

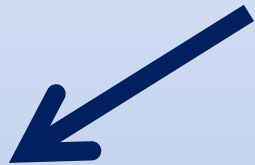


# ***WIELOKRYTERIALNE WSPOMAGANIE DECYZJI***

Politechnika Krakowska  
Dr inż. Katarzyna Solecka



**W W D**



***WIELOKRYTERIALNE***

***WSPOMAGANIE***

***DECYZJI***

**Początki - 1951r - KOOPMANS**

**WWD** - dziedzina wiedzy wywodząca się z badań operacyjnych, która wyposaża decydenta w narzędzia i metody pozwalające na rozwiązywanie złożonych wielokryterialnych problemów decyzyjnych, przy analizie których ważne jest uwzględnienie wielu, często przeciwstawnych punktów widzenia.

## WIELOKRYTERIALNE WSPOMAGANIE/ PODEJMOWANIE DECYZJI

- ANALIZA WIELOKRYTERIALNA (NURT FRANCUSKI)
- WIELOKRYTERIALNE PODEJMOWANIE DECYZJI (NURT AMERYKAŃSKI)

## OPOZYCJA: BADANIA OPERACYJNE – WWD

- NIE ISTNIEJE „OBIEKTYWNE NAJLEPSZE ROZWIĄZANIE” ZE WSZYSTKICH PUNKTÓW WIDZENIA JEDNOCZEŚNIE
- WWD SUGERUJE „ROZWIĄZANIA KOMPROMISOWE”, KTÓRE UWZGLĘDNIAJĄ ANALIZĘ STRAT I ZYSKÓW NA POSZCZEGÓLNYCH KRYTERIACH, JAK I PREFERENCJE DECYDENTA

## Zastosowanie w różnych obszarach i dziedzinach życia:

- Transport i Logistyka
- Ekonomia
- Sprzedaż i marketing
- Zarządzanie zasobami ludzkimi
- Zarządzanie produkcją
- Działalność finansowana przedsiębiorstw
- itd..

Coraz większe zainteresowanie badaczy wykorzystaniem metodyki WWD zarówno do

zarządzania miastem, zarządzania transportem miejskim, planowaniu przestrzennym

# Wielokryterialne Wspomaganie Decyzji (WWD)



Wielokryterialny  
problem  
decyzyjny?

Decydent –  
Indywidualny??  
Zbiorowy??

Kto jest  
uczestnikiem  
procesu

Analityk

Ile  
wariantów?

Jak  
tworzone  
warianty?

Jakie kryteria?

