Rappresentare le azioni

"Le azioni non sono rappresentabili in termini di relazioni Is-a e Part-of"

Planning

- Molte applicazioni dei sistemi di inferenza concernono il **decidere quali azioni eseguire**, tipicamente per raggiungere un obiettivo
- **Pianificare** significa costruire una sequenza di azioni per soddisfare un certo fine
- Un **problema di pianificazione** include la specifica degli elementi di interesse del mondo, delle azioni a disposizione, degli obiettivi

Planning

- Il mondo è descritto da un insieme di variabili: tipicamente è espresso nel linguaggio **PDDL** (Planning Domain Definition Language)
- Uno stato è una **congiunzione di atomi ground**, in cui non compaiono funzioni, esempio: *At(Camion1, Bari) ∧ At(Camion2, Lecce)*
- La azioni sono descritte in maniera schematica e hanno un impatto limitato sul mondo
- In generale, in un certo stato solo un sottoinsieme delle azioni sarà applicabile e di queste solo una sarà applicata
- Se l'azione scelta viene applicata realmente subito nel mondo reale potrebbe non esserci possibilità di backtracking

Azioni – Situation Calculus

- La rappresentazione e il ragionamento su azioni si basa spesso sul **Situation Calculus**, una rappresentazione logica che identifica i concetti base di:
  - **Azione:** qualcosa che viene compiuto e influenza il mondo
  - **Situazione**: stati derivanti dall'esecuzione di qualche azione
  - **Fluente**: proprietà che può cambiare valore (fluire)
  - **Predicato atemporale** (eterno): sono funzioni o predicati il cui calcolo non è influenzato dalle azioni

Fluente

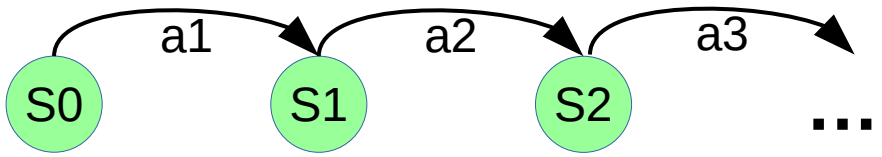
- Relazione o proprietà che può cambiare valore con l'esecuzione di azioni
- Viene specificata fra i suoi parametri la **situazione**, esempi:
  - **Adjacent(R1, R2, s)**: R1 e R2 sono adiacenti nella situazione s
  - **Holds(At(R, Loc), s)**: R si trova in posizione Loc nella situazione s

Azione

- Rappresenta qualcosa che viene compiuto
- In un contesto mono-agente non occorre indicare chi sia l'attore
  - **Esempio**: Move(R, L1, L2)
    rappresenta l'azione che sposta R da L1 a L2.
  - NB: In logica questo non è un predicato bensì è una funzione, restituisce un oggetto del dominio di riferimento
- Quindi un'azione è intesa come un oggetto intangibile, prodotto da una funzione (nell'esempio ternaria)

Legare situazioni e azioni

- Nel situation calculus il tempo non è espresso in modo esplicito ma è comunque scandito dalla sequenza degli eventi
- Si parte da una **situazione iniziale S0** e si applica una sequenza di **eventi** generando successivamente le **situazioni S1, S2**, ecc.



Legare situazioni e azioni

- **Do(Azioni, S)**: funzione che restituisce la situazione raggiunta, applicando la sequenza di azioni indicate a partire dallo stato indicato:
  - **Do([], s) = s**
  - **Do([a | rimanenza], s) =**
    Do(rimanenza, Risultato(a, s))
- **NOTA**: due situazioni sono identiche esclusivamente se sono originate dallo stesso stato iniziale applicando la stessa sequenza di azioni. In altri termini una situazione è identificata dalla storia che l'ha prodotta

  [Do(Azioni1, S1) = Do(Azioni2, S2)]
  ⇔ [(Azioni1=Azioni2) ∧ (S1=S2)]

Legare situazioni e azioni

- **Do(Azioni, S)**: tramite questa funzione un agente può fare **proiezione**, cioè può ragionare sugli effetti delle azioni, in particolare può:
  - **verificare** se un corso d'azione attraversa **situazioni che godono di determinate proprietà**
  - **pianificare** **un corso d'azione**: quale sequenza di azioni permette di raggiungere **una situazione che gode di una specifica proprietà?**

