VILNIAUS UNIVERSITETAS

MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS

INFORMATIKOS KATEDRA

Laboratorinis darbas

**„Atbulinis išvedimas produkcijų sistemoje“**

**(Java)**

Atliko 4 kurso, 1 grupės studentė Aliona Lisovskaja

Vilnius

2017

**Turinys**

[Įvadas 3](#_Toc498863555)

[1. Algoritmo aprašas 4](#_Toc498863556)

[1.1 Žingsniai 4](#_Toc498863557)

[1.2 Pseudokodas 5](#_Toc498863558)

[1.3 Programos realizacija 5](#_Toc498863559)

[2. Tiesioginio išvedimo testai 7](#_Toc498863560)

[2.1 1-asis duomenų failas (test1.txt). 7](#_Toc498863561)

[2.2 2-asis duomenų failas (test2.txt). Čyras vs. Negnevitsky; Čyras laimi. 10](#_Toc498863562)

[2.3 3-asis duomenų failas (test3.txt). Čyras vs. Negnevitsky; Negnevitsky laimi, bet su atliekama taisykle. 11](#_Toc498863563)

[2.4 4-asis duomenų failas (test4.txt). Tikslas tarp faktų. 13](#_Toc498863564)

[2.5 5-asis duomenų failas (test5.txt). Kelias neegzistuoja. 14](#_Toc498863565)

[2.6 6-asis duomenų failas (test6.txt). Negnevitsky pavyzdys. 15](#_Toc498863566)

[Literatūros sąrašas 17](#_Toc498863567)

# Įvadas

Šiame dokumente yra pateikiama atbulinio išvedimo (angl. *Backward chaining*) algoritmo realizacija. Užduoties tikslas rasti produkcijų seką, kuri pradinę GDB būseną perveda į terminalinę būseną. Pradiniai uždavinio duomenys yra produkcijų sąrašas, GDB ir tikslas. Jeigu produkcijos antecedentai egzistuoja faktų sąraše, tai produkciją galima taikyti. Tuomet konsekventas yra pridedamas prie faktų. Terminalinė būsena yra bet kokia būsena, kuriai priklauso tikslo kintamasis. Atbulinio išvedimo algoritmas vykdomas einant per produkcijų sąrašą ir ieškant produkcijos, kurios konsekventas yra ieškomas tikslas, radus tokią produkciją jos antecedentai tampa ieškomais tikslais ir jei jų nėra faktų sąraše, tada toliau rekursiškai ieškoma tikslų tarp produkcijų konsekventų. Kai faktų aibėje yra visi produkcijai vykdyti reikalingi faktai, taisyklė įvykdoma, konsekventas pridedamas prie faktų sąrašo. Algoritmas rekursiškai vykdomas tol kol nėra gautas tikslas, arba nebelieka taisyklių norimam tikslui pasiekti. Programa parašyta naudojant Java programavimo kalbą. Dokumente pateikiamas algoritmo aprašas bei testų pavyzdžiai.

# Algoritmo aprašas

## Žingsniai

## Pseudokodas

## Programos realizacija

# Tiesioginio išvedimo testai

## 1-asis duomenų failas (test1.txt). Užmirštama šaka

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**    1) Taisyklės  Z C D // R1: C, D -> Z  C T // R2: T -> C  Z T // R3: T -> Z  2) Faktai  T  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  T  R3  T  Z |

|  |  |
| --- | --- |
| **Išvedimas**  1 DALIS. Duomenys  1) Taisyklės  R1: C,D -> Z  R2: T -> C  R3: T -> Z  2) Faktai  T  3) Tikslas  Z | **Semantinis grafas**  T  T  R2  C  R1    Z  R3    D  Duotas faktas  Duotas faktas  & |

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:C,D->Z. Nauji tikslai C,D.

2) -Tikslas C. Randame R2:T->C. Nauji tikslai T.

3) --Tikslas T. Faktas (duotas), nes faktai T. Grįžtame, sėkmė.

4) -Tikslas C. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir C. Grįžtame, sėkmė.

5) -Tikslas D. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

6) Tikslas Z. Randame R3:T->Z. Nauji tikslai T.

7) -Tikslas T. Faktas (duotas), nes faktai T. Grįžtame, sėkmė.

8) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R3.

