

REGUŁOWO-MODELOWE SKORUPOWE SYSTEMY EKSPERTOWE

Część 5: Systemy rozwinięte niepewne

**Antoni Niederliński
Uniwersytet Ekonomiczny
w Katowicach**

antoni.niederlinski@ue.katowice.pl

Baza wiedzy rozwinięta niepewna

Zanegowane wnioski mogą być warunkami.

Innymi słowy: baza wiedzy ma zanegowane warunki niedopytywalne

W szczególności:

Baza wiedzy rozwinięta niepewna

- Wszystkie reguły mają wyłącznie niezanegowane wnioski
- Wniosek reguły może występować w postaci zanegowanej w liście warunków innej reguły, oraz
- Wniosek reguły może występować w postaci zanegowanej jako warunek startowy dowolnego modelu, oraz
- Wniosek modelu relacyjnego może występować w postaci zanegowanej w liście warunków dowolnej reguły

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (1)

1. Testowanie pojedynczych kumulatywnych lub dysjunktywnych reguł przebiega tak jak dla baz elementarnych niepewnych
 - dla reguł kumulatywnych stosowane jest standardowe przetwarzanie;
 - dla reguł dysjunktywnych, naruszenie zasady dodatniości powoduje pominięcie reguły przy dalszym wnioskowaniu; zachowanie tej zasady prowadzi do standardowego przetwarzania reguły.

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (2)

2. Przy wnioskowaniu rozwiniętym niepewnym w przód wyznaczanie CF dla wniosków **pojedynczych** reguł kumulatywnych i dysjunktywnych oraz wypadkowych wartości CF przebiega tak jak dla wnioskowania elementarnego niepewnego.

2a. W trakcie wnioskowania rozwiniętego niepewnego w przód system wnioskujący wyznacza CF tylko dla niezanegowanych wniosków **pojedynczych** reguł :

$CF(\text{Wniosek})$

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (3)

3. Dla każdego wyznaczonego **wypadkowego** $CF(Wniosek)$, określa się CF dla jego negacji jako:

$$CF(nWniosek) = - CF(Wniosek)$$

Innymi słowy: najpierw wyznacza się wypadkowy $CF(Wniosek)$, a dopiero potem wyznacza się CF jego negacji.

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (4)

4. Zasada dodatniości jest stosowana dla wnioskowania wstecz niezależnie od tego, czy hipoteza jest prosta, czy też zanegowana.

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (5)

5. Przy wnioskowaniu rozwiniętym niepewnym wstecz, CF dla niezanegowanych hipotez jest wyznaczane tak samo, jak przy wnioskowaniu elementarnym niepewnym.

Dodatkowo, dla każdego wniosku o określonym **wypadkowym** CF, określa się CF dla wniosku zanegowanego jako:

$$CF(\neg Wniosek) = - CF(Wniosek)$$

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (6)

6. W trakcie wnioskowania rozwiniętego niepewnego wstecz może powstać potrzeba wyznaczenia CF dla pomocniczych hipotez w postaci zanegowanych wniosków reguł:

$$CF(nWniosek)$$

Dokonuje się tego w trakcie wnioskowania. Dodatkowo, dla każdego wypadkowego zanegowanego wniosku $nWniosek$ wyznacza się współczynnik pewności dla jego prostego dopełnienia jako:

$$CF(Wniosek) = - CF(nWniosek)$$

Testowanie reguł rozwiniętych niepewnych (7)

7. Dlatego stanfordska algebra współczynników pewności wymaga dla baz rozwiniętych niepewnych modyfikacji w zakresie obsługi zanegowanych hipotez pomocniczych przy wnioskowaniu wstecz.

Również niespełnione modele relacyjne są przetwarzane inaczej niż dla baz elementarnych niepewnych.

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (1)

Zasada 1

Jeżeli dla reguł dysjunktywnych, które nie zostały pominięte w wyniku naruszenia zasady dodatniości, współczynniki pewności list warunków mają jednakowe znaki, wypadkowy współczynnik pewności zanegowanego wniosku jest określony przez najmniejszy współczynnik pewności wniosku.