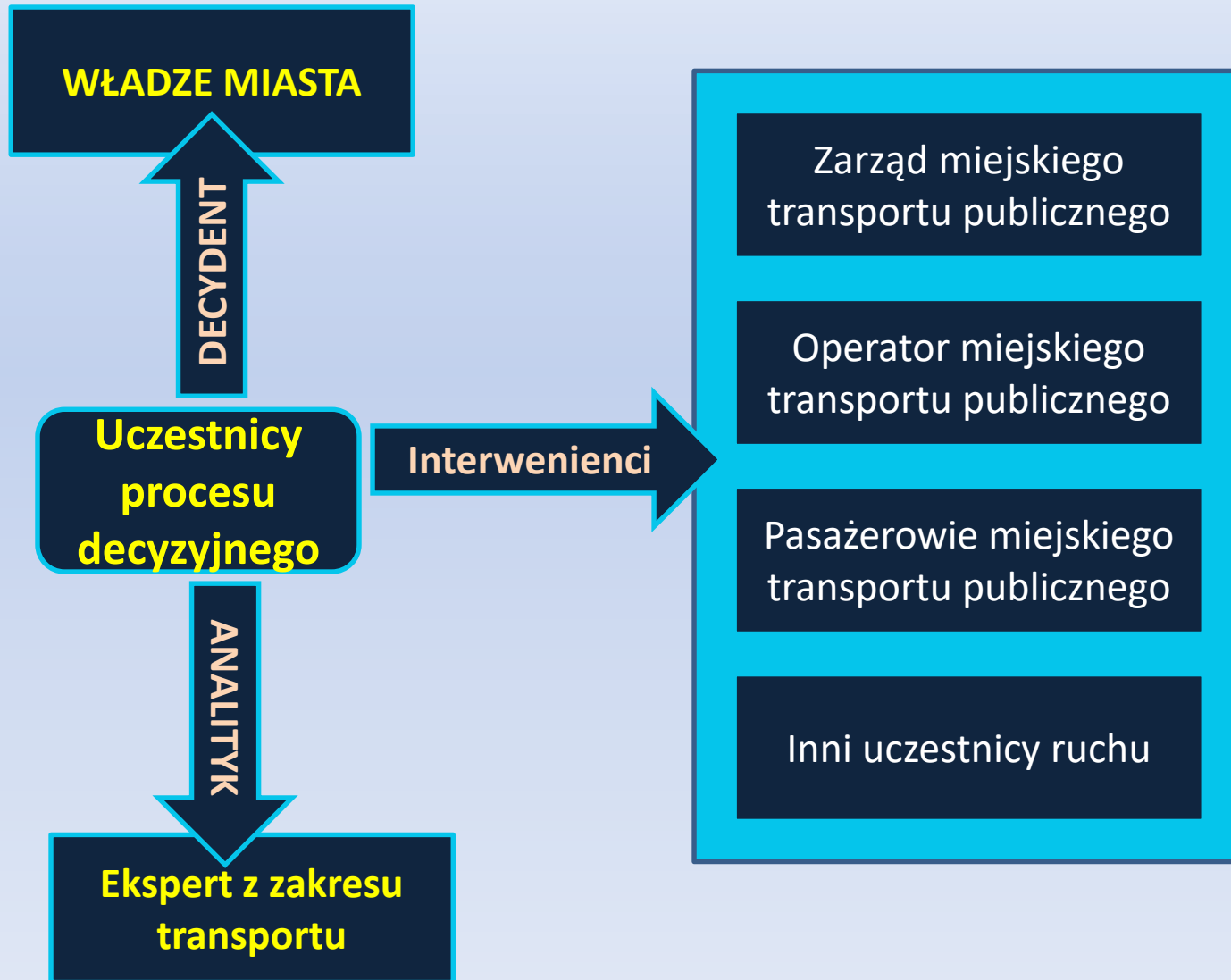
Jakie preferencje  
Decydenta i  
pozostałych  
uczestników

Jaka metoda?

