



Systemy ekspertowe

Część piąta

Wnioskowanie w systemach regułowych

Autor

Roman Simiński

Kontakt

`siminski@us.edu.pl`

`www.us.edu.pl/~siminski`

Koncepcja systemu z bazą wiedzy - idea

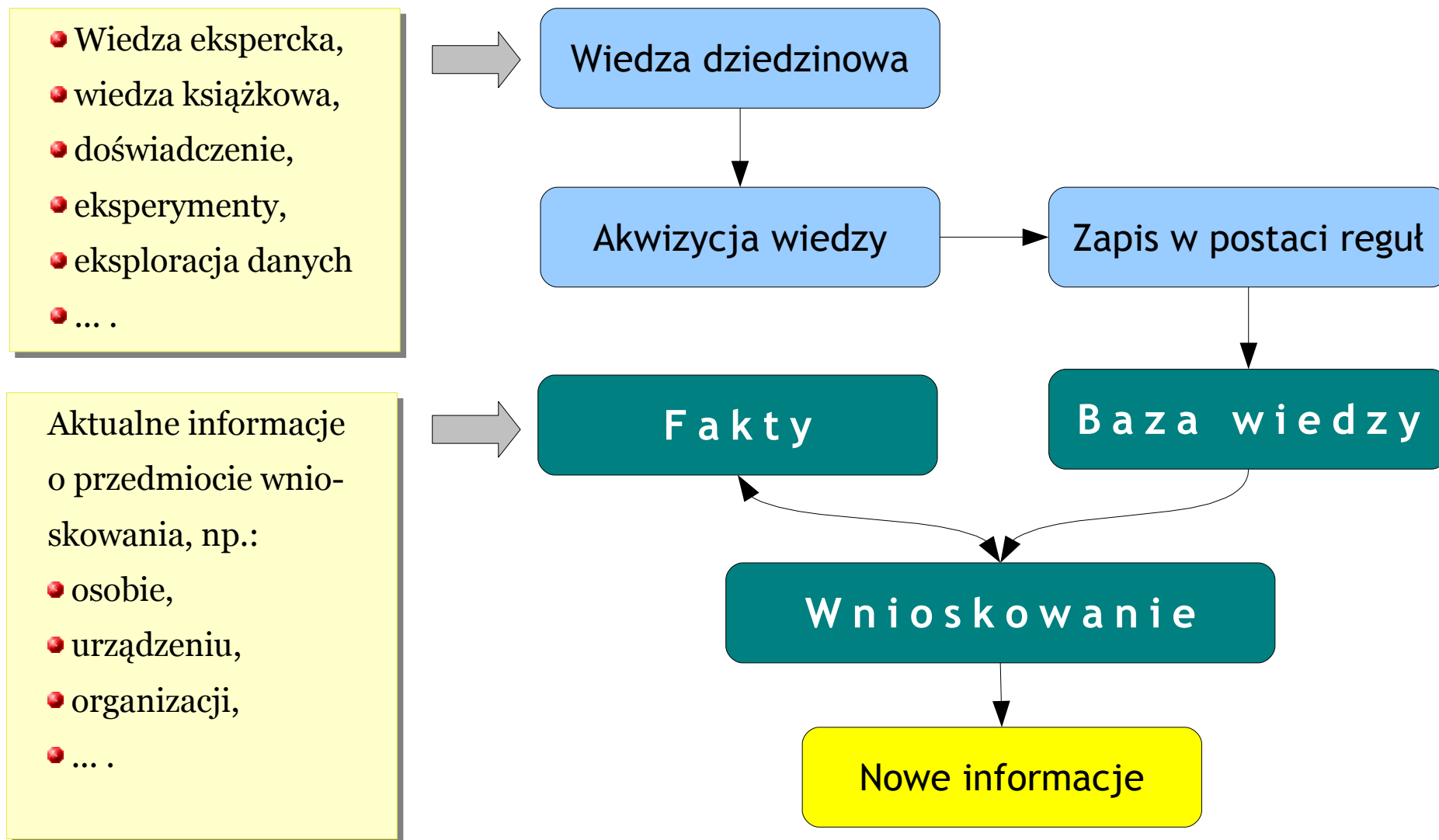
Następuje zmiana filozofii tworzenia systemu. Zamiast klasycznego podejścia algorytmicznego (tzw. programowanie imperatywne):

