

POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ MATEMATYKI I NAUK INFORMACYJNYCH



# REPREZENTACJA WIEDZY

---

Programy działań z efektami  
domyślnymi

---

Raport końcowy

*Autorzy:*

Dragan Łukasz  
Flis Mateusz  
Izert Piotr  
Pielat Mateusz  
Rząd Przemysław  
Siry Roman  
**Waszkiewicz Piotr**  
Zawadzka Anna

20 czerwca 2016

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Opis zadania</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Opis klas</b>	<b>3</b>
2.1	Klasy fluentów, aktorów i akcji . . . . .	3
2.2	Klasy zdań logicznych . . . . .	3
2.3	Klasy zdań . . . . .	3
2.4	Klasa dziedziny . . . . .	4
2.5	Klasa stanu . . . . .	4
2.6	Klasa Graph . . . . .	4
2.7	Klasa Edge . . . . .	4
2.8	Klasa World . . . . .	5
2.9	Klasa kroku scenariusza . . . . .	5
2.10	Klasa scenariusza . . . . .	5
2.11	Klasy kwerend . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Algorytmy</b>	<b>6</b>
3.1	Wyznaczanie zbioru stanów . . . . .	6
3.2	Wyznaczanie stanu początkowego . . . . .	7
3.3	Obliczanie zbiorów ResN i ResAb . . . . .	8
3.4	Konstrukcja grafu zależności . . . . .	9
3.5	Obliczanie odpowiedzi na zadaną kwerendę . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Moduły dodatkowe</b>	<b>16</b>
4.1	Biblioteka Microsoft Automatic Graph Layout . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Podział prac</b>	<b>17</b>

# 1 Opis zadania

Zadaniem projektu jest opracowanie i zaimplementowanie języka akcji dla specyfikacji podanej klasy systemów dynamicznych oraz odpowiadający mu język kwerend.

System dynamiczny spełnia podane założenia:

1. Prawo inercji
2. Niedeterminizm i sekwencyjność działań
3. Pełna informacja o wszystkich akcjach i wszystkich ich skutkach bezpośrednich
4. Z każdą akcją związany jest:
  - (a) Warunek początkowy (ew. true)
  - (b) Efekt akcji
  - (c) Jej wykonawca
5. Skutki akcji:
  - (a) Pewne (zawsze występują po zakończeniu akcji)
  - (b) Domyślne (preferowane. Zachodzą po zakończeniu akcji, o ile nie jest wiadomym, że nie występują)
6. Efekty akcji zależą od jej stanu, w którym akcja się zaczyna i wykonawcy tej akcji
7. W pewnych stanach akcje mogą być niewykonalne przez pewnych (wszystkich) wykonawców

Programem działań nazywać będziemy ciąg  $((A_1, w_1), (A_2, w_2), \dots, (A_n, w_n))$ , gdzie  $A_i$  jest akcją, zaś  $w_i$  jej wykonawcą,  $n = 0, 1, 2, \dots$  gdzie  $w_i = \epsilon$  oznacza dowolnego wykonawcę.

Język kwerend zapewnia uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy podany program działań jest wykonywalny zawsze/kiedykolwiek?
2. Czy wykonanie podanego programu działań z dowolnego stanu spełniającego warunek  $\pi$  prowadzi zawsze/kiedykolwiek/na ogół do stanu spełniającego warunek celu  $\gamma$ ?
3. Czy z dowolnego stanu spełniającego warunek  $\pi$  cel  $\gamma$  jest osiągalny zawsze/kiedykolwiek/na ogół?
4. Czy wskazany wykonawca jest zaangażowany w realizację programu zawsze/kiedykolwiek?
5. Czy po wykonaniu podanego programu działań zawsze/kiedykolwiek/na ogół formuła  $\gamma$  jest spełniona w stanie wynikowym?