Dostępność  
oprogramowania

# UCZESTNICY PROCESU DECYZYJNEGO

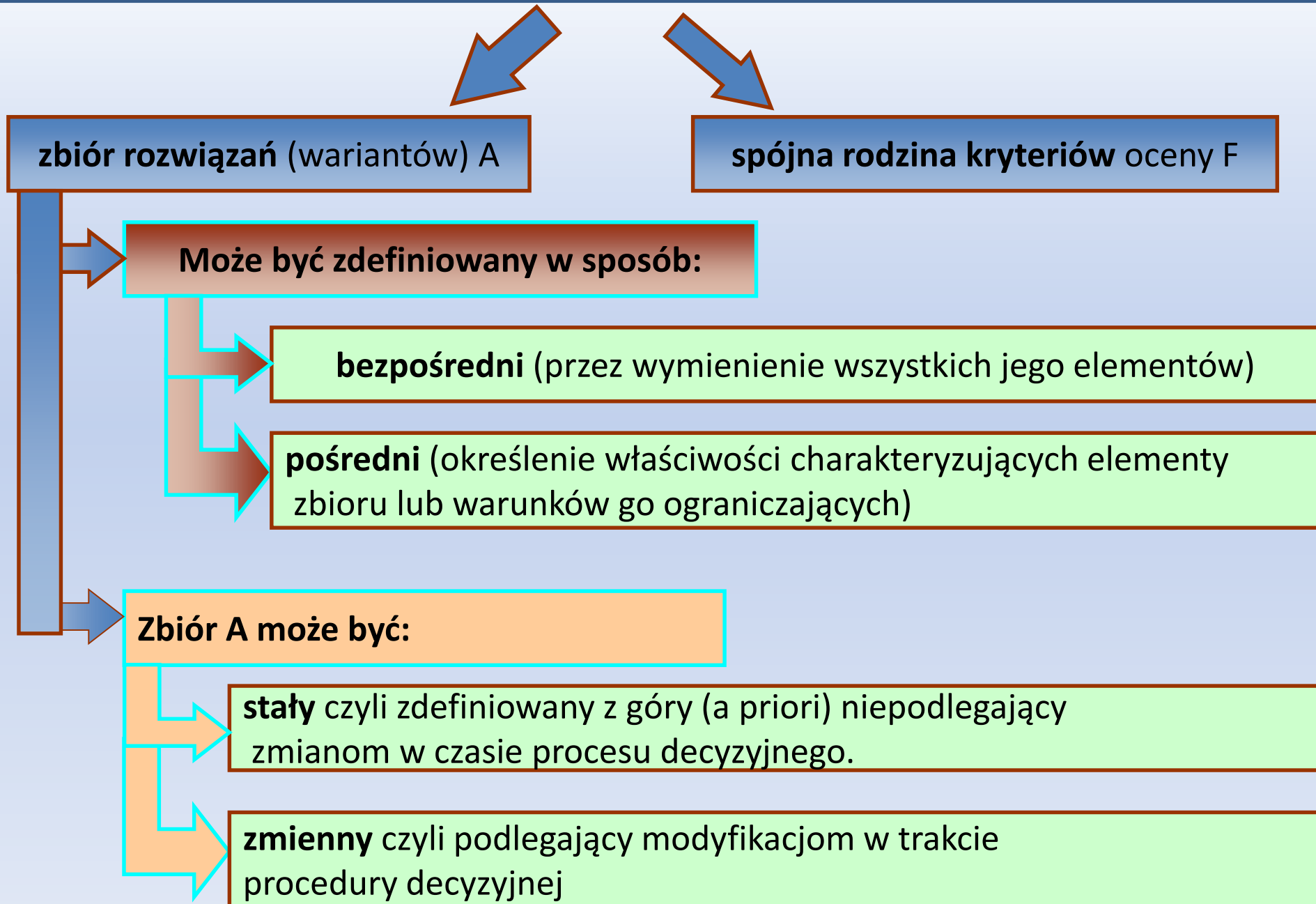
**Problem decyzyjny:** *np. Wielokryterialny problem szeregowania wariantów zintegrowanego systemu miejskiego transportu publicznego (ZSMTP)*



## Cztery etapy postępowania

- **Problem decyzyjny**  
*(zdefiniowanie problemu, identyfikacja uczestników procesu)*
- **Konstruowanie wariantów**  
*(określenie sposobu konstruowania wariantów)*
- **Spójna rodzina kryteriów**  
*(stworzenie definicji kryteriów, określenie kierunku preferencji)*
- **Preferencje decydenta i interwenientów**  
*(określenie wag kryteriów oraz wrażliwości na zmianę wartości wag kryteriów)*
- **Eksperymenty obliczeniowe**  
*(wybór metody, przeprowadzenie eksperymentów z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania)*

# Podstawowymi atrybutami wielokryterialnych problemów decyzyjnych są:





# Definicja spójnej rodziny kryteriów

**Kryterium**



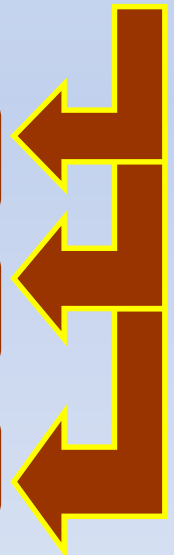
**Spójna rodzina kryteriów  $F$**

jest to zbiór kryteriów spełniający  
następujące wymagania:

wyczerpywalności oceny

spójności oceny

niepowtarzalności zakresów znaczeniowych kryteriów



Każde kryterium występujące w zbiorze  $F$  jest funkcją  $f$  zdefiniowaną na zbiorze  $A$ , służącą do oceny zbioru  $A$  i reprezentującą preferencje decydenta w odniesieniu do określonego aspektu problemu decyzyjnego

