

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA  
STASZICA

KRAKÓW

---

# Generator specyfikacji logicznej

---

*Autorzy:*

Marcin JĘDRZEJCZYK  
Paweł OGORZAŁY

*Prowadzący:*

Dr inż. Radosław KLIMEK

1 września 2016

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Cel projektu</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Powód tworzenia generatora</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Ważne</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Specyfikacja logiczna</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Generowanie specyfikacji logicznej</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Struktura programu</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Wygląd GUI</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>Działanie programu</b>	<b>9</b>
8.1	Jak korzystać z programu . . . . .	9
8.2	Zabezpieczenia . . . . .	9
8.3	Zapis . . . . .	10
<b>9</b>	<b>Literatura</b>	<b>11</b>

## Spis rysunków

1	Wzorce przepływu . . . . .	5
2	Diagram klasy MainWindow . . . . .	7
3	Diagram klasy RuleObject . . . . .	8
4	Interfejs graficzny . . . . .	8
5	Działanie programu . . . . .	9

## Listings

1	Plik wejściowy . . . . .	10
2	Wyjście programu . . . . .	10

## 1 Cel projektu

Celem projektu jest wytworzenie programu, który dla podanego diagramu będzie w stanie go sparsować do formatu pozwalającego na wygenerowanie specyfikacji logicznej.

## 2 Powód tworzenia generatora

- Ręczne tworzenie specyfikacji logiki jest trudne dla niedoświadczonych w tym użytkowników.
- Formalna weryfikacja modelu oprogramowania pozwala obniżyć koszty i zwiększyć niezawodność.
- Brak takich narzędzi.

## 3 Ważne

- Diagram aktywności musi składać się z wcześniej zdefiniowanych wzorców, zagnieżdżanie jest dozwolone.
- Diagram aktywności składa się tylko z atomicznych aktywności, zidentyfikowanych podczas tworzenia scenariuszy przypadków użycia.
- Generator musi działać automatycznie, usuwa to błąd ludzki.

## 4 Specyfikacja logiczna

Automatyzacja generowania specyfikacji logicznej, rozumianej jako zestawu temporalnych formuł logicznych jest kluczowym zagadnieniem. Opiera się ono na kilku założeniach:

- Modele oprogramowania są opracowane jako przepływy pracy. Przepływ to postępujące zdarzenie, zadanie, interakcja obejmujące proces pracy.
- Przepływy pracy są opracowane przy użyciu zdefiniowanych wzorców.
- Każdy wzorec przepływu pracy jest powiązany z zdefiniowanymi wcześniej formułami logicznymi opisującymi własności wzorca.

Elementarny zestaw formuł oznaczony  $elem(a_1, \dots, a_n)$  lub po prostu  $elem()$ , nad atomowymi formułami  $a_1, \dots, a_n$ , gdzie formuła atomowa jest podzielona na trzy podzbiory parami rozłączne:

- Pierwszy podzbiór, który zawiera co najmniej jeden element to *argumenty wejściowe*
- Drugi podzbiór, który może być pusty to *zwykłe argumenty*
- Trzeci podzbiór, który zawiera co najmniej jeden element to *argumenty wyjściowe*

jest zbiorem formuł  $f_1, \dots, f_m$  składniowo poprawnych oraz  $f_1, \dots, f_m$  gdzie  $m > 0$  są temporalnymi formułami logicznymi to  $elem() = \{f_1, \dots, f_m\}$ .

Wprowadźmy pojęcie formuły wejścia/wyjścia należących do klasycznej logiki.  $f_{en}$  i  $f_{ex}$  opisują logiczne okoliczności związane z otwarciem i zamknięciem wzorca.  $f_{en}$  jest spełnione, gdy pewne początkowe działania są aktywne. Na przykład  $a \wedge b$  dla  $f_{en}$  oznacza, że gdy wykonanie wzorca jest zainicjowane, obie aktywności  $a$  i  $b$  są spełnione.  $a \vee b$  dla  $f_{ex}$  oznacza, że gdy wykonywanie wzorca ma zostać zakończone wtedy działania  $a$  oraz  $b$  są aktywne. Podsumowując  $f_{en}$  oraz  $f_{ex}$  opisują odpowiednio pierwsze i ostatnie aktywne działania wzorca.