## 2 Opis klas

Przygotowany program, realizujący postawiony cel, został napisany w języku programowania C# i wykonany w technologii Windows Forms. Składa się on z szeregu klas będących odzwierciedleniem pojęć występujących w teorii reprezentacji wiedzy, mających na celu łatwiejsze napisanie i zrozumienie sposobu działania programu.

### 2.1 Klasy fluentów, aktorów i akcji

Klasy te służą do identyfikowania poszczególnych elementów występujących w dziedzinie wprowadzonej przez użytkownika. Rozróżnialne są za pomocą unikalnych nazw nadawanych im w trakcie działania programu.

### 2.2 Klasy zdań logicznych

W tym zbiorze znajdują się klasy, które są realizacją podstawowych operatorów z logiki klasycznej:

- Negacja
- Konjunkcja
- Alternatywa
- Implikacja
- Równoważność

### 2.3 Klasy zdań

W ramach przygotowanego programu zostały zrealizowane klasy dla każdego z typów zdań możliwych do zdefiniowania:

- **initially  $\alpha$**   
Zawiera formułę  $\alpha$  zdefiniowaną za pomocą klas zdań logicznych.
- **$(A, W)$  causes  $\alpha$  if  $\pi$**   
Zawiera akcję, listę wykonawców, informację o wykluczeniu wykonawców typu logicznego oraz formuły  $\alpha$  i  $\pi$  zdefiniowane za pomocą klas zdań logicznych. Warunek  $\pi$  może być pominięty, co oznacza, że jest zawsze prawdziwy, wtedy powyższe zdanie jest postaci  **$(A, W)$  causes  $\alpha$** .
- **$(A, W)$  typically causes  $\alpha$  if  $\pi$**   
Klasa ta zbudowana jest analogicznie do klasy powyżej, lecz reprezentuje ona zdanie, którego efekt jest typowy.
- **always  $\alpha$**   
Zawiera formułę  $\alpha$  zdefiniowaną za pomocą klas zdań logicznych.

- **impossible**  $(A, W)$  **if**  $\pi$   
Zawiera akcję, listę wykonawców, informację o wykluczeniu wykonawców typu logicznego oraz warunek  $\pi$  zdefiniowany za pomocą klas zdań logicznych.
- $(A, W)$  **releases**  $f$  **if**  $\pi$   
Zawiera akcję, listę wykonawców, informację o wykluczeniu wykonawców typu logicznego, fluent oraz warunek  $\pi$  zdefiniowany za pomocą klas zdań logicznych.
- $(A, W)$  **preserves**  $f$  **if**  $\pi$   
Zawiera akcję, listę wykonawców, informację o wykluczeniu wykonawców typu logicznego, fluent oraz warunek  $\pi$  zdefiniowany za pomocą klas zdań logicznych.

## 2.4 Klasa dziedziny

Klasa ta jest programową reprezentacją domeny wprowadzanej przez użytkownika. Zawiera ona listy zdań wszystkich typów, dopuszczalnych w ramach programu. Ponieważ wraz z uzupełnianiem danych liczba i rodzaj zdań może się zmieniać, oferuje ona niezbędne metody służące do ich zmiany, usuwania i modyfikowania.

## 2.5 Klasa stanu

Ponieważ w trakcie działania programu istnieje potrzeba rozróżniania możliwych stanów opisywanego systemu, powstała klasa odpowiadająca takiemu pojedynczemu stanowi. Każda taka klasa zawiera listę wartościowań dla każdego fluentu występującego w dziedzinie i jest ich konstruowanych w programie tyle, ile występuje unikalnych wartościowań ( $2^{|fluentset|}$ ).

## 2.6 Klasa Graph

Reprezentuje graf zależności między poszczególnymi stanami.

## 2.7 Klasa Edge

Każda ścieżka w konstruowanym grafie łączy dwa wierzchołki reprezentujące poszczególne stany między którymi istnieje połączenie opisane w dziedzinie - akcja wykonywana przez pewny zbiór wykonawców. Ponieważ akcje mogą mieć skutki typowe i nietypowe, wyróżnia się także rodzaj krawędzi. Klasa zawiera dwa stany (wierzchołki), akcję i jej wykonawcę oraz informację o nietypowości efektu akcji jako zmienną logiczną.