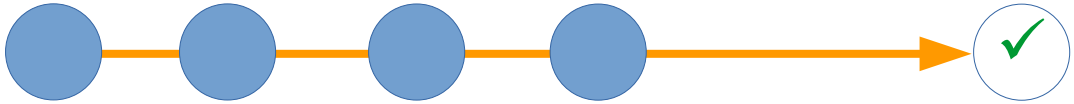
Ragionare su azioni: esempi

- **Proprietà che deve essere soddisfatta da tutte le situazioni attraversate:**

  Un trasportatore deve portare merci in diverse località. A ogni consegna può scegliere fra raggiungere la località successiva oppure fare rifornimento. Non deve mai rimanere a secco

- **Proprietà finale (goal):**

  Un ciclista deve comporre le diverse parti di una bicicletta per costruirla



Rappresentare le azioni

- Dobbiamo descrivere in logica anche le azioni
- Azione descritta da **ASSIOMI DI APPLICABILITÀ** e **ASSIOMI DI EFFETTO**:

  Assioma di Applicabilità:
  ∀params, s Applicable(Action(params), s) ⇔ Precond(params, s)

  definisce che un'azione può (fisicamente) essere applicata in una situazione se e solo se valgono determinate precondizioni

  - Applicable è un nuovo **predicato** che lega un'azione a una situazione
  - Params è un **insieme di oggetti**
  - Action(params) indica l'**applicazione dell'azione agli oggetti**
  - Precond è una **formula** che rappresenta le precondizioni dell'azione

http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/plan/slides/Situation-Calculus-Slides.pdf

Esempio

- **ASSIOMA DI APPLICABILITÀ**
  ∀params, s Applicable(Action(params), s) ⇔ Precond(params, s)
- **Esempio**: Applicable(go(X,Y),S) ⇔ At(X, S) ∧ Adjacent(X, Y)
  - go(X, Y) : azione, andare dalla posizione X alla posizione Y
  - Params è l'insieme costituito dalle variabili X e Y
  - At(Agente, X, S) ∧ Adjacent(X, Y) è la precondizione. Go(X, Y) può essere eseguita a patto che l'agente sia in X (fluente) e che X sia adiacente a Y (predicato atemporale)

http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/plan/slides/Situation-Calculus-Slides.pdf

Rappresentare le azioni

- **ASSIOMI DI EFFETTO**:

  ∀params, s Applicable(Action(params), s) ⇒
  Effects(params,

  Result(Action(params), s))

  - specifica gli effetti di un'azione sulla situazione in cui è eseguita
  - Effects è una **formula** vera nello stato risultante dall'esecuzione dell'azione
  - Result è una **funzione** che denota lo stato in cui si va eseguendo l'azione in s

http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/plan/slides/Situation-Calculus-Slides.pdf

Rappresentare le azioni

- **ASSIOMI DI EFFETTO**:

  ∀params, s Applicable(Action(params), s) ⇒
  Effects(params,

  Result(Action(params), s))

  - specifica gli effetti di un'azione sulla situazione in cui è eseguita
  - **Esempio**: Applicable(go(X, Y), S) ⇒ At(Y, Result(go(X,Y),S))
  - L'effetto dell'azione applicabile go(X,Y) è che nella situazione risultante dall'esecuzione di tale azione in s (identificata da Result(go(X,Y),S)) l'agente (sottointeso nell'esempio in quanto unico) si trova alla posizione Y

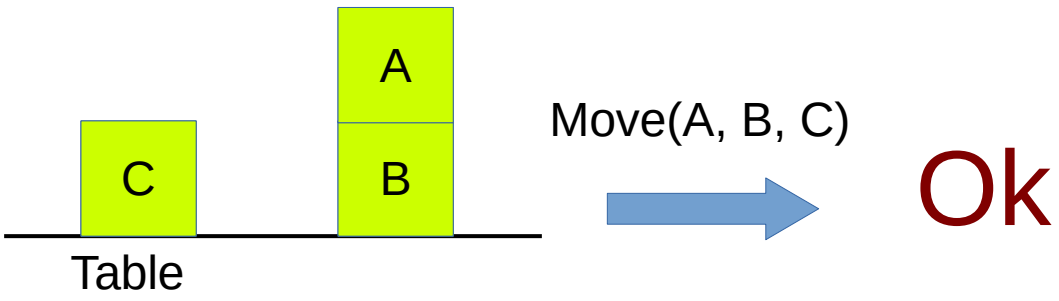
http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/plan/slides/Situation-Calculus-Slides.pdf