Wzór zestawu formuł oznaczony  $pat(a_1, \dots, a_n)$  lub upraszczając  $pat()$ , nad formułami atomicznymi  $a_1, \dots, a_n$  jest zbiorem  $pat(a_1, \dots, a_n) \equiv \{f_{en}, f_{ex}\} \cup elem(a_1, \dots, a_n)$  a jej elementy są częściowo uporządkowane w taki sposób, że  $f_{en}$  jest zawsze pierwszym elementem,  $f_{ex}$  jest zawsze drugim elementem.

Dla każdego wzorca  $pat$ ,  $pat.f_{en}$  i  $pat.f_{ex}$  oznacza odpowiednio wejściowe i wyjściowe formuły wzorca.

Wyrażenie logiczne  $W_L$  jest strukturą stworzoną na podstawie następujących reguł:

- każdy elementarny zestaw  $pat(a_i)$ , gdzie  $i > 0$  i każde  $a_i$  jest formułą atomiczną, jest wyrażeniem logicznym
- każde  $pat(A_i)$ , gdzie  $i > 0$  i każde  $A_i$  jest
  - formułą atomiczną, lub
  - wyrażeniem logicznym  $pat()$

jest także wyrażeniem logicznym

Wyrażenie logiczne stworzone w powyższy sposób jest dobrze sformatowane. Prostym przykładem wyrażenia logicznego jest  $w = Seq(Split(a, b, c), Cond(d, e, f))$  znaczenie wszystkich wzorców jest intuicyjne i nie jest formalnie zdefiniowane.  $|w|$  oznacza długość wyrażenia logicznego, które jest liczbą wzorców w wyrażeniu.  $w[i]$  oznacza wzór na  $i$ -tej pozycji w wyrażeniu logicznym  $w$ , np.  $w[2] = Split$ .  $|w[i]|$  oznacza liczbę argumentów  $i$ -tego wzoru, np.  $|w[1]| = 2$  a  $|w[3]| = 3$ .

Zestaw *predefiniowanych wzorców*  $\Pi$  jest to zestaw, który zawiera wszystkie dopuszczalne wzorce przepływu dla procesu rozwoju branego pod uwagę. Zbiór *wzorców własności*  $P$ , lub w skrócie *własności*  $P$  to zestaw logicznych atrybutów i cechy, które wzorce wymienione w  $\Pi$  posiadają.  $'''$  to selektor odpowiedniego obiektu wzorca, np.  $w[i]'P$  oznacza własność  $P$ , która zawiera formuły dla wzorca na  $i$ -tej pozycji w wyrażeniu  $w$ .  $''$  jest selektorem formuły w elementarnym zbiorze, do którego odnosi się wzorec w wyrażeniu logicznym, np.  $w[i]'P.f_{en}$  oznacza formułę  $f_{en}$  w elementarnym zbiorze  $i$ -tego wzorca w wyrażeniu.  $'' \uparrow$  jest selektorem argumentów w wzorcu.  $w[i] \uparrow a_j$  oznacza argument  $a_j$   $i$ -tego wzorca w wyrażeniu logicznym  $w$ .

Niech  $w^c$  dla wyrażenia logicznego  $w$  będzie zagregowaną formułą wejściową (wyjściową), gdzie agregowana formuła jest wyliczana na podstawie następujących reguł:

- jeśli nie ma wzorca w miejscu jakiegokolwiek formuły atomicznej/argumentu, która składniowo należy do formuły  $f_{en}$  (lub  $f_{ex}$ )  $w$ , wtedy  $w^c$  jest równe  $f_{en}$  ( $w^x$  jest równe  $f_{ex}$ ).

