

PLANER TYPU *MEANS-ENDS* --WPROWADZENIE

ALGORYTMY PLANOWANIA SEKWENCJI AKCJI

Planer sekwencji akcji to algorytm wykonujący następujące zadanie:

Dany jest opis świata obiektów, w którym są możliwe akcje zmieniające stan tego świata. Dla zadanego STANU POCZĄTKOWEGO świata ZAPLANOWAĆ SEKWENCJĘ AKCJI przeprowadzającą rozpatrywany świat obiektów do takiego stanu końcowego, w którym będą spełnione ZADANE CELE.

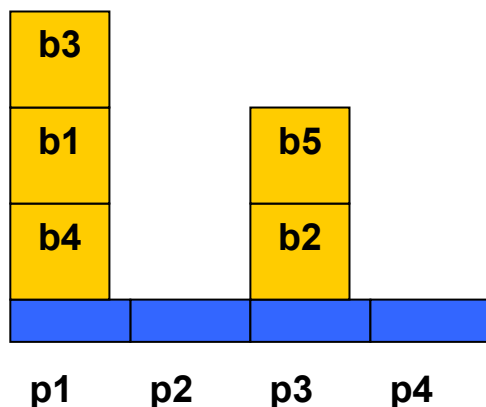
Stan świata jest zazwyczaj opisywany jako zbiór *SKŁADNIKÓW STANU*, reprezentujących zależności między obiektami zachodzące w danym stanie. *CELE* są zależnościami, które mają zachodzić w planowanym stanie końcowym.

Konstrukcja algorytmów planowania sekwencji akcji jest z założenia ogólna--opis świata obiektów nie jest wbudowany w algorytm planowania. Planer do określonego zastosowania składa się więc z implementacji algorytmu planowania oraz opisu świata obiektów.

Algorytm planowania, który jest przedmiotem rozważań w ramach zadania projektowego, będziemy rozpatrywać w zastosowaniu do *ŚWIATA KLOCKÓW*. Świat klocków to przykładowy prosty świat obiektów, który jest często rozpatrywany jako testowa dziedzina zastosowania algorytmów planowania.

Na następnej stronie przedstawiono przykładowy świat klocków.

Przykładowy świat klocków



Obiekty W świecie przedstawionym na powyższym schemacie występują dwa rodzaje obiektów:

---klocki: **b1, b2, b3, b4, b5**

---pola: **p1, p2, p3, p4**

Opis stanu Stan świata jest opisywany jako zbiór *SKŁADNIKÓW STANU* reprezentujących *ZALEŻNOŚCI PRZESTRZENNE* w świecie klocków. Są dwa typy zależności przestrzennych:

---zależność przestrzenna **<klocek> leży_na <obiekt>**

---zależność przestrzenna **wolne <obiekt>**

Stan świata przedstawiony na powyższym rysunku można więc opisać następującym zbiorem składników stanu:

{ b4 leży_na p1, b1 leży_na b4, b3 leży_na b1, b2 leży_na p3, b5 leży_na b2, wolne b3, wolne b5, wolne p2, wolne p4 }

Akcje Rozważamy jeden tylko typ akcji:

przenieś <klocek> z miejsca <obiekt> na miejsce <obiekt>

Przykładowa akcja możliwa do wykonania w przedstawionym stanie świata:

przenieś b3 z miejsca b1 na miejsce b5

Cele Cel jest zadany do osiągnięcia składnikiem stanu. Przykładowy zbiór celów dla planera:

{ b1 leży_na b5, b2 leży_na b3, wolne b4, wolne p4 }

ALGORYTM PLANOWANIA SEKWENCJI AKCJI METODĄ ŚRODKI-CELE

W naszym przykładzie studialnym, który jest przedmiotem ćwiczenia projektowego, zajmujemy się algorytmem opartym na metodzie znanej jako ***metoda analizy "środki-cele" (means-ends analysis)***.

Algorytmy planowania sekwencji akcji oparte na tej metodzie konstruuje plan od końca: od celów do stanu początkowego. Są to algorytmy rekurencyjne działające w następujący sposób.