Esempio: mondo dei blocchi

- **Move(X, Y, Z)**: sposta X da Y a Z
- **Assioma di applicabilità:**
  - ∀x,y,z,s Applicable(Move(x,y,z), s) ⇔ Clear(x, s) ∧ Clear(z, s) ∧ On(x,y,s) ∧ x≠z ∧ y≠z ∧ x≠Table

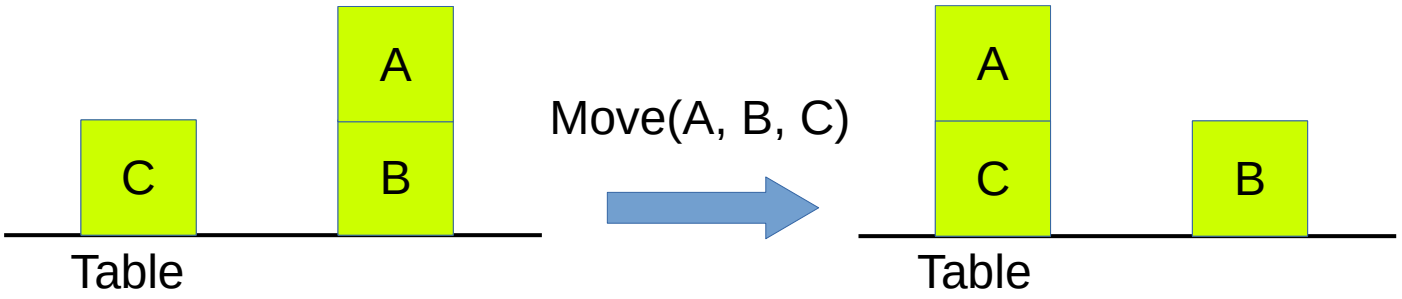
quindi

- Move(A,B,A): no, non posso spostare un blocco sopra a se stesso
- Move(A,B,B): no, non denota uno spostamento



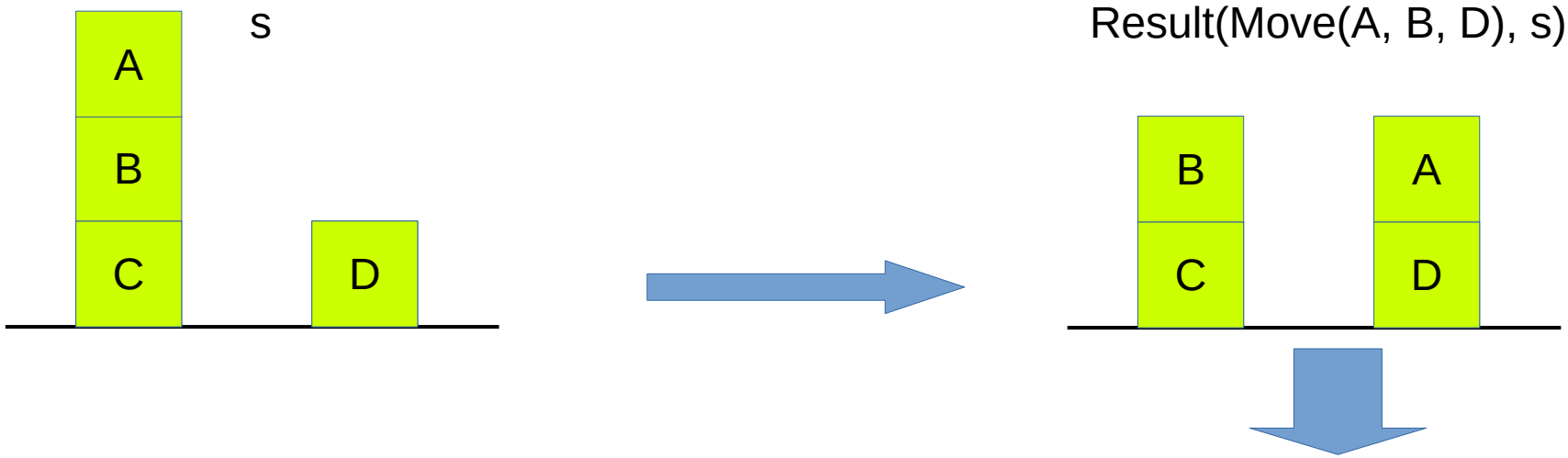
Esempio: mondo dei blocchi

- **Move(X, Y, Z)**: sposta X da Y a Z
- **Assioma di effetto:**
  - ∀x,y,z,s Applicable(Move(x,y,z), s) ⇒ On(x,z, Result(Move(x,y,z), s) ∧ clear(y, Result(Move(x,y,z), s)