# PRZYKŁADOWE KRYTERIA

*Przykładowy podział kryteriów na grupy w zależności od kategorii projektu transportowego*

Transport indywidualny	Transport zbiorowy	Mobilność niezmotoryzowana	Integracja transportu
Koszty inwestycji	Koszty inwestycji	Koszty inwestycji	Koszty inwestycji
Wewnętrzna stopa zwrotu   IRR	Wewnętrzna stopa zwrotu – IRR	Wewnętrzna stopa zwrotu – IRR	Wewnętrzna stopa zwrotu – IRR
Jakość infrastruktury drogowej	Dostępność do transportu publicznego	Jakość infrastruktury dla mobilności niezmotoryzowanej	Wskaźnik integracji transportu
Średni czas podróży	Bezpośredniość podróży	Integracja z transportem publicznym	Stopień przyjazności dla środowiska
Stopień przyjazności dla środowiska	Stopień przyjazności dla środowiska	Uciążliwość procesu inwestycji	Uciążliwość procesu inwestycji
Stopień wykorzystania infrastruktury drogowej	Średnia prędkość w sieci	Bezpieczeństwo	Dostępność
Uciążliwość procesu inwestycji	Interwał ruchu		
Bezpieczeństwo ruchu	Komfort podróży		
	Uciążliwość procesu inwestycji		
	Bezpieczeństwo		
	Jakość infrastruktury transportu publicznego		

## ► Wieloatrybutowa teoria użyteczności (szkoła amerykańska)

- Ralph Keeney, Howard Raiffa
- agregowanie różnych kryteriów (punktów widzenia) do jednej funkcji użyteczności
  - kryterium globalne
  - funkcja optymalizowana

$$\text{Min } U(z) = U(z_1, z_2, \dots, z_n)$$

- zakłada się, że wszystkie analizowane kryteria z  $F$  są porównywalne między sobą
- preferencje są predefiniowane w świadomości decydenta

## ► Relacja przewyższania (szkoła europejska)

- Bernard Roy, Philippe Vincke, Roman Słowiński
- modelowanie preferencji odbywa się za pomocą relacji przewyższania  $S$
- dopuszcza się nieporównywalność pomiędzy rozważanymi kryteriami z rodziny  $F$
- preferencje decydenta ulegają ewolucji w trakcie procesu decyzyjnego

# Metoda Kompensacyjno – koniunkcyjna – metoda szeregowania

- wyraża zasadę „*COŚ za COŚ*”,

## ETAPY OCENY W METODZIE K-K:

- sformułowanie listy kryteriów w układzie jednostopniowym lub wielostopniowym
- określenie wag kryteriów,
- wyznaczenie kryteriów o charakterze progowym,
- ocena stopnia spełnienia poszczególnych kryteriów przez rozważane rozwiązania oraz określenie żądanego minimum spełnienia dla kryteriów progowych,
- eliminacja rozwiązań niespełniających kryteriów progowych,
- agregowanie ocen cząstkowych - uzyskanie oceny globalnej,
- uporządkowanie rozwiązań ze względu na wartości wskaźnika oceny globalnej.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot s_{ij}$$

