



# Sztuczna Inteligencja

## *(laboratorium 1)*

Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie  
Katedra Systemów Ekspertowych i Sztucznej Inteligencji

# Informacje o przedmiocie

*Lab 1 - Regułowe systemy decyzyjne GTS*

*Lab 2 - Regułowe systemy decyzyjne LERS*

*Lab 3 - Optymalizacja modeli uczenia*

*Lab 4 - KNN*

*Lab 5 - Drzewa decyzji C4.5*

*Lab 6 - Zastosowanie SI*

*Lab 7 - Kolokwium końcowe*

*Lab 8 - Referaty, Liniowa maszyna ucząca*

# Warunki zaliczenia laboratorium

**Zgodnie z sylabusem !**

# Wprowadzenie

Reguły decyzyjne są jednym z najpopularniejszych formalizmów reprezentacji wiedzy, stosowanym w *uczeniu maszynowym* oraz *odkrywaniu wiedzy z danych*.

Reguła decyzji składa się z części *warunkowej* oraz części *decyzyjnej*, w której podaje decyzję właściwą dla sytuacji, gdy spełnione są określone warunki.

*jeżeli* są spełnione określone warunki *to* decyzja

## Ogólna postać reguły

Jeżeli  $P$  to  $Q$

If  $P$  Then  $Q$

$P$  – część warunkowa (przesłanka)

$Q$  – część decyzyjna (konkluzja)

Część warunkowa  $P$  może być koniunkcją warunków elementarnych  $w$ , i jest wtedy zapisywana w postaci:  $P = w_1 \wedge w_2 \dots \wedge w_k$ , gdzie  $k$  jest liczbą użytych warunków.  $P$  nazywane jest także złożeniem warunków lub kompleksem.

# Przykładowe notacje reguł, słowa kluczowe

## Regula 1

**JEZELI** Stan\_nieba **JEST** Słońce

**ORAZ** Wilgotność **JEST** Duża

**TO** Decyzja **JEST** Nie\_Grać

## Rule 1

**IF** Stan\_nieba **IS** Słońce

**AND** Wilgotność **IS** Duża

**THEN** Decyzja **IS** Nie\_Grać

# Przykładowe notacje reguł (nazewnictwo)

## Regula 1

**JESLI** Stan\_nieba = Słońce

**TAKZE** Wilgotność = Duża

**WTEDY** Decyzja = Nie\_Grać

## Regula 1

**JEZELI** (Stan\_nieba = Słońce)^(Wilgotność = Duża)**TO** (Decyzja = Nie\_Grać)

SŁOWA KLUCZOWE			OPERATORY RELACJI
IF	AND	THEN	= , ≠
JEZELI	I	TO	< , >
JESLI	ORAZ	WTEDY	≤ , ≥
GDY	TAKZE		JEST
KIEDY			SA



# *Rodzaje reguł*

Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje reguł wygenerowanych z danych:

- klasyfikacyjne
- charakterystyczne
- asocjacyjne

[J.M. Żytkow]

## *Reguły klasyfikacyjne (decyzyjne)*

Reguły klasyfikacyjne są indukowane na podstawie uogólnienia zbioru przykładów uczących opisanych za pomocą zbioru atrybutów.

Reguły wygenerowane dla każdej klasy powinny być spełnione przez przykłady należące do tej klasy (tzw. *przykłady pozytywne*).

Reguły nie powinny być spełnione przez żaden przykład z innych klas lub powinny być spełnione tylko przez niewiele z nich (tzw. *przykłady negatywne*).

