



Wprowadzenie do sztucznej inteligencji

Teoria zbiorów przybliżonych

dr hab. inż. Piotr Szczuko, prof. uczelni



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Reguły decyzyjne – problemy

- **Niejednoznaczność reguły:**
 - w zbiorze reguł istnieje może kilka identycznych reguł, ale z różnymi konkluzjami (poparte danymi)
- Reguły generowane są na podstawie danych treningowych
- W procesie podejmowania decyzji **reguły powinny być łączone** na zasadzie „głosowania” ważonego
- **Teoria zbiorów przybliżonych** oferuje narzędzia generowania takich reguł i wnioskowania w sytuacjach niejednoznaczności i niepewności



Zbiory przybliżone



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Zbiory przybliżone

- Metoda tworzenia **reguł decyzyjnych**, związanych z **przybliżonymi reprezentacjami zbiorów**
- W uproszczeniu: klasa modelowana jest przez dwa zbiory
 - **Przybliżenie dolne** – wszystkie obiekty o decyzji pewnej (100%) wskazującej na tę klasę
 - **Przybliżenie górne** – wszystkie obiekty o decyzji (pewnej lub **niepewnej**) wskazujące na rozpatrywaną klasę

Historia

prof. Zdzisław Pawlak (1926-2006), Politechnika Warszawska, PAN

- Z. Pawlak, (1982), *Rough sets*. International Journal of Computer and Information Sciences 11, pp. 341–356.
- W. Marek, Z. Pawlak (1984), *Rough sets and information systems*. Fundamenta Informaticae 17, pp. 105–115.
- Z. Pawlak (1991), *Rough Sets – Theoretical Aspects of Reasoning About Data*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Zbiory przybliżone

- Dane w formie tabel:
 - **Cechy**, nie sygnały!
 - Z pomiarów, testów lub od ekspertów
 - Wymagana „pewna znajomość” dziedziny
 - Wymagana **dyskretyzacja wartości**
- **Głównym celem** analizy danych jest wyznaczenie **aproksymacji/przybliżenia** idei (koncepcji) na podstawie danych w celu:
 - Dokładnej analizy problemu, związków, zależności
 - Uzyskania narzędzia klasyfikującego nowe przypadki

Reguły decyzyjne

Zdania logiczne o postaci:

IF *Age* = „16-30” AND *LEMS* = „0” THEN *Walk* = „No”

Obiekty tożsame:

x_3 i x_4 **różne decyzje**

x_5 i x_7 **takie same decyzje**

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No



Tożsamość obiektów



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Tożsamość obiektów

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No

Obiekty x_3 i x_4 (także x_5 i x_7) są nierozróżnialne (tożsame) względem pewnego podzbioru cech: $B \subseteq A$

(różne zbiory cech B skutkują zachodzeniem różnych tożsamości)

Przykład

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No

Niepuste podzbiory B :

$$B_1 = \{Age\}$$

$$B_2 = \{LEMS\}$$

$$B_3 = \{Age, LEMS\}$$

Sposoby podziału uniwersum U :

$$IND(\{Age\}) = \{\{x_1; x_2; x_6\}; \{x_3; x_4\}; \{x_5; x_7\}\}$$

$$IND(\{LEMS\}) = \{\{x_1\}; \{x_2\}; \{x_3; x_4\}; \{x_5; x_6; x_7\}\}$$

$$IND(\{Age, LEMS\}) = \{\{x_1\}; \{x_2\}; \{x_3; x_4\}; \{x_5; x_7\}; \{x_6\}\}$$

Tożsamość obiektów

$[x]_B$ – klasa abstrakcji (równoważności)
obiektu x względem relacji $IND(B)$



x



y

*Klasa równoważności $[x]_B$ –
wszystkie obiekty czerwone*

$$[x]_B \equiv [y]_B$$



z

*Klasa
równoważności $[z]_B$ –
wszystkie obiekty
zielone*





Aproksymacja zbioru



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Aproksymacja zbioru (1)

- Relacja równoważności prowadzi do podziału uniwersum na tzw. **zbiory elementarne**. Każda kombinacja zbiorów elementarnych to **zbiór definiowalny**.
- Wyznaczone podziały posłużyć mogą do utworzenia podzbiorów uniwersum

- Zwykle poszukiwane są podzbiory definiowalne charakteryzujące się taką samą wartością atrybutu decyzyjnego.

Tożsame obiekty – różne atrybuty decyzyjne!