Ilustrują to następujące przykłady:

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (2)

Przykład 1:

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")

reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")

reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6")

reguła_dyzyunktywna("Wniosek ")

fakt("A","0.7")

fakt("B","0.8")

fakt("C","0.9")

fakt("D","0.5")

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (3)

Wynik wnioskowania

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9") CF(nWniosek)= - 0.63

reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8") CF(nWniosek)= - 0.64

reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6") CF(nWniosek)= - 0.3

reguła_dyzjunktywna("Wniosek ")

fakt("A","0.7")

fakt("B","0.8")

fakt("C","0.9")

fakt("D","0.5")

┌
└───────────→ CF(nWniosek)= -0.64

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")

┌
└───────────→ CF(O.K.)= - 0.64

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (4)

Przykład 2:

```
reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")
```

```
reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")
```

```
reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")
```

```
reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6")
```

```
reguła_dyzyunktywna("Wniosek ")
```

```
fakt("A","- 0.7")
```

```
fakt("B","-0.8")
```

```
fakt("C","-0.9")
```

```
fakt("D","-0.5")
```

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (5)

Wynik wnioskowania

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")

CF(nWniosek)= 0.63

reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")

CF(nWniosek)= 0.64

reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6")

CF(nWniosek)= 0.3

reguła_dyzjunktywna("Wniosek ")

fakt("A","-0.7")

fakt("B","-0.8")

fakt("C","-0.9")

fakt("D","-0.5")



CF(nWniosek)= 0.3

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")



CF(O.K.)= 0.3

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (6)

Zasada 2

Jeżeli dla reguł dysjunktywnych, które nie zostały pominięte w wyniku naruszenia zasady dodatniości, współczynniki pewności list warunków mają różne znaki, wypadkowy współczynnik pewności zanegowanego wniosku jest określony przez najmniejszy współczynnik pewności wniosku dla reguł, które mają dodatnie współczynniki pewności list warunków.

Ilustrują to następujące przykłady:

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (7)

Przykład 3:

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")

reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")

reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6")

reguła_dyzyunktywna("Wniosek ")

fakt("A","- 0.7")

fakt("B","0.8")

fakt("C","0.9")

fakt("D","- 0.5")

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (8)

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")

reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")

reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"0.6")

reguła_dyzjunktywna("Wniosek ")

fakt("A","-0.7")

fakt("B","0.8")

fakt("C","0.9")

fakt("D","-0.5")

Reguły pominięte

Wynik wnioskowania

CF(nWniosek)= 0.63

CF(nWniosek)= - 0.64

CF(nWniosek)= 0.3

CF(nWniosek)= - 0.64

**CF nie
wyznaczane**

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")

CF(O.K.)= - 0.64

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (9)

Przykład 3 da taki sam wynik, jeżeli wybierzemy najmniejszy $CF(nWniosek)$ dla wszystkich reguł.

Takie podejście może jednak prowadzić do niepoprawnych wyników, co ilustruje przykład 4.

Poprawne wyniki zapewnia dla przykładu 4 jedynie wybór największego CF spośród CF-ów dla wszystkich wniosków, których reguły mają dodatnie współczynniki CF list warunków.

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (10)

Przykład 4:

```
reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")
reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")
reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")
reguła(4 "Wniosek",["D"],1, "-0.6")
reguła_dyzjunktywna("Wniosek ")
fakt("A","-0.7")
fakt("B","-0.8")
fakt("C","0.9")
fakt("D","0.5")
```

Wypadkowy CF zanegowanych wniosków reguł dysjunktywnych (11)

reguła(2,"Wniosek",["A"],1,"0.9")
reguła(3 "Wniosek",["B", "C"],1,"0.8")
reguła(4 "Wniosek",["D"],1,"- 0.6")
reguła_dyzjunktywna("Wniosek ")
fakt("A","-0.7")
fakt("B","-0.2")
fakt("C","0.9")
fakt("D","0.5")