Inferenza

- Da (1) conoscenza di stato iniziale, (2) assiomi di applicabilità e (3) assiomi di effetto (KB nel seguito) è possibile derivare fatti

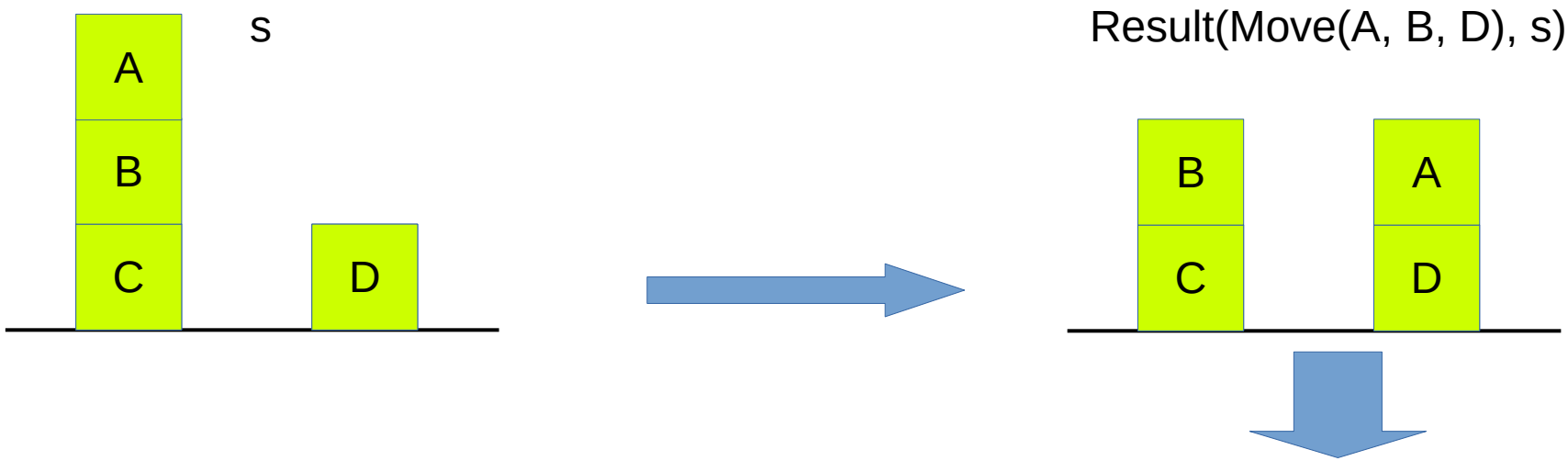


È possibile derivare che:
On(A, D, Result(Move(A, B, D), s))
Clear(B, Result(Move(A, B, D), s))

Per definizione di Move

Frame problem

- Dalla conoscenza di stato iniziale, assiomi di applicabilità e assiomi di effetto (KB nel seguito) **NON** è possibile derivare tutti i fatti che ci aspettiamo