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No

Aproksymacja zbioru (2)

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No

- Pomimo niejednoznaczności możliwe jest określenie, które obiekty na pewno **należą** do poszukiwanego podzbioru, które na pewno do niego **nie należą**, a które leżą **na granicy** między podzbiorem.

- Jeżeli jakiegokolwiek obiekty leżą **na granicy**, mamy do czynienia ze **zbiorem przybliżonym**

Przybliżenia zbioru: notacja

Przyjmijmy:

System informacyjny: $S = (U, A)$

Podzbiór atrybutów: $B \subseteq A$

oraz podzbiór uniwersum: $X \subseteq U$

Możliwa jest aproksymacja zbioru $X_{walk=yes}$ wyłącznie przez wykorzystanie atrybutów ze zbioru B , poprzez określenie B -dolnej i B -górnjej aproksymacji zbioru X :

$$\underline{B}X = \{ x \mid [x]_B \subseteq X_{yes} \}$$

$$\overline{B}X = \{ x \mid [x]_B \cap X_{yes} \neq \emptyset \}$$

$$\overline{B}X = \underline{B}X \cup BND$$

$$\overline{B}X - \underline{B}X = BND$$

Górne przybliżenie to dolne plus obszar graniczny.

Obszar graniczny, to różnica między górnym a dolnym przybliżeniem.

Przykład (1)

$$\underline{B}X = \{ x \mid [x]_B \subseteq X \}$$

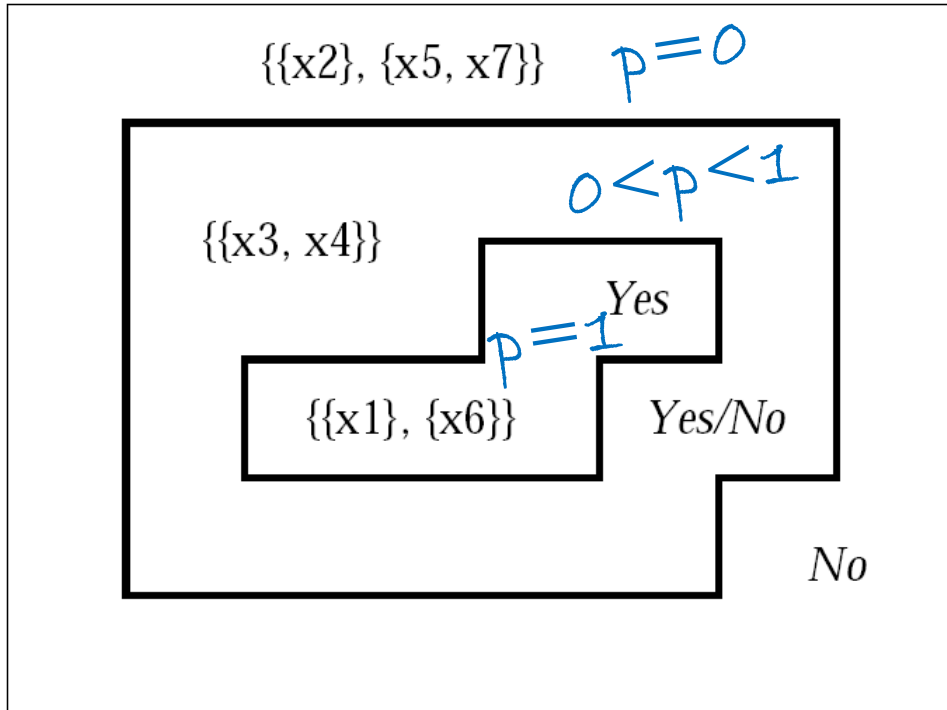
Te x , których klasy abstrakcji są zawarte w X . Obiekty x_1 i x_6 .
Obiekty na pewno należące do X w oparciu o wiedzę zawartą w B .

$$\overline{B}X = \{ x \mid [x]_B \cap X \neq \emptyset \}$$

Te x , których klasy abstrakcji mają
niepustą część wspólną z X .
Obiekty x_1, x_3, x_4 , i x_6 . Obiekty
prawdopodobnie należące do X
w oparciu o wiedzę zawartą w B .