- jeśli istnieje wzorec, powiedzmy  $t()$  w miejscu jakiegokolwiek atomicznego argumentu powiedzmy  $r$ , który składniowo należy do formuły  $f_{en}$  (lub  $f_{ex}$ )  $w$ , wtedy  $r$  jest zastępowane przez  $t^e$  (lub  $t^x$ ) dla każdego przypadku.

#### Algorytm - Generowanie specyfikacji logicznej ( $A$ )

**Input:** Wyrażenie logiczne  $W_L$ , zdefiniowane wzorce przepływu(nie puste)  $P$

**Output:** Specyfikacja logiczna  $L$

```

 $L := 0$ 
for  $i := 1$  to  $|W_L|$  do
   $L2 := W_L[i]P' \setminus \{W_L[i]'P.f_{en}, W_L[i]'P.f_{ex}\};$ 
  for  $j := 1$  to  $|W_L[i]|$  do
    if  $W_L[i] \uparrow a_j$  is non-atomic then
       $agg := (W_L[i]'P \uparrow a_J())^e + "V" + (W_L[i]'P \uparrow a_J())^x;$ 
      replace in  $L2$  every pattern  $W_L[i]'P \uparrow a_j()$  by  $agg$ ;
    end if
  end for
   $L := L \cup L2$ 
end for

```

Specyfikacja logiczna  $L$  składa się ze wszystkich wzorców uzyskanych z wyrażenia logicznego  $W_L$  przy stałych właściwościach  $P$

$$L(W_L, P) = \{f : f \in A(W_L, P)\}$$

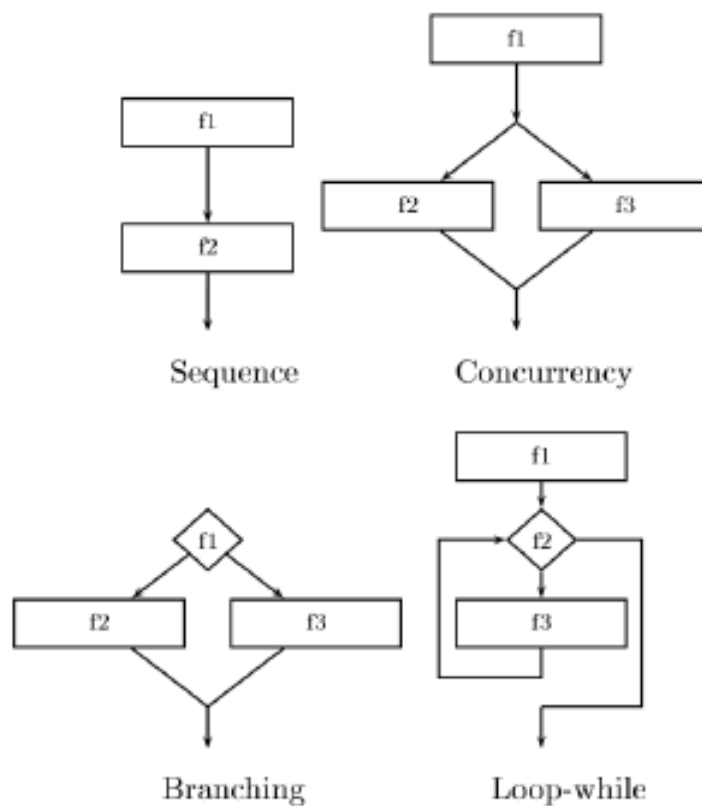
## 5 Generowanie specyfikacji logicznej

Sposób postępowania:

1. Analiza diagramów aktywności w celu wyciągnięcia z nich wcześniej zdefiniowanych wzorców przepływu.
2. Przetłumaczenie wyłuskanych wzorców na wyrażenia logiczne  $W_L$ .
3. Generowanie specyfikacji logicznej  $L$  z wyrażeń logicznych,