Algorytmy + struktury danych = programy

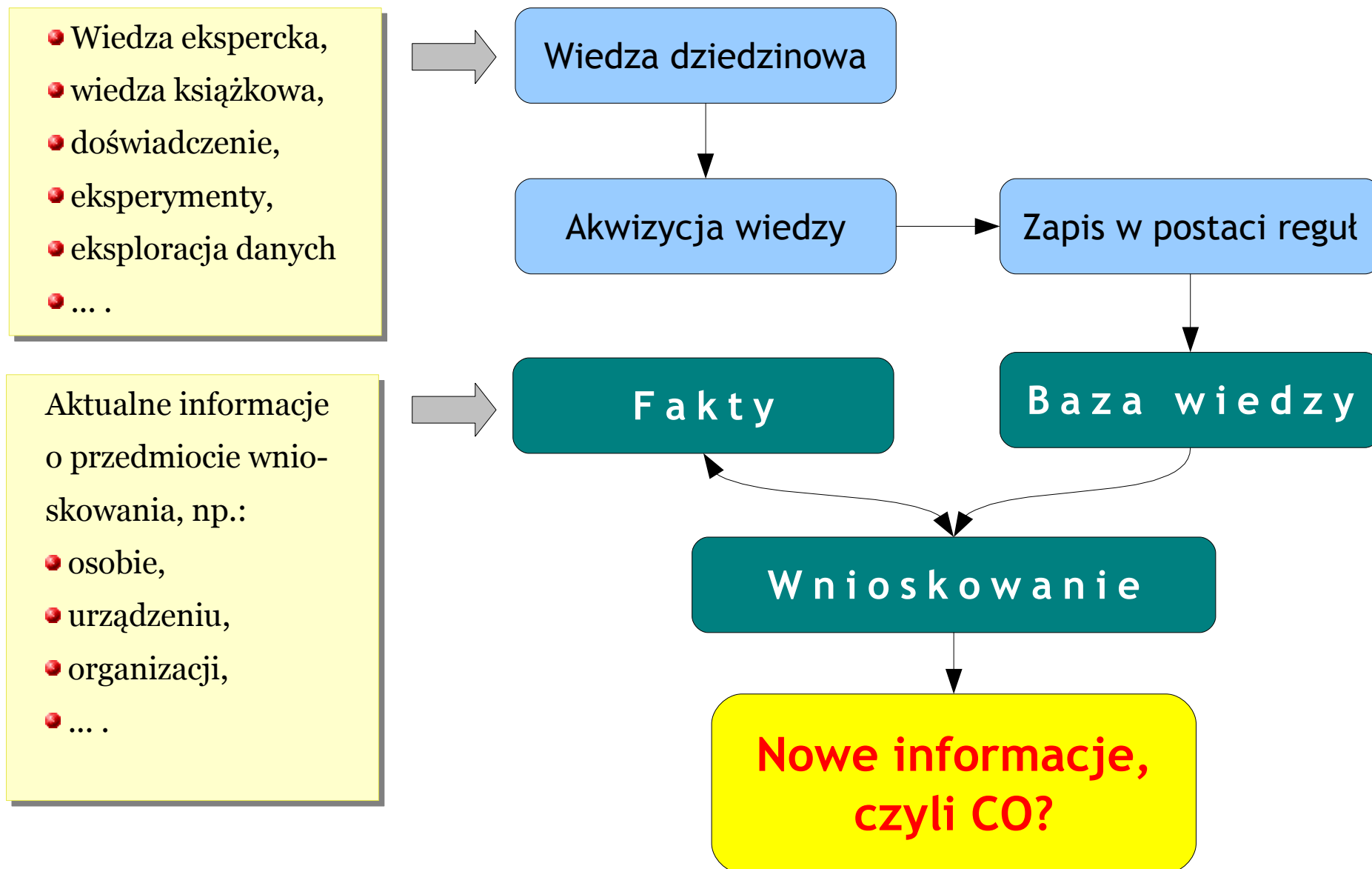
Stosujemy podejście deklaratywne:

Wiedza + fakty + wnioskowanie = rozumowanie

Koncepcja systemu z bazą wiedzy - organizacja



Koncepcja systemu z bazą wiedzy - czego oczekujemy?



Koncepcja systemu z bazą wiedzy - co możemy otrzymać?

Informacje o przedmiocie
wnioskowania. Dane wejściowe.

Potencjał intelektualny systemu.
Wiedza zapisana w postaci reguł

Fakty

Baza wiedzy

Wnioskowanie

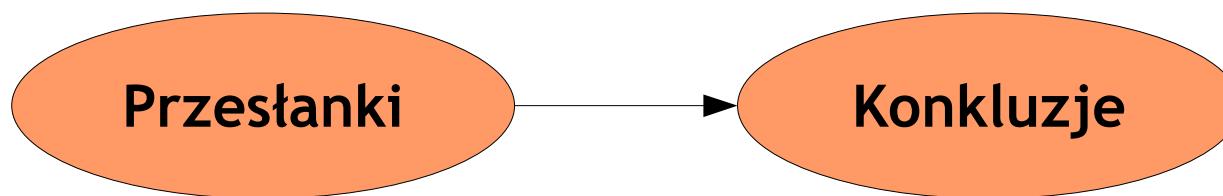
W typowych systemach regułowych
nowa informacje to:

Nowe, nieznanie początkowo fakty

Potwierdzone przypuszczenia (hipotezy)

Reprezentacja wiedzy w postaci reguł

Istnieje wiele formatów zapisu reguł. Koncepcja jest jednak zwykle ta sama:



▶ Z wykorzystaniem zmiennych zdaniowych:

p – procesor się przegrzewa, q – sprawdź układ chłodzenia

$$p \rightarrow q$$

▶ Z wykorzystaniem predykatów:

$P(x)$ – procesor komp. x się przegrzewa, $Q(x)$ – sprawdź chłodzenie komp. x

$$P(x) \rightarrow Q(x)$$

▶ Z wykorzystaniem dwójek *atrybut-wartość*:

if *stan_procesora = przegrzany*
then *akcja_serwisowa = sprawdź_układ_chłodzenia*

Reprezentacja wiedzy w postaci reguł

Przykłady różnych reguł wykorzystujących dwójki atrybut-wartość

If *cisnienie_oleju = niskie*

Then *rodzaj_awarii = wyciek_oleju*

If *rodzaj_awarii = wyciek_oleju*

Then *akcja_serwisowa = zatrzymaj_prace_urzadzenia*

If *kapital_wlasny = wysoki* **and** *cena_akcji = wysoka*

Then *ryzyko_inwestycyjne = niskie*

If *pierwiastek = metal* **and** *stan_skupienia = ciecz*

Then *nazwa = rtec*

If *rodzaj_trunku = whisky* **and** *ilosc_trunku = pol_litra_na_leb*

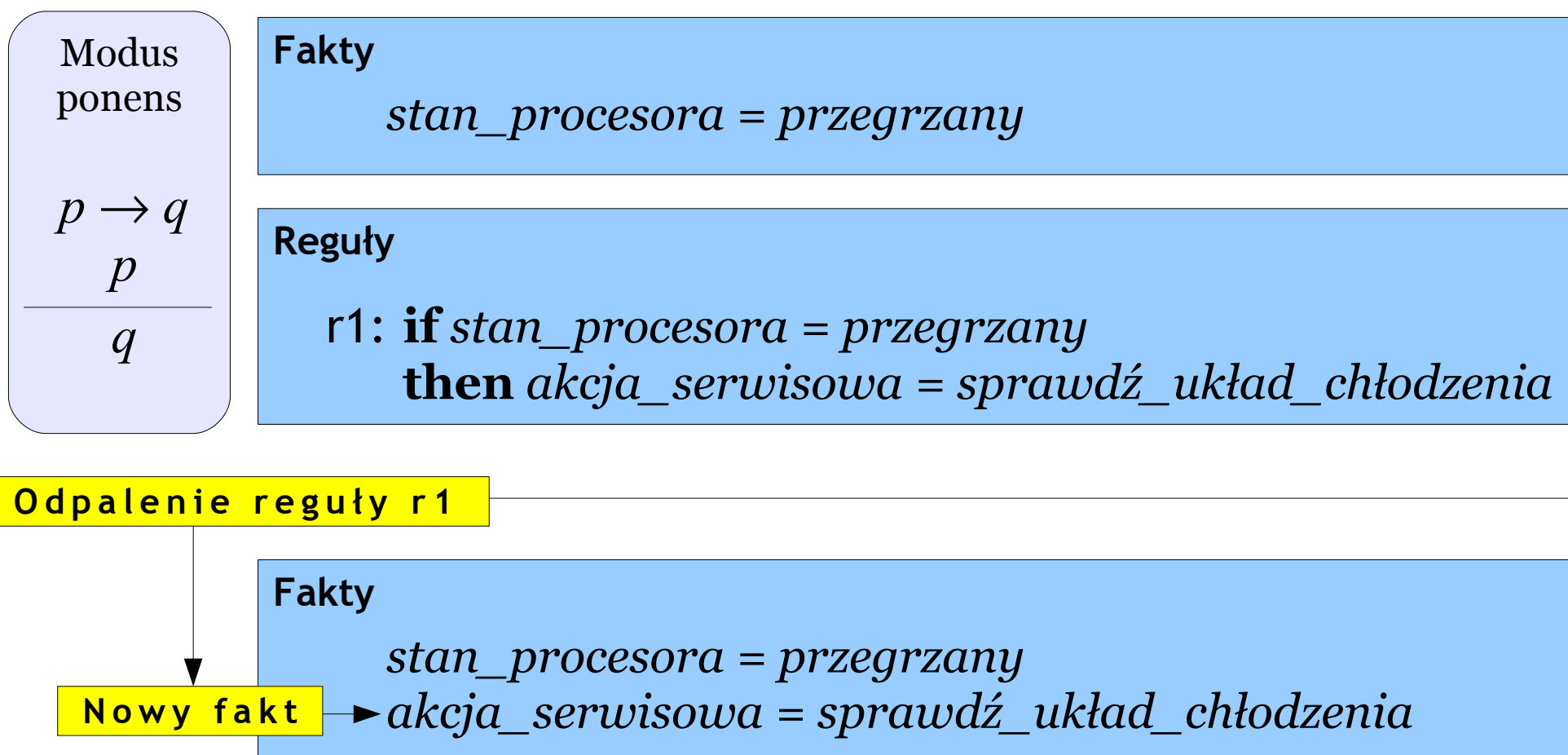
Then *samopoczucie_dnia_nastepnego = kac*

Regułowa reprezentacja wiedzy pozwala na opisywanie związków przyczynowo—skutkowych, relacji, powiązań. Nie jest istotna dziedzina a charakter opisywanych powiązań.