Lp.	Stan_nieba	Temp. [°C]	Wilgotność	Wiatr	Decyzja
1	Słońce	24	Normalna	Tak	Grać
2	Słońce	27	Duża	Tak	Nie_Grać
3	Słońce	29	Duża	Nie	Nie_Grać
4	Słońce	22	Duża	Nie	Nie_Grać
5	Słońce	21	Normalna	Nie	Grać
<b>Temperatura do 21°C – Zimna</b>					
<b>Temperatura od 22°C do 24°C – Umiarkowana</b>					
<b>Temperatura od 25°C – Ciepła</b>					
9	Pochmurno	27	Normalna	Nie	Grać
10	Deszcz	22	Duża	Tak	Nie_Grać
11	Deszcz	18	Normalna	Tak	Nie_Grać
12	Deszcz	24	Normalna	Nie	Grać
13	Deszcz	21	Duża	Nie	Grać
14	Deszcz	20	Normalna	Nie	Grać

<b>Lp.</b>	<b>Stan_nieba</b>	<b>Temp.</b>	<b>Wilgotność</b>	<b>Wiatr</b>	<b>Decyzja</b>
1	Słońce	Umiarkowana	Normalna	Tak	<b>Grać</b>
2	Słońce	Ciepła	Duża	Tak	<b>Nie_Grać</b>
3	Słońce	Ciepła	Duża	Nie	<b>Nie_Grać</b>
4	Słońce	Umiarkowana	Duża	Nie	<b>Nie_Grać</b>
5	Słońce	Zimna	Normalna	Nie	<b>Grać</b>
6	Pochmurno	Umiarkowana	Duża	Tak	<b>Grać</b>
7	Pochmurno	Ciepła	Duża	Nie	<b>Grać</b>
8	Pochmurno	Zimna	Normalna	Tak	<b>Grać</b>
9	Pochmurno	Ciepła	Normalna	Nie	<b>Grać</b>
10	Deszcz	Umiarkowana	Duża	Tak	<b>Nie_Grać</b>
11	Deszcz	Zimna	Normalna	Tak	<b>Nie_Grać</b>
12	Deszcz	Umiarkowana	Normalna	Nie	<b>Grać</b>
13	Deszcz	Zimna	Duża	Nie	<b>Grać</b>
14	Deszcz	Zimna	Normalna	Nie	<b>Grać</b>

Lp.	Stan_nieba	Temp.	Wilgotność	Wiatr	Decyzja
1	Słońce	Umiarkowana	Normalna	Tak	Grać
2	Słońce	Ciepła	Duża	Tak	Nie_Grać
3	Słońce	Ciepła	Duża	Nie	Nie_Grać
4	Słońce	Umiarkowana	Duża	Nie	Nie_Grać
5	Słońce	Zimna	Normalna	Nie	Grać
6	Pochmurno	Umiarkowana	Duża	Tak	Grać
7	Pochmurno	Ciepła	Duża	Nie	Grać
8	Pochmurno	Zimna	Normalna	Tak	Grać
9	Pochmurno	Ciepła	Normalna	Nie	Grać
10	Deszcz	Umiarkowana	Duża	Tak	Nie_Grać
11	Deszcz	Zimna	Normalna	Tak	Nie_Grać
12	Deszcz	Umiarkowana	Normalna	Nie	Grać
13	Deszcz	Zimna	Duża	Nie	Grać
14	Deszcz	Zimna	Normalna	Nie	Grać

**Atrybuty nominalne**

Lp.	Stan_nieba	Temp.	Wilgotność	Wiatr	Decyzja
1	Słońce	Umiarkowana	Normalna	Tak	Grać
2	Słońce	Ciepła	Duża	Tak	Nie_Grać
3	Słońce	Ciepła	Duża	Nie	Nie_Grać
4	Słońce	Umiarkowana	Duża	Nie	Nie_Grać
5	Słońce	Zimna	Normalna	Nie	Grać
6	Pochmurno	Umiarkowana	Duża	Tak	Grać
7	Pochmurno	Ciepła	Duża	Nie	Grać
8	Pochmurno	Zimna	Normalna	Tak	Grać
9	Pochmurno	Ciepła	Normalna	Nie	Grać
10	Deszcz	Umiarkowana	Duża	Tak	Nie_Grać
11	Deszcz	Zimna	Normalna	Tak	Nie_Grać
12	Deszcz	Umiarkowana	Normalna	Nie	Grać
13	Deszcz	Zimna	Duża	Nie	Grać
14	Deszcz	Zimna	Normalna	Nie	Grać

