# 1 Opis języka akcji

Język akcji, zaprojektowany na potrzeby zadania, spełnia następujące warunki:

1. Prawo inercji.
2. Sekwencyjność działań.
3. Możliwe akcje niedeterministyczne.
4. Liniowy model czasu - czas dyskretny.
5. Pełna informacja o wszystkich:
   (a) akcjach,
   (b) skutkach bezpośrednich.
6. Akcja posiada:
   (a) warunek początkowy,
   (b) czas trwania $t \geqslant 1$, $t \in \mathbb{N}$,
   (c) efekt akcji.
7. Podczas trwania akcji, wartości zmiennych, na które ona wpływa, nie są znane.
8. Występujące rodzaje efektów:
   (a) środowiskowe: zmiany wartości zmiennych systemu,
   (b) dynamiczne: wystąpienie akcji może wywołać wystąpienie innych akcji po $d \geqslant 0$ jednostkach czasu od jej zakończenia.
9. W pewnych stanach akcje mogą być niewykonalne. Takie stany są określone przez podanie konkretnych punktów czasowych, albo przez określenie warunków logicznych.
10. Stany opisywane częściowo przez obserwacje.
11. Pewne stany mogą rozpocząć wykonywanie pewnych akcji.

Językiem odpowiadającym powyższym założeniom jest język $AL$ opisujący domeny akcji z czasem liniowym.

## 1.1 Sygnatura języka

Sygnaturą języka jest następująca trójka zbiorów: $\psi = (F, Ac, \mathbb{N})$, gdzie:
$F$ – zbiór zmiennych inercji (fluentów)
$Ac$ – zbiór akcji
$\mathbb{N}$ – zbiór liczb naturalnych (czas trwania akcji)

## 1.2 Opis domeny

**Oznaczenia:**

$f \in F$ – fluent
$Ac_i, Ac_j \in Ac$ – akcje

$\alpha, \pi \in Forms(F)$ – warunki
$d_i, d \in \mathbb{N}$

**Rodzaje zdań występujących w projektowanym języku (domena języka):**

- $(Ac_i, d_i)$ causes $\alpha$ if $\pi$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu powoduje stan $\alpha$, jeśli zachodzi warunek $\pi$.
- $(Ac_i, d_i)$ invokes $(Ac_j, d_j)$ after $d$ if $\pi$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu powoduje wykonanie akcji $Ac_j$ trwającej $d_j$ jednostek czasu po $d$ jednostkach czasu od zakończenia akcji $Ac_i$, jeśli przy jej rozpoczęciu zachodzi warunek $\pi$.
- $(Ac_i, d_i)$ releases $f$ if $\pi$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu powoduje uwolnienie $f$ po zakończeniu akcji $Ac_i$, jeśli zachodzi warunek $\pi$.
- $\pi$ triggers $(Ac_i, d_i)$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu jest wykonywana, jeśli zajdzie warunek $\pi$.
- impossible $(Ac_i, d_i)$ at $d$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu jest niewykonalna w chwili $d$.
- impossible $(Ac_i, d_i)$ if $\pi$
  Akcja $Ac_i$ trwająca $d_i$ jednostek czasu jest niewykonalna, jeśli zachodzi warunek $\pi$.

### 1.3 Scenariusze działań

Scenariusze działań opisane są w następujący sposób:

- $Sc = (OBS, ACS)$
- $OBS = \{(\gamma_1, t_1), ..., (\gamma_m, t_m)\}$, gdzie:
  $m \geqslant 0$ – liczba obserwacji,
  każda obserwacja jest stanem częściowym (stanem spełniającym warunek $\gamma_i$ w pewnym punkcie czasu $t_i$).
  $\gamma_i \in Forms(F)$

- $ACS = \{((Ac_1, d_1), t_1), ..., ((Ac_n, d_n), t_n)\}$, gdzie:
  $n \geqslant 0$,
  $Ac_i$ – akcja,
  $d_i$ – czas trwania akcji,
  $t_i$ – punkt w czasie (rozpoczęcie akcji).

