

# Sustav obilježja

- **Obilježja se dodjeljuju**
  - različitim dijelovima izvornog programa
  - različitim leksičkim i sintaksnim cjelinama
- **Vrijednost obilježja**
  - Skup vrijednosti obilježja ovisi o definiciji izvornog jezika
- **Primjeri obilježja i njihovih vrijednosti**
  - identifikatori i izrazi
    - OBILJEŽJE:
      - podatkovni tip
    - VRIJEDNOST:
      - cjelobrojni, s posmačnim zarezom, znakovni, logički, itd.



# Sustav obilježja

- **Građa vrijednosti obilježja**
  - Nedjeljiva
  - Složena
- **Nedjeljiva građa**
  - Struktura vrijednosti obilježja nije vidljiva korisniku
  - Jednostavne vrijednosti
- **Složena građa**
  - Definira se primjenom konstruktora obilježja
  - Složene vrijednosti



# Sustav obilježja

- Primjeri jednostavnih vrijednosti
  - *CijeliBroj, PosmačniZarez, Znak, LogičkaVrijednost*
  - *Skup vrijednosti 1..100*
  - *BezPogreške, Pogreška*



# Sustav obilježja

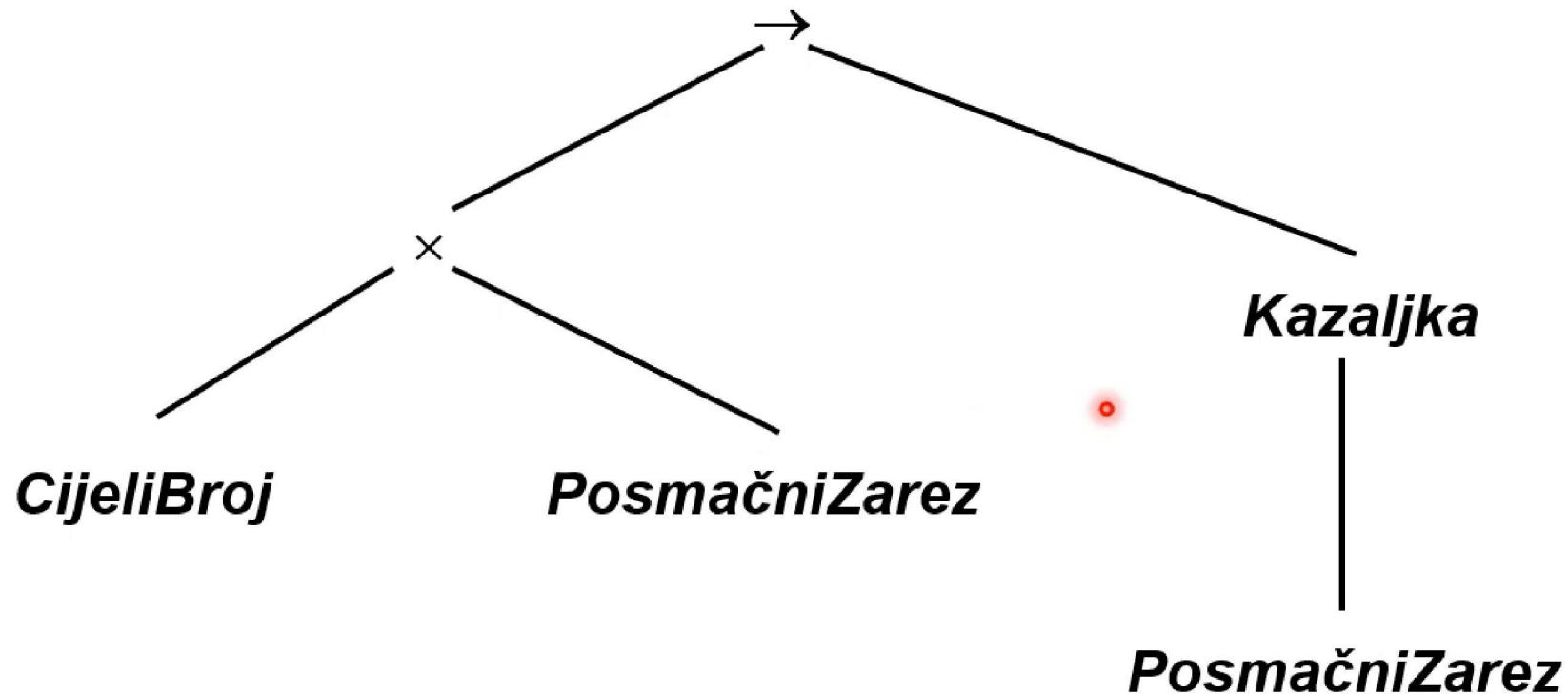
- Primjeri složenih vrijednosti

- **Polje(CijeliBroj, V)**
  - Polje(1..250, PosmačniZarez)*
- **Lista(V)**
  - Lista(PosmačniZarez)*
- **Kazaljka(V)**
  - Kazaljka(PosmačniZarez)*
- **D → K**
- **Kartezijev produkt ×**
  - PosmačniZarez × PosmačniZarez × PosmačniZarez → CijeliBroj*
  - CijeliBroj × PosmačniZarez × Znakovni → Kazaljka (PosmačniZarez)*



# Sustav obilježja

**CijeliBroj × PosmačniZarez → Kazaljka(PosmačniZarez)**



# Sustav obilježja

- **Sustav vrijednosti obilježja**

- **Skup pravila**

- Pravila pridružuju vrijednosti obilježjima

- **Obilježjima se pridružuju vrijednosti na temelju**

- oznaka leksičkih jedinki

- na primjer, ako ime variable započinje jednim od znakova I do N, onda se obilježju variable pridružuje vrijednost *CijeliBroj*

- sintaksnih cjelina

- na primjer, deklaracija varijabli

- semantičkih pravila

- na primjer, ako se zbraja cjelobrojna varijabla i varijabla s posmačnim zarezom, onda se obilježju izraza pridružuje vrijednost s posmačnim zarezom



# Sustav obilježja

- **Provjera vrijednosti obilježja**

- Ostvaruje se primjenom sustava vrijednosti obilježja
- **Statička**
  - Izvodi se tijekom semantičke analize
- **Dinamička**
  - Izvodi se tijekom izvođenja ciljnog programa
- **Sustav vrijednosti obilježja je valjan**
  - ako je moguće u potpunosti provjeriti vrijednosti obilježja *statički* bez potrebe za dodatnom dinamičkom provjerom
  - ako je sustav vrijednosti obilježja valjan, onda nije moguć nastanak pogreške obilježja tijekom izvođenja ciljnog programa
- **Izvorni jezik je strogo obilježen**
  - ako je moguće izgraditi jezični procesor koji ima valjani sustav vrijednosti obilježja