## 2.8 Klasa World

Jej składowymi są zbiory fluentów, akcji, aktorów oraz dziedzina. Klasa ta odpowiedzialna jest za budowanie struktury  $S = (\Sigma, \sigma_0, ResAb, ResN)$ , gdzie:

- $\Sigma$  - zbiór stanów
- $\sigma_0 \in \Sigma$  - stan początkowy
- $ResAb, ResN : A \times V \times \Sigma \rightarrow 2^\Sigma$  są funkcjami przejść.  $ResAb$  jest funkcją przejść nietypowych,  $ResN$  jest funkcją przejść typowych.

Klasa ta dostarcza także metodę budowania grafu zależności na podstawie skonstruowanej struktury  $S$ .

## 2.9 Klasa kroku scenariusza

Krok scenariusza zdefiniowany jest poprzez akcję i wykonawcę tejże akcji.

## 2.10 Klasa scenariusza

Składa się z listy kroków scenariusza.

## 2.11 Klasy kwerend

Każda kwerenda, która może zostać zdefiniowana w programie, reprezentowana jest przez osobną klasę. Wyróżniamy następujące rodzaje kwerend:

- **always/ever executable Scenario**  
Klasy reprezentujące te kwerendy (odpowiednio *always* i *ever*) przechowują obiekt klasy Scenariusza.
- **always/ever/typically accessible  $\gamma$  if  $\pi$**   
Klasy reprezentujące te kwerendy (odpowiednio *always*, *ever* i *typically*) przechowują formuły  $\gamma$  i  $\pi$  zdefiniowane za pomocą klas zdań logicznych.
- **always/ever/typically accessible  $\gamma$  if  $\pi$  when Scenario**  
Klasy te zbudowane są analogicznie jak klasy zdefiniowane powyżej, z tym, że dodatkowo przechowują obiekt klasy Scenariusza.
- **always/ever partakes w when Scenario**  
Klasy reprezentujące te kwerendy (odpowiednio *always* i *ever*) przechowują wykonawcę oraz obiekt klasy Scenariusza.
- **always/ever/typically  $\gamma$  after Scenario from  $\pi$**   
Klasy reprezentujące te kwerendy (odpowiednio *always*, *ever* i *typically*) przechowują formuły  $\gamma$  i  $\pi$  oraz obiekt klasy Scenariusza.

Każda klasa reprezentująca kwerendę dziedziczy po klasie Query i implementuje metodę Evaluate, która daje odpowiedź na zadane pytanie na podstawie zbudowanego wcześniej grafu zależności.

## 3 Algorytmy

### 3.1 Wyznaczanie zbioru stanów

Algorytm na podstawie zbioru fluentów wyznacza zbiór wszystkich stanów. Oparty jest na idei algorytmu z powrotami, który wyznacza wszystkie kombinacje  $n$ -elementowego ciągu składającego się z 0 i 1.

---

---

```
 $B \leftarrow$  pusty stos  
 $n \leftarrow$  liczba fluentów  
 $k \leftarrow 0$   
 $S \leftarrow$  lista stanów  
function BACKTRACK( $B, n, k$ )  
  if  $k = n$  then APPEND( $S, B$ )  
  end if  
  PUT( $B, 1$ )  
  BACKTRACK( $B, n, k + 1$ )  
  POP( $B$ )  
  PUT( $B, 0$ )  
  BACKTRACK( $B, n, k + 1$ )  
  POP( $B$ )  
  return  $S$   
end function
```

---

### 3.2 Wyznaczanie stanu początkowego

Algorytm wyznaczania stanu początkowego (stanów początkowych) polega na wygenerowaniu wszystkich możliwych kombinacji wszystkich fluentów danego świata oraz *przefiltrowaniu* ich przez zdania **always**. Otrzymane w ten sposób dozwolone stany świata są następnie kolejno sprawdzane pod kątem zgodności ze zdaniami **initially**. Dozwolone jest istnienie więcej niż jednego stanu początkowego.