Reprezentacja wiedzy w postaci reguł

Co to znaczy, że reguła jest spełniona?

Jeżeli przesłanki reguły są prawdziwe (inaczej mówiąc, są faktami) mówimy, że reguła jest *spełniona* i może zostać *uaktywniona* (odpalona). W wyniku uaktywnienia reguły, jej konkluzja staje się nowym faktem.



Wnioskowanie - na czym ono polega?

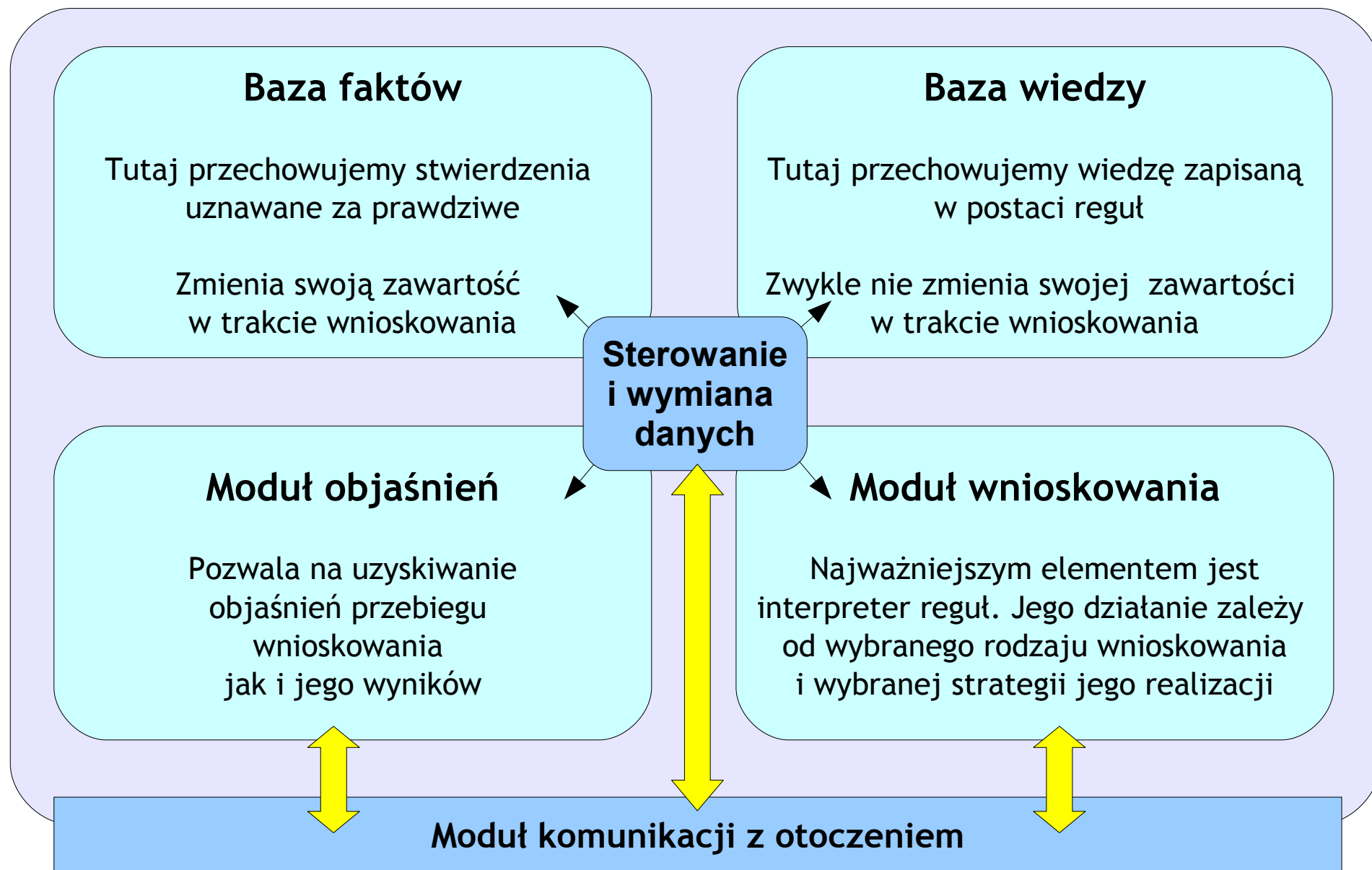
Wnioskowanie definiuje się na wiele różnych sposobów. Przyjmijmy, że:

- ▶ Proces wnioskowania polega na wypracowywaniu nowych stwierdzeń uznawanych za prawdziwe, opierając się na wiedzy zgromadzonej w bazie wiedzy oraz na wcześniej znanych stwierdzeniach.
- ▶ Proces wnioskowania odbywa się zgodnie z wybraną metodą wnioskowania, wywodzącą się najczęściej z nauk matematycznych – logiki, rachunku prawdopodobieństwa, statystyki.