## Provjera vrijednosti obilježja

- **Provjera vrijednosti obilježja**
  - koristi se atributna prijevodna gramatika
    - **Provjera vrijednosti obilježja naredbi deklaracija**
    - **Provjera vrijednosti obilježja izraza**
    - **Provjera vrijednosti obilježja ulančanih naredbi**

# Provjera vrijednosti obilježja naredbi deklaracija

1.  $\langle D \rangle \rightarrow \langle D \rangle ; \langle D \rangle$
2.  $\langle D \rangle \rightarrow IDN_{Pomak} \langle T \rangle_v$  { TablicaIDN [Pomak].Tip = V }
3.  $\langle T \rangle_v \rightarrow \text{int}$  { V = CijeliBroj }
4.  $\langle T \rangle_v \rightarrow \text{float}$  { V = PosmačniZarez }
5.  $\langle T \rangle_v \rightarrow \text{char}$  { V = Znak }
6.  $\langle T \rangle_v \rightarrow \uparrow \langle T \rangle_{v1}$  { V = Kazaljka(V1) }
7.  $\langle T \rangle_v \rightarrow \text{array } [\langle T \rangle_{v2}] \text{ of } \langle T \rangle_{v1}$  { ako (V2 == CijeliBroj)  
V = Polje(CijeliBroj, V1) }

inače

Ime **char**;

V = Pogreška }

Prezime **char**;

Ulica **char**;

KućniBroj **int**;

Početak  $\uparrow$  **char**;

Popis **array [int] of char**



# Provjera vrijednosti obilježja izraza



## Provjera vrijednosti obilježja ulančanih naredbi

15.  $\langle S \rangle_v \rightarrow \text{IDN}_{v1} = \langle E \rangle_{v2}$

{ ako (  $V1 == V2$  )

$V = \text{BezPogreške}$

inače

$V = \text{Pogreška}$  }

16.  $\langle S \rangle_{v1} \rightarrow \text{if } \langle E \rangle_{v2} \text{ then } \langle S \rangle_{v3}$

{ ako ( ( $V2 == \text{LogičkaVrijednost}$ ) )

$V1 = V3$

inače

$V1 = \text{Pogreška}$  }

17.  $\langle S \rangle_{v1} \rightarrow \text{while } \langle E \rangle_{v2} \text{ do } \langle S \rangle_{v3}$

{ ako (  $V2 == \text{LogičkaVrijednost}$ ) )

$V1 = V3$

inače

$V = \text{Pogreška}$  }

18.  $\langle S \rangle_{v1} \rightarrow \langle S \rangle_{v2}; \langle S \rangle_{v3}$

{ ako ( ( $V2 == \text{BezPogreške}$ )&&( $V3 == \text{BezPogreške}$ ) )

$V1 = \text{BezPogreške}$

inače

$V1 = \text{Pogreška}$  }



# Type Inference

```
fun myFun (w, x, y, z) =  
    if y then w::tl(x) else y::z;  
  
y je tipa bool  
x je tipa lista(a)  
w je tipa a  
w::tl(x) je istog tipa kao y::z  
y::z je tipa lista(bool)  
w je tipa bool  
x i z su tipa lista(bool)
```

# Jednakost vrijednosti obilježja

ako (**Obilježje1 == Obilježje2**)  
    **Obilježje3 = Vrijednost**  
inac̄e  
    **Obilježje3 = Pogreška**

- **Usporedba vrijednosti obilježja**
  - zasniva se na usporedbi njihovih stabala strukture
  - započinje se konstruktorom korijena stabla strukture
  - nastavlja se rekursivno ispitivati čvorove sljedbenike
  - algoritam se ponavlja sve dok se ne usporede listovi stabala strukture
- **Obilježja imaju jednaku vrijednost**
  - listovi su označeni jednakim jednostavnim vrijednostima
  - svi ostali čvorovi istim konstruktorima



# Jednakost vrijednosti obilježja

```
typedef int Temperatura;
typedef int Tlak;
Temperatura TemperaturaZraka;
Temperatura TemperaturaVode;
Tlak TlakZraka;
Tlak TlakVode;
```

- **Jednakost imena**

- Jednaku vrijednost imaju obilježja
  - TemperaturaZraka i TemperaturaVode
  - TlakZraka i TlakVode
- Jednaku vrijednost nemaju obilježja
  - TemperaturaZraka i TlakZraka
  - TemperaturaVode i TlakVode

- **Jednakost strukture**

- Jednaku vrijednost imaju obilježja
  - TemperaturaZraka, TemperaturaVode, TlakZraka i TlakVode



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja konstantnih vrijednosti

**Jednakost(s, t)**

{

ako ( ( **s** i **t** su jednake jednostavne vrijednosti)

|| ( **s** i **t** su ista korisnička imena) )

vrati **ISTINITO**;

inače ako ( ( **s==Polje(s1, s2)** ) && ( **t==Polje(t1, t2)** ) )

vrati ( ( **Jednakost(s1, t1)** ) && (**Jednakost(s2, t2)** ) );

inače ako ( ( **s==Kazaljka(s1)** ) && ( **t==Kazaljka(t1)** ) )

vrati ( **Jednakost(s1, t1)** );

inače ako ( ( **s==s1→s2** ) && ( **t==t1→t2** ) )

vrati ( ( **Jednakost(s1, t1)** ) & ( **Jednakost(s2, t2)** ) );

inače ako ( ( **s==s1×s2** ) && ( **t==t1×t2** ) )

vrati ( ( **Jednakost(s1, t1)** ) & ( **Jednakost(s2, t2)** ) );

inače vrati **NEISTINITO**;

}



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

```
Duljina(Lista)
{
    ako (Lista == PraznaLista)
        vrati (0)
    inače
        vrati (Duljina(Ostatak(Lista))+1);
}
```

*Lista(PosmačniZarez)* → *CijeliBroj*

*Lista(CijeliBroj)* → *CijeliBroj*

*Lista(Znak)* → *CijeliBroj*

*Lista(Lista(Znak))* → *CijeliBroj*

$\forall \alpha. \text{Lista}(\alpha) \rightarrow \text{CijeliBroj}$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

- **Postupak ujednačavanja**
  - Za potrebe ispitivanja jednakosti dva obilježja s varijablama
  - Utvrđivanje jednakosti dva obilježja na način da se varijable u oba obilježja zamijene odgovarajućim zajedničkim vrijednostima
  - Na primjer
    - Obilježje **s**:  $\text{Lista}(\text{Znak}) \rightarrow \text{CijeliBroj}$
    - Obilježje **t**:  $\forall \alpha. \text{Lista}(\alpha) \rightarrow \text{CijeliBroj}$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

