

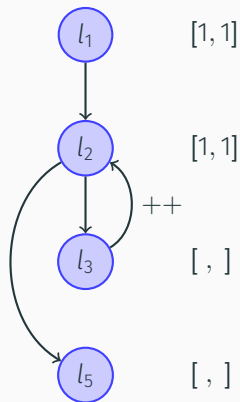
Aplikace grafových algoritmů v abstraktní interpretaci

Tomáš Dacík

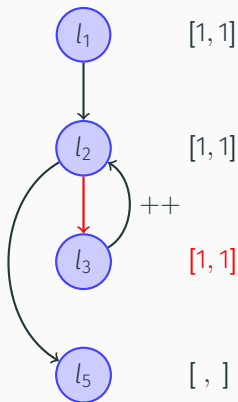
17. prosince 2020

- Metoda pro statickou analýzu programů
- Definuje obecný rámec, který je potřeba doplnit **abstraktní doménou** a operacemi nad ní
- Vede na řešení soustavy rovnic, na které lze také pohlížet jako na výpočet nad grafem

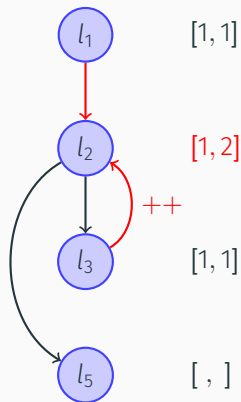
```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



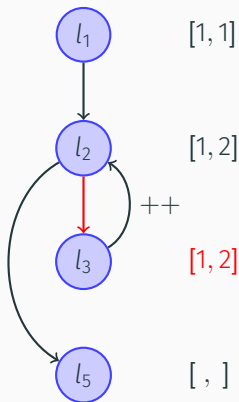
```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



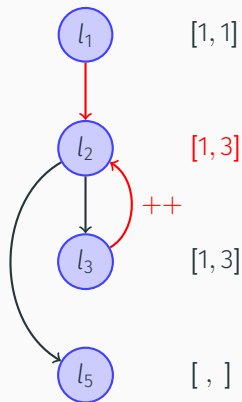
```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



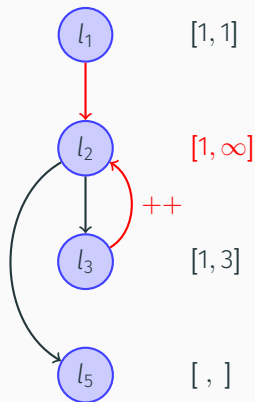
```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



```
1  int i = 1;  
2  while (*) {  
3    i++;  
4  }  
5  return i;
```



Slabé topologické uspořádání

Hierarchické uspořádání

Hierarchické uspořádání množiny M je dobře uzávorkovaná permutace M bez dvou po sobě jdoucích "(".

Příklad: $M = \{1, 2, 3, 4, 5\}$:

1 (2 (3 4)) 5

- Prvky mezi odpovídajícími závorkami nazýváme **komponenty**
- Komponenta je identifikována svým nejlevějším prvkem – **hlavou**
- $\omega(c)$ značí hlavy komponent, ve kterých leží c ($\omega(3) = \{2, 3\}$)

Hierarchické uspořádání

Hierarchické uspořádání množiny M je dobře uzávorkovaná permutace M bez dvou po sobě jdoucích " $()$ ".

Slabé topologické uspořádání (WTO)

Slabé topologické uspořádání grafu $G = (V, E)$ je hierarchické uspořádání na množině V takové, že pro každou hranu $(u, v) \in E$ platí:

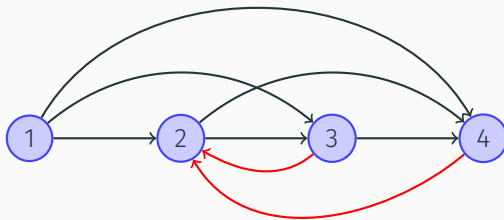
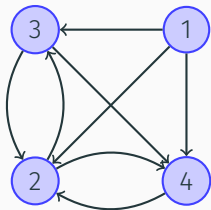
$$u \prec v \vee (v \preceq u \wedge v \in \omega(u))$$

Slabé topologické uspořádání

Slabé topologické uspořádání (WTO)