Wzorce przepływu:

- Sekwencja, sequence
- Współbieżność, concurrent fork/join
- Pętla while, loop while
- Rozgałęzienie, branching



Rysunek 1: Wzorce przepływu

Podane wzorce P i zbiory ich formuł:

- Sequence(f1,f4)
  - $f1 \Rightarrow \diamond f4$
  - $\neg f1 \Rightarrow \neg \diamond f4$
  - $\Box \neg (f1 \wedge f4)$
- Concurrency(f1,f2,f3,f4)
  - $f1 \Rightarrow \diamond f2 \wedge \diamond f3$
  - $\neg f1 \Rightarrow \neg (\diamond f2 \wedge \diamond f3)$
  - $f2 \wedge f3 \Rightarrow \diamond f4$
  - $\neg (f2 \wedge f3) \Rightarrow \neg \diamond f4$
  - $\Box \neg (f1 \wedge (f2 \vee f3))$
  - $\Box \neg ((f2 \vee f3) \wedge f4)$
  - $\Box \neg (f1 \wedge f4)$
- Branching(f1,f2,f3,f4)

- $f1 \Rightarrow (\diamond f2 \wedge \neg \diamond f3) \vee (\neg \diamond f2 \wedge \diamond f3)$
- $\neg f1 \Rightarrow \neg((\diamond f2 \wedge \neg \diamond f3) \vee (\neg \diamond f2 \wedge \diamond f3))$
- $f2 \vee f3 \Rightarrow \diamond f4$
- $\neg(f2 \vee f3) \Rightarrow \neg \diamond f4$
- $\Box \neg(f1 \wedge f4)$
- $\Box \neg(f2 \wedge f3)$
- $\Box \neg(f1 \wedge (f2 \vee f3))$
- $\Box \neg((f2 \vee f3) \wedge f4)$

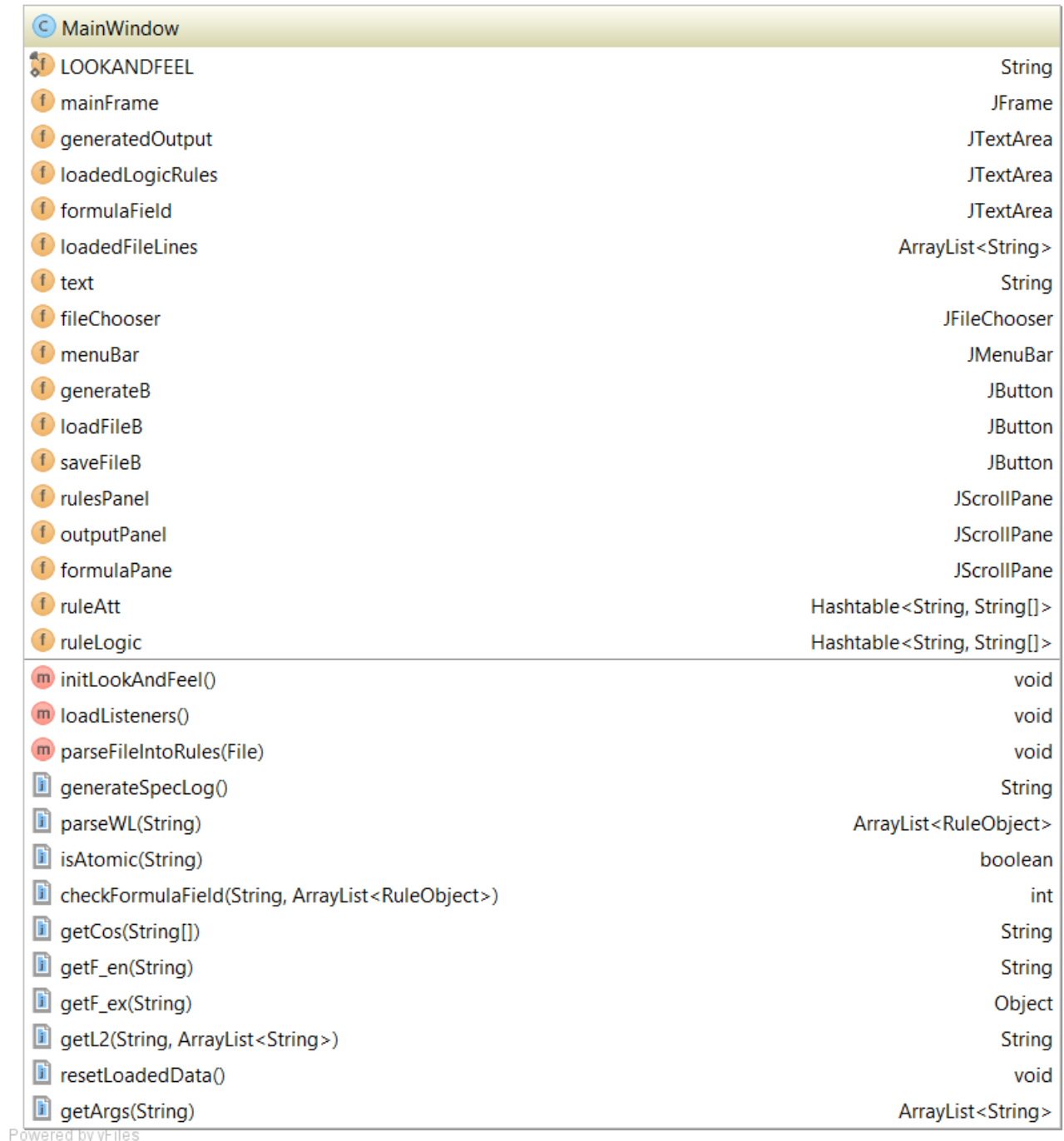
• LoopWhile(a,b,c,d)