- **Uzorci obilježja**
  - Grade se zamjenom variabile konstantnim vrijednostima
  - Na primjer
    - zamjenom varijable  $\alpha$  konstantnim vrijednostima u izrazu  $t$ ;  
$$\forall \alpha. \text{Lista}(\alpha) \rightarrow \text{CijeliBroj}$$
    - grade se sljedeći uzorci obilježja  $S(t)$ ;  
$$\begin{aligned} \text{Lista}(\text{PosmačniZarez}) &\rightarrow \text{CijeliBroj} \\ \text{Lista}(\text{CijeliBroj}) &\rightarrow \text{CijeliBroj} \\ \text{Lista}(\text{Znak}) &\rightarrow \text{CijeliBroj} \\ \text{Lista}(\text{Lista}(\text{Znak})) &\rightarrow \text{CijeliBroj} \end{aligned}$$



- **Najopćenitija zamjena**
  - Zahtjeva se da za izgrađene obilježja s varijablama  $S(t1)$  i  $S(t2)$  vrijedi:
    1.  $S(t1) = S(t2)$
    2. Za bilo koju drugu zamjenu  $S'$  za koju vrijedi  $S'(t1) = S'(t2)$  vrijednosti obilježja  $S'(t1)$  i  $S'(t2)$  su uzorci obilježja  $S(t1)$  i  $S(t2)$

## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

*Obilježje*

*Izraz obilježja*

<i>t</i>	$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$
<i>v</i>	$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$

*S*

$S(t) = S(v)$

$S(\alpha_1) = \beta_3$	$(Lista(\beta_3) \times (\beta_3 \rightarrow \beta_4)) \rightarrow Kazaljka(\beta_4)$
$S(\alpha_2) = \beta_4$	
$S(\alpha_3) = \beta_3$	
$S(\alpha_4) = \beta_4$	
$S(\alpha_5) = Kazaljka(\beta_4)$	

*S'*

$S'(t) = S'(v)$

$S'(\alpha_1) = \beta$	$(Lista(\beta) \times (\beta \rightarrow \beta)) \rightarrow Kazaljka(\beta)$
$S'(\alpha_2) = \beta$	
$S'(\alpha_3) = \beta$	
$S'(\alpha_4) = \beta$	
$S'(\alpha_5) = Kazaljka(\beta)$	

## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

- **Čvorovi stabla:**
  - **OznakaČvora( )**
    - *Vrijednost*
    - *Klasa*
    - *KazaljkaLijevogČvora*
    - *KazaljkaDesnogČvora*
    - *KazaljkaČvoraPredstavnika*
  - **Listovi stabla:**
    - **OznakaČvora( )**
      - *Vrijednost*
      - *Klasa*
      - *KazaljkaČvoraPredstavnika*



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$

1( $\rightarrow$ , Konst., 2, 3, NUL)

9( $\rightarrow$ , Konst., 10, 11, NUL)

2( $\times$ , Konst., 4, 5, NUL)

3(Kazaljka, Konst., 7, -, NUL)

10( $\times$ , Konst., 12, 13, NUL)

11( $\alpha_5$ , Varijabla, NUL)

4(Lista, Konst., 8, -, NUL)

5( $\rightarrow$ , Konst., 6, 7, NUL)

12(Lista, Konst., 8, -, NUL)

13( $\rightarrow$ , Konst., 8, 14, NUL)

6( $\alpha_1$ , Varijabla, NUL)

7( $\alpha_2$ , Varijabla, NUL)

8( $\alpha_3$ , Varijabla, NUL)

14( $\alpha_4$ , Varijabla, NUL)



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

```
Združi(x,y)                                // x - ČvorPredstavnik grupe čvorova G1
{                                                 // y - ČvorPredstavnik grupe čvorova G2
    ako (x.Klasa != Varijabla)
        y.ČvorPredstavnik = x.OznakaČvora;   // x – novi ČvorPredstavnik
    inače
        x.ČvorPredstavnik = y.OznakaČvora;   // y – novi ČvorPredstavnik
}
Pronađi(z)
{
    ako (z.KazaljkaČvoraPredstavnika == NUL)
        vratи z.OznakaČvora;
    inače
        Pronađi(z.KazaljkaČvoraPredstavnika);
}
```

## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

Ujednači(x, y)

{

v = Pronadi(x); -

w = Pronadi(y); —

ako (v == w)

vrati ISTINITO;

inače ako ((v.Klasa==JednostavnaVrijednost)&&(w.Klasa==JednostavnaVrijednost)  
&&(v.Vrijednost==w.Vrijednost))

vrati ISTINITO;

inače ako ((v.Klasa==Korisničkolme)&&(w.Klasa==Korisničkolme)  
&&(v.Vrijednost ==w.Vrijednost))

vrati ISTINITO;

inače ako ((v.Klasa==Varijabla)|||w.Klasa==Varijabla))

{

Združi(v,w);

vrati ISTINITO;