**Atrybuty porządkowe**

Lp.	Stan_nieba	Temp.	Wilgotność	Wiatr	Decyzja
1	Słońce	Umiarkowana	Normalna	Tak	Grać
2	Słońce	Ciepła	Duża	Tak	Nie_Grać
3	Słońce	Ciepła	Duża	Nie	Nie_Grać
4	Słońce	Umiarkowana	Duża	Nie	Nie_Grać
5	Słońce	Zimna	Normalna	Nie	Grać
6	Pochmurno	Umiarkowana	Duża	Tak	Grać
7	Pochmurno	Ciepła	Duża	Nie	Grać
8	Pochmurno	Zimna	Normalna	Tak	Grać
9	Pochmurno	Ciepła	Normalna	Nie	Grać
10	Deszcz	Umiarkowana	Duża	Tak	Nie_Grać
11	Deszcz	Zimna	Normalna	Tak	Nie_Grać
12	Deszcz	Umiarkowana	Normalna	Nie	Grać
13	Deszcz	Zimna	Duża	Nie	Grać
14	Deszcz	Zimna	Normalna	Nie	Grać

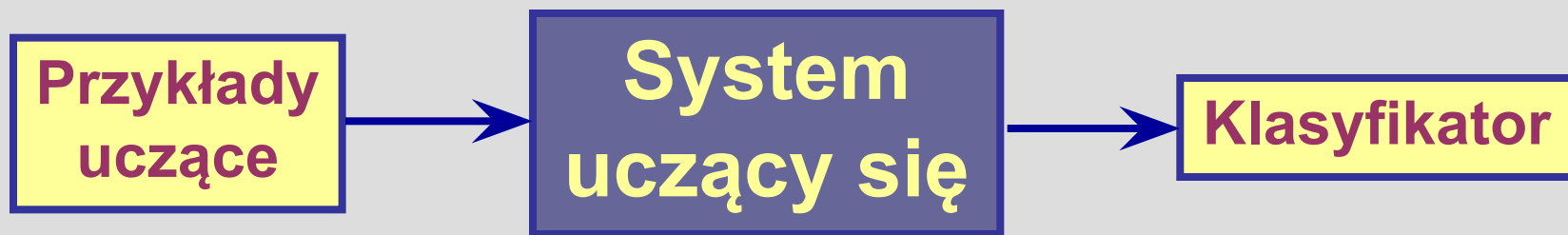
**Klasa Grać**

Lp.	Stan_nieba	Temp.	Wilgotność	Wiatr	Decyzja
1	Słońce	Umiarkowana	Normalna	Tak	Grać
2	Słońce	Ciepła	Duża	Tak	Nie_Grać
3	Słońce	Ciepła	Duża	Nie	Nie_Grać
4	Słońce	Umiarkowana	Duża	Nie	Nie_Grać
5	Słońce	Zimna	Normalna	Nie	Grać
6	Pochmurno	Umiarkowana	Duża	Tak	Grać
7	Pochmurno	Ciepła	Duża	Nie	Grać
8	Pochmurno	Zimna	Normalna	Tak	Grać
9	Pochmurno	Ciepła	Normalna	Nie	Grać
10	Deszcz	Umiarkowana	Duża	Tak	Nie_Grać
11	Deszcz	Zimna	Normalna	Tak	Nie_Grać
12	Deszcz	Umiarkowana	Normalna	Nie	Grać
13	Deszcz	Zimna	Duża	Nie	Grać
14	Deszcz	Zimna	Normalna	Nie	Grać

Klasa *Nie\_Grać*



- **Konstruowanie systemu klasyfikującego**



*Uczenie się klasyfikatora ze zbioru uczącego*



*Klasyfikowanie nowych obiektów*

# Narzędzia do uczenia maszynowego

Narzędzie do przygotowania zbiorów:

**ScoreSEEKER**

Narzędzia do generowania reguł:

**LEERS** (**L**earning from **E**xamples based on **R**ough **S**ets)

**GTS** (**G**eneral-**T**o-**S**pecific rekurencyjny algorytm pokrycia)

**DeTreeex** (moduł z pakietu *SPHINX*)

# Formaty reguł

## GTS (General-To-Specific)

IF Stan\_nieba IS Słońce AND Wilgotność IS Duża  
THEN Decyzja IS Grać

## LEERS (Learning from Examples based on Rough Sets)

(Stan\_nieba , Słońce ) & (Wilgotność , Duża ) →  
(Decyzja , Grać)

## DeTreeex (SPHINX)

Decyzja = „Grać” if  
Stan\_nieba = „Słońce”,  
Wilgotność = „Duża”;

# *Algorytmy generowania reguł*

- *GTS*
- *LEM2*
- *CN2*
- Rodzina algorytmów AQ
- *INLEN*
- *MODLEM*

<b>Lp</b>	<b>Inflacja</b>	<b>Deficyt_budż</b>	<b>Rezerwy_dew</b>	<b>Stopy_proc</b>
1	<b>spadek</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
2	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
3	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>
4	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
5	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
6	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>podwyżka</b>
7	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
8	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

**Inflacja spadek**      ⇒ **Stopy\_proc obniżka**

$$3/8 + \text{sqrt}(3/3) = \underline{1,3750}$$

## Regula 1

**JEZELI Inflacja spadek**

**TO Stopy\_proc obniżka**

LP	Inflacja	Deficyt_budz	Rezerwy_dew	Stopy_proc
1	spadek	bez_zmian	wzrost	obniżka
2	spadek	wzrost	spadek	obniżka
3	bez_zmian	wzrost	wzrost	podwyżka
4	bez_zmian	wzrost	spadek	obniżka
5	bez_zmian	bez_zmian	spadek	obniżka
6	bez_zmian	wzrost	bez_zmian	Podwyżka
7	Spadek	Wzrost	Wzrost	obniżka
8	bez_zmian	bez_zmian	wzrost	podwyżka

# Regula 1

**JEZELI** *Inflacja* **spadek**

**TO** *Stopy\_proc* **obniżka** {1,2,7}

Lp	Inflacja	Deficyt_budż	Rezerwy_dew	Stopy_proc
1	<b>spadek</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
2	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
3	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>
4	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
5	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
6	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>podwyżka</b>
7	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
8	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

**Inflacja bez\_zmian** ⇒ **Stopy\_proc podwyżka**

$$5/8 + \text{sqrt}(3/5) = \underline{1,3996}$$

**Deficyt\_budż wzrost** ⇒ **Stopy\_proc podwyżka**

$$5/8 + \text{sqrt}(2/5) = 1,2575$$

**Rezerwy\_dew wzrost** ⇒ **Stopy\_proc podwyżka**

$$4/8 + \text{sqrt}(2/4) = 1,2071$$

1	spadek	bez_zmian	wzrost	obniżka
2	spadek	wzrost	spadek	obniżka
3	bez_zmian	wzrost	wzrost	podwyżka

Żaden z powyższych warunków nie pozwala na utworzenie reguły ( $A \neq 1$ )

5	bez_zmian	bez_zmian	spadek	obniżka
---	-----------	-----------	--------	---------

$$G = (E_p + E_b) / E$$
$$A = E_p / (E_p + E_b)$$
$$G + \text{sqrt}(A) = H$$



# Regula 2

**JEZELI** *Inflacja* **bez\_zmian**  
**ORAZ** *Rezerwy\_dew* **wzrost**  
**TO** *Stopy\_proc* **podwyżka**

1	<b>spadek</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
2	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
3	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

*Inflacja bez\_zmian* & *Deficyt\_budż* **wzrost**  $\Rightarrow$  *Stopy\_proc* **podwyżka**

$$3/8 + \text{sqrt}(2/3) = 1,1915$$

*Inflacja bez\_zmian* & *Rezerwy\_dew* **wzrost**  $\Rightarrow$  *Stopy\_proc* **podwyżka**

$$2/8 + \text{sqrt}(2/2) = 1,2500$$

7	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
8	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