W systemach z bazą wiedzy proces wnioskowania jest realizowany przez *moduł wnioskowania*. W literaturze anglojęzycznej moduł ten znany jest jako *inference engine*.

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Wnioskowanie - czego potrzebujemy?



Dwie podstawowe strategie wnioskowania

Powszechnie wykorzystuje się dwie metody wnioskowania:

- ▶ Wnioskowanie *w przód*, zwane też wnioskowaniem *progresywnym*. Polega ono na uaktywnianiu reguł spełnionych, a więc takich, których przesłanki są w zbiorze faktów. Uaktywnienie reguły powoduje dopisanie nowego faktu, co może spowodować, że spełniona i potem uaktywniona może zostać kolejna reguła.

Wnioskowanie w przód nie może odbyć się bez faktów. Mówi się, że jest ono **sterowane faktami** (ang. *data driven*).

- ▶ Wnioskowanie *wstecz*, zwane też *regresywnym*. Polega ono na potwierdzeniu prawdziwości postawionej *hipotezy*, zwanej *celem wnioskowania*. Hipoteza jest potwierdzona wtedy, gdy istnieje reguła, której przesłanki są w bazie faktów a konkluzja zgodna jest z hipotezą. Ustalenie prawdziwości przesłanek może powodować konieczność uaktywnienia wielu reguł.

Wnioskowanie wstecz nie może odbyć się bez ustalonej hipotezy, stanowiącej cel wnioskowania. Mówi się, że jest ono **sterowane celem** (ang. *goal driven*).

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

Szukamy reguł, których przesłanki są faktami

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

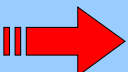
Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

Reguły

- ||  r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*
- r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*
- r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*
- r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

Jest jedna taka reguła – r1, uaktywniamy ją,
dopisujemy nowy fakt

R

||| ▶ *r1: if przedmiot = nudny then przedmiot = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

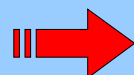
Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe



wykład = nudny

Nowe fakty

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

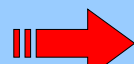
Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe



wykład = nudny

Reguła r1 już zadziałała, wyłączamy ją
z dalszych poszukiwań

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

Nowe fakty

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

Ponownie szukamy reguł,
których przesłanki są faktami

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

Nowe fakty

Reguły

r1: *if przedmiot = nudny then wykład = nudny*

r2: *if wykładowca = nudny then wykład = nudny*

⇒ **r3: *if wykład = nudny and zmęczenie = tak*
*then co_robić = iść_do_domu***

r4: *if wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then co_robić = iść_na_piwo

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

Jest jedna taka reguła – r3, uaktywniamy ją,
dopisujemy nowy fakt

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

➔ r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

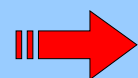
Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe



wykład = nudny
co_robić = iść_do_domu

Nowe fakty

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

|||

Reguła r3 już zadziałała, wyłączamy ją
z dalszych poszukiwań

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

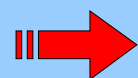
Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe



wykład = nudny
co_robić = iść_do_domu

Nowe fakty

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny

||

Ponownie szukamy reguł,
których przesłanki są faktami

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania w przód

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny
co_robić = iść_do_domu

Nowe fakty

Nie ma
takich reguł

r1: *if przedmiot = nudny then wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

r3: *if wykład = nudny and zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Wynikiem wnioskowania w przód są nowe fakty

Fakty

przedmiot = nudny
zmęczenie = tak

Dane wejściowe

wykład = nudny
co_robić = iść_do_domu

Nowe fakty

Reguły

r1: **if** p
r2: **if** u
r3: **if** u
then *co_robić = isc_do_domu*
r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

To udało się *wywnioskować*
opierając się na regułach
i faktach inicjujących

Algorytm wnioskowania w przód

Dane wejściowe:

Zbiór reguł: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_m\}$

Zbiór faktów: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$

Dane robocze:

Zbiór reguł spełnionych $S \subseteq R$, tzn. takich, których przesłanki są w zbiorze F .

Zbiór reguł aktywowanych $A \subseteq R$, tzn. takich, które zostały odpalone.