}



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

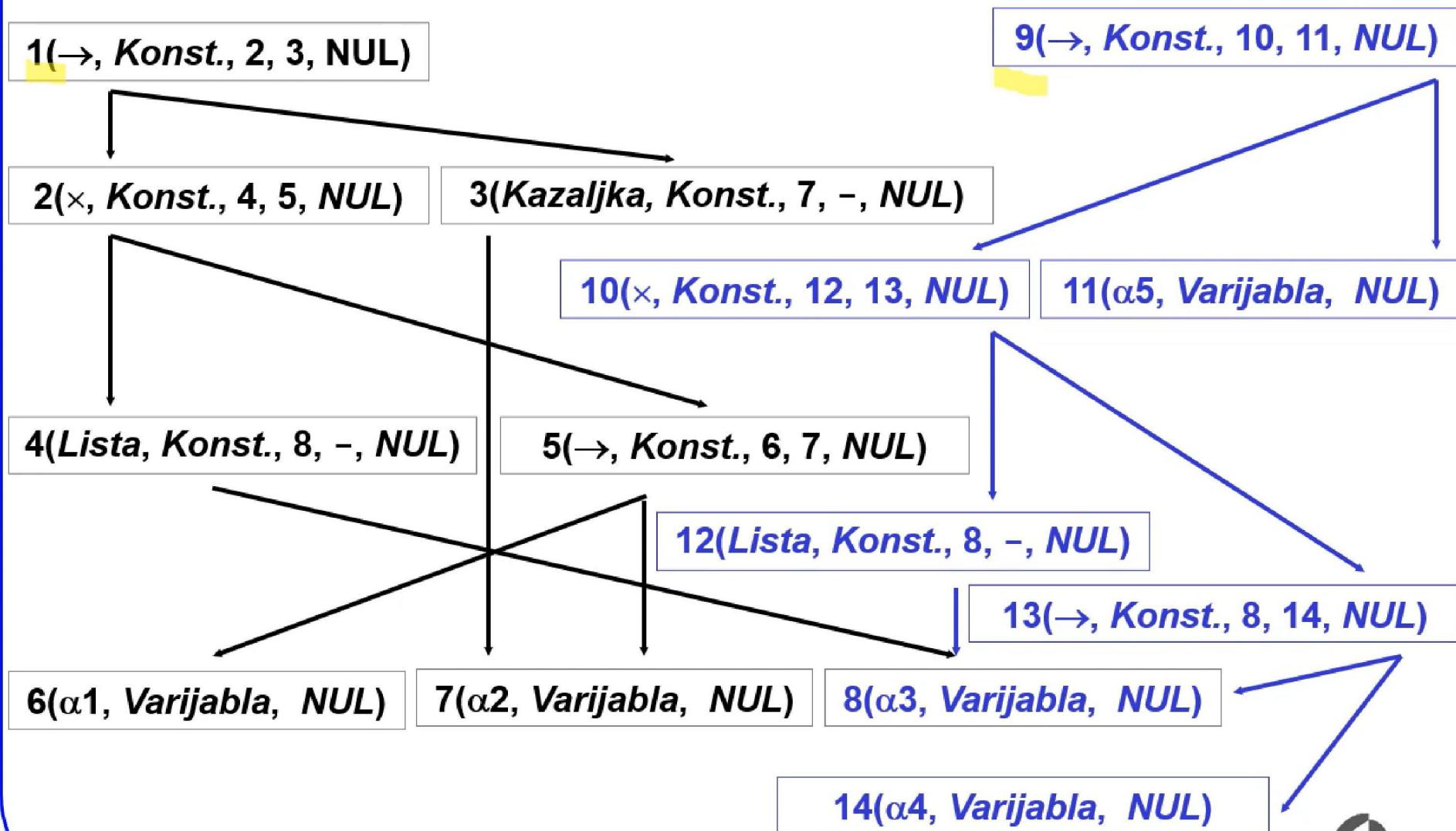
```
inače ako ((v.Klasa==Konstruktor)&&(w.Klasa==Konstruktor)
           &&(v.Vrijednost ==w.Vrijednost))
{
    Združi(v,w);
    vrati ((Ujednači(v. KazaljkaLijevogČvora,w.KazaljkaLijevogČvora))
           &&(Ujednači(v.KazaljkaDesnogČvora,w. KazaljkaDesnogČvora)));
}
inače
    vrati NEISTINITO;
}
```



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

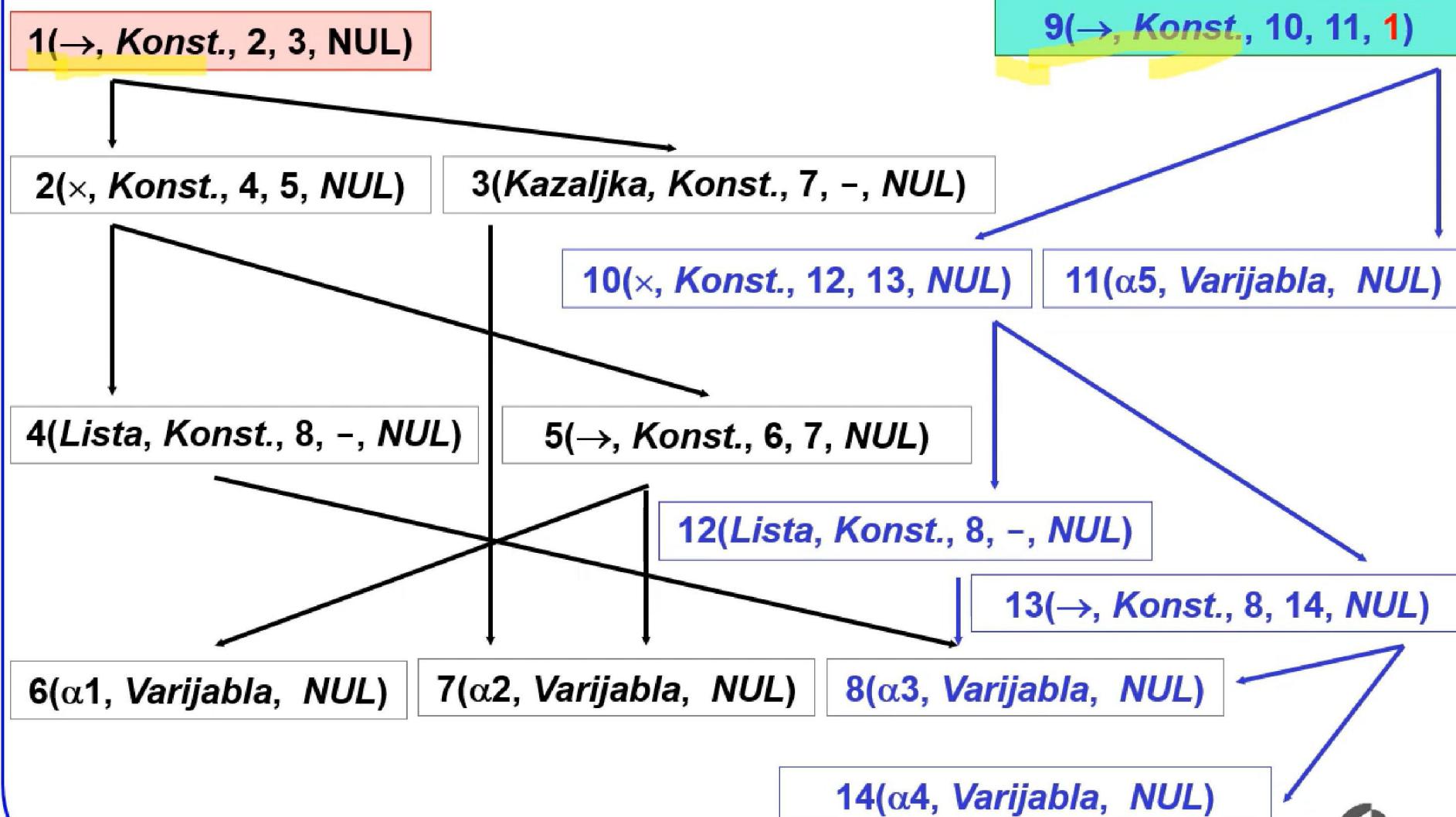
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