	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No

Przykład (2)



	<i>Age</i>	<i>LEMS</i>	<i>Walk</i>
x_1	16-30	50	Yes
x_2	16-30	0	No
x_3	31-45	1-25	No
x_4	31-45	1-25	Yes
x_5	46-60	26-49	No
x_6	16-30	26-49	Yes
x_7	46-60	26-49	No



Reguły decyzyjne



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Wykorzystanie reguł do klasyfikacji

1. Obliczenie atrybutów nowego obiektu
2. Poszukiwanie reguł pasujących do wartości atrybutów
3. Jeżeli brak pasujących reguł, wynikiem jest najczęstsza decyzja w \mathcal{S} (lub inna strategia)
4. Jeżeli pasuje wiele reguł mogą one wskazywać na różne decyzje, wówczas:
 - Przeprowadzane jest głosowanie
 - Głosowanie równościowe lub wazone miarami *support* lub inne
5. Przykładowo w pakiecie RoughSet (język R):
 - X.ruleStrength (domyślne) głosowanie wazone iloczynem wsparcia dla reguły (support) i długości reguły (liczby przesłanek)
 - X.laplace głosowanie wazone wartościami estymaty ufności reguły wg Laplace'a $Lc(R_K)$
 - X.rulesCounting głosowanie większościowe

$$Lc(R_K) = \frac{n_K(R_K) + 1}{n(R_K) + k}$$

R_K – oceniana reguła wskazująca na obiekt klasy K

$n_K(R)$ – liczba obiektów klasy K **sklasyfikowanych poprawnie**

$n(R)$ – liczba obiektów **pasujących do reguły** (bez względu na ich klasy)

k – liczba wszystkich klas

Klasyfikacja (1)

- niesklasyfikowany obiekt pasuje dokładnie do jednej **deterministycznej** reguły - sytuacja najbardziej pożądana - obiekt na pewno należy do zadanej klasy, do **dolnego przybliżenia zbioru**
- niesklasyfikowany obiekt pasuje dokładnie do jednej, **niedeterministycznej** reguły - sytuacja ta jest nadal pozytywna, gdyż daje jednoznaczną klasyfikację, obiekt prawdopodobnie należy do zbioru - należy do jego **górnego przybliżenia**

Klasyfikacja (2)

- niesklasyfikowany obiekt pasuje do **więcej niż jednej** reguły - kilka potencjalnych przynależności obiektu. Decyzja nie jest jednoznaczna;
- Zazwyczaj w takim przypadku stosuje się dodatkowe kryteria dla oceny, do której z klas z największym prawdopodobieństwem należy obiekt.
- Problem ten nie wystąpi, jeśli wszystkie klasy obiektów są parami rozłączne



Charakterystyka zbiorów decyzyjnych



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Dokładność przybliżenia

$$\alpha_B(X) = \frac{|\underline{BX}|}{|\overline{BX}|}$$

/ . / - moc zbioru

$$0 \leq \alpha_B(X) \leq 1$$

Zbiór tradycyjny $\alpha_B(X) = 1$

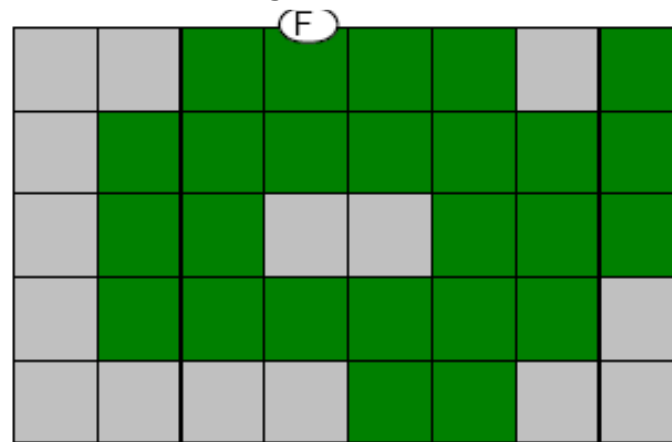
Zbiór przybliżony $\alpha_B(X) < 1$

$$\alpha_B(X) = \frac{|\underline{BX}|}{|\underline{BX}| + |\underline{BN_B(X)}|}$$

$$\alpha_B(X) = \frac{|\underline{BX}|}{|\underline{BX}| + |\underline{BN_B(X)}|} = 0$$

Przykład (1)