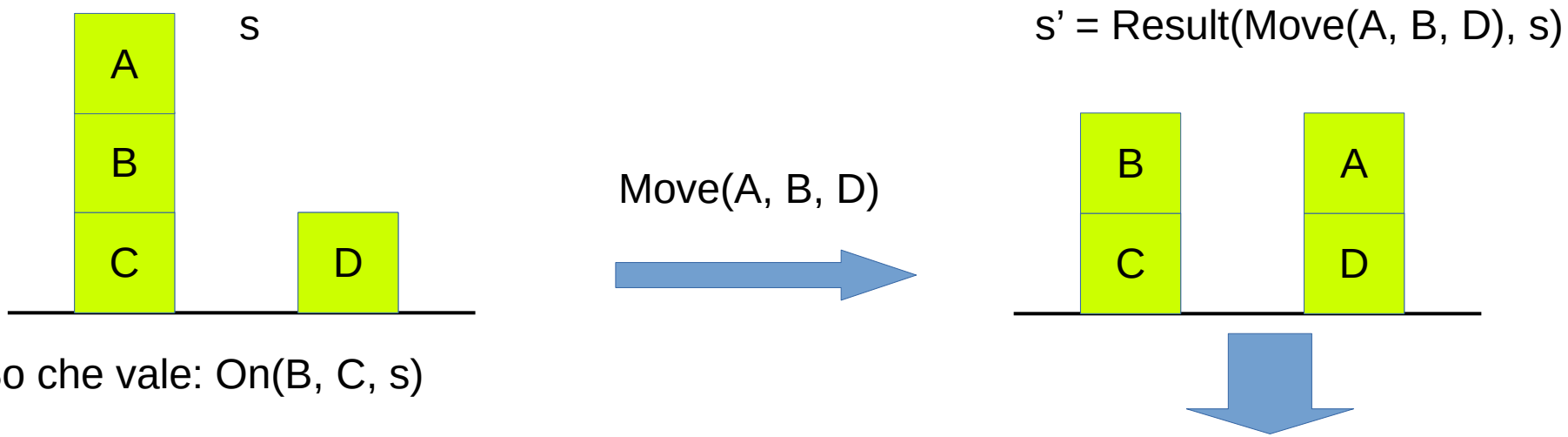


NON è possibile derivare che:
On(B, C, Result(Move(A, B, D), s))

Posso ragionare su cosa è cambiato ma non su cosa non è cambiato

Frame problem

- Dalla conoscenza di stato iniziale, assiomi di applicabilità e assiomi di effetto (KB nel seguito) **NON** è possibile derivare tutti i fatti che ci aspettiamo

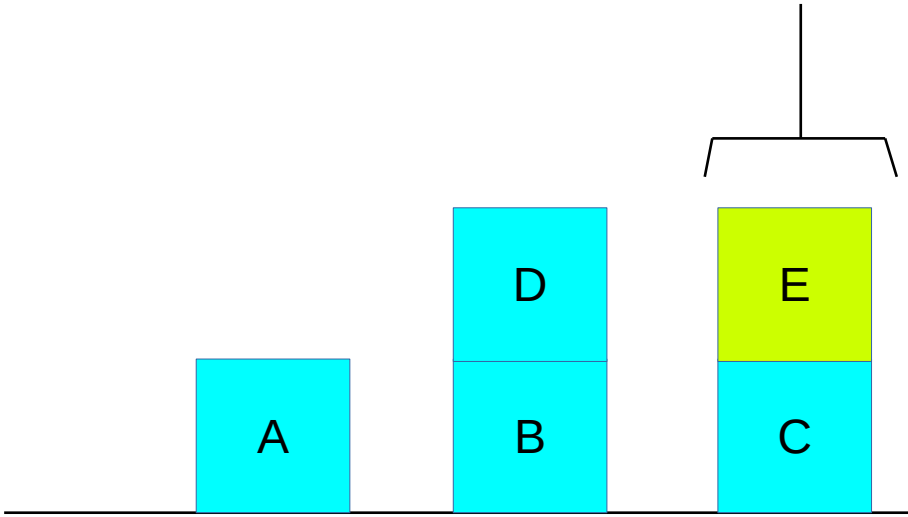


So che vale: On(B, C, s)

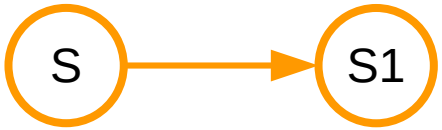
Abbiamo conoscenza su s ma senza assiomi che permettano di fare inferenza il sistema non può sapere se ciò che non è stato modificato da Move(…) vale anche in s'. Bisogna "dirglielo" in qualche modo.

Frame problem

- **Frame problem (problema della cornice)**: normalmente le azioni hanno un impatto limitato: come rappresentare ciò che non viene modificato da un'azione?



Quando il braccio afferra E l'unica cosa che cambia è che il braccio non è più vuoto. Per il resto la situazione rimane immutata



Il sistema automatico deve poter inferire cosa S1 eredita "as-is" da S

Frame problem 1: enumerare ciò che non cambia

- **Frame problem (problema della cornice)**:
  normalmente le azioni hanno un impatto limitato: come rappresentare ciò che non viene modificato da un'azione?