$S_j$  - ocena globalna  $j$  - tego wariantu

$s_{ij}$  – stopień spełnienia  $i$ -tego kryterium w  $j$ -tym wariancie

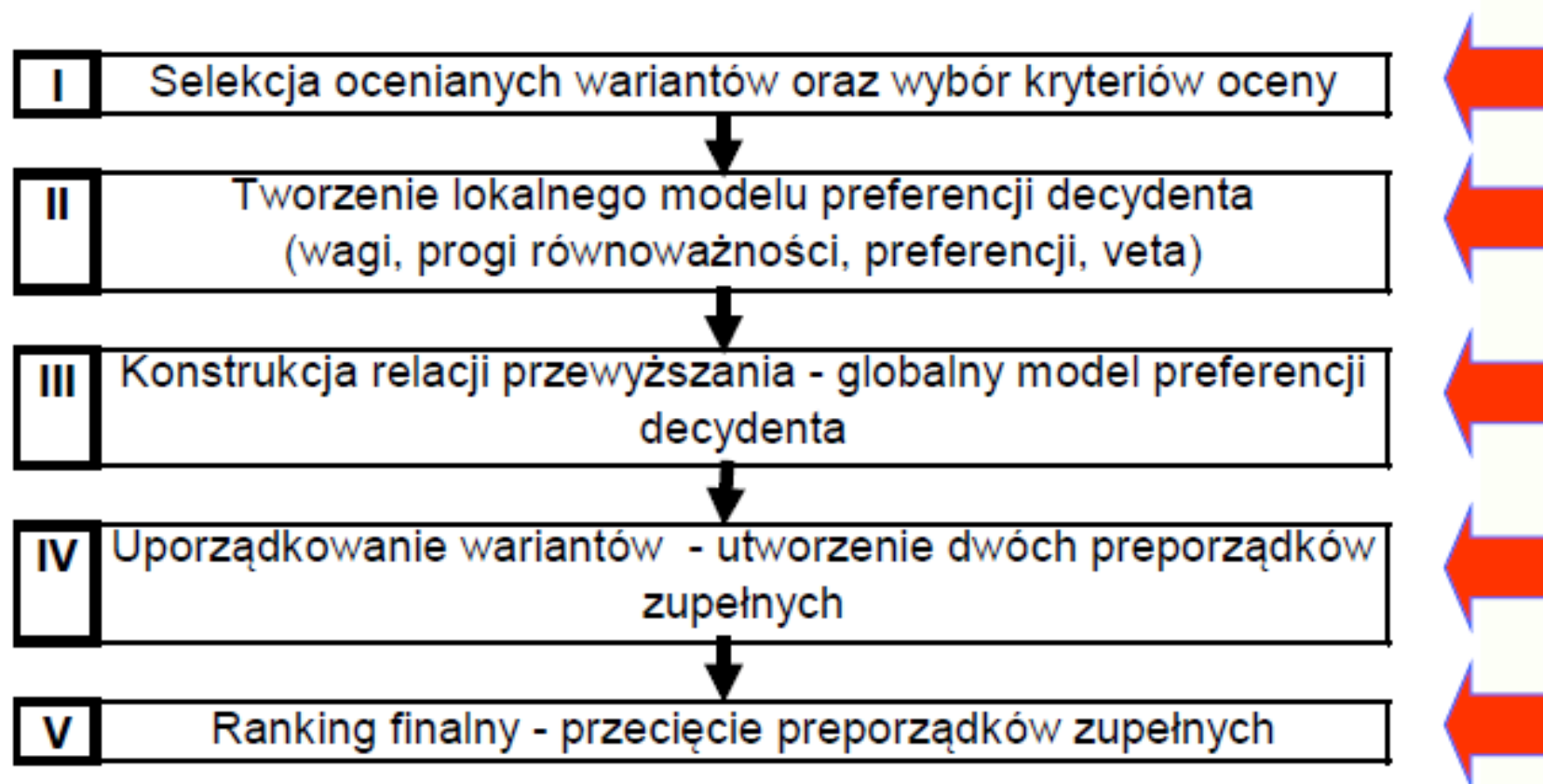
(w procentach lub w skali dziesięciopunktowej - gdzie 1 oznacza brak spełnienia kryterium, a 10 całkowite spełnienie kryterium),