Zbiór definiowalny



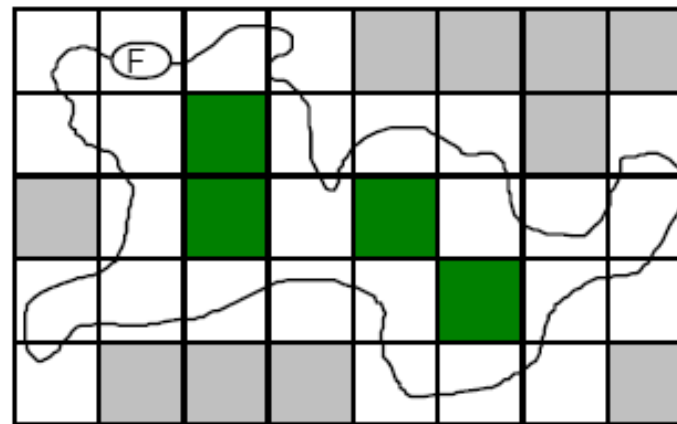
Pola nienależące do figury F
(obszar I)



Pola należące do brzegu figury F
(obszar II)



Pola należące do dolnego
ograniczenia figury F
(obszar III)



Pola nienależące do figury F
(obszar I)



Pola należące do brzegu figury F
(obszar II)

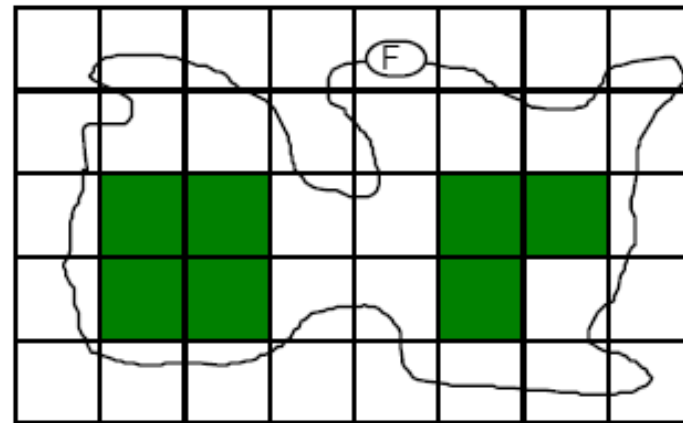


Pola należące do dolnego
ograniczenia figury F
(obszar III)

Zbiór przybliżony, w przybliżeniu B-definiowalny

Przykład (2)

Zbiór przybliżony, wewnątrz B-definiowalny



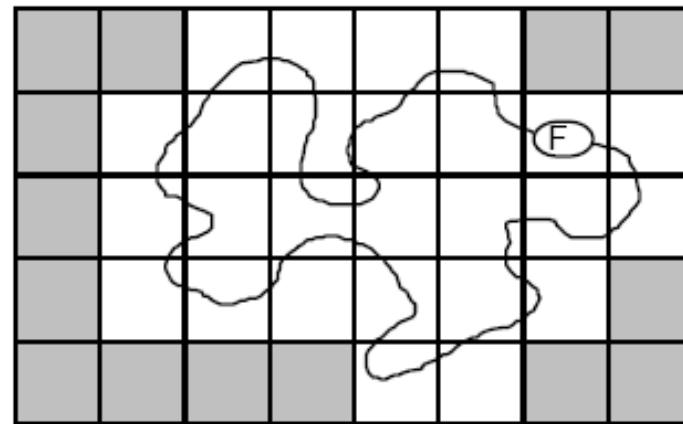
Pola nienależące do figury F
(obszar I)



Pola należące do brzegu figury F
(obszar II)



Pola należące do dolnego
ograniczenia figury F
(obszar III)



Pola nienależące do figury F
(obszar I)



Pola należące do brzegu figury F
(obszar II)