Slabé topologické uspořádání grafu $G = (V, E)$ je hierarchické uspořádání na množině V takové, že pro každou hranu $(u, v) \in E$ platí:

$$u \prec v \vee (v \preceq u \wedge v \in \omega(u))$$



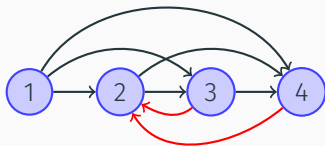
1 (2 3 4)

Slabé topologické uspořádání

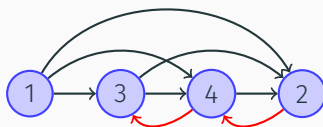
Slabé topologické uspořádání (WTO)

Slabé topologické uspořádání grafu $G = (V, E)$ je hierarchické uspořádání na množině V takové, že pro každou hranu $(u, v) \in E$ platí:

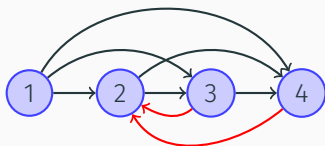
$$u \prec v \vee (v \preceq u \wedge v \in \omega(u))$$



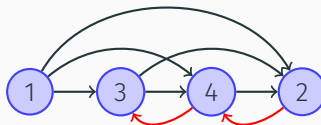
1 (2 3 4)



1 (3 (4 2))



1 (2 3 4)



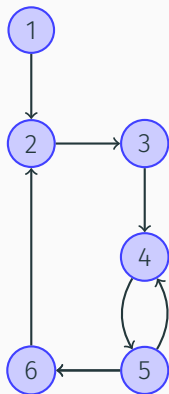
1 (3 (4 2))

- Nad-aproximaci stačí provést pouze v hlavách komponent
- Rekurzivní iterační strategie definována WTO: $1 [3 [4 2]^*]^*$

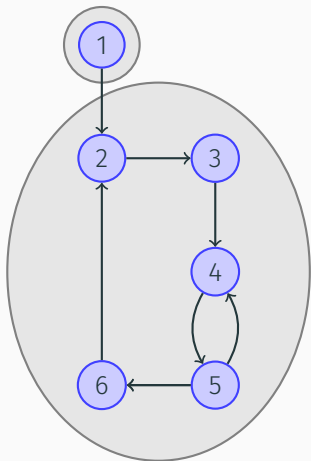
Obecný algoritmus pro výpočet WTO

- Algoritmus fungující pro obecné orientované grafy
- Kubická časová složitost
- Založen na rekurzivním rozkladu na silně souvislé komponenty

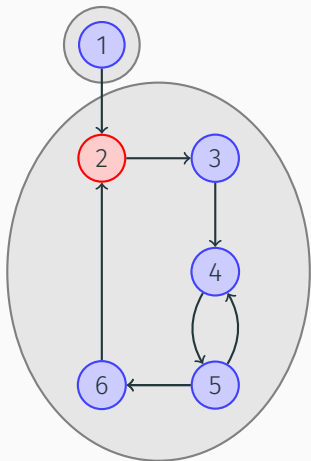
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



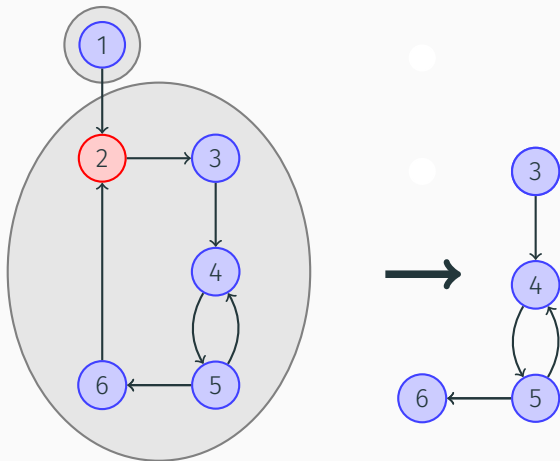
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