1) Rappresentazione esplicita tramite **assiomi di frame:**

   ∀params, vars, s fluent(vars, s) ∧ params≠vars ⇒
   fluent(vars, Result(Action(params), s))

   Per ogni azione viene definito un assioma di questo tipo per ogni fluente

Frame problem 1: enumerare ciò che non cambia

- Rappresentazione esplicita tramite **assiomi di frame:**
  ∀params, vars, s fluent(vars, s) ∧ params≠vars ⇒
  fluent(vars, Result(Action(params), s))

Esempio: azione: Move, vars = {x, y}, params = {z, w}

∀params, vars, s **on(x, y, s)** ∧ x≠z ⇒
on(x, y, Result(**Move(z, w)**, s))
∀params, vars, s **clear(x, s)** ∧ x≠w ⇒
clear(x, Result(**Move(z, w)**, s))

Frame problem

- **Problema**:
  occorre introdurre frame axioms per **tutti** i fluenti che non sono modificati da ciascuna azione!
- **Esempio**
  Se i blocchi ora possono essere dipinti di un colore, rivestiti di un materiale, ecc. occorrerà specificare frame axiom per ciascuna di queste proprietà:

$$\forall params, vars, s\ colore(x, y, s) \wedge x \neq z \Rightarrow colore(x, y, Result(Move(z, w), s))$$

$$\forall params, vars, s\ materiale(x, y, s) \wedge x \neq z \Rightarrow materiale(x, y, Result(Move(z, w), s))$$

...

Frame problem 2: evitare l'enumerazione

- introduciamo un modo per dire al sistema inferenziale che ciò che non è specificamente espresso come effetto è inteso rimanere immutato

Frame problem

- **ASSIOMA DI STATO SUCCESSORE:**

  Azione applicabile ⇒ (fluente vero nella situazione risultante
  ⇔(l'azione lo rende vero ∨
  era vero e l'azione non l'ha reso falso))

- Questo assioma esprime il modo in cui le **situazioni si evolvono** l'una dall'altra a seguito dell'esecuzione delle azioni. In particolare dice quali parti di una situazione sono ereditati dalla precedente

Unique action names

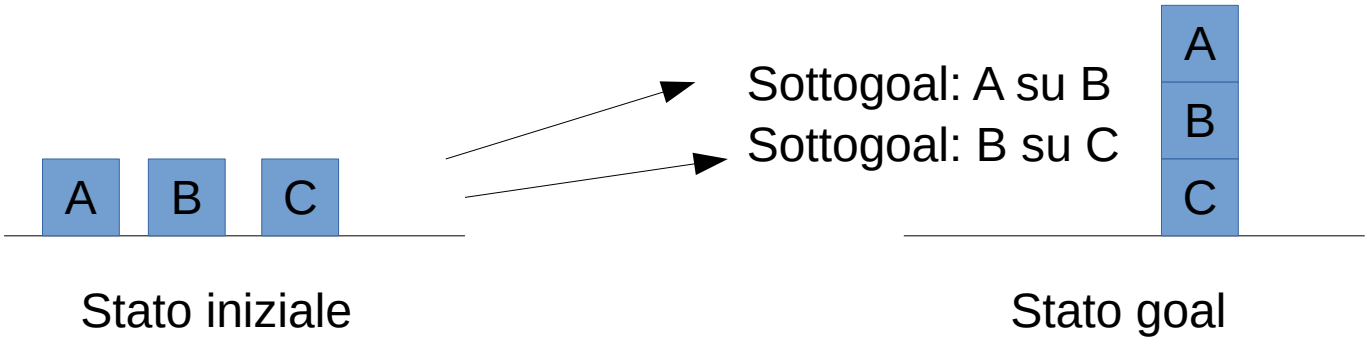
- Il situtation calculus è completato da assiomi che catturano:
  - che azioni con nomi diversi sono diverse:
    Ai(x, …) ≠ Aj(y, …)
  - E per ogni nome di azione, che due usi di quel nome sono identici se e solo se gli argomenti sono identici:
    A(x1, …, xn) = A(y1, …, yn) ⇒ x1=y1 ∧ …∧ xn=yn

Esempio

- Mondo dei blocchi (documentazione a parte)