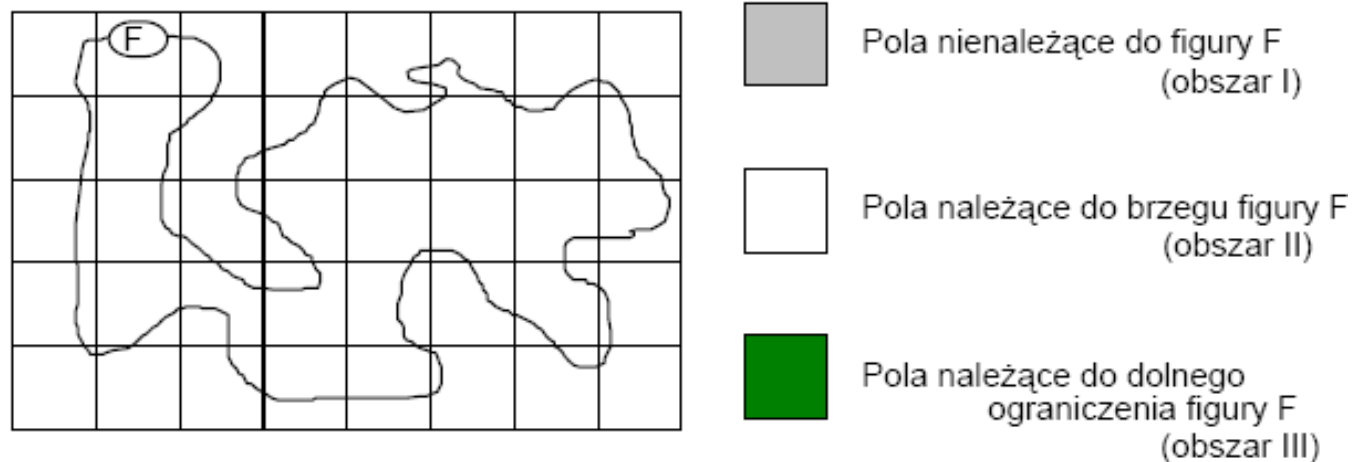


Pola należące do dolnego
ograniczenia figury F
(obszar III)

Zbiór przybliżony, zewnątrz B-definiowalny

Przykład (3)

Zbiór przybliżony, całkowicie B-niedefiniowalny





POLITECHNIKA
GDAŃSKA

AI TECH



Redukt



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Redukt

*Redukcja
wymiarowości!*

- Różne podzbiory atrybutów $B \subseteq A$ i $C \subseteq A$ mogą prowadzić do identycznych podziałów uniwersum, $IND_B(X) = IND_C(X)$
- Redukt to taki podzbiór atrybutów, który ma najmniejszą liczbę atrybutów, a ponadto zachodzi: $IND_B(X) = IND_A(X)$ (generuje taki sam podział jak cały zbiór atrybutów A)
- Zwykle dla danego systemu decyzyjnego istnieć może wiele reduktów
- Poszukuje się minimalnego (o najmniejszej liczbie elementów), lub najłatwiejszego w pozyskiwaniu z praktycznego punktu widzenia
- **Rdzeń (ang. core) - elementy „niezastąpione”, to te, które występują w każdym redukcje**

Macierz rozróżnialności dla decyzji

	<i>Diploma</i>	<i>Experience</i>	<i>French</i>	<i>Reference</i>	<i>Decision</i>
x_1	MBA	Medium	Yes	Excellent	Accept
x_4	MSc	High	Yes	Neutral	Accept
x_6	MSc	High	Yes	Excellent	Accept
x_7	MBA	High	No	Good	Accept
x_2	MBA	Low	Yes	Neutral	Reject
x_3	MCE	Low	Yes	Good	Reject
x_5	MSc	Medium	Yes	Neutral	Reject
x_8	MCE	Low	No	Excellent	Reject

Poszukiwane tylko redukty pozwalające odróżnić obiekty o różnych decyzjach, a nie wszystkie obiekty między sobą

	$[x_1]$	$[x_4]$	$[x_6]$	$[x_7]$	$[x_2]$	$[x_3]$	$[x_5]$	$[x_8]$
$[x_1]$	\emptyset							
$[x_4]$	\emptyset	\emptyset						
$[x_6]$	\emptyset	\emptyset	\emptyset					
$[x_7]$	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset				
$[x_2]$	e, r	d, e	d, e, r	e, f, r	\emptyset			
$[x_3]$	d, e, r	d, e, r	d, e, r	d, e, f	\emptyset	\emptyset		
$[x_5]$	d, r	e	e, r	d, e, f, r	\emptyset	\emptyset	\emptyset	
$[x_8]$	d, e, f	d, e, f, r	d, e, f	d, e, r	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset



Klasy decyzyjne i jakość przybliżenia



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Obszar *B-positive*

- Decyzja w systemie decyzyjnym determinuje podział uniwersum na d zbiorów,
np. $U = X^{\text{Yes}} \cup X^{\text{No}}$
np. wcześniej: $X^{\text{Yes}} = \{x_1, x_4, x_6\}$
- Niech $X^1_{\mathcal{S}}, X^2_{\mathcal{S}}, \dots, X^d_{\mathcal{S}}$, będą klasami decyzyjnymi w \mathcal{S}
- $\underline{B}X^1_{\mathcal{S}} \cup \underline{B}X^2_{\mathcal{S}} \cup \dots \cup \underline{B}X^d_{\mathcal{S}}$, nazywane jest **obszarem B-pozytywnym** i oznaczane $POS_B(d)$ – suma wszystkich dolnych przybliżeń wszystkich klas decyzyjnych, związanych z decyzją d
- \mathcal{S} jest systemem decyzyjnym **deterministycznym** (zgodnym), jeżeli $POS_B(d)=U$, w przeciwnym wypadku jest **niedeterministyczny**
- Stosunek mocy zbiorów $|POS_B(d)| / |U|$ to jakość przybliżenia, wartość z przedziału $[0,1]$