$n$  – liczba rozważanych kryteriów,

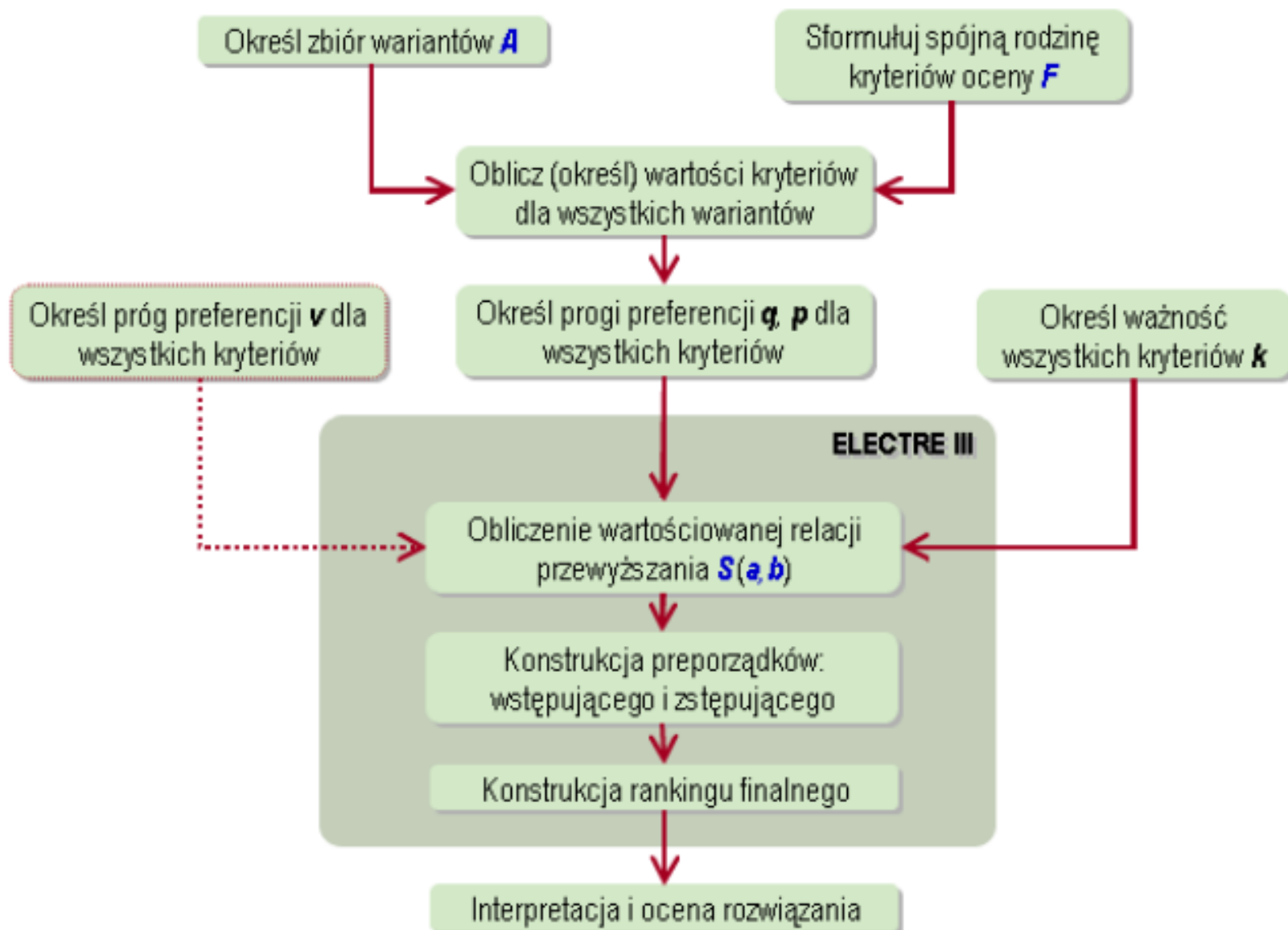
$w_i$  - waga  $i$ -tego kryterium (liczba niemianowana, znormalizowana)