W każdym kroku rekurencyjnym algorytm

- sprawdza, czy w aktualnym zbiorze celów są cele nie spełnione w aktualnym stanie początkowym

- .
-- jeśli tak, to algorytm określa akcję, która w jednym kroku osiąga jeden wybrany cel spośród celów nie spełnionych

- sprawdza, czy akcja jest wykonalna w aktualnym stanie

- w przypadku gdy nie jest, algorytm przystępuje do budowania planu osiągnięcia takiego stanu świata, w którym wykonanie tej akcji będzie możliwe. Ten stan będzie pewnym stanem pośrednim między stanem początkowym i zamierzonym stanem końcowym.

Rozważamy odmianę planera opartego na metodzie środki-cele, którą będziemy nazywali ***wersją podstawową*** -- w odróżnieniu od wersji z zastosowaniem metody ***regresji celów***, którą się tutaj nie zajmujemy.

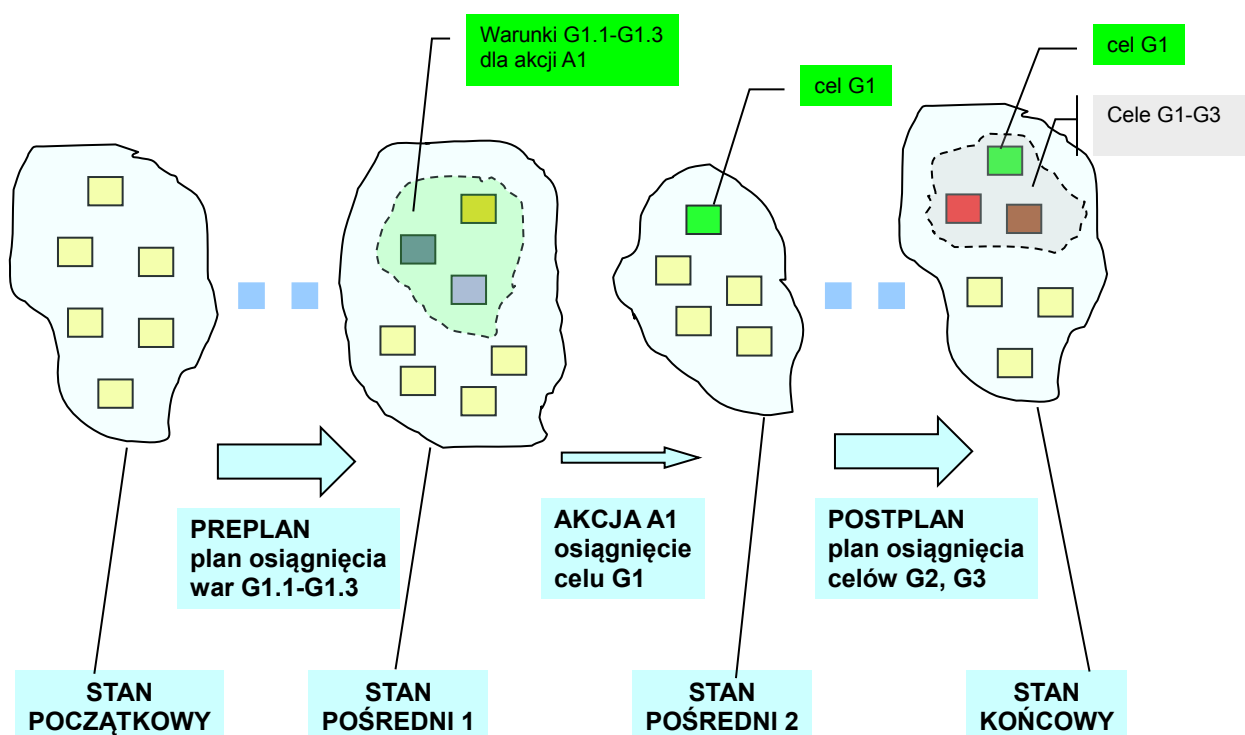
Algorytm środki-cele w wersji podstawowej najpierw planuje osiągnięcie takiego stanu pośredniego, w którym będzie możliwe wykonanie akcji osiagającej **jeden spośród celów**. Po skonstruowaniu planu osiągnięcia wybranego celu planer przystępuje do zaplanowania sekwencji akcji osiagającej **pozostałe cele**.