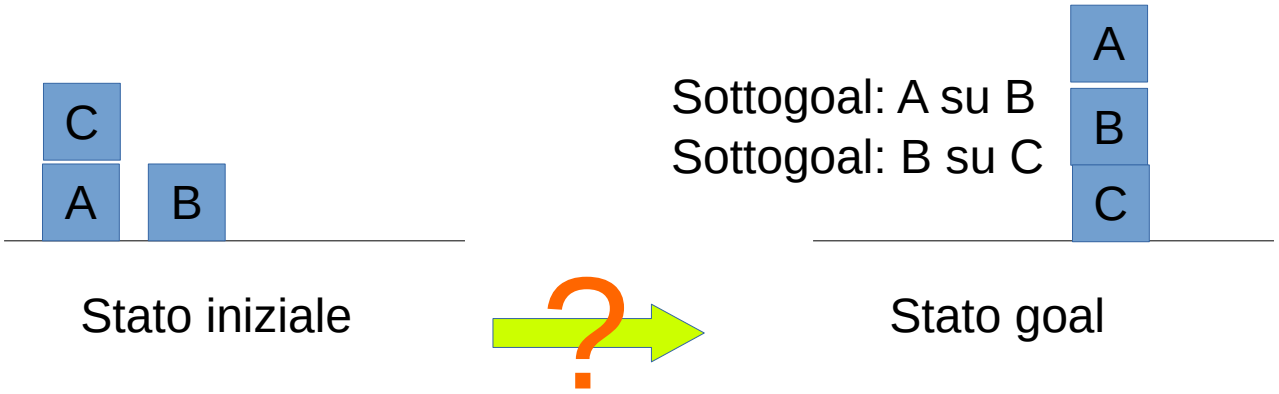
Perseguire goal complessi

- Un approccio tipico alla pianificazione consiste nello scomporre l'obiettivo in sottoobiettivi e conseguire questi ultimi uno per volta
- **Esempio**:



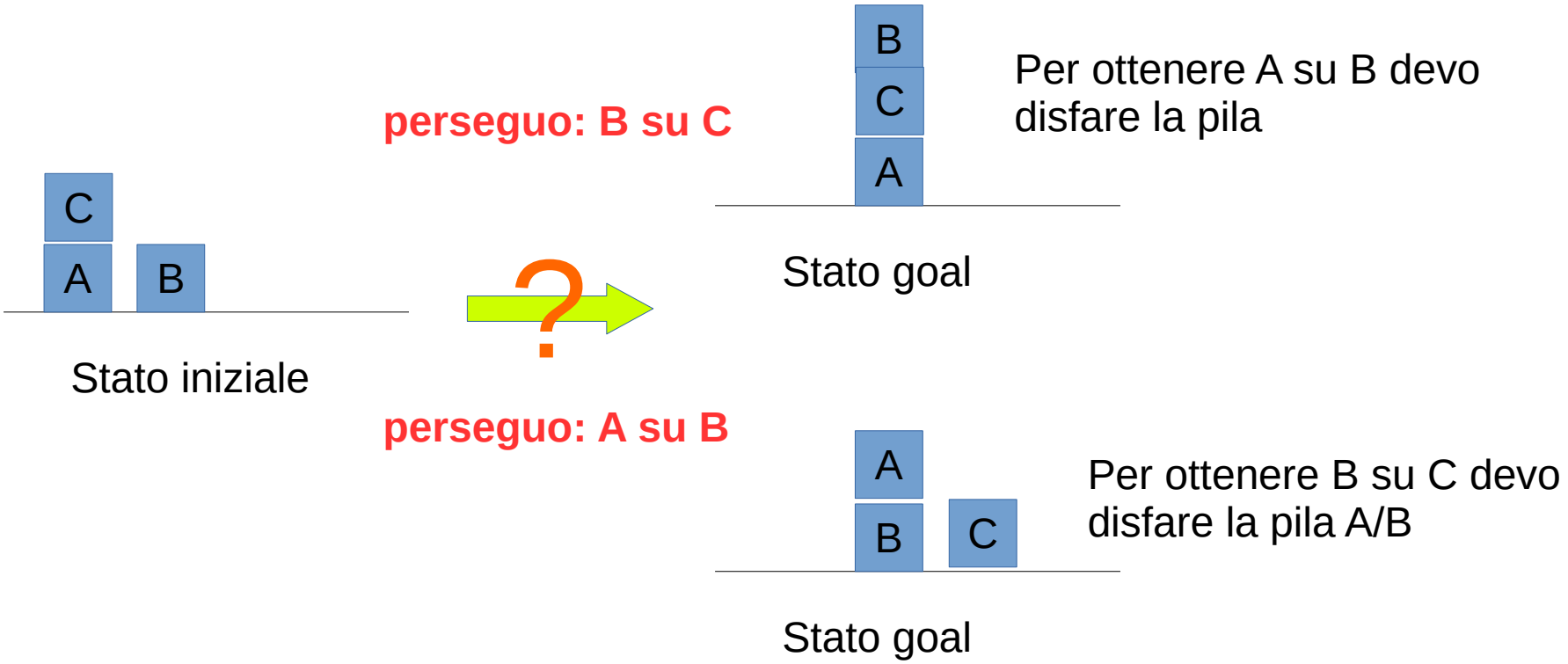
Anomalia di Sussman

- Non sempre il perseguimento degli obiettivi è sequenzializzabile, esempio:



