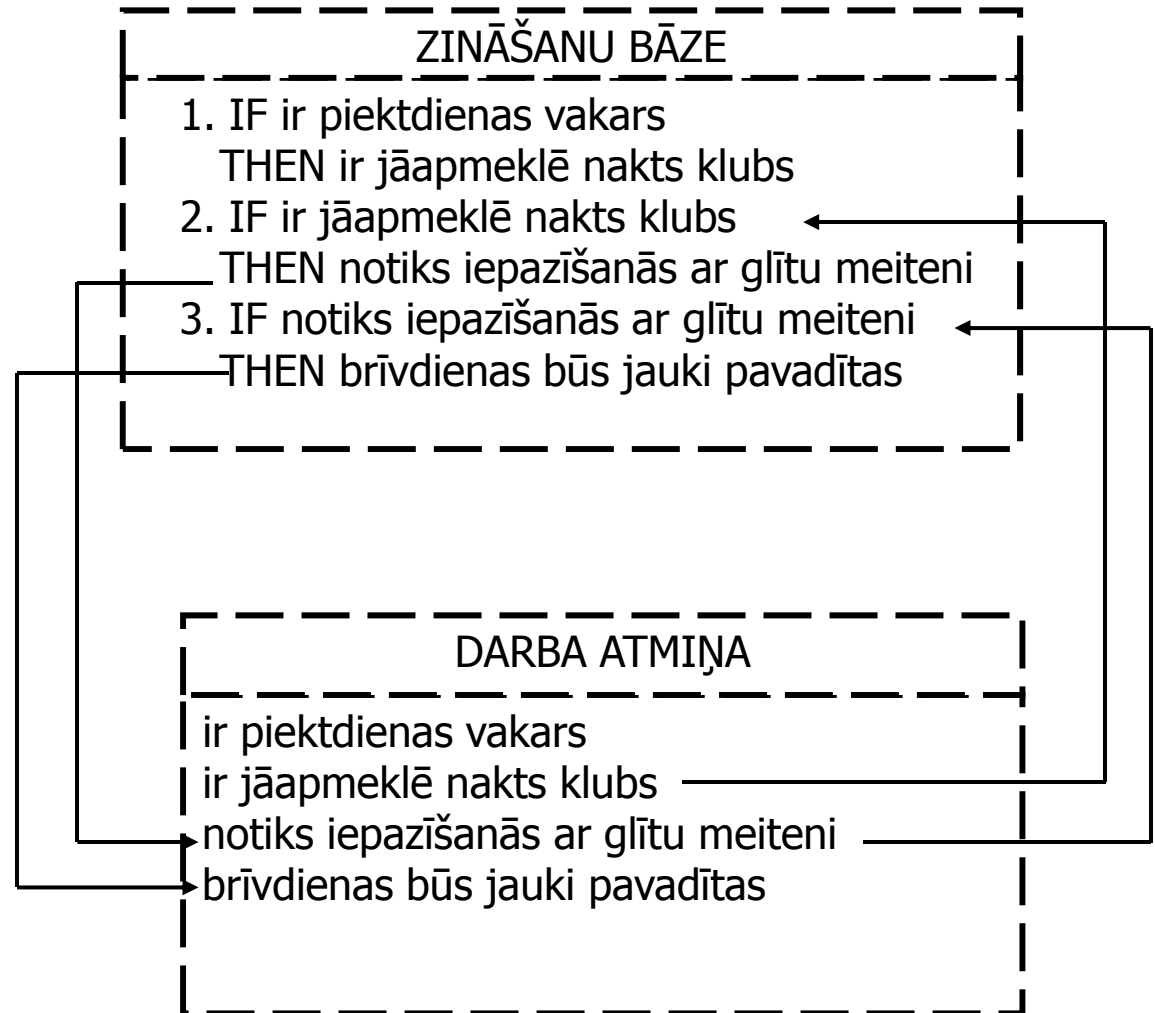
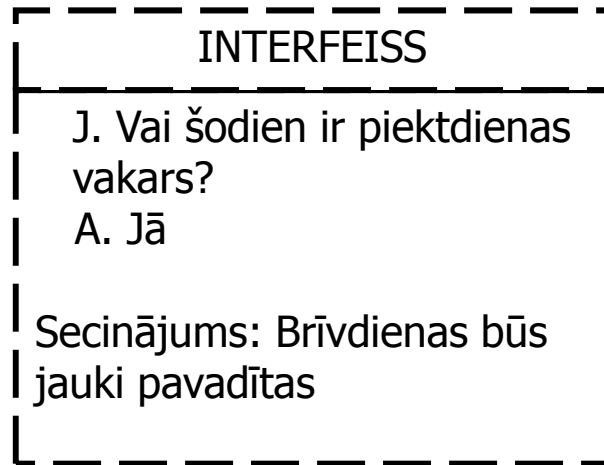
**Piemērs:**



# Produkciju sistēmas: piemērs (5)



**Piemērs:**



7.Solis Pēc pārmeklēšanas beigām interfeisā tiek izvadīts secinājums, ka brīvdienas būs jauki pavadītas.



# Produkciju sistēmas: kopsavilkums (1)

- + Produkciju sistēmas skaidri atdala zināšanas no vadības mehānisma, jo zināšanas tiek izteiktas likumu formā un tiek glabātas zināšanu bāzē, savukārt, vadības mehānismu realizē cikls "atpazīt-darboties". Tas ļauj vieglāk modificēt zināšanu bāzi, nemainot vadības mehānismu, un pretēji.
- + Likumi nevar tiešā veidā izsaukt citus likumus, vai uzstādīt citos likumos lietotu mainīgo vērtības. Tie var tikai ietekmēt citu likumu aktivizāciju, mainot darba atmiņas saturu. Tas ļauj pakāpeniski izstrādāt produkciju sistēmas, secīgi pievienojot, dzēšot vai mainot zināšanas.

# Produkciju sistēmas: kopsavilkums (2)

- + Produkciju likumi ir dabisks zināšanu atspoguļojums, jo cilvēki bieži runā, izmantojot šo struktūru "ja...tad...".
- + Produkciju likumi piedāvā unificētu struktūru zināšanu glabāšanai, jo katrs likums ir nekas citas kā neatkarīgs zināšanu gabals.
- + Ar produkciju likumu palīdzību ir iespējams atspoguļot nepilnas un varbūtīgas zināšanas

# Produkciju sistēmas: kopsavilkums (3)

- Kad ir liels likumu skaits, ir grūti noteikt, kādu ieguldījumu atsevišķs likums veic problēmas risināšanā
- Produkciju sistēmās izveduma mehānisms katrā iterācijā pārskata visus zināšanu bāzē esošus likumus un tas var būt laikietilpīgs process
- Sistēmai ir maz iespēju apmācīties un noteikt, kad likums ir novecojis