## 2-asis duomenų failas (test2.txt). Devynios produkcijos D, C

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisykles  Z D C // R1: D, C -> Z  D C // R2: C -> D  C B // R3: B -> C  B A // R4: A -> B  A D // R5: D -> A  D T // R6: T -> D  A G // R7: G -> A  B H // R8: H -> B  C J // R9: J -> C  2) Faktai  T  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  T  R6  T  D    T  D  A  R4  T  D  A  B    R5  T  D  A  B  C  R1  T  D  A  B  C Z  R3 |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: D,C -> Z

R2: C -> D

R3: B -> C

R4: A -> B

R5: D -> A

R6: T -> D

R7: G -> A

R8: H -> B

R9: J -> C

2) Faktai

T

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:D,C->Z. Nauji tikslai D,C.

2) -Tikslas D. Randame R2:C->D. Nauji tikslai C.

3) --Tikslas C. Randame R3:B->C. Nauji tikslai B.

4) ---Tikslas B. Randame R4:A->B. Nauji tikslai A.

5) ----Tikslas A. Randame R5:D->A. Nauji tikslai D.

6) -----Tikslas D. Ciklas. Grįžtame, FAIL.

7) ----Tikslas A. Randame R7:G->A. Nauji tikslai G.

8) -----Tikslas G. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

9) ----Tikslas A. Nėra daugiau taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

10) ---Tikslas B. Randame R8:H->B. Nauji tikslai H.

11) ----Tikslas H. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

12) ---Tikslas B. Nėra daugiau taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

13) --Tikslas C. Randame R9:J->C. Nauji tikslai J.

14) ---Tikslas J. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

15) --Tikslas C. Nėra daugiau taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

16) -Tikslas D. Randame R6:T->D. Nauji tikslai T.

17) --Tikslas T. Faktas (duotas), nes faktai T. Grįžtame, sėkmė.

18) -Tikslas D. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D. Grįžtame, sėkmė.

19) -Tikslas C. Randame R3:B->C. Nauji tikslai B.

20) --Tikslas B. Randame R4:A->B. Nauji tikslai A.

21) ---Tikslas A. Randame R5:D->A. Nauji tikslai D.

22) ----Tikslas D. Faktas (buvo gautas). Faktai T ir D. Grįžtame, sėkmė.

23) ---Tikslas A. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A. Grįžtame, sėkmė.

24) --Tikslas B. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B. Grįžtame, sėkmė.

25) -Tikslas C. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B, C. Grįžtame, sėkmė.

26) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B, C, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R6, R5, R4, R3, R1.

**Semantinis grafas**

D

R5

A

R4

B

R3

C

R2

D

R1

Z

D

R7

H

R8

J

R9

T

R6

D

R5

A

R4

B

R3

C

&

Ciklas

Fail

Fail

Fail

Duotas faktas

Gautas faktas

## 3-asis duomenų failas (test3.txt). Devynios produkcijos C, D

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z C D // R1: C, D -> Z  D C // R2: C -> D  C B // R3: B -> C  B A // R4: A -> B  A D // R5: D -> A  D T // R6: T -> D  A G // R7: G -> A  B H // R8: H -> B  C J // R9: J -> C  2) Faktai  T  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  T  R6  T  D    T  D  A  R4  T  D  A  B    R5  T  D  A  B  C  R1  T  D  A  B  C Z  R3 |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: C,D -> Z

R2: C -> D

R3: B -> C

R4: A -> B

R5: D -> A

R6: T -> D

R7: G -> A

R8: H -> B

R9: J -> C

2) Faktai

T

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:C,D->Z. Nauji tikslai C,D.

2) -Tikslas C. Randame R3:B->C. Nauji tikslai B.

3) --Tikslas B. Randame R4:A->B. Nauji tikslai A.

4) ---Tikslas A. Randame R5:D->A. Nauji tikslai D.

5) ----Tikslas D. Randame R2:C->D. Nauji tikslai C.

6) -----Tikslas C. Ciklas. Grįžtame, FAIL.

7) ----Tikslas D. Randame R6:T->D. Nauji tikslai T.

8) -----Tikslas T. Faktas (duotas), nes faktai T. Grįžtame, sėkmė.

9) ----Tikslas D. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D. Grįžtame, sėkmė.

10) ---Tikslas A. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A. Grįžtame, sėkmė.

11) --Tikslas B. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B. Grįžtame, sėkmė.

12) -Tikslas C. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B, C. Grįžtame, sėkmė.

13) -Tikslas D. Faktas (buvo gautas). Faktai T ir D, A, B, C. Grįžtame, sėkmė.

14) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir D, A, B, C, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R6, R5, R4, R3, R1.