- $f1 \Rightarrow \diamond f2$
- $\neg f1 \Rightarrow \neg \diamond f2$
- $f2 \wedge c(f2) \Rightarrow \diamond c \wedge \neg \diamond f4$
- $\neg(f2 \wedge c(f2)) \Rightarrow \neg(\diamond f3 \wedge \neg \diamond f4)$
- $f2 \wedge \neg c(f2) \Rightarrow \neg \diamond f3 \wedge \diamond f4$
- $\neg(f2 \wedge \neg c(f2)) \Rightarrow \neg(\neg \diamond f3 \wedge \diamond f4)$
- $f3 \Rightarrow \diamond f2$
- $\neg f3 \Rightarrow \neg \diamond f2$
- $\Box \neg(f1 \wedge f2)$
- $\Box \neg(f1 \wedge f3)$
- $\Box \neg(f1 \wedge f4)$
- $\Box \neg(f2 \wedge f3)$
- $\Box \neg(f2 \wedge f4)$
- $\Box \neg(f3 \wedge f4)$

Wyjście algorytmu dla:

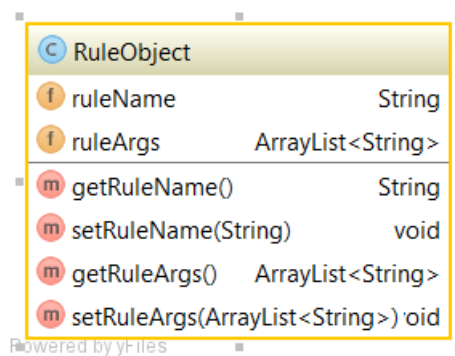
- $W_L = \text{Concur}(a,b,c,d)$  to:  
 $L = \{a \Rightarrow \diamond b \wedge \diamond c, \neg a \Rightarrow \neg(\diamond b \wedge \diamond c), b \wedge c \Rightarrow \diamond d, \neg(b \wedge c) \Rightarrow \neg \diamond d, \Box \neg(a \wedge (b \vee c)), \Box \neg((b \vee c) \wedge d), \Box \neg(a \wedge d)\}$
- $W_L = \text{Seq}(\text{Seq}(a,b),c)$  to:  
 $L = \{a \Rightarrow \diamond b, \neg a \Rightarrow \neg \diamond b, \Box \neg(a \wedge b)\} \cup$   
 $\cup \{a \Rightarrow c, \neg a \Rightarrow \neg \diamond c, \Box \neg(a \wedge c)\} \cup$   
 $\cup \{b \Rightarrow c, \neg b \Rightarrow \neg \diamond c, \Box \neg(b \wedge c)\}$
- $\text{Branch}(\text{Seq}(a,b),c,d,e)$  to:  
 $L =$   
 $\{a \Rightarrow \diamond b, \neg a \Rightarrow \neg \diamond b, \Box \neg(a \wedge b)\} \cup \{a \Rightarrow (\diamond c \wedge \neg \diamond d) \vee (\neg \diamond c \wedge \diamond d), \neg a \Rightarrow \neg((\diamond c \wedge \neg \diamond d) \vee (\neg \diamond c \wedge \diamond d)), c \vee d \Rightarrow \diamond e, \neg(c \vee d) \Rightarrow \neg \diamond e, \Box \neg(a \wedge e), \Box \neg(c \wedge d), \Box \neg(a \wedge (c \vee d)), \Box \neg((c \vee d) \wedge e)\} \cup \{b \Rightarrow (\diamond c \wedge \neg \diamond d) \vee (\neg \diamond c \wedge \diamond d), \neg b \Rightarrow \neg((\diamond c \wedge \neg \diamond d) \vee (\neg \diamond c \wedge \diamond d)), c \vee d \Rightarrow \diamond e, \neg(c \vee d) \Rightarrow \neg \diamond e, \Box \neg(b \wedge e), \Box \neg(c \wedge d), \Box \neg(b \wedge (c \vee d)), \Box \neg((c \vee d) \wedge e)\}$

