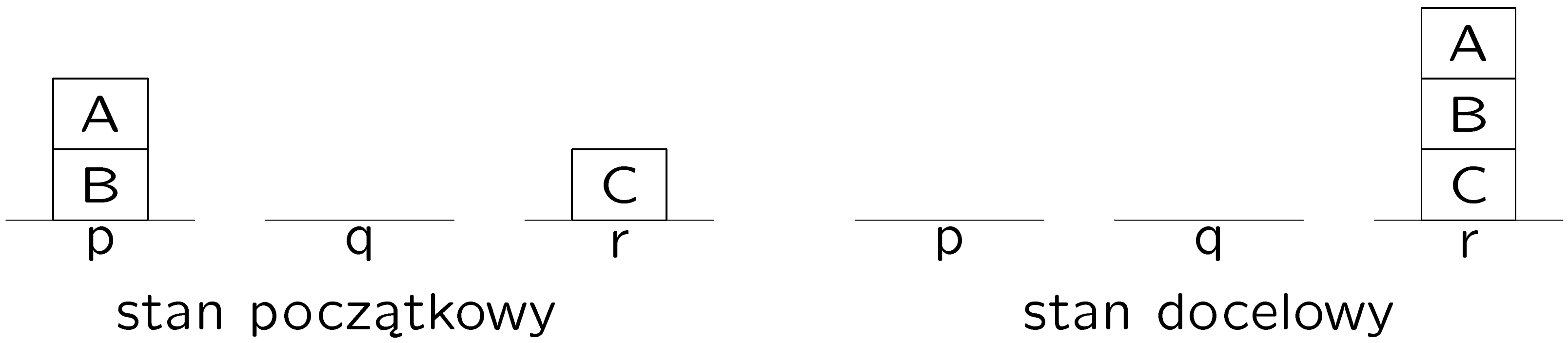
## Planowanie w rachunku sytuacyjnym

**Problem planowania:** dany jest stan początkowy, stan docelowy oraz zbiór akcji przeprowadzających jeden stan w inny. Zadanie polega na skonstruowaniu planu czyli znalezieniu sekwencji akcji, która przeprowadza stan początkowy w stan docelowy.

## Przykład

Planowanie w świecie klocków. Mamy 3 klocki $A, B, C$, które mogą być przenoszone oraz 3 pola $p, q, r$ którymi nie można manipulować.



**Akcje:**
*przenieś(x,y,z)* – polega na przeniesieniu $x$ z $y$ na $z$.

Akcja ta może być wykonana jeśli:

- $x$ jest ruchome
- $x$ i $z$ są wolne
- $x$ jest różne od $z$

Efekt akcji:

- $x$ leży na $z$
- $y$ jest wolne

**Problem tła:**
Chcemy wyrazić jako stwierdzenie, że wszystko co było prawdziwe w poprzednim stanie pozostaje prawdziwe w nowym stanie, z wyjątkiem pewnych zdań (wymienionych konkretnie), o których wiemy, że już nie zachodzą.

Te zdania to:

- $x$ leży na $y$
- $z$ jest wolne

# Reprezentacja

Przyjmujemy konwencję, w której stany oraz zdania są reprezentowane jako *termy*. Będziemy używać specjalnych symboli predykatowych oraz funkcyjnych.

- *Spełnione*$(x, y)$
  oznacza, że zdanie $x$ jest prawdziwe w sytuacji $y$

- *Możliwe*$(x)$
  oznacza, że sytuacja $x$ jest możliwa do osiągnięcia

- *wynik*$(a, s)$
  oznacza sytuację uzyskaną w efekcie zastosowania akcji $a$ do stanu $s$

# Wybór języka reprezentacji

- *na(x,y)* – $x$ leży na $y$
- *wolne(x)* – $x$ jest wolne
- *Ruchome(x)* – $x$ może być przenoszony
- *Różne (x,y)* – $x$ jest różne od $y$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) $\mathit{Możliwe}(0) \Leftarrow$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) *Możliwe*(0)$\Leftarrow$