Reguły pominięte

Wynik wnioskowania

CF(nWniosek)= 0.63

CF(nWniosek)= 0.16

CF(nWniosek)= 0.3

CF(nWniosek)= 0.3

**CF nie
wyznaczane**

reguła(1,"O.K.",["nWniosek"],1,"1.0")

CF(O.K.)= 0.3

Kompatybilność wartości CF wyznaczanych dla zanegowanych i niezanegowanych wniosków

Przedstawione podejście prowadzi zawsze
do wyniku:

$$\mathbf{CF(nWniosek) = - CF(Wniosek)}$$

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Dla danej bazy wiedzy wyznaczyć współczynnik pewności wszystkich faktów wynikających z $A(0.5)$, $B(0.9)$, $C(0.9)$, $E(0.4)$ i $H(0.3)$

Fakty:

$A(0.5)$ $C(0.9)$ $H(0.3)$
 $B(0.9)$ $E(0.4)$

Reguły:

1. $A \text{ --- } 0.8 \text{ --- } D$
2. $F H \text{ --- } 0.5 \text{ --- } G$
3. $B \text{ --- } 0.6 \text{ --- } L$
4. $D J \text{ --- } 0.7 \text{ --- } M$
5. $C D \text{ --- } 0.5 \text{ --- } F$
6. $A E \text{ --- } 1 \text{ --- } J$
7. $nM B \text{ --- } 0.9 \text{ --- } F$

Nowy fakt:
 $D(0.4)$

$A(0.5)$ $C(0.9)$ $H(0.3)$
 $B(0.9)$ $E(0.4)$ **$D(0.4)$**

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54)

Nowy fakt:
L(0.54)

Reguły:

1. $A \rightarrow 0.8 \rightarrow D$
2. $F H \rightarrow 0.5 \rightarrow G$
3. **$B \rightarrow 0.6 \rightarrow L$**
4. $D J \rightarrow 0.7 \rightarrow M$
5. $C D \rightarrow 0.5 \rightarrow F$
6. $A E \rightarrow 1 \rightarrow J$
7. $nM B \rightarrow 0.9 \rightarrow F$

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4)

Reguły:

1. $A \text{---}0.8 \text{---} D$
2. $F H \text{---}0.5 \text{---} G$
3. $B \text{---}0.6 \text{---} L$
4. $D J \text{---}0.7 \text{---} M$
5. $C D \text{---}0.5 \text{---} F$
6. **$A E \text{---}1 \text{---} J$**
7. $nM B \text{---}0.9 \text{---} F$

Nowy fakt:
J(0.4)

Zakończono testowanie reguł pojedynczych 1, 3 i 6 z warunkami tylko dopytywalnymi.

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4) F(0.2)

Nowy fakt:
F(0.2)

Reguły:

1. $A \text{ --- } 0.8 \text{ --- } D$
2. $F H \text{ --- } 0.5 \text{ --- } G$
3. $B \text{ --- } 0.6 \text{ --- } L$
4. $D J \text{ --- } 0.7 \text{ --- } M$
5. **$C D \text{ --- } 0.5 \text{ --- } F$**
6. $A E \text{ --- } 1 \text{ --- } J$
7. $nM B \text{ --- } 0.9 \text{ --- } F$

Akumulacja dla D zakończona, stąd
możliwość testowania reguły 5

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4) F(0.2)
M(0.28)

Nowy fakt:
M(0.28)

Reguły:

1. $A \rightarrow 0.8 \rightarrow D$
2. $F H \rightarrow 0.5 \rightarrow G$
3. $B \rightarrow 0.6 \rightarrow L$
4. **$D J \rightarrow 0.7 \rightarrow M$**
5. $C D \rightarrow 0.5 \rightarrow F$
6. $A E \rightarrow 1 \rightarrow J$
7. $nM B \rightarrow 0.9 \rightarrow F$

Możliwe po przeprowadzeniu
akumulacji dla J

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4) F(0.2)
M(0.28)