### 1.4 Semantyka

**Definicja 1.1.** *Semantyczną strukturą języka AL nazywamy system $S = (H, O, E, T_\infty)$ taki, że:*

- $H : Forms(F) \times \mathbb{N} \longrightarrow \{0, 1\}$ *jest funkcją historii, pozwala ona stwierdzić, jaki stan ma pewny fluent lub czy dana formuła jest spełniona, dla określonej chwili czasu $t$.*
- $O : Ac \times \mathbb{N} \longrightarrow 2^F$ *jest funkcją okluzji. Dla pewnej ustalonej akcji $A \in Ac$, chwili czasu $t \in \mathbb{N}$, funkcja $O(A, t)$ zwraca zbiór fluentów, na który akcja $A$ ma wpływ, jeśli będzie ona trwała w chwili $t$. Wartość funkcji okluzji będziemy nazywać regionem okluzji.*
- $E \subseteq Ac \times \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ *jest relacją wykonań akcji. Trójka $(A, t, d)$ należy do relacji $E$ jeśli akcja $A$ trwająca $d$ jednostek czasu jest rozpoczęta w czasie $t$. W naszym modelu zakładamy warunek sekwencyjności działań. Oznacza on, że tylko jedną akcje możemy wykonać w danym czasie tak, więc jeśli $(t_1, t_1 + d_1) \subseteq (t_2, t_2 + d_2)$ lub $(t_2, t_2 + d_2) \subseteq (t_1, t_1 + d_1)$ oraz $(A, t_1, d_1) \in E$ i $(B, t_2, d_2) \in E$, to $A = B$, $t_1 = t_2$, $d_1 = d_2$. Natomiast jeżeli $(t_1, t_1 + d_1) \nsubseteq (t_2, t_2 + d_2)$, $(t_2, t_2 + d_2) \nsubseteq (t_1, t_1 + d_1)$ oraz $(A, t_1, d_1) \in E$ i $(B, t_2, d_2) \in E$, to $t_1 + d_1 < t_2$ lub $t_2 + d_2 < t_1$.*
- $T_\infty \in \mathbb{N}$ *jest czasem zakończenia scenariusza, może to być dowolnie duża ustalona liczba naturalna. Mówi ona do kiedy powinny być zakończone wszystkie akcje w danym scenariuszu. Oznacza to, że nie będziemy rozpatrywać nieskończonych scenariuszy.*

Niech: $A, B$ będą akcjami, $f$ - fluentem, $\alpha, \pi$ - będą formułami, $d, d_2, d_3$ - liczbami naturalnymi (oznaczającymi czas trwania akcji) oraz $fl(\alpha)$ będzie zbiorem fluentów występujących w $\alpha$. Wtedy dla zdań języka $AL$ muszą być spełnione następujące warunki:

- Dla każdego wyrażenia $((A, d)\ causes\ \alpha\ if\ \pi) \in D$ i dla każdego momentu w czasie $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $(A, t, d) \in E$, wtedy $H(\alpha, t + d) = 1$ oraz dla każdego momentu w czasie $d' \in \mathbb{N}$ takiego, że $1 \leq d' \leq d$ mamy $fl(\alpha) \subseteq O(A, t + d')$.
- Dla każdego wyrażenia $((A, d)\ release\ f\ if\ \pi) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $(A, t, d) \in E$, wtedy dla każdego momentu w czasie $d' \in \mathbb{N}$ takiego, że $1 \leq d' \leq d$ mamy $f \in O(A, t + d')$.

- Dla każdego wyrażenia $(\pi\ triggers\ (A, d)) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$ oraz $t + d \leq T_\infty$, wtedy $(A, t, d) \in E$.
- Dla każdego wyrażenia $((A, d_1)\ invokes\ (B, d_2)\ after\ d\ if\ \pi) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, $(A, t, d_1) \in E$ oraz $t + d + d_1 + d_2 \leq T_\infty$, wtedy $(B, t + d + d_1, d_2) \in E$.
- Dla każdego wyrażenia $(impossible\ (A, d)\ at\ t)$ mamy $(A, t, d) \notin E$
- Dla każdego wyrażenia $(impossible\ (A, d)\ if\ \pi)$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, wtedy $(A, t, d) \notin E$.

**Definicja 1.2.** *Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą języka AL, $Sc = (OBS, ACS)$ będzie scenariuszem, oraz $D$ dziedziną. Powiemy, że $S$ jest strukturą dla $Sc$ zgodną z opisem domeny $D$, jeśli:*

- *Dla każdej obserwacji $(\alpha, t) \in OBS$ mamy $H(\alpha, t) = 1$*
- $ACS \subseteq E$
- *Dla każdej akcji $A \in Ac$ oraz dla każdego czasu rozpoczęcia akcji i jej długości $t, d \in \mathbb{N}$, jeżeli $(A, t, d) \in E$, to $t + d \leq T_\infty$.*

**Definicja 1.3.** *Niech $O_1$,$O_2$: $X \longrightarrow 2^Y$. Mówimy, że $O_1 \prec O_2$ jeżeli $\forall x \in X\ O_1(x) \subseteq O_2(x)$ oraz $O_1 \neq O_2$.*

**Definicja 1.4.** *Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą dla scenariusza $Sc = (OBS, ACS)$ zgodną z opisem dziedziny $D$. Mówimy, że $S$ jest $O$-minimalną strukturą, jeżeli nie istnieje struktura $S' = (H', O', E', T'_\infty)$ dla tego samego scenariusza i domeny taka, że $O' \prec O$.*

**Definicja 1.5.** *Niech $S = (H, O, E, T_\infty)$ będzie strukturą dla scenariusza $Sc = (OBS, ACS)$ zgodną z opisem domeny $D$. $S$ będziemy nazywać modelem $Sc$ zgodnym z opisem $D$ jeżeli:*

- *$S$ jest $O$-minimalny*
- *Dla każdego momentu w czasie $t, d \in \mathbb{N}$, $\{f \in F\colon H(f, t) \neq H(f, t+d)\} \subseteq O(A, t+d)$ dla pewnej akcji $A$.*
- *Nie istnieje, żadna struktura $S' = (H', O', E')$ dla $Sc$ zgodna z opisem $D$, która spełnia poprzednie warunki oraz taka, że $E' \subset E$.*

**Uwaga 1.1.** Nie dla każdego scenariusza można ułożyć model. Mówimy, że scenariusz $Sc$ jest *zgodny* jeśli istnieje do niego model zgodny z dziedziną $D$.