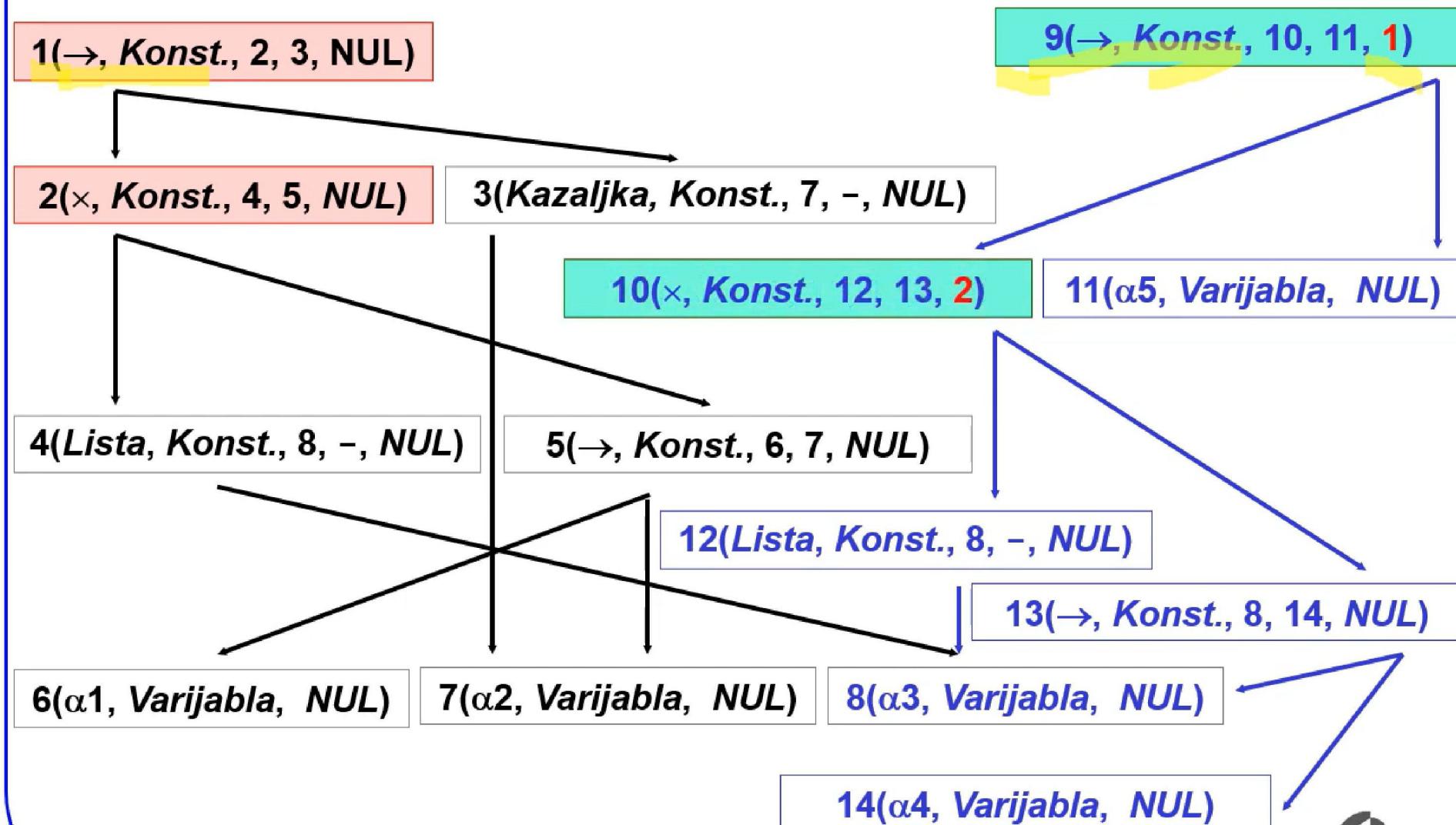
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

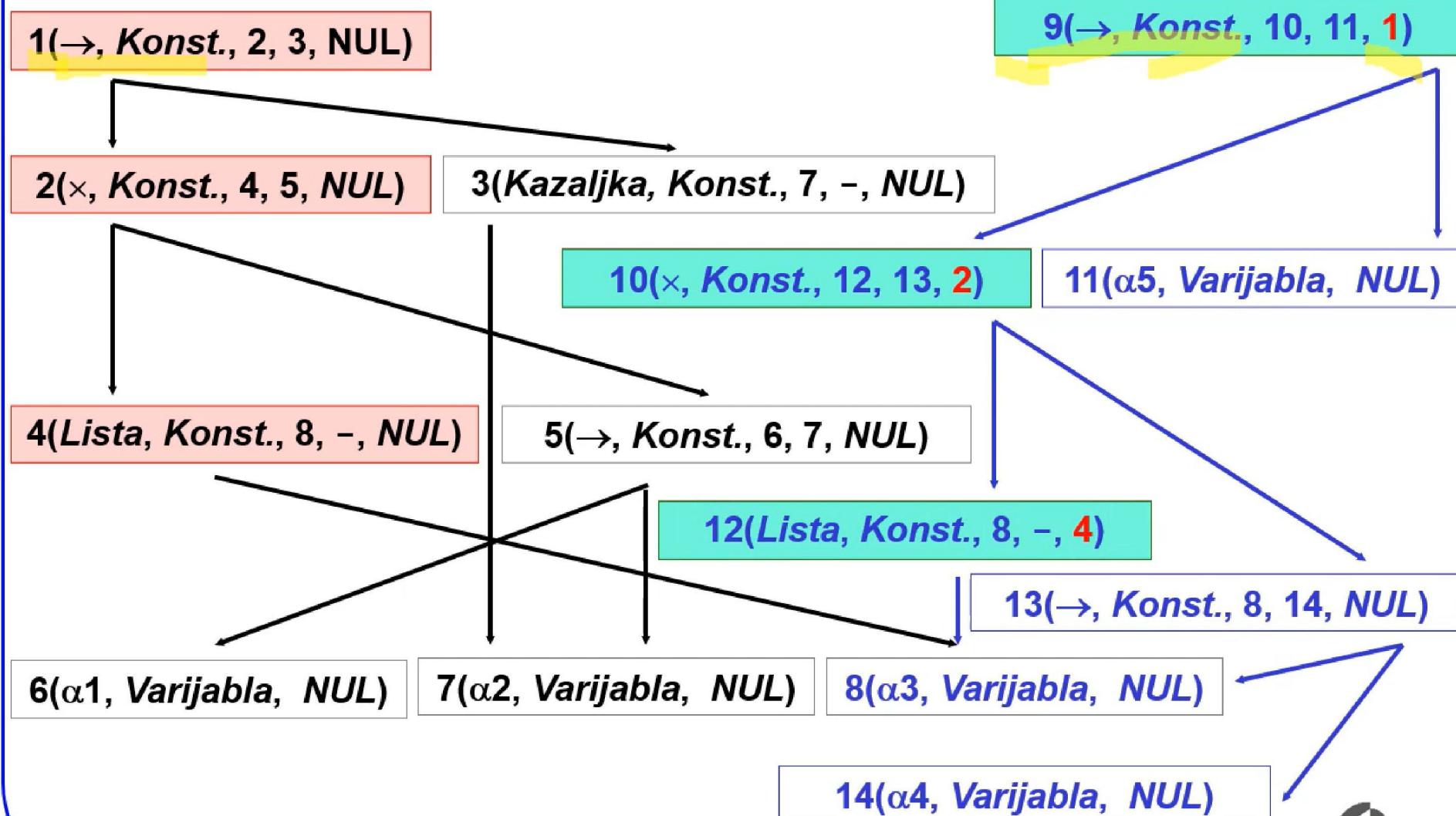
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