## 6 Struktura programu



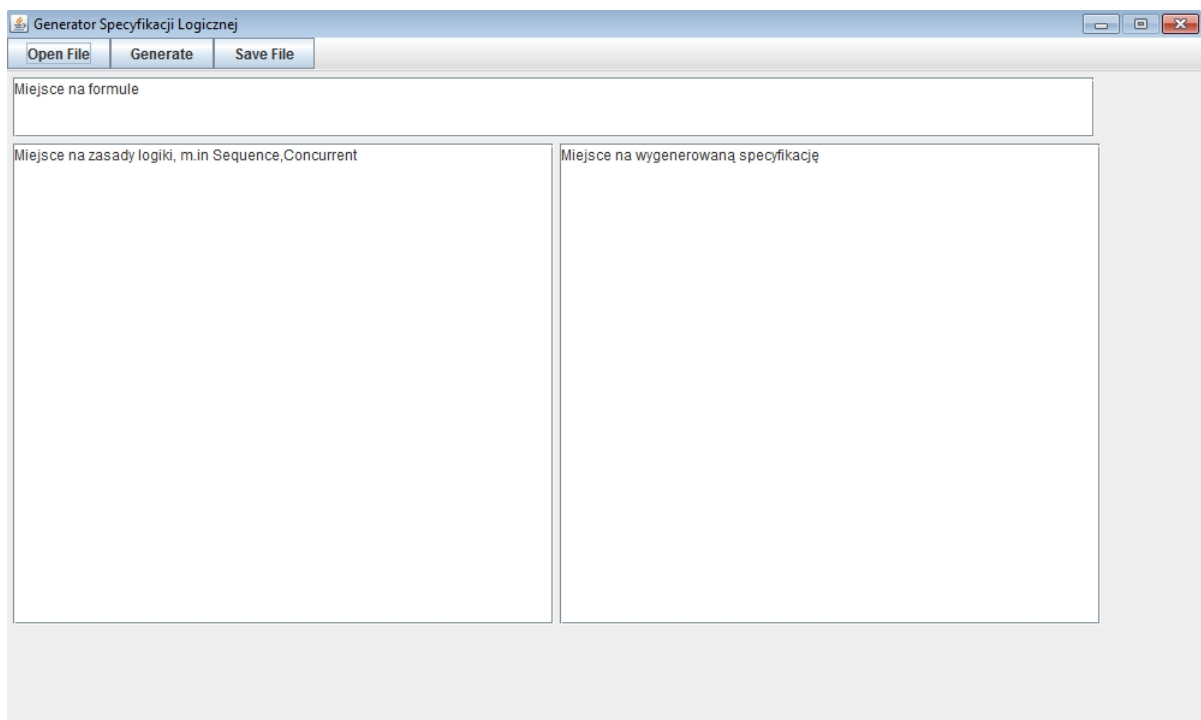
Rysunek 2: Diagram klasy MainWindow



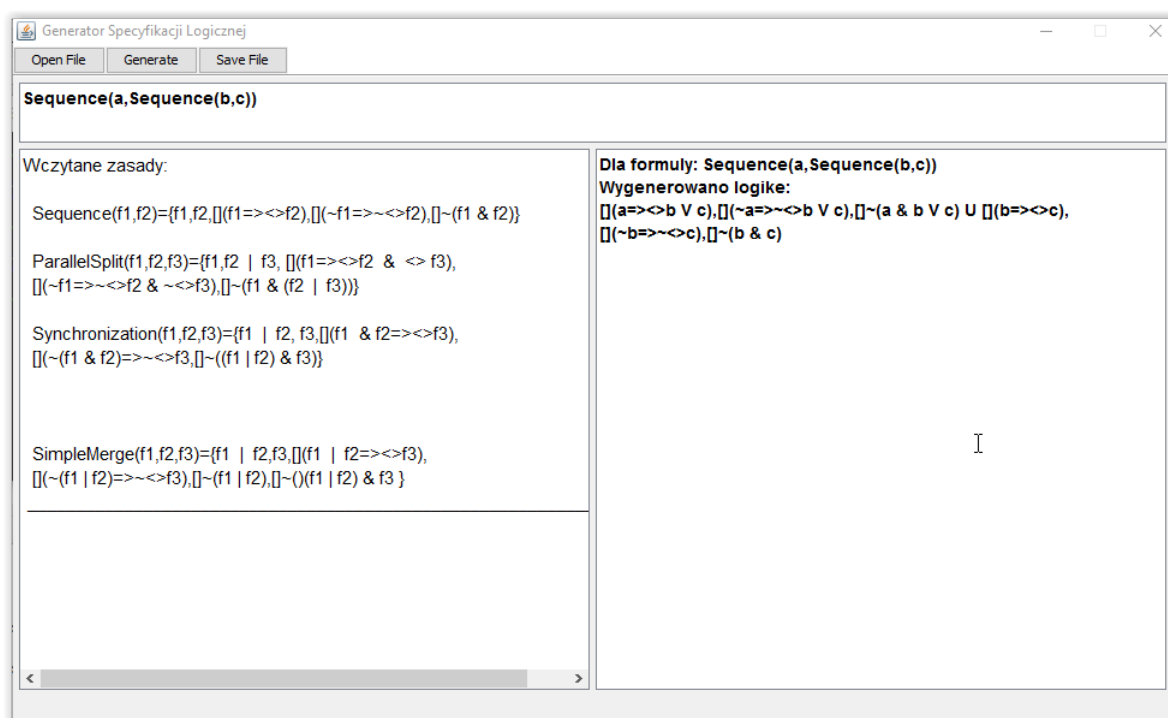


Rysunek 3: Diagram klasy RuleObject

## 7 Wygląd GUI



Rysunek 4: Interfejs graficzny



Rysunek 5: Działanie programu

## 8 Działanie programu

### 8.1 Jak korzystać z programu

1. Przygotuj plik wzorców z wzorcami i ich logiką.
2. Wczytaj odpowiedni plik wzorców, wciskając przycisk "Open file" i korzystając z okna dialogowego. (wczytane zasady pojawią się w dużym polu tekstowym po lewej)
3. Przygotuj formułę do przeparsowania i wprowadź ją do "Miejsca na formułę" (pierwsze pole tekstowe od góry)
4. Żeby wygenerować specyfikację, wciśnij przycisk "Generate". (specyfikacja pojawi się w dużym polu tekstowym po prawej)

**Uwaga! Pamiętaj o poprawności zapisu reguł w pliku i formuły w polu tekstowym. Nie przestrzeganie zasad struktury pliku uniemożliwi poprawne działanie programu. Zaś błędy w formule, które nie zostały przewidziane mogą zakłamać wynik programu.**

### 8.2 Zabezpieczenia

Pole formuły jest zabezpieczone przed następującymi błędami:

- Błędna ilość argumentów wzorca,
- Błędna nazwa wzorca,
- Występowanie znaków niedopuszczalnych

- Poprawne nawiasowanie formuły
- Błędy zapisu formuły, typu  $\text{Sequence}(a, \text{Sequence}(b, c)d)$  d to zbłąkana litera

### 8.3 Zapis

Składnia:

1.  $\text{NazwaWzorca}(\text{argument1}, \dots, \text{argumentK}) = \text{formuła wejścia}, \text{formuła wyjścia}, \text{pozostałe formuły}$