**Semantinis grafas**

C

R2

D

R5

A

R4

B

R3

C

R1

Z

T

R6

&

Ciklas

Duotas faktas

Gautas faktas

D

## 4-asis duomenų failas (test4.txt). Ciklas ir praleistas potikslis

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z A // R1: A -> Z  A B // R2: B -> A  B A C // R3: A, C -> B  B T // R4: T -> B  C T // R5: T -> C  2) Faktai  T  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  T  R4  T  B    T  B  A  R1  T  B  A  Z    R2 |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: A -> Z

R2: B -> A

R3: A,C -> B

R4: T -> B

R5: T -> C

2) Faktai

T

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:A->Z. Nauji tikslai A.

2) -Tikslas A. Randame R2:B->A. Nauji tikslai B.

3) --Tikslas B. Randame R3:A,C->B. Nauji tikslai A,C.

4) ---Tikslas A. Ciklas. Grįžtame, FAIL.

5) --Tikslas B. Randame R4:T->B. Nauji tikslai T.

6) ---Tikslas T. Faktas (duotas), nes faktai T. Grįžtame, sėkmė.

7) --Tikslas B. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir B. Grįžtame, sėkmė.

8) -Tikslas A. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir B, A. Grįžtame, sėkmė.

9) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai T ir B, A, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R4, R2, R1.

**Semantinis grafas**

A

R3

B

R2

A

R1

Z

T

R4

Ciklas

Duotas faktas

C

&

## 5-asis duomenų failas (test5.txt). Grafas su trumpu keliu

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  G E // R1: E -> G  B F // R2: F -> B  Z G // R3: G -> Z  G A // R4: A -> G  B A // R5: A -> B  C B // R6: B -> C  D C // R7: C -> D  Z D // R8: D -> Z  2) Faktai  A  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  A  R4  A  G    A  G  Z    R3  **Semantinis grafas**  R1    G  R3    Z    A  R4  Fail  Duotas faktas    E |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: E -> G

R2: F -> B

R3: G -> Z

R4: A -> G

R5: A -> B

R6: B -> C

R7: C -> D

R8: D -> Z

2) Faktai

A

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R3:G->Z. Nauji tikslai G.

2) -Tikslas G. Randame R1:E->G. Nauji tikslai E.

3) --Tikslas E. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

4) -Tikslas G. Randame R4:A->G. Nauji tikslai A.

5) --Tikslas A. Faktas (duotas), nes faktai A. Grįžtame, sėkmė.

6) -Tikslas G. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir G. Grįžtame, sėkmė.

7) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir G, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R4, R3.

## 6-asis duomenų failas (test6.txt). Grafas su ilgu keliu

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  B F // R1: F -> B  G E // R2: E -> G  Z D // R3: D -> Z  D C // R4: C -> D  C B // R5: B -> C  B A // R6: A -> B  G A // R7: A -> G  Z G // R8: G -> Z  2) Faktai  A  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  A  R6  A  B    A  B  C  R4  A  B  C  D    R5  R3  A  B  C  D  Z |

**Išvedimas**

1) Taisyklės

R1: F -> B

R2: E -> G

R3: D -> Z

R4: C -> D

R5: B -> C

R6: A -> B

R7: A -> G

R8: G -> Z

2) Faktai

A

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R3:D->Z. Nauji tikslai D.

2) -Tikslas D. Randame R4:C->D. Nauji tikslai C.

3) --Tikslas C. Randame R5:B->C. Nauji tikslai B.

4) ---Tikslas B. Randame R1:F->B. Nauji tikslai F.

5) ----Tikslas F. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

6) ---Tikslas B. Randame R6:A->B. Nauji tikslai A.

7) ----Tikslas A. Faktas (duotas), nes faktai A. Grįžtame, sėkmė.

8) ---Tikslas B. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir B. Grįžtame, sėkmė.

9) --Tikslas C. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir B, C. Grįžtame, sėkmė.

10) -Tikslas D. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir B, C, D. Grįžtame, sėkmė.

11) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai A ir B, C, D, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R6, R5, R4, R3.

**Semantinis grafas**

R1

B

R5

C

A

R6

Fail

Duotas faktas

F

R4

D

R3

Z

## 7-asis duomenų failas (test7.txt). Trys alternatyvos tikslui

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z A // R1: A -> Z  Z B // R2: B -> Z  Z C // R3: C -> Z  2) Faktai  C  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  C  R3  C  Z |

|  |  |
| --- | --- |
| **Išvedimas**  1 DALIS. Duomenys  1) Taisyklės  R1: A -> Z  R2: B -> Z  R3: C -> Z  2) Faktai  C  3) Tikslas  Z | **Semantinis grafas**  Duotas faktas    A    B    C  R3  Fail  Fail  Fail  A    ZZ  B  C  R1  R2  R3  Z |

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:A->Z. Nauji tikslai A.