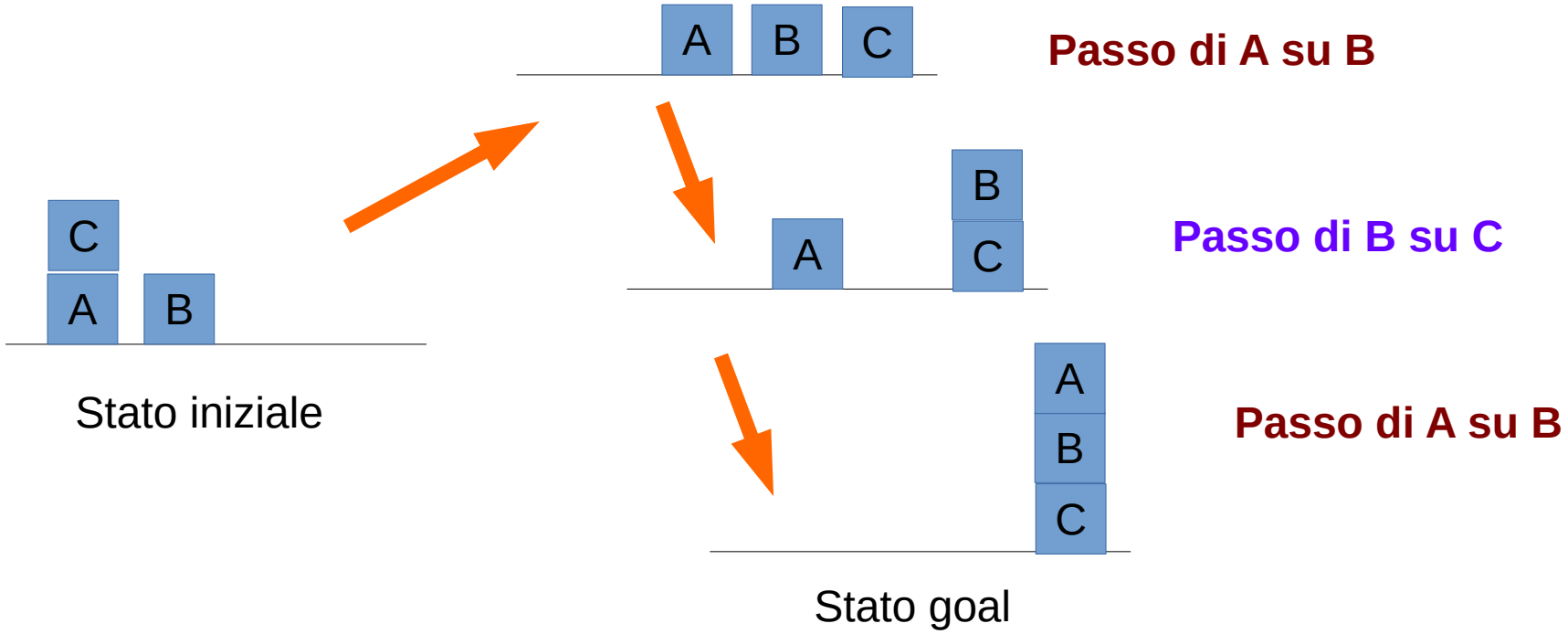
Anomalia di Sussman

- Non sempre il perseguimento degli obiettivi è sequenzializzabile, anzi alcune volte il perseguimento di un sottogoal può disfare passi effettuati per raggiungerne un altro. Esempio:



Interleaving dei passi

- Per risolvere efficientemente l'esempio occorre fare interleaving dei passi di soluzione. Esempio:



Considerazioni

- Il situation calculus permette di usare FOL per problemi di pianificazione
- È stato fondamentale per definire il problema di pianificazione
- Nella pratica non è molto usato perché non esistono euristiche efficienti che guidino la ricerca della soluzione
- La pianificazione (planning) è parte del corso IA e Laboratorio della laurea magistrale in Intelligenza Artificiale e Sistemi Informatici