- Bernard Roy, 1978
- Szkoła europejska
- Wykorzystywana do szeregowania wariantów
- Wagi kryteriów są zdefiniowane przez decydenta
- Model preferencji decydenta uwzględnia próg nieporównywalności wariantów (próg równoważności -  $q$ , preferencji -  $p$ ,  $v$  –  $v$ )
- Preferencje decydenta ulegają ewolucji w trakcie procesu decyzyjnego
- Preferencje decydenta pomiędzy dwoma wariantami wyrażana są względem każdego kryterium
- Graficzne przedstawienie rankingu finalnego, który uwzględnia nieporównywalność
- Metoda nie uwzględnia podkryteriów oraz miar odległościowych pomiędzy wariantami
- Stosowana dla małej liczby wariantów

## Metoda Electre



## Metoda Electre





- ▶ Decydent dokonując porównania dwóch wariantów wyraża swoje indywidualne preferencje
- ▶ Porównując wariant  $a$  i  $b$  decydent może reagować w jeden z 3 sposobów
  - oba warianty są równoważne  
 $a I b$
  - jeden wariant jest preferowany nad drugim  
 $a P b$  lub  $b P a$
  - oba warianty są nieporównywalne  
 $a J b$
- ▶ Przykłady → analiza pojazdów z punktu widzenia komfortu
  - równoważność  
Renault Clio równoważny z VW Polo
  - preferencja  
VW Passat preferowany nad Renault Clio
  - nieporównywalność  
Mercedes S-class nieporównywalny z Renault Clio

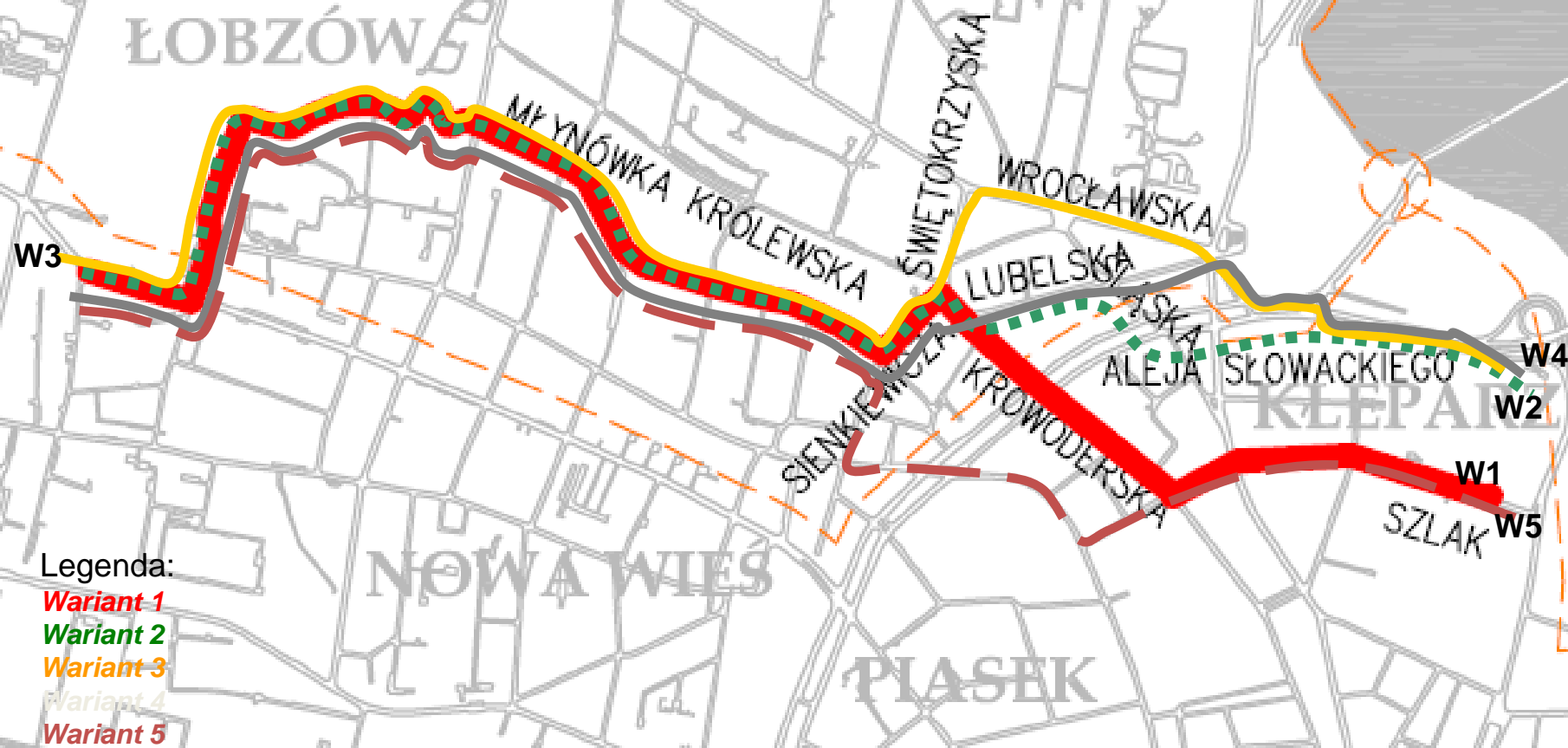
# **Ocena wielokryterialna koncepcji ścieżek rowerowych**