Rozwinięcia metody



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Rozwinięcie metody - przybliżona przynależność

- $\mu^X_B: U \rightarrow [0;1]$

- $\mu^X_B(x) = \frac{|[x]_B \cap X|}{|[x]_B|}$ $\frac{98}{100}$ vs. $\frac{2}{100}$

względna miara nakładania się klasy równoważności obiektu x ze zbiorem X .

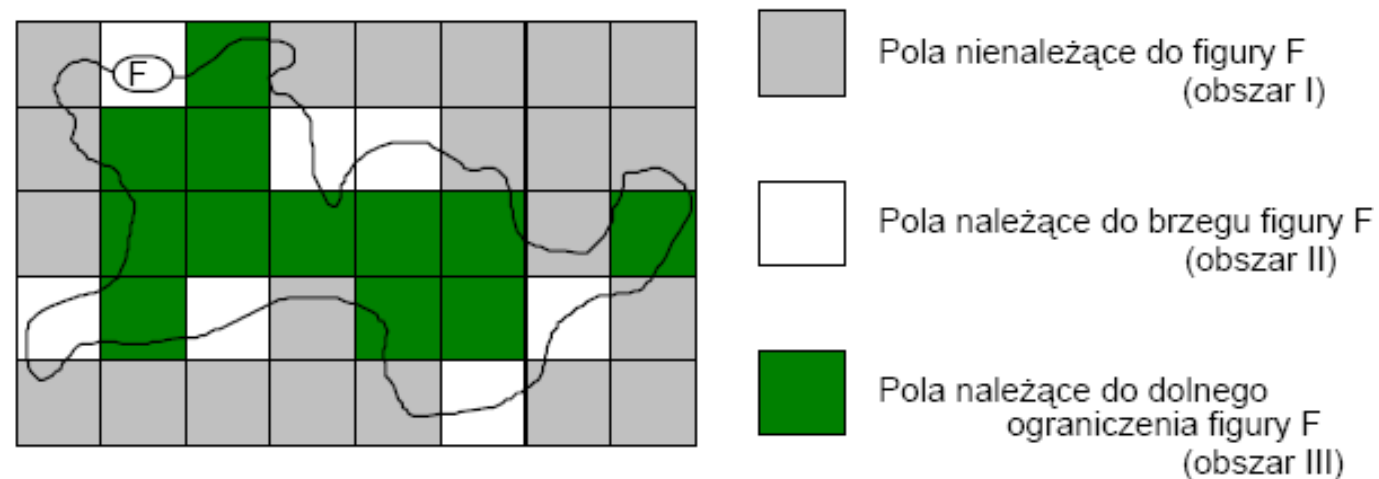
- Wprowadza się przybliżenia o **zmiennej precyzji**
(dla $t=1$, przypadek klasyczny):

$$\underline{B}_t X = \{x \mid \mu^X_B(x) \geq t\} \quad \overline{B}_t X = \{x \mid \mu^X_B(x) \geq (1-t)\}$$

Rozwinięcie metody – zmienna precyzja

- $t = 0.66$

$$\underline{B}_t X = \{x \mid \mu^X_B(x) \geq t\} \quad \bar{B}_t X = \{x \mid \mu^X_B(x) \geq (1-t)\}$$



Inne rozwinięcia metody

- Górne i dolne przybliżenia są zbiorami klasycznymi (ostrymi, *crisp*)



- Mogą być wyrażone także w postaci **zbiorów rozmytych** (*fuzzy rough*)
 - **Rozmyte zbiory** użyte do modelowania **dolnego** i **górnego** przybliżenia
- Z kolei: **zbiór rozmyty** może być przybliżony za pomocą dolnego i górnego przybliżenia ostrego (*rough fuzzy*)



Podsumowanie



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Podsumowanie

- + Czytelne reguły
- + Interpretowalny wynik
- + Łatwość wprowadzenia nowej wiedzy i nowych klas
- + Obiektywne wyrażanie niepewności, niedokładności
- + „Wbudowana” dyskretyzacja i redukcja wymiarowości

- – Wynik zależny od podzbioru atrybutów B i ich dyskretyzacji



Dziękuję za uwagę



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.