(2) *Spełnione*(na(A,B),0)$\Leftarrow$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) $\mathit{Możliwe}(0) \Leftarrow$

(2) $\mathit{Spełnione}(\mathrm{na}(A,B),0) \Leftarrow$

(3) $\mathit{Spełnione}(\mathrm{na}(B,p),0) \Leftarrow$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) *Możliwe*(0)$\Leftarrow$

(2) *Spełnione*(na(A,B),0)$\Leftarrow$

(3) *Spełnione*(na(B,p),0)$\Leftarrow$

(4) *Spełnione*(na(C,r),0)$\Leftarrow$

# Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) *Możliwe*(0)$\Leftarrow$

(2) *Spełnione*(na(A,B),0)$\Leftarrow$

(3) *Spełnione*(na(B,p),0)$\Leftarrow$

(4) *Spełnione*(na(C,r),0)$\Leftarrow$

(5) *Spełnione*(wolne(A),0)$\Leftarrow$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) $\mathit{Możliwe}(0) \Leftarrow$

(2) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(A,B),0) \Leftarrow$

(3) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(B,p),0) \Leftarrow$

(4) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(C,r),0) \Leftarrow$

(5) $\mathit{Spełnione}(\text{wolne}(A),0) \Leftarrow$

(6) $\mathit{Spełnione}(\text{wolne}(q),0) \Leftarrow$

## Przykład cd.

Stan początkowy 0

(1) $\mathit{Możliwe}(0) \Leftarrow$

(2) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(A,B),0) \Leftarrow$

(3) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(B,p),0) \Leftarrow$

(4) $\mathit{Spełnione}(\text{na}(C,r),0) \Leftarrow$

(5) $\mathit{Spełnione}(\text{wolne}(A),0) \Leftarrow$

(6) $\mathit{Spełnione}(\text{wolne}(q),0) \Leftarrow$

(7) $\mathit{Spełnione}(\text{wolne}(C),)) \Leftarrow$

Asercje nie związane ze stanem

(8) $Ruchome(A) \Leftarrow$

(9) $Ruchome(B) \Leftarrow$

(10) $Ruchome(C) \Leftarrow$

Asercje nie związane ze stanem

(8) $Ruchome(A) \Leftarrow$

(9) $Ruchome(B) \Leftarrow$

(10) $Ruchome(C) \Leftarrow$

Stan docelowy

(11) $\Leftarrow$*Spełnione*(na(A,B),s), *Spełnione*(na(B,C),s),
*Spełnione*(na(C,r),S), *Możliwe*(s)

Warunki wykonalności

(12) *Możliwe*(*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$*Możliwe*(s), Ruchome(x), Różne(x,z), *Spełnione*(wolne(x),s), *Spełnione*(wolne(z),s), *Spełnione*(na(x,y),s)

Warunki wykonalności

(12) *Możliwe*(*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$*Możliwe*(s), Ruchome(x), Różne(x,z), *Spełnione*(wolne(x),s), *Spełnione*(wolne(z),s), *Spełnione*(na(x,y),s)

Efekty akcji

(13) *Spełnione*(na(x,z),*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$

Warunki wykonalności

(12) *Możliwe*(*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$*Możliwe*(s), Ruchome(x), Różne(x,z), *Spełnione*(wolne(x),s), *Spełnione*(wolne(z),s), *Spełnione*(na(x,y),s)

Efekty akcji

(13) *Spełnione*(na(x,z),*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$

(14) *Spełnione*(wolne(y),*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$

Warunki wykonalności

(12) *Możliwe*(*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$*Możliwe*(s), Ruchome(x),
Różne(x,z), *Spełnione*(wolne(x),s), *Spełnione*(wolne(z),s),
*Spełnione*(na(x,y),s)

Efekty akcji

(13) *Spełnione*(na(x,z),*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$

(14) *Spełnione*(wolne(y),*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$

Aksjomaty tła

(15) *Spełnione*(u,*wynik*(przenies(x,y,z),s))$\Leftarrow$*Spełnione*(u,s),
Różne(u,na(x,y)), Różne(u,wolne(z))

Pozostało zdefiniować predykat *Różne*.
Możemy to zrobić pisząc klauzule postaci:

- *Różne(s,t)*$\Leftarrow$

dla każdej pary termów $s$ i $t$, które nie pasują do siebie.