---

---

```
 $H \leftarrow$  zbiór wszystkich kombinacji fluentów  $\mathcal{F}$ 
for all always  $\alpha \in \mathcal{D}$  do
  for all  $\sigma \in H$  do
    if  $\sigma \not\models \alpha$  then
       $H \leftarrow H \setminus \{\sigma\}$ 
    end if
  end for
end for
for all initially  $\alpha \in \mathcal{D}$  do
  for all  $\sigma \in H$  do
    if  $\sigma \not\models \alpha$  then
       $H \leftarrow H \setminus \{\sigma\}$ 
    end if
  end for
end for
```

---



### 3.3 Obliczanie zbiorów ResN i ResAb

Algorytm obliczania zbiorów  $ResN$  i  $ResAb$  oraz zbiorów pośrednich  $Res_0$ ,  $Res^-$ ,  $Res_0^+$  działa na analogicznej zasadzie *filtrowania* zbioru stanów zdaniami w algorytmie wyznaczania stanu początkowego. Na wyższym poziomie abstrakcji pseudokod wygląda następująco:<sup>1</sup>

---

```

 $\Sigma \leftarrow$  zbiór wszystkich kombinacji fluentów  $\mathcal{F}$ 
 $\Sigma \leftarrow$  stany  $\sigma \in \Sigma$  zgodne ze zdaniami always.
 $Res_0 \leftarrow \Sigma$ 
if dowolne zdanie impossible blokuje  $A$  dla  $Akt$  i  $\sigma$  then
     $Res_0 \leftarrow \emptyset$ 
end if
 $Res_0 \leftarrow$  stany  $\sigma \in Res_0$  zgodne ze zdaniami causes dla  $A$  i  $Akt$ 
 $Res_0 \leftarrow$  stany  $\sigma \in Res_0$  zgodne ze zdaniami preserves dla  $A$  i  $Akt$ 
 $Res^- \leftarrow$  stany  $\sigma \in Res_0$  o minimalnych zbiorach  $New$ 
 $Res_0^+ \leftarrow$  stany  $\sigma \in Res_0^+$  zgodne ze zdaniami typically causes dla  $A$  i  $Akt$ 
 $ResN \leftarrow$  stany  $\sigma \in Res_0^+$  o minimalnych zbiorach  $New$ 
 $ResAb \leftarrow Res^- \setminus ResN$ 

```

---

<sup>1</sup>Dla uproszczenia pseudokodu przez  $Res$  i  $New$  rozumie się kolejno  $Res(A, Akt, \sigma)$  oraz  $New(A, Akt, \sigma_0, \sigma_1)$

### 3.4 Konstrukcja grafu zależności

Graf przejść między stanami generowany jest na podstawie obliczonych zbiorów  $ResN$  i  $ResAb$ . Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

---

```
States  $\leftarrow$  zbiór wszystkich stanów
Actions  $\leftarrow$  zbiór wszystkich akcji
Actors  $\leftarrow$  zbiór wszystkich aktorów
E  $\leftarrow \emptyset$ 
for all state  $\in$  States do
  for all action  $\in$  Actions do
    for all actor  $\in$  Actors do
      for all target  $\in ResAb_{action,actor,state}$  do
        e  $\leftarrow$  nowa krawędź
        e.From  $\leftarrow$  state
        e.To  $\leftarrow$  target
        e.Action  $\leftarrow$  action
        e.Actor  $\leftarrow$  actor
        e.Abnormal  $\leftarrow$  True
        E  $\leftarrow E \cup \{e\}$ 
      end for
      for all target  $\in ResN_{action,actor,state}$  do
        e  $\leftarrow$  nowa krawędź
        e.From  $\leftarrow$  state
        e.To  $\leftarrow$  target
        e.Action  $\leftarrow$  action
        e.Actor  $\leftarrow$  actor
        e.Abnormal  $\leftarrow$  False
        E  $\leftarrow E \cup \{e\}$ 
      end for
    end for
  end for
end for
G  $\leftarrow (States, E)$ 
```