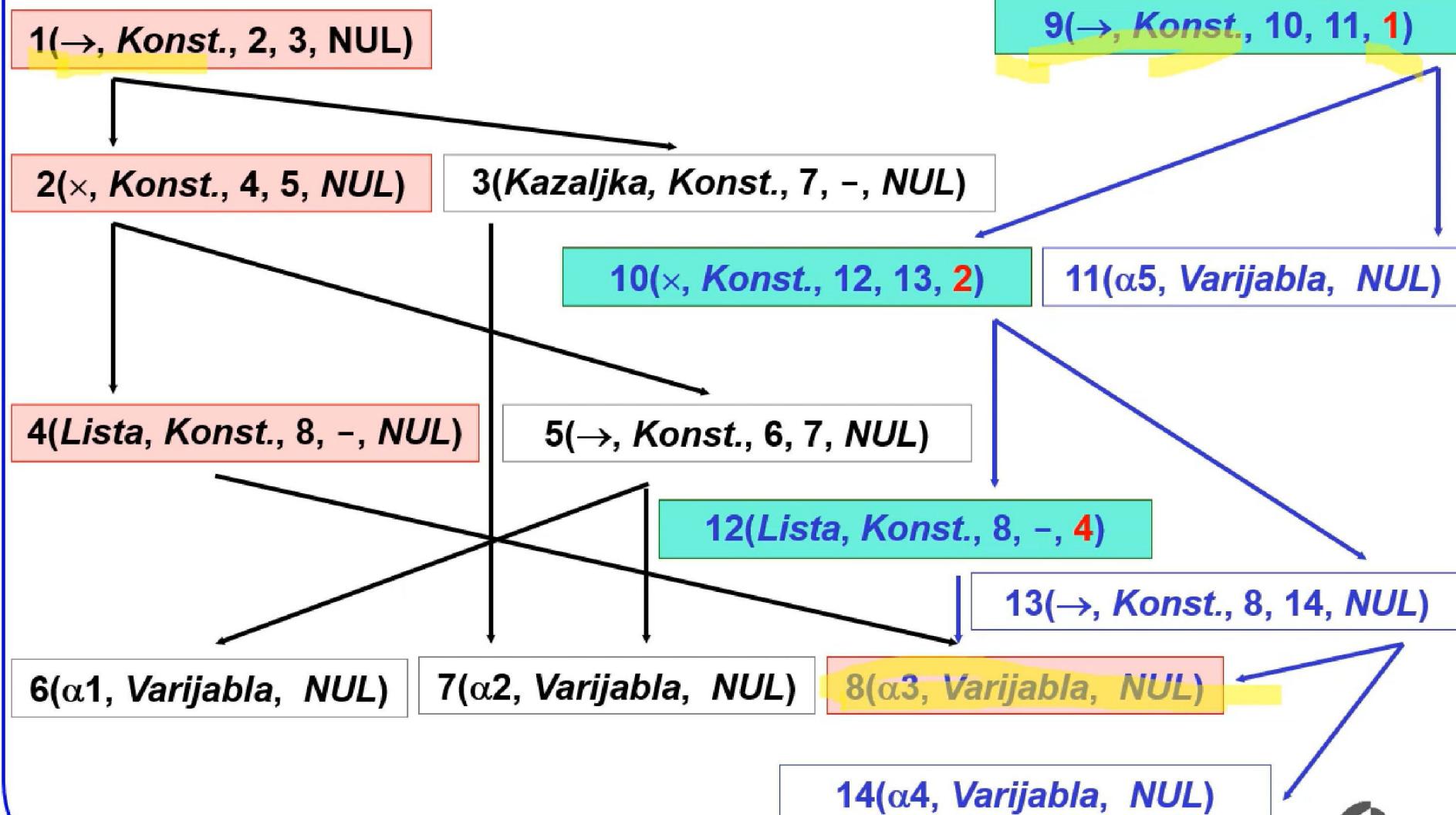
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

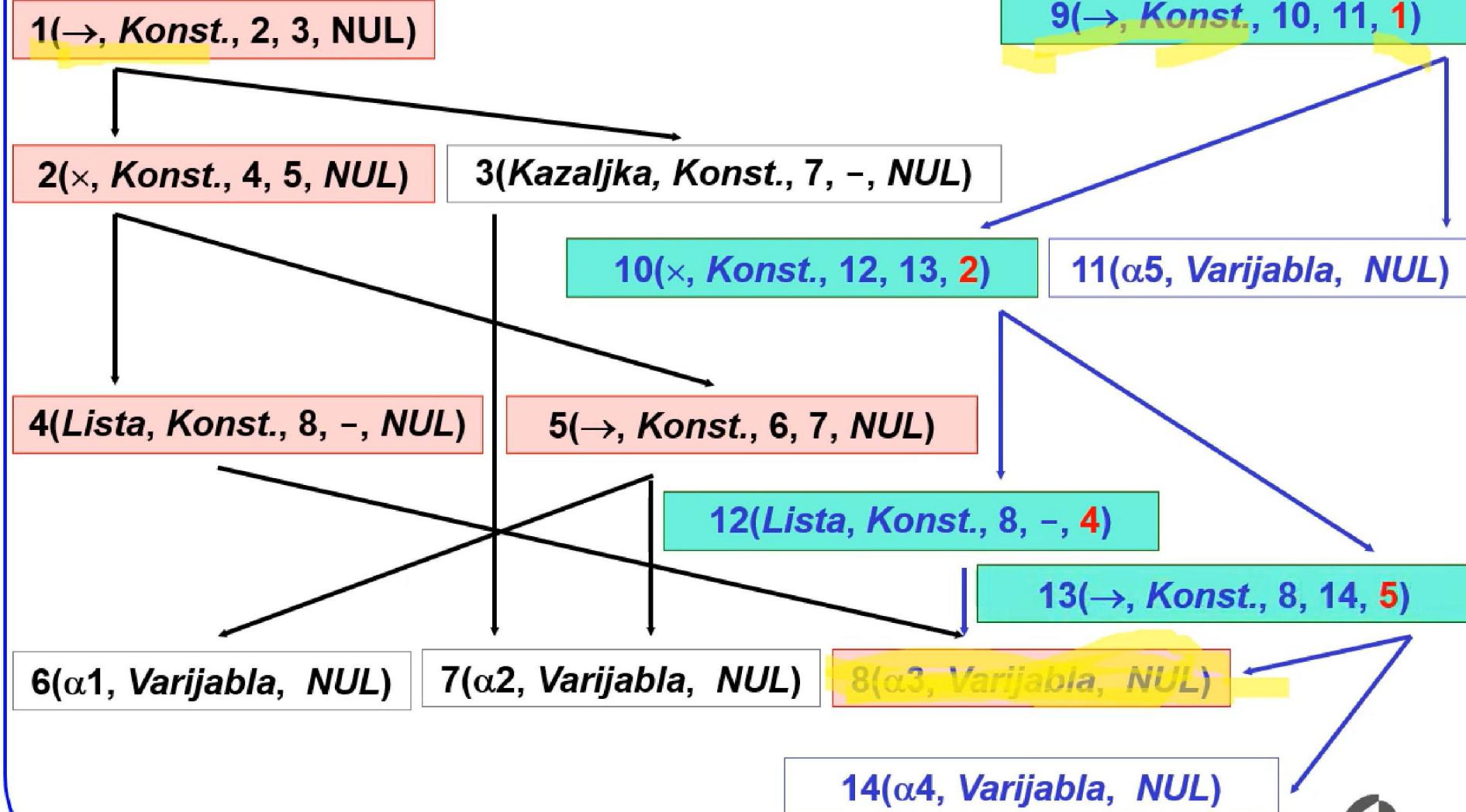
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