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4) ~~F(0.2)~~
M(0.28) F(-0.06)

Nowy fakt:
F(-0.25)

Reguły:

1. $A \rightarrow 0.8 \rightarrow D$
2. $F H \rightarrow 0.5 \rightarrow G$
3. $B \rightarrow 0.6 \rightarrow L$
4. $D J \rightarrow 0.7 \rightarrow M$
5. $C D \rightarrow 0.5 \rightarrow F$
6. $A E \rightarrow 1 \rightarrow J$
7. $nM B \rightarrow 0.9 \rightarrow F$

Możliwe po przeprowadzeniu akumulacji dla M

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania w przód:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) **D(0.4)**
L(0.54) J(0.4) F(-0.06)
M(0.28) **G(-0.03)**

Nowy fakt:
G(-0.03)

Reguły:

1. $A \rightarrow 0.8 \rightarrow D$
2. **$F H \rightarrow 0.5 \rightarrow G$**
3. $B \rightarrow 0.6 \rightarrow L$
4. $D J \rightarrow 0.7 \rightarrow M$
5. $C D \rightarrow 0.5 \rightarrow F$
6. $A E \rightarrow 1 \rightarrow J$
7. $nM B \rightarrow 0.9 \rightarrow F$

Z faktów A(0.5), B(0.9), C(0.9), E(0.4) i H(0.3) wynikają więc fakty **D(0.4)**, **L(0.54)**, **F(-0.06)**, **G(-0.03)**, **J(0.4)** oraz **M(0.28)** i tylko te fakty.

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

dla danej bazy wiedzy ocenić hipotezę **F(CF)**, jeżeli dla warunków dopytywalnych jest $A(0.5)$, $B(0.9)$, $C(0.9)$, $E(0.4)$ i $H(0.3)$.

Fakty:

$A(0.5)$ $C(0.9)$ $H(0.3)$
 $B(0.9)$ $E(0.4)$

$A(0.5)$ $C(0.9)$ $H(0.3)$
 $B(0.9)$ $E(0.4)$

Reguły:

1. $A \text{ — } 0.8 \text{ — } D$
2. $F \ H \text{ — } 0.5 \text{ — } G$
3. $B \text{ — } 0.6 \text{ — } L$
4. $D \ J \text{ — } 0.7 \text{ — } M$
5. $C \ D \text{ — } 0.5 \text{ — } F$
6. $A \ E \text{ — } 1 \text{ — } J$
7. $nM \ B \text{ — } 0.9 \text{ — } F$

Brak **F(CF)**

Jest **C(CF)**
i **D(CF)**?

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4)

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

Jest A(0.5) więc jest
D(0.4) więc jest F(0.2)

Reguły:

1. $A \text{---}0.8 \text{---} D$
2. $F H \text{---}0.5 \text{---} G$
3. $B \text{---}0.6 \text{---} L$
4. $D J \text{---}0.7 \text{---} M$
5. $C D \text{---}0.5 \text{---} F$
6. $A E \text{---}1 \text{---} J$
7. $nM B \text{---}0.9 \text{---} F$

Jest C(0.9),
brak D(CF)

Jest
A(CF)?

... ale jest jeszcze reguła 7 o
tym samym wniosku F i
należy wyznaczyć CF(F)
również dla niej:

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

Jest M(CF)
i B(CF)?

Reguly:

1. $A \text{---} 0.8 \text{---} D$
2. $F H \text{---} 0.5 \text{---} G$
3. $B \text{---} 0.6 \text{---} L$
4. $D J \text{---} 0.7 \text{---} M$
5. $C D \text{---} 0.5 \text{---} F$
6. $A E \text{---} 1 \text{---} J$
7. $nM B \text{---} 0.9 \text{---} F$

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

Jest B(0.9),
brak M(CF)

Reguły:

1. $A \text{ --- } 0.8 \text{ ---} \rightarrow D$
2. $F H \text{ --- } 0.5 \text{ ---} \rightarrow G$
3. $B \text{ --- } 0.6 \text{ ---} \rightarrow L$
4. $D J \text{ --- } 0.7 \text{ ---} \rightarrow M$
5. $C D \text{ --- } 0.5 \text{ ---} \rightarrow F$
6. $A E \text{ --- } 1 \text{ ---} \rightarrow J$
7. $nM B \text{ --- } 0.9 \text{ ---} \rightarrow F$

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

Fakty:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

Jest D(CF)
i J(CF)?