Dane wyjściowe:

Zbiór F rozszerzony o nowe fakty: $f_{n+1}, f_{n+1}, \dots, f_k : F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n, f_{n+1}, f_{n+1}, \dots, f_k\}$

Algorytm wnioskowania w przód

Algorytm:

Na podstawie F i R wyznacz zbiór S

While $S \neq \emptyset$ Do

Wybierz regułę $r_i \in S$ zgodnie z obowiązującą strategią doboru reguł

Uaktywnij regułę r_i i dopisz jej konkluzję do F

Dopisz regułę r_i do zbioru A

Na podstawie F i $R - A$ wyznacz zbiór S

Endwhile

Modyfikacja algorytmu wnioskowania w przód

Wnioskowanie *w przód* generuje nowe fakty. W przypadku dużej liczby reguł liczba nowych faktów może rosnąć lawinowo. Powoduje to dwa problemy:

- ▶ *Merytoryczny* – jak interpretować nowe fakty, których jest potencjalnie dużo? Czy wszystkie nowe fakty są użyteczne?
- ▶ *Techniczny* – generowanie wszystkich możliwych faktów może być czasochłonne.

Aby ograniczyć zachłanność algorytmu wnioskowania w przód, można wprowadzić *cel wnioskowania*. Jeżeli w trakcie wnioskowania wygenerowany zostanie fakt zgodny z celem, wnioskowanie jest kończone.

Cel wnioskowania reprezentuje zatem informację, jaką chcemy od systemu uzyskać.

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Modyfikacja algorytmu wnioskowania w przód**Dane wejściowe:**

Zbiór reguł: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_m\}$

Zbiór faktów: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$

Cel: g

Dane robocze:

Zbiór reguł spełnionych $S \subseteq R$, tzn. takich, których przesłanki są w zbiorze F .

Zbiór reguł aktywowanych $A \subseteq R$, tzn. takich, które zostały odpalone.

Dane wyjściowe:

Zbiór F rozszerzony o nowe fakty: $f_{n+1}, f_{n+1}, \dots, f_k : F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n, f_{n+1}, f_{n+1}, \dots, f_k\}$

Modyfikacja algorytmu wnioskowania w przód

Algorytm:

Na podstawie F i R wyznacz zbiór S

While $S \neq \emptyset$ **And** $g \notin F$ **Do**

Wybierz regułę $r_i \in S$ zgodnie z obowiązującą strategią doboru reguł

Uaktywnij regułę r_i i dopisz jej konkluzję do F

Dopisz regułę r_i do zbioru A

Na podstawie F i $R - A$ wyznacz zbiór S

Endwhile

Koncepcja wnioskowania wstecz

Wnioskowanie wstecz ma potwierdzić prawdziwość postawionej *hipotezy*.

Hipoteza ta staje się głównym *celem wnioskowania*.

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Sprawdzamy czy cel wnioskowania nie
jest czasem faktem

R

*r2: if wykładowca = nudny then wykład = nudny**r3: if wykład = nudny and zmęczenie = tak
then co_robić = iść_do_domu**r4: if wykład = nudny and zmęczenie = nie
then co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Cel nie jest faktem, szukamy reguły której
konkluzja pasuje do celu

R

*r2: if wykładowca = nudny then wykład = nudny**r3: if wykład = nudny and zmęczenie = tak
then co_robić = iść_do_domu**r4: if wykład = nudny and zmęczenie = nie
then co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

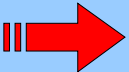
co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny* r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

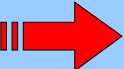
Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguła r3 potwierdzi hipotezę jeżeli jej przesłanki są prawdziwe, czyli są faktami

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*||  r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

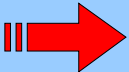
co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*||  r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Warunek **wykład = nudny** niestety nie jest faktem,
a może uda się taki fakt wywnioskować?

R

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

⇒ r3: **if** **wykład = nudny** **and** **zmęczenie = tak**
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

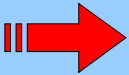
wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*||  r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

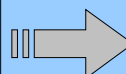
wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Zawieszamy dowodzenie hipotezy głównej,
stawiamy hipotezę pośrednią i staramy się ją dowieść

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny* r3: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

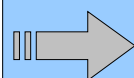
wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Szukamy reguły której konkluzja pasuje do celu pośredniego

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*r3: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = tak* **then** *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie* **then** *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Znaleźliśmy dwie takie reguły. Trzeba na razie wybrać jedną, wybieramy pierwszą w kolejności

Reguły

||| → r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Reguła r1 potwierdzi hipotezę pośrednią jeżeli jej przesłanki są prawdziwe, czyli są faktami

Reguły

||| → r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak* **then** *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie* **then** *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

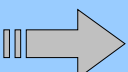
wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguły

 r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny* r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny* r3: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak

Reguły

|| → r1: **if** ***przedmiot = nudny*** **then** *wykład = nudny*|| → r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*|| → r3: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Przesłanka jest w zbiorze faktów,
hipoteza pośrednia jest potwierdzona
i staje się faktem

Reguły

||| → r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

||| → r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

przedmiot = nudny zmęczenie = tak
wykład = nudny

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*

r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

⇒ r3: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny and zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Wracamy do zawieszonego chwilowo dowodzenia głównego celu wnioskowania

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*

⇒ r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak* **then** *co_robić = iść_do_domu*

r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie* **then** *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

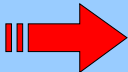
wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