---

### 3.5 Obliczanie odpowiedzi na zadaną kwerendę

#### 3.5.1 Kwerendy *always/ever executable Scenario*

Kwerendy *always/ever executable Scenario* sprawdzają, czy dany scenariusz jest wykonywalny zawsze/kiedykolwiek z dowolnego stanu. Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

```
Scenario ← zadany scenariusz
States ← zbiór wszystkich dostępnych stanów
for all step ∈ Scenario do
  NewStates ← ∅
  for all state ∈ States do
    Edges ← wszystkie krawędzie dostępne w danym stanie dla kroku step
    if Wersja ALWAYS i Edges.count() == 0 then
      return FALSE - ścieżka niewykonywalna - brak krawędzi
    end if
    for all edge ∈ Edges do
      NewStates.add(edge.to)
    end for
  end for
  if Wersja EVER i NewStates.count() == 0 then
    return FALSE - nie było krawędzi z żadnego stanu - żadna ścieżka nie
    jest wykonywalna
  end if
  States ← NewStates
end for
return TRUE
```

---

### 3.5.2 Kwerendy *always/ever Actor partakes when Scenario*

Kwerendy *always/ever Actor partakes when Scenario* sprawdzają, czy dany aktor zawsze/kiedykolwiek bierze udział w wykonywaniu podanego scenariusza. Scenariusz może być wykonany z dowolnego niesprzecznego stanu początkowego. Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

---

```
Actor ← wybrany aktor
Scenario ← zadany scenariusz
States ← zbiór wszystkich dostępnych stanów
for all step ∈ Scenario do
  NewStates ← ∅
  for all state ∈ States do
    Edges ← wszystkie krawędzie w danym stanie dla kroku step
    for all edge ∈ Edges do
      if edge.Actor == Actor then
        if Wersja EVER then
          return TRUE - dany aktor bierze udział
        end if
      else- inny aktor
        NewStates.add(edge.to) - dalsze przeszukanie ścieżki
      end if
    end for
  end for
  if Wersja ALWAYS i NewStates.count() == 0 then
    return TRUE - nie dodano żadnego nowego stanu, czyli na wszystkich
    ścieżkach znalazł się już szukany aktor
  end if
  States ← NewStates
end for
return FALSE
```

---

### 3.5.3 Kwerendy *always/ever/typically accessible $\gamma$ if $\pi$ when Scenario*

Kwerendy *always/ever/typically accessible  $\gamma$  if  $\pi$  when Scenario* sprawdzają, czy wykonanie podanego scenariusza z każdego stanu spełniającego warunek  $\pi$  zawsze/kiedykolwiek/na ogół doprowadzi do stanu spełniającego warunek  $\gamma$ . Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

```
StatesPi  $\leftarrow$  zbiór wszystkich stanów spełniających warunek  $\pi$ 
scenario  $\leftarrow$  scenariusz kwerendy
for all startState  $\in$  StatesPi do
  states  $\leftarrow$  {startState}
  for all step  $\in$  scenario do
    nextS  $\leftarrow$  zbiór stanów
    for all state  $\in$  states do
      if wersja always lub ever then
        nextS  $\leftarrow$  nextS  $\cup$  (stany z krawędzią z state z krokiem step)
      else
        nextS  $\leftarrow$  nextS  $\cup$  (stany z typową krawędzią z state z krokiem
step)
      end if
    end for
    states  $\leftarrow$  nextS
  end for
  if (wersja always lub typically) i states zawiera stan nie spełniający  $\gamma$ 
then
    return FALSE
  end if
  if wersja ever i states nie zawiera stanu spełniającego  $\gamma$  then
    return FALSE
  end if
end for
return TRUE
```