Algorytm środki-cele w wersji podstawowej jest więc algorytmem z podwójną rekurencją.

***Na następnych stronach
szczegółowe omówienie
algorytmu***

Planowanie metodą środki-cele- --wersja podstawowa

Przedstawiony poniżej schemat ilustruje działanie algorytmu.



Rozpatrujemy działanie planera dla zbioru celów $\{ G1, G2, G3 \}$.

Planer wybiera z zadanego zbioru celów jeden cel, który nie jest już spełniony w stanie początkowym-- zakładamy, że planer wybrał cel G1.

Zadanie zaplanowania sekwencji akcji doprowadzającej do stanu, w którym są spełnione wszystkie zadane cele, zostaje podzielone na dwie części:

- zadanie 1. Skonstruowanie planu osiągnięcia stanu--nazwanego "Stan pośredni 2"-- w którym będzie spełniony cel G1
- zadanie 2. Skonstruowanie planu przejścia ze stanu pośredniego 2 do stanu końcowego, w którym będą spełnione również pozostałe cele .

Wykonanie zadania 1 przebiega następująco:

- planer określa, jaka akcja (oznaczona A1) osiąga wybrany cel G1, który ma być spełniony w stanie pośrednim 2. Akcja może nie być w pełni ukonkretniona (patrz przykłady niżej), ponieważ stan pośredni 2 nie jest jeszcze znany. Sposób ukonkretnienia akcji w dalszym przebiegu wykonania algorytmu jest zależny od szczegółowej implementacji.
- następnie planer określa, jakie zależności przestrzenne muszą zachodzić w stanie bezpośrednio poprzedzającym stan pośredni 2--ten stan jest nazwany "Stan pośredni 1"--aby było możliwe wykonanie wyznaczonej akcji. Zbiór tych zależności stanowi **warunek** dla akcji. Przyjmujemy przykładowo, że warunek dla akcji A1 tworzą trzy zależności, oznaczone G1.1, G1.2, G1.3.
- teraz planer przyjmuje zależności stanowiące warunek akcji jako nowy zbiór celów i przystępuje do skonstruowania planu przejścia ze stanu początkowego do stanu pośredniego 1, w którym te zależności przestrzenne będą spełnione. Plan przejścia ze stanu początkowego do stanu pośredniego 1 nazwiemy **planem pierwszym**, skrótowo **preplanem**. Jeśli wszystkie te zależności zachodzą w stanie początkowym, to preplan jest pusty

Po zbudowaniu **preplanu** planer

- określa stan pośredni 2, przez zastosowanie akcji A1 do stanu pośredniego 1
- przystępuje do zadania 2, polegającego na zaplanowaniu sekwencji akcji osiągającej pozostałe cele, G2 i G3: stanem początkowym dla tego zadania planowania jest stan pośredni 2. Plan przejścia ze stanu pośredniego 2 do stanu, w którym będą spełnione wszystkie zadane cele, nazwiemy **planem dalszym**, skrótowo **postplanem**.

Pełny plan składa się z sekwencji akcji tworzącej *preplan*, akcji 1 oraz sekwencji akcji tworzącej *postplan*.

Jak widzimy, algorytm planowania metodą **środki-cele** w wersji podstawowej ma strukturę drzewiastą: w pierwszym poddrzewie rekurencji jest budowany preplan, w drugim poddrzewie rekurencji--postplan.

Na następnych stronach

-- przykłady budowania preplanu

--omówienie przyjętego sposobu ukonkretniania akcji

Przykłady budowy preplanu

Przykład 1

Założmy, że celem oznaczonym G1 jest zależność przestrzenna

b1 leży_na b5

Akcją A1 osiagającą ten cel będzie akcja

przeniesienie b1 z miejsca X na miejsce b5

gdzie zmienna **X** reprezentuje obiekt, na którym będzie leżał klocek **b1** w stanie pośrednim 1. Sposób określenia wartości zmiennej **X** zależy od szczegółowej implementacji algorytmu.

