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 innych akcji po $d \geqslant 0$ jednostkach czasu od zakończenia akcji przyczynowej.
9. W pewnych stanach akcje mogą być niewykonalne, przy czym stany takie podane są albo 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

Rodzaje zdań występujących w projektowanym języku (domena języka):
Oznaczenia:
f – fluent

$Ac_i, Ac_j \in Ac$
$\alpha, \pi \in Forms(F)$
$d_i, d \in \mathbb{N}$

- initially α
  Określa stan początkowy fluentów w formule α.
- (Ac_i, d_i) causes α if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil powoduje stan α, jeśli zachodzi warunek π.
- (Ac_i, d_i) invokes (Ac_j, d_j) after d if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil powoduje wykonanie akcji Ac_j trwającej d_j chwil po d chwilach od zakończenia akcji Ac_i, jeśli zachodzi warunek π.
- (Ac_i, d_i) releases f if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil powoduje uwolnienie f po zakończeniu akcji Ac_i, jeśli zachodzi warunek π.
- π triggers (Ac_i, d_i)
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil jest wykonywana, jeśli zajdzie warunek π.
- impossible (Ac_i, d_i) at d
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil jest niewykonalna w chwili d.
- impossible (Ac_i, d_i) if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i chwil jest niewykonalna, jeśli zachodzi warunek π.
- always α
  Każdy stan spełnia warunek α.

1.3 Scenariusze działań

Scenariusze działań opisane są w następujący sposób:

- $Sc = (OBS, ACS)$
- $OBS = \{(\gamma_1, t_1), ..., (\gamma_m, t_m)\}$, gdzie:
  $m \geqslant 0$ – ilość obserwacji,
  każda obserwacja jest stanem częściowym (stanem spełniającym warunek γ_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 $S = (H, O, E)$ zgodny z dziedziną D 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 *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* $t_2 + d_2 < t_1$*.*

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

- Dla każdego wyrażenia (*initially* α) mamy $H(\alpha, 0) = 1$.
- Dla każdego wyrażenia $((A,d)$ *causes* α 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 (π $triggers$ $(A, d)) \in D$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, 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 $H(\pi, t) = 1$ oraz $(A, t, d_1) \in E$, 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 π) i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, wtedy $(A, t, d) \notin E$.
- Dla każdego wyrażenia (*always* α) i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, mamy $H(\alpha, t) = 1$.

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

- *Dla każdej obserwacji* $(\alpha, t) \in OBS$*,* $H(\alpha, t) = 1$
- $ACS \subseteq E$

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* $S = (H, O, E)$ *będzie strukturą dla scenariusza* $Sc = (OBS, ACS)$ *zgodną z opisem dziedziny* D*. Mówimy, że* S *jest O-minimalną strukturą, jeżeli nie istnieje struktura* $S' = (H', O', E')$ *dla tego samego scenariusza i domeny taka, że* $O' \prec O$*.*

Definicja 1.5. *Niech $S = (H, O, E)$ 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.