---

### 3.5.4 Kwerendy always/ever/typically accessible $\gamma$ if $\pi$

- Algorytm kwerendy always accessible  $\gamma$  if  $\pi$

Kwerenda odpowiada twierdząco, jeżeli z każdego stanu spełniającego warunek  $\pi$  wykonanie dowolnego scenariusza zawsze doprowadzi do stanu spełniającego warunek  $\gamma$ . Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

---

```
states  $\leftarrow$  zbiór wszystkich stanów spełniających warunek  $\pi$ 
open  $\leftarrow$  zbiór stanów do których można przejść z stanów w states
close - pusty zbiór stanów
while open niepusty do
    state  $\leftarrow$  {dowolny stan z open}
    usuń state z open
    dodaj state do close
    for all state2  $\in$  stany do których można przejść z state do
        if state2  $\notin$  close then
            dodaj state2 do open
        end if
    end for
end while
if close zawiera stan niespełniający  $\gamma$  then
    return FALSE
end if
return TRUE
```

---

- Algorytm kwerendy *ever/typically accessible*  $\gamma$  if  $\pi$

Kwerenda odpowiada twierdząco, jeżeli z każdego stanu spełniającego warunek  $\pi$  wykonanie dowolnego scenariusza kiedykolwiek/na ogół doprowadzi do stanu spełniającego warunek  $\gamma$ . Pseudokod algorytmu wygląda następująco:

---

```

StatesPi  $\leftarrow$  zbiór wszystkich stanów spełniających warunek  $\pi$ 
for all startState  $\in$  StatesPi do
  open  $\leftarrow$  stany do których można (typowo) przejść z startState
  close  $\leftarrow$  pusty zbiór stanów
  while open niepusty do
    state  $\leftarrow$  {dowolny stan z open}
    if state spełnia warunek  $\gamma$  then
      continue forall
    end if
    for all state2  $\in$  stany, do których można (typowo) przejść z state do
      if state2  $\notin$  close then
        dodaj state2 do open
      end if
    end for
  end while
  return FALSE
end for
return TRUE

```

---

### 3.5.5 Kwerendy *always/ever/typically* $\gamma$ after *Scenario* from $\pi$

Kwerenda ta sprawdza, czy po wykonaniu podanego scenariusza ze stanu spełniającego warunek  $\pi$ , bądź ze stanu początkowego (w przypadku  $\pi \Leftrightarrow \top$ ) zawsze/kiedykolwiek/na ogół w stanie wynikowym spełniona jest formuła  $\gamma$ . Pseudokod algorytmu wygląda następująco:



## 4 Moduły dodatkowe

### 4.1 Biblioteka Microsoft Automatic Graph Layout

Biblioteka ta została użyta do wizualizacji grafu zależności. Dostępna jest jako oprogramowanie open source pod adresem:

<https://github.com/Microsoft/automatic-graph-layout.git>.

Pakiet złożony jest z trzech bibliotek:

- Layout engine (Microsoft.MSAGL.dll)
- Drawing module (Microsoft.MSAGL.Drawing.dll)
- Viewer control (Microsoft.MSAGL.GraphViewerGDIGraph.dll)

Podstawowe funkcjonalności biblioteki:

- Przybliżanie, oddalanie i przesuwanie grafu
- Dowlona konfiguracja krawędzi i wierzchołków

## 5 Podział prac

- Dragan Łukasz - wyznaczanie zbioru stanów, ewaluacja formuł, testy
- Flis Mateusz - wizualizacja grafu zależności, testy
- Izert Piotr - implementacja kwerend `executable` i `partakes`, testy
- Pielat Mateusz - wyznaczanie zbiorów *Res*, testy
- Rząd Przemysław - konstrukcja grafu zależności, testy
- Siry Roman - implementacja kwerend `accessible`, testy
- Waszkiewicz Piotr - podstawowe klasy, graficzny interfejs użytkownika, testy
- Zawadzka Anna - podstawowe klasy, graficzny interfejs użytkownika, testy