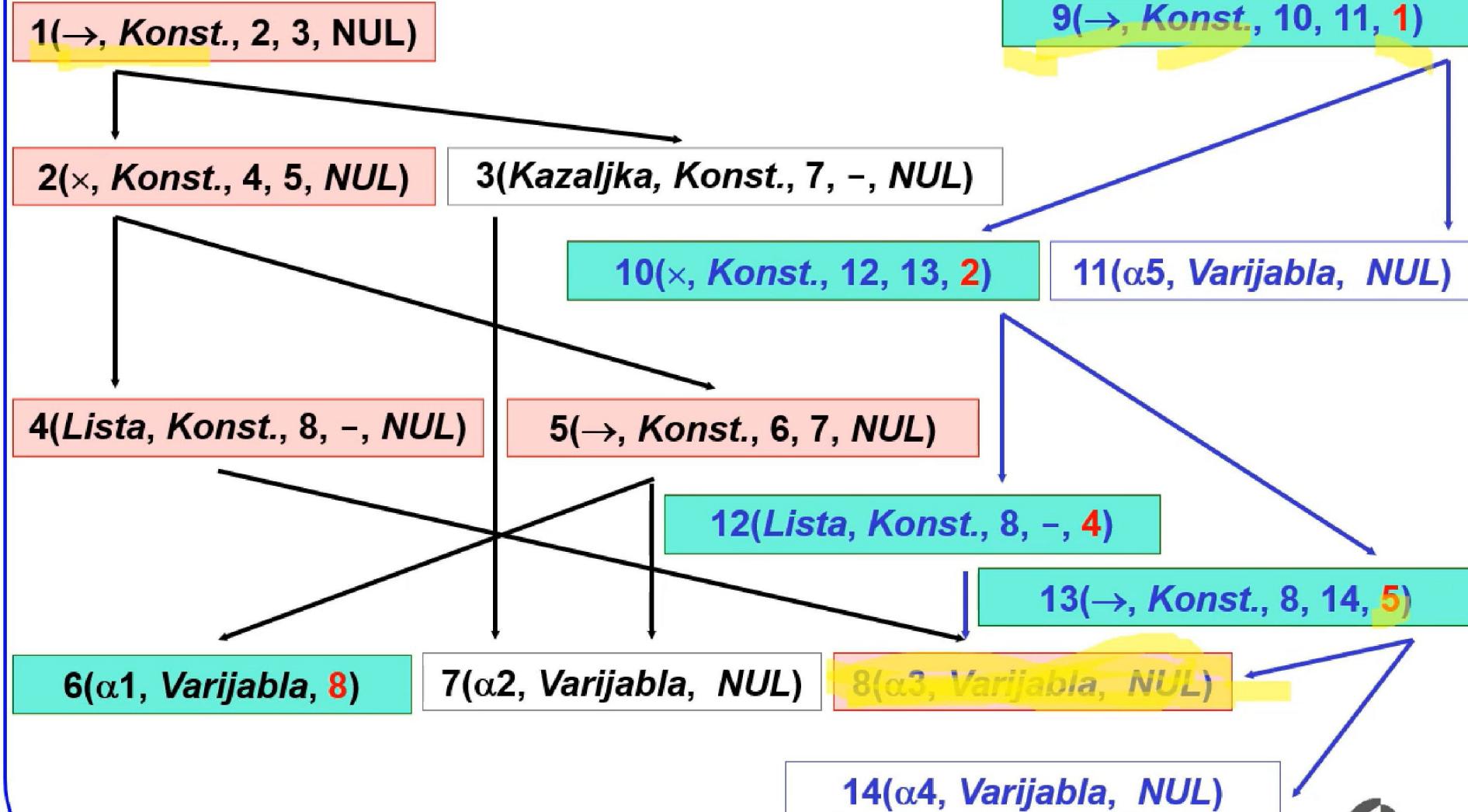
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