Warunek *wykład = nudny* jest faktem,
sprawdzamy drugi warunek

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*||  r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then *co_robić = iść_do_domu*r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

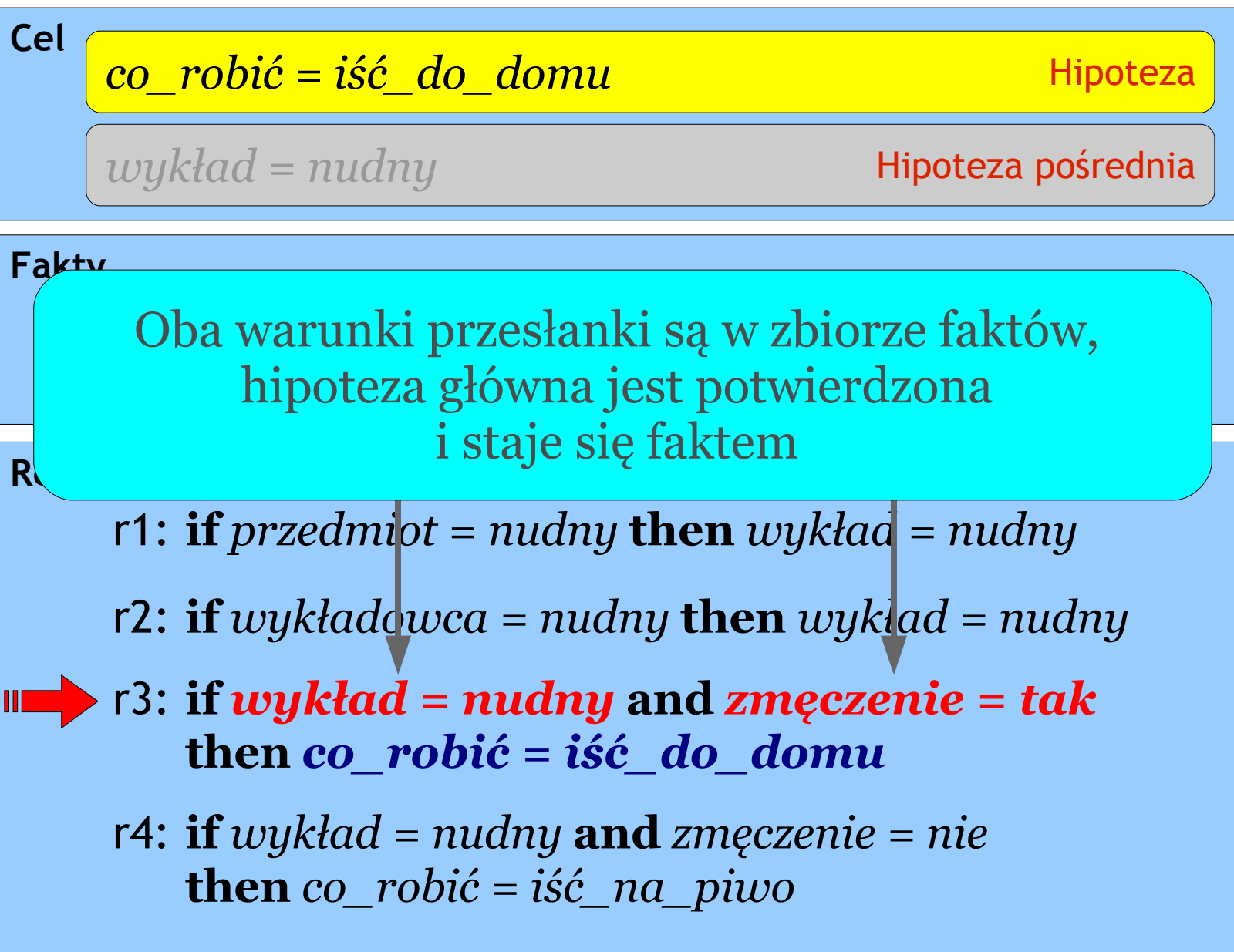
Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz



Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz



Metody wnioskowania w systemach regułowych

Koncepcja wnioskowania wstecz

Cel

co_robić = iść_do_domu

Hipoteza

wykład = nudny

Hipoteza pośrednia

Fakty

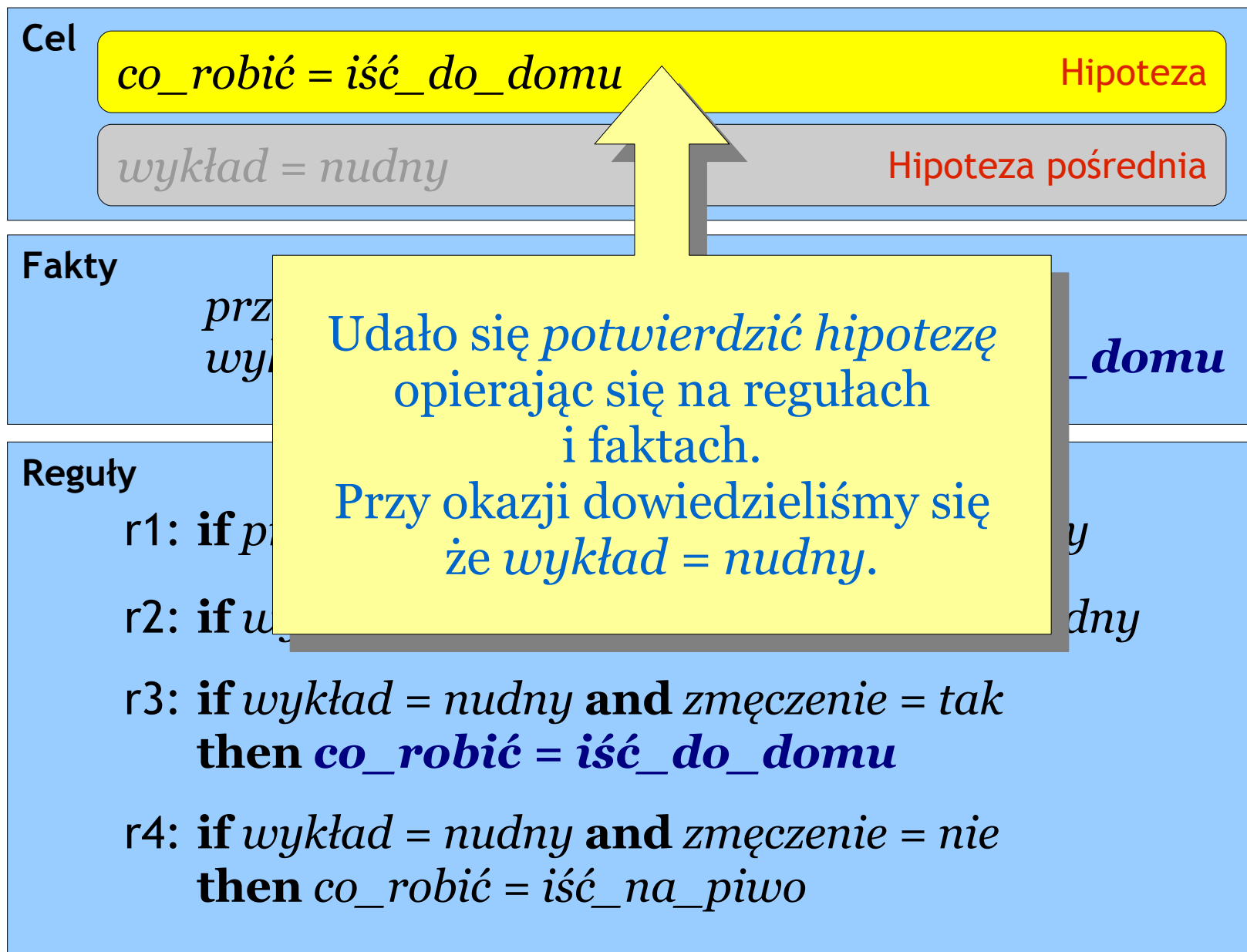
*przedmiot = nudny**zmęczenie = tak**wykład = nudny****co_robić = iść_do_domu***

Reguły

r1: **if** *przedmiot = nudny* **then** *wykład = nudny*r2: **if** *wykładowca = nudny* **then** *wykład = nudny*r3: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = tak*
then ***co_robić = iść_do_domu***r4: **if** *wykład = nudny* **and** *zmęczenie = nie*
then *co_robić = iść_na_piwo*

Metody wnioskowania w systemach regułowych

Wynikiem wnioskowania wstecz jest potwierdzenie (lub nie) postawionej hipotezy



Algorytm wnioskowania wstecz

Dane wejściowe:

Zbiór reguł: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_m\}$

Zbiór faktów: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$

Cel: g

Dane robocze:

Zbiór reguł konkurencyjnych $S \subseteq R$, tzn. takich, których konkluzje są zgodne z g .

Zbiór reguł aktywowanych $A \subseteq R$, tzn. takich, które zostały odpalone.

Dane wyjściowe:

Czy $g \in F$?

Algorytm wnioskowania wstecz

Function *WnioskowanieWstecz*(g) : Boolean;

Begin

If $g \in F$ **Then**

Hipoteza g jest potwierdzona

return True

Else

Na podstawie g i R wyznacz zbiór S

Repeat

Wybierz regułę $r_i \in S$ zgodnie z obowiązującą strategią doboru reguł

$przesłankaPrawdziwa = \text{True}$

Foreach przesłanka p reguły r_i **Do**

$przesłankaPrawdziwa := (p \in F)$

If Not $przesłankaPrawdziwa$ **Then**

$przesłankaPrawdziwa = \text{WnioskowanieWstecz}(p)$

Until $przesłankaPrawdziwa$ **Or** $S = \emptyset$

return $przesłankaPrawdziwa$

End