Jest D(0.4),
brak J(CF)

Reguły:

1. $A \text{---} 0.8 \text{---} D$
2. $F H \text{---} 0.5 \text{---} G$
3. $B \text{---} 0.6 \text{---} L$
4. $D J \text{---} 0.7 \text{---} M$
5. $C D \text{---} 0.5 \text{---} F$
6. $A E \text{---} 1 \text{---} J$
7. $nM B \text{---} 0.9 \text{---} F$

Wnioskowanie rozwinięte niepewne

Przykład wnioskowania wstecz:

Fakty:

Reguły:

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
F(0.2)

1. $A \rightarrow 0.8 \rightarrow D$
2. $F H \rightarrow 0.5 \rightarrow G$
3. $B \rightarrow 0.6 \rightarrow L$
4. $D J \rightarrow 0.7 \rightarrow M$
5. $C D \rightarrow 0.5 \rightarrow F$
6. $A E \rightarrow 1 \rightarrow J$
7. $nM B \rightarrow 0.9 \rightarrow F$

Jest A(CF)
i E(CF)?

A(0.5) C(0.9) H(0.3)
B(0.9) E(0.4) D(0.4)
J(0.4) M(0.28) F(-0.06)

Jest A(0.5) i E(0.4) więc jest
J(0.4), nM(-0.28) i F(-0.25)

Reguła 7 zdecydowanie
zmniejszyła wartość CF(F)
uzyskaną dla reguły 5.

Baza modeli rozwinięta niepewna

- Modele rozwinięte niepewne mają taką samą budowę jak modele elementarne niepewne.
- Różnią się interpretacją modeli relacyjnych w przypadku niespełnienia relacji. Negacja wniosku modeli relacyjnych może bowiem służyć jako warunek reguły lub warunek startowy modelu.

Modele unikatowe i wielokrotne

Model rozwinięty niepewny jest **unikatowy**, jeżeli baza modeli nie zawiera innego modelu o tym samym **Wyniku/Wniosku**

W przeciwnym przypadku model jest modelem **wielokrotnym**.

Dla wszystkich modeli rozwiniętych dokładnych (1)

Numer_Modelu jest liczbą całkowitą, różną dla różnych modeli i różną od numerów reguł.

Stosowanie numerów różnych wynika stąd, że rady odwołują się do numerów reguł lub numerów modeli relacyjnych.

Dla wszystkich modeli rozwiniętych niepewnych (2)

- "Warunek startowy" jest niepewną zmienną łańcuchową;
- Wynik/Wniosek modelu jest wyznaczany tylko gdy $CF(\text{Warunek startowy}) > 0$
- Warunek startowy = bez warunku ma zawsze $CF > 0$.

Dla wszystkich modeli rozwiniętych niepewnych (3)

- **Warunek startowy** różny od **bez warunku** wskazuje model wielokrotny, który w danej sytuacji należy zastosować.
- **Warunek startowy** różny od **bez warunku** nie może być stosowany dla modelu unikatowego. Stosowanie dla modelu unikatowego takiego warunku startowego może doprowadzić do przerwania wnioskowania.
- **Warunek startowy** może być zanegowanym wnioskiem reguły lub modelu relacyjnego

Dla wszystkich modeli rozwiniętych niepewnych (4)

Semafor_wyświetlania

= 0 informacja o stosowaniu modelu nie jest wyświetlana w trakcie wnioskowania

= 1 informacja o stosowaniu modelu jest wyświetlana w trakcie wnioskowania

Odwrotne modele relacyjne

- Niespełnienie relacji modelu relacyjnego sprawia, że system przechodzi do testowania modelu odpowiadającego relacji odwrotnej, która jest spełniona.
- Odwrotne modele relacyjne są definiowane dla modeli podstawowych rozwiniętych i modeli rozszerzonych rozwiniętych.