2.  $\diamond$  w pliku zapisujemy jako  $<>$
3.  $\Rightarrow$  w pliku zapisujemy jako  $=>$
4.  $\neg$  w pliku zapisujemy jako  $\sim$
5.  $\square$  w pliku zapisujemy jako  $[]$
6.  $\vee$  w pliku zapisujemy jako  $|$
7.  $\wedge$  w pliku zapisujemy jako  $\&$
8.  $\cup$  w pliku zapisujemy jako  $U$

Przykład poprawnego zapisu pliku:

Listing 1: Plik wejściowy

```
Sequence(f1, f2) = {f1, f2, [], (f1=>>f2), [], (~f1=>>~<f2), [], ~(f1 & f2)}
```

```
ParallelSplit(f1, f2, f3) = {f1, f2 | f3, [], (f1=>>f2 & <f3),  
[], (~f1=>>~<f2 & ~<f3), [], ~(f1 & (f2 | f3))}
```

```
Synchronization(f1, f2, f3) = {f1 | f2, f3, [], (f1 & f2=>>f3),  
[], ~(f1 & f2)=>>~<f3, [], ~((f1 | f2) & f3)}
```

```
SimpleMerge(f1, f2, f3) = {f1 | f2, f3, [], (f1 | f2=>>f3),  
[], ~(f1 | f2)=>>~<f3, [], ~(f1 | f2), [], ~() (f1 | f2) & f3 }
```

Przykład poprawnej formuły do przetworzenia:

**Sequence(Sequence(a,b),d),**

gdzie a,b,c,d to funkcje atomiczne.

Przykład pliku wyjściowego programu:

Listing 2: Wyjście programu

```
Dla formuły: Sequence(Sequence(a, b), d)
Wygenerowano logikę:
[], (a V b=>>d), [], (~a V b=>>~<d), [], ~(a V b & d) U
[], (a=>>b), [], (~a=>>~<b), [], ~(a & b)
```

## 9 Literatura

**Radosław Klimek:** From Extraction of Logical Specifications to Deduction-Based Formal Verification of Requirements Models. Strony 61-75.

**Radosław Klimek:** Elicitation of logical specifications from RUP-like processes for formal verification.