# Regula 2

**JEZELI** *Inflacja* **bez\_zmian**

**ORAZ** *Rezerwy\_dew* **wzrost**

**TO** *Stopy\_proc* **podwyżka** {3, 8}

Lp	Inflacja	Deficyt_budż	Rezerwy_dew	Stopy_proc
1	spadek	bez_zmian	wzrost	obniżka
2	spadek	wzrost	spadek	obniżka
3	bez_zmian	wzrost	Wzrost	podwyżka
4	bez_zmian	wzrost	spadek	obniżka
5	bez_zmian	bez_zmian	spadek	obniżka
6	bez_zmian	wzrost	bez_zmian	podwyżka
7	spadek	wzrost	wzrost	obniżka
8	bez_zmian	bez_zmian	wzrost	podwyżka

# Regula 3

JEZELI Rezerwy\_dew **spadek**

TO Stopy\_proc **obniżka**

Rezerwy\_dew **spadek** ⇒ Stopy\_proc **obniżka**

$$3/8 + \text{sqrt}(3/3) = 1,3750$$

1	<b>spadek</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
2	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
3	<b>bez_zmian</b>	<b>Wzrost</b>	<b>Wzrost</b>	<b>podwyżka</b>
4	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
5	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
6	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>podwyżka</b>
7	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
8	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

# Regula 3

**JEZELI** *Rezerwy\_dew* **spadek**

**TO** *Stopy\_proc* **obniżka** {4,5}

Lp	Inflacja	Deficyt_budż	Rezerwy_dew	Stopy_proc
1	spadek	bez_zmian	wzrost	obniżka
2	spadek	wzrost	spadek	obniżka
3	bez_zmian	Wzrost	Wzrost	podwyżka
4	bez_zmian	wzrost	Spadek	Obniżka
5	bez_zmian	bez_zmian	spadek	obniżka
6	bez_zmian	wzrost	bez_zmian	podwyżka
7	spadek	wzrost	wzrost	obniżka
8	bez_zmian	bez_zmian	wzrost	podwyżka

# Regula 4

JEZELI *Rezerwy\_dew* **bez\_zmian**

TO *Stopy\_proc* **podwyżka** {6}

*Rezerwy\_dew* **bez\_zmian**  $\Rightarrow$  *Stopy\_proc* **podwyżka**

$$1/8 + \text{sqrt}(1/1) = 1,1250$$

1	<b>spadek</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
2	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
3	<b>bez_zmian</b>	<b>Wzrost</b>	<b>Wzrost</b>	<b>podwyżka</b>
4	<b>bez_zmian</b>	<b>Wzrost</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
5	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>spadek</b>	<b>obniżka</b>
6	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>podwyżka</b>
7	<b>spadek</b>	<b>wzrost</b>	<b>wzrost</b>	<b>obniżka</b>
8	<b>bez_zmian</b>	<b>bez_zmian</b>	<b>wzrost</b>	<b>podwyżka</b>

Lp	Inflacja	Deficyt_budż	Rezerwy_dew	Stopy_proc
1	spadek	bez_zmian	wzrost	obniżka

Regula 1

JEZELI *Inflacja* **spadek**  
TO *Stopy\_proc* **obniżka** {1,2,7}

Regula 2

JEZELI *Inflacja* **bez\_zmian**  
ORAZ *Rezerwy\_dew* **wzrost**  
TO *Stopy\_proc* **podwyżka** {3, 8}

Regula 3

JEZELI *Rezerwy\_dew* **spadek**  
TO *Stopy\_proc* **obniżka** {4,5}

Regula 4

JEZELI *Rezerwy\_dew* **bez\_zmian**  
TO *Stopy\_proc* **podwyżka** {6}

# Zadanie praktyczne

Dla pliku **socz\_0X.tab** przygotuj zbiór reguł za pomocą algorytmu GTS.

(X – ostatnia cyfra z numeru indeksu studenta)

## Sprawozdanie

Przygotowane reguły zamieść w Wordzie. Natomiast obliczenia mogą być wykonane za pomocą Excela.

**Literatura i materiały**  
**pomocnicze:**

**K:\ZSHippe\SISE\**

**K:\MW\SISE\**