Rozwiązanie takie jest jednak niepraktyczne. Zastosowane podejście sugeruje rozwiązanie niemonotoniczne, czyli użycie *negacji przez zawód*. Dodajemy klauzule

(16) Różne(x,y)$\Leftarrow\neg$ (x=y)

(17) x=x$\Leftarrow$

## Reprezentacja tła w logice domniemań

Predykat *Różne* definiujemy jako domniemanie:

$$\frac{:\neg(x = y)}{\textit{Różne}(x, y)}$$

## Problemy w zastosowaniu logik niemonotonicznych do reprezentacji tła

**Przykład:**
Rozważmy teorię składającą się z następujących aksjomatów:

1. *Spełnione*(ż,S0)$\wedge$*Spełnione*(n,S0)
2. $\forall s.$ *Spełnione*(n,s)$\Rightarrow$ *Spełnione*(m,*wynik*(shoot,s))
3. $\forall s.$ *Spełnione*(n,s) $\Rightarrow$Ab(shoot,ż,s)
4. $\forall a, f, s.$ *Spełnione*(f,s)$\wedge\neg$ Ab(a,f,s)$\Rightarrow$ *Spełnione*(f,*wynik*(a,s))
5. $\frac{:\neg \text{Ab(a,f,s)}}{\neg \text{Ab(a,f,s)}}$

ż - oznacza *indyk jest żywy*

n - oznacza *strzelba jest naładowana*

m - oznacza *indyk jest martwy*

Interesuje nas czy indyk żyje po wykonaniu sekwencji działań:

*wait;shoot*

gdzie *wait* nic nie robi, a *shoot* powoduje zabicie indyka, jeśli strzelba była naładowana w sytuacji początkowej.
Otrzymujemy następujący ciąg sytuacji:

S0; S1=*wynik*(wait,S0); S2=*wynik*(shoot,S1)

Po wygenerowaniu instancji domniemania dla sytuacji S0 i S1 oraz *wait* i *shoot* dostajemy

5a $\dfrac{:\neg \mathrm{Ab(wait,ż,S0)}}{\neg \mathrm{Ab(wait,ż,S0)}}$

5b $\dfrac{:\neg \mathrm{Ab(wait,n,S0)}}{\neg \mathrm{Ab(wait,n,S0)}}$

5c $\dfrac{:\neg \mathrm{Ab(shoot,ż,S1)}}{\neg \mathrm{Ab(shoot,ż,S1)}}$

Stosując 5a i 5b dostajemy
¬Ab(wait,ż,S0) oraz ¬Ab(wait,n,S0).
Z 4 zastosowanego dwukrotnie dostajemy
*Spełnione*(ż,S1) i *Spełnione*(n,S1).
Stosując 3 wyprowadzamy Ab(shoot,ż,S1), a z 2 wynika
*Spełnione*(m,S2).

Jest to zgodne z oczekiwaniem. Ale...
jeśli zaczniemy od domniemania 5a i 5c, dostajemy

$\neg$Ab(wait,ż,S0)

co pozwala wyprowadzić

*Spełnione*(ż,S1), jak poprzednio,

oraz $\neg$Ab(shoot,ż,S1),
z czego na mocy 3 wynika

$\neg$*Spełnione*(n,S1).

Formuła ta blokuje wyprowadzenie

$\neg$Ab(wait,n,S0).

Z kolei z $\neg$Ab(shoot,ż,S1) i *Spełnione*(ż,S1) na mocy 4 dostajemy

*Spełnione*(ż,S2).

Tak więc, teoria ta ma 2 rozszerzenia. W jednym zachodzi *Spełnione*(m,S2), a w drugim *Spełnione*(ż,S2). Nie możemy więc stwierdzić jednoznacznie, że indyk nie żyje w sytuacji S2.