Normalne i odwrotne podstawowe relacje

Nr	Normalna niespełniona relacja	Odwrotna spełniona relacja
1	$A, ">", B$	$A, "<=", B$
2	$A, "<", B$	$A, ">=", B$
3	$A, ">=", B$	$A, "<", B$
4	$A, "<=", B$	$A, ">", B$
5	$A, "==" , B$	$A, "><", B$
6	$A, "<>", B$	$A, "==" , B$
7	$A, "><", B$	$A, "==" , B$

Normalne i odwrotne rozszerzone relacje (1)

Nr	Normalna niespełniona relacja, sposób niespełnienia	Odwrotna spełniona relacja
8	"<,<",[L,V, U], not(L<V)	L,">=",V
9	"<,<",[L,V, U], not(V<U)	V,">=",U
10	"<=,<",[L,V, U], not(L<=V)	L,">",V
11	"<=,<",[L,V, U], not(V<U)	V,">=",U

Normalne i odwrotne rozszerzone relacje (2)

Nr	Normalna niespełniona relacja, sposób niespełnienia	Odwrotna spełniona relacja
12	"<,<=",[L,V, U], not(L<V)	L,">=" ,V
13	"<,<=",[L,V, U], not(V<=U)	V,">" ,U
14	"<=,<=",[L,V, U], not(L<=V)	L,">=" ,V
15	"<=,<=",[L,V, U], not(V <=U)	V,">" ,U

Przykład uzasadniający:

`model_r(Nr, "Start", "Dobra propagacja Wi-Fi",
" <, <=", ["0", "Odległość propagacji", "30 m"],
Semafor, "CF_M")`

Jeżeli Odległość propagacji = 1 m

to CF(Dobra propagacja Wi-Fi) = 0.9

Jeżeli Odległość propagacji = 32 m

to CF(Dobra propagacja Wi-Fi) = -0.1

Przykład testowania niespełnionego modelu relacyjnego

`model(Nr, "Start", "Wniosek",
"X1", "<=", "X2", Semafor, "CF_M")`

Jeżeli $CF(\text{Start}) \geq 0$

i $X1 > X2$

to $CF(\text{nWniosek}) = CF_Mn > 0$

zadeklarowany przez użytkownika, i

$CF_M = -CF_Mn < 0$

określony przez system

Sens modelu relacyjnego rozszerzonego

$\text{model_r}(\text{Nr}, \text{"Start"}, \text{"Wniosek"}, \text{"<, <="},$
 $[\text{"L"}, \text{"V"}, \text{"U"}], \text{Semafor}, \text{"CF_M"})$

Jeżeli $\text{CF}(\text{Start}) \geq 0$

i $\text{not}(\text{V} > \text{L})$

wówczas $\text{CF}(\text{V} \leq \text{L}) = \text{CF_Mn} > 0$

zadeklarowany przez użytkownika, i

$\text{CF_M} = -\text{CF_Mn} < 0$

określony przez system

Wnioski 1

- Bazy wiedzy systemów skorupowych *rmse* mają prostą i intuicyjnie zrozumiałą semantykę.
- Modelowanie wiedzy dziedzinowej za pomocą baz *rmse* nie wymaga praktycznie żadnego poważnego przygotowania programistycznego.

Wnioski 2

- Systemy skorupowe *rmse* są autonomiczne. Ich użytkowanie nie wymaga żadnego innego oprogramowania.
- Systemy skorupowe *rmse* wspomagają użytkownika szeroką gamą usług (kontrola poprawności bazy, wykrywanie i diagnostyka sprzeczności, wykrywanie i diagnostyka nadmiarowości).