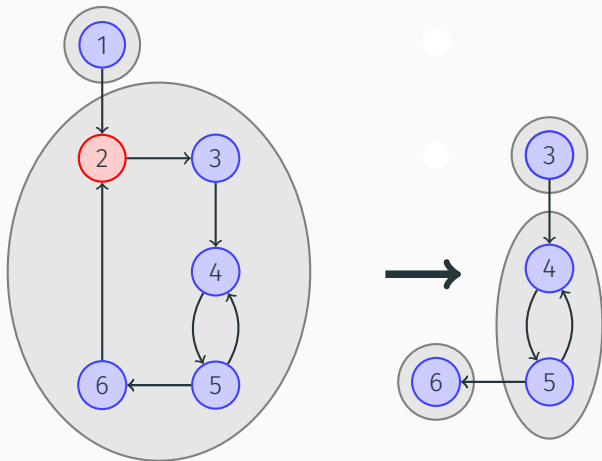
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



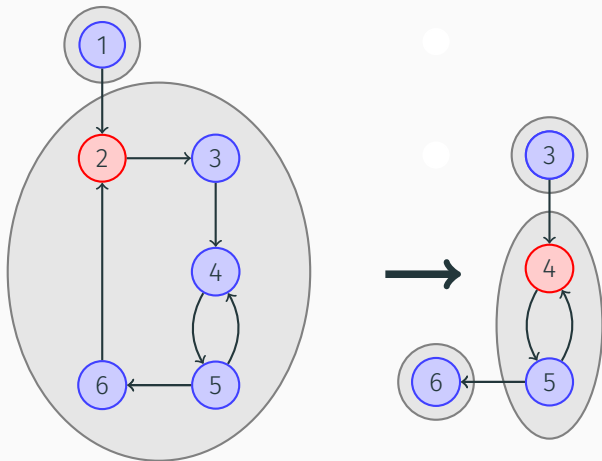
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



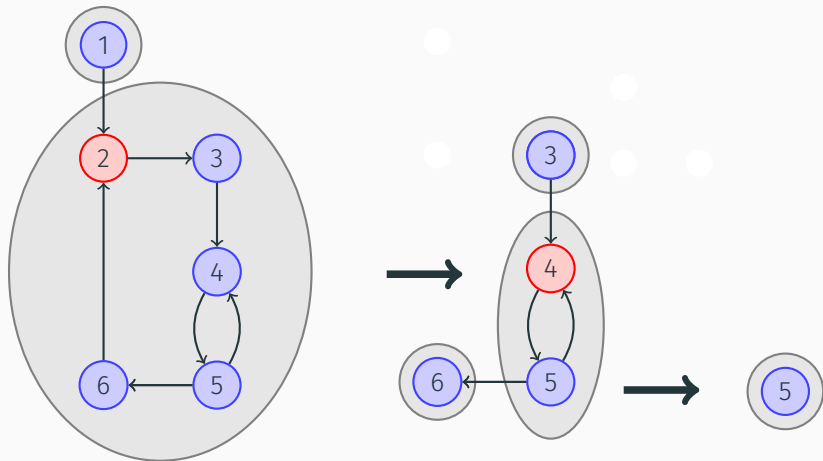
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



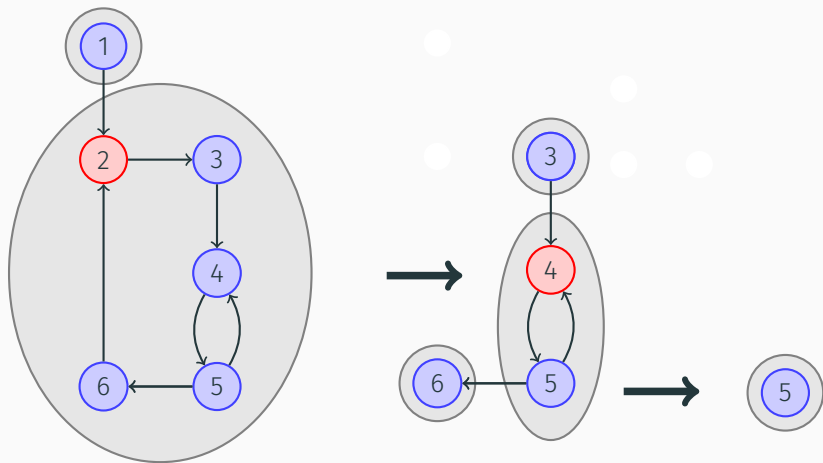
Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



Rekurzivní rozklad na silně souvislé komponenty



1 (2 3 (4 5) 6)

- WTO zobecňuje klasické topologické uspořádání
- Algoritmus je využit v moderních nástrojích pro AI jako **Frama-C** nebo **Facebook Infer**