2) -Tikslas A. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

3) Tikslas Z. Randame R2:B->Z. Nauji tikslai B.

4) -Tikslas B. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

5) Tikslas Z. Randame R3:C->Z. Nauji tikslai C.

6) -Tikslas C. Faktas (duotas), nes faktai C. Grįžtame, sėkmė.

7) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai C ir Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R3.

## 8-asis duomenų failas (test8.txt). Nepasiekiamas tikslas

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z C D // R1: C, D -> Z  Y C E // R2: C, E -> Y  2) Faktai  C D  3) Tikslas  Y |  |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: C,D -> Z

R2: C,E -> Y

2) Faktai

C, D

3) Tikslas

Y

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Y. Randame R2:C,E->Y. Nauji tikslai C,E.

2) -Tikslas C. Faktas (duotas), nes faktai C, D. Grįžtame, sėkmė.

3) -Tikslas E. Nėra taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

4) Tikslas Y. Nėra daugiau taisyklių jo išvedimui. Grįžtame, FAIL.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Y nepasiektas.

2) Kelias neegzistuoja.

## 9-asis duomenų failas (test9.txt). Tikslas tarp faktų – tuščias kelias

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z C D // R1: C, D -> Z  Y C E // R2: C, E -> A  2) Faktai  A  3) Tikslas  A | **Verifikavimo grafas**  A  **Semantinis grafas**    A |

**Išvedimas**

1 DALIS. Duomenys

1) Taisyklės

R1: C,D -> Z

R2: C,E -> Y

2) Faktai

A

3) Tikslas

A

3 DALIS. Rezultatai

Tikslas A tarp faktų. Kelias tuščias.

## 10-asis duomenų failas (test10.txt). Negnevitsky pavyzdys

|  |  |
| --- | --- |
| **Įvedimas**  1) Taisyklės  Z Y D // R1: Y, D -> Z  Y X B E // R2: X, B, E -> Y  X A // R3: A -> X  L C // R4: C -> L  N L M // R5: L, M -> N  2) Faktai  A B C D E  3) Tikslas  Z | **Verifikavimo grafas**  A  B  C  D  E  R3  A  B  C  D  E  X    A  B  C  D  E  X  Y  R1  A  B  C  D  E  X  Y  Z    R2 |

**Išvedimas**

1) Taisyklės

R1: Y,D -> Z

R2: X,B,E -> Y

R3: A -> X

R4: C -> L

R5: L,M -> N

2) Faktai

A, B, C, D, E

3) Tikslas

Z

2 DALIS. Vykdymas

1) Tikslas Z. Randame R1:Y,D->Z. Nauji tikslai Y,D.

2) -Tikslas Y. Randame R2:X,B,E->Y. Nauji tikslai X,B,E.

3) --Tikslas X. Randame R3:A->X. Nauji tikslai A.

4) ---Tikslas A. Faktas (duotas), nes faktai A, B, C, D, E. Grįžtame, sėkmė.

5) --Tikslas X. Faktas (dabar gautas). Faktai A, B, C, D, E ir X. Grįžtame, sėkmė.

6) --Tikslas B. Faktas (duotas), nes faktai A, B, C, D, E. Grįžtame, sėkmė.

7) --Tikslas E. Faktas (duotas), nes faktai A, B, C, D, E. Grįžtame, sėkmė.

8) -Tikslas Y. Faktas (dabar gautas). Faktai A, B, C, D, E ir X, Y. Grįžtame, sėkmė.

9) -Tikslas D. Faktas (duotas), nes faktai A, B, C, D, E. Grįžtame, sėkmė.

10) Tikslas Z. Faktas (dabar gautas). Faktai A, B, C, D, E ir X, Y, Z. Sėkmė.

3 DALIS. Rezultatai

1) Tikslas Z pasiektas.

2) Kelias: R3, R2, R1.

**Semantinis grafas**

R3

X

R2

Y

B

Duotas faktas

Duotas faktas

A

R1

Z

&

&

E

Duotas faktas

D

&

Duotas faktas

# Literatūros sąrašas

1. V. Čyras. Intelektualios sistemos. http://www.mif.vu.lt/~cyras/AI/konspektas-intelektualios-sistemos.pdf.
2. M. Negnevitsky. Artificial Intelligence. A Guide to Intelligent Systems. Pearson Education Limited, Harlow, 2005.