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:

! – operator logiczny negacji
&& – operator logiczny koniunkcji

$||$ – operator logiczny alternatywy
() – nawias grupujący formuły
$f \in F$ – fluent
$Ac_i, Ac_j \in Ac$ – akcje
$\alpha, \pi \in Forms(F)$ – warunki
$\alpha := f \mid (\alpha) \mid !\alpha \mid \alpha \&\& \pi \mid \alpha || \pi$
$d_i, d \in \mathbb{N}$

Rodzaje zdań występujących w projektowanym języku (domena języka):

- (Ac_i, d_i) causes α if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu 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 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 π.
- (Ac_i, d_i) releases f if π
  Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu powoduje uwolnienie f po zakończeniu akcji Ac_i, jeśli zachodzi warunek π.
- π triggers (Ac_i, d_i)
  Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu jest wykonywana, jeśli zajdzie warunek π.
- 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 π
  Akcja Ac_i trwająca d_i jednostek czasu jest niewykonalna, jeśli zachodzi warunek π.

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 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 *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* $t_2 + d_2 < t_1$*.*

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 $((A, d)\ causes\ \alpha\ if\ \pi) \in D$ 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 $((A, d)\ \mathtt{release}\ f\ \mathtt{if}\ \pi) \in D$ 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 $(\pi\ \mathtt{triggers}\ (A, d)) \in D$ 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 $(impossible\ \ (A, d)\ \ if\ \ \pi)$ i dla każdego momentu czasu $t \in \mathbb{N}$, jeżeli $H(\pi, t) = 1$, wtedy $(A, t, d) \notin E$.

Definicja 1.2. *Niech $S = (H, O, E)$ 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 $H(\alpha, t) = 1$*
- $ACS \subseteq E$

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.