Warunkiem dla akcji A1 jest zbiór zależności przestrzennych

{ wolne b1, wolne b5 }

Ten zbiór zależności przestrzennych zostaje przyjęty jako zbiór celów dla następnego kroku rekurencyjnego: planer przystępuje do konstruowania planu osiągnięcia stanu pośredniego 1, w którym te cele będą spełnione. Rekurencyjne planowanie rozpoczyna się od sprawdzenia, czy zależności nie są już spełnione w aktualnym stanie.

Przykład 2

Założmy, że celem oznaczonym G1 jest zależność przestrzenna

wolne b2

Akcją A1 osiągającą ten cel będzie akcja

przenieś X z miejsca b2 na miejsce Y

gdzie zmienna **X** reprezentuje obiekt, który w aktualnym stanie leży na klocku **b2**, a zmienna **Y** reprezentuje obiekt, na który akcja A1 przeniesie klocek **b2** w stanie pośrednim 1. Sposób określenia wartości zmiennych **X**, **Y** w dalszym przebiegu wykonania algorytmu zależy od szczegółowej implementacji .

Warunkiem dla akcji A1 jest zbiór zależności przestrzennych

{ wolne X }

Ten zbiór zależności przestrzennych (jak widać w tym przypadku jednoelementowy) zostaje przyjęty jako zbiór celów dla następnego kroku rekurencyjnego: planer przystępuje do konstruowania planu osiągnięcia stanu pośredniego 1, w którym ten cel będzie spełniony. Rekurencyjne planowanie rozpoczyna się od sprawdzenia, czy zależność nie jest już spełniona w aktualnym stanie. Jeśli zmienna **X** nie została ukonkretniona przed przejściem do następnego kroku, to do zbioru celów musi być dołączona informacja, że **X** reprezentuje obiekt, który w aktualnym stanie leży na klocku **b2**.

Sposób ukonkretnienia akcji

W implementacji algorytmu, która jest przedmiotem ćwiczenia, przyjęto następujące rozwiązanie.

Przypadek 1: cel typu <obiekt1> leży_na <obiekt2>

Akcja osiągająca ten cel ma postać:

przenieś <obiekt1> z miejsca *X* na miejsce <obiekt2>

Zmienna *X* zostanie ukonkretniona po osiągnięciu stanu pośredniego 1, przez zbadanie, na którym obiekcie w tym stanie leży obiekt **<obiekt1>**

--w tym celu oprócz opisanego wyżej warunku wykonalności akcji, który staje się nowym zbiorem celów do następnego kroku rekurencyjnego

{ wolne <obiekt1>, wolne <obiekt2> }

algorytm określa dodatkowo warunek który pozwala określić *X*:

<obiekt1> leży_na *X*

Przypadek 2: cel typu wolne <obiekt1>

Akcja osiągająca ten cel ma postać:

przenieś X z miejsca <obiekt1> na miejsce Y

Zmienna **X** reprezentuje obiekt, który w aktualnym stanie leży na obiekcie **<obiekt1>**. Ta informacja zostaje dołączona do zbioru celów

{ wolne X }

przekazywanego do następnego kroku rekurencyjnego .

Zmienna **Y** reprezentuje obiekt, na który akcja przeniesie obiekt **X** w stanie pośrednim 1. Zmienna **Y** zostaje ukonkretniona po osiągnięciu stanu pośredniego 1, przez wybranie obiektu wolnego w tym stanie, różnego od obiektu **X** . W tym celu oprócz zapisanego wyżej warunku wykonalności akcji, który staje się nowym zbiorem celów do następnego kroku rekurencyjnego

{ wolne X }

algorytm określa dodatkowo warunek koniunktywny do zrealizowania w stanie pośrednim 1:

{ wolne Y, Y różne od X }