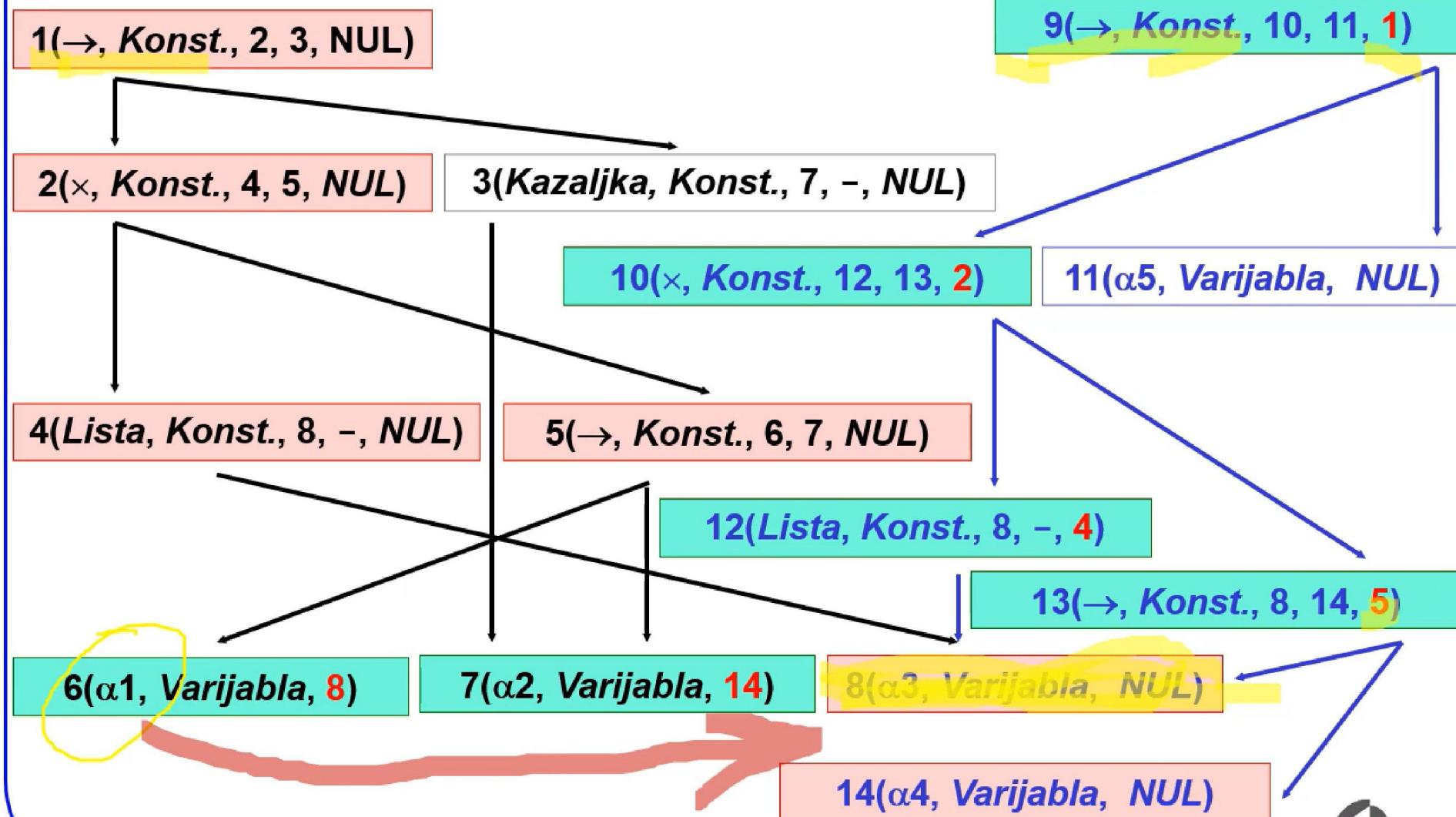
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

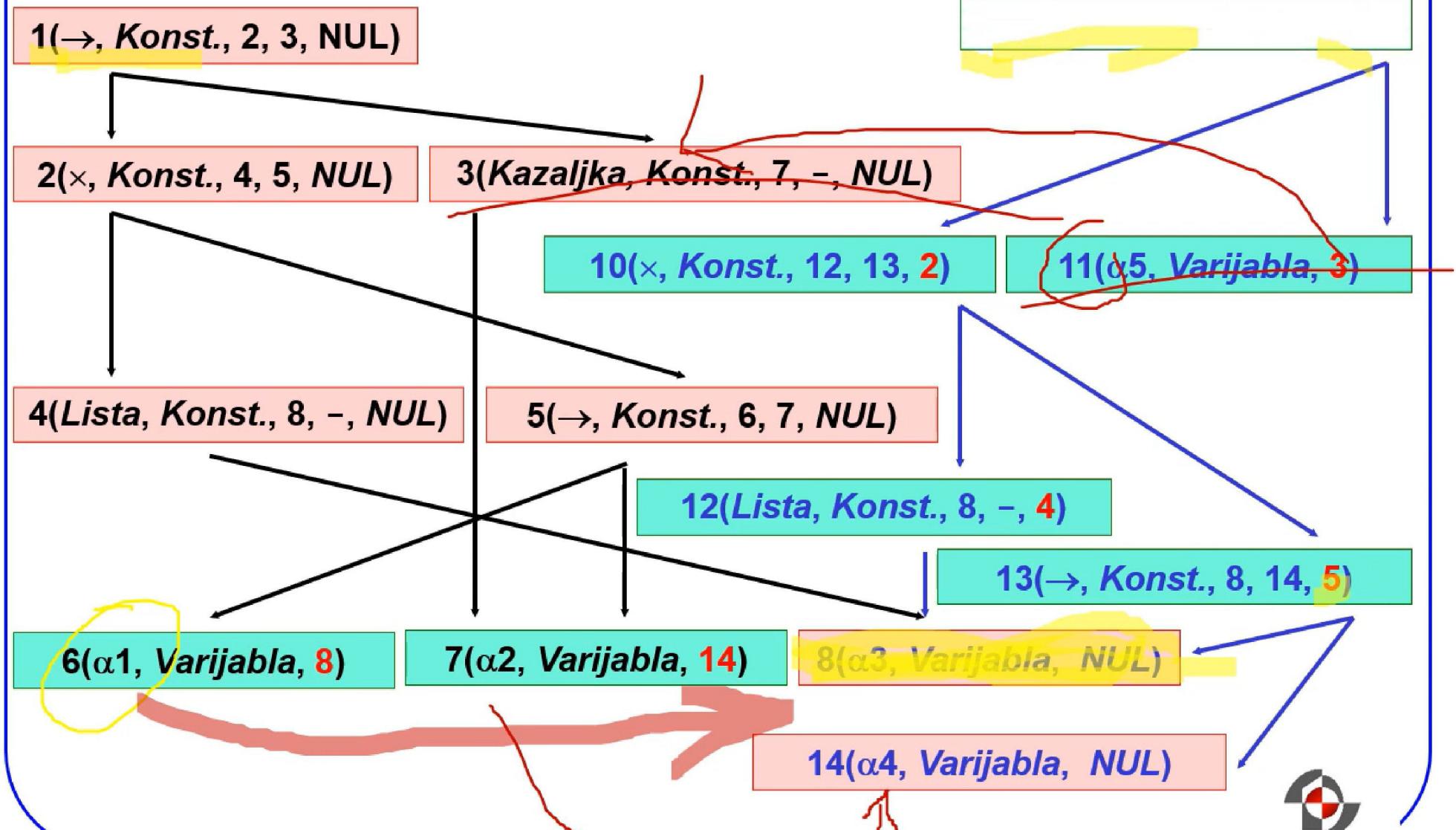
$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$



## Algoritam ispitivanja jednakosti obilježja promjenjivih vrijednosti

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_2)$

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow \alpha_5$

1( $\rightarrow$ , Konst., 2, 3, NUL)

2( $\times$ , Konst., 4, 5, NUL)

3(Kazaljka, Konst., 7, -, NUL)

4(Lista, Konst., 8, -, NUL)

5( $\rightarrow$ , Konst., 6, 7, NUL)

8( $\alpha_3$ , Varijabla, NUL)

14( $\alpha_4$ , Varijabla, NUL)

$(Lista(\alpha_3) \times (\alpha_3 \rightarrow \alpha_4)) \rightarrow Kazaljka(\alpha_4)$