# Przykład zastosowań – przebieg ścieżek rowerowych

## W zakresie realizacji planu mobilności Politechnika:

- przeprowadziła szereg badań:
  - identyfikujących zachowania komunikacyjne i preferencje pracowników oraz studentów
  - określających warunki podróżowania do Kampusów Uczelni.
- stworzono koncepcje ścieżek rowerowych łączących najważniejsze obiekty Uczelni oraz koncepcje lepszego skomunikowania kampusów uczelni transportem zbiorowym.
- uruchomiono specjalną stronę internetową z inf. na temat podróżowania w mieście [www.info-komunikacja.one.pl](http://www.info-komunikacja.one.pl)
- zamontowano 23 dodatkowe stojaki rowerowe na terenie kampusów
- organizowano seminaria i szkolenia promujące proekologiczne podróżowanie (liczne akcje marketingowe i promocyjne)

# Ocena wielokryterialna koncepcji ścieżek rowerowych



## Parametry charakteryzujące poszczególne warianty

Parametry	W I	W II	W III	W IV	W V
Długość trasy do budowy [m]	2193	2308	2625	2443	2379
Długość odcinków istniejących [m]	790	790	790	790	790
Długość całkowita [m]	2983	3097	3415	3233	3169
Liczba punktów kolizji	16	14	30	25	22
Średnia odległość między punktami kolizji [m]	186	221	114	129	144
Liczba punktów zatrzymań	14	14	19	16	16
Średnia odległość między punktami zatrzymań [m]	213	221	180	202	198
Współczynnik wydłużenia trasy [%]	10	12	29	19	19
Zgodność z miejskim planem zagospodarowania przestrzennego [%]	83	92	72	93	84

# Kryteria oceny

1. **Kryterium funkcjonalne** (bezpieczeństwo, wygoda, bezpośredniość, atrakcyjność)
2. **Kryterium ekonomiczno - realizacyjne** (koszty budowy, koszty wykupu gruntu, koszty utrzymania infrastruktury)
3. **Kryterium planistyczno – techniczne** (zgodność proponowanego rozwiązania z dotychczasowymi planami zagospodarowania przestrzennego w mieście )
4. **Kryterium ekologiczno – społeczne** (skalę konfliktów społecznych i środowiskowych związanych z proponowanym rozwiązaniem )

# Zastosowanie metody kompensacyjno - koniunkcyjnej

Ustalenie wag kryteriów  
uzyskanych na podstawie  
badań ankietowych

Lp.	Kryterium	Waga $w_i$
1	Funkcjonalne	0,5
2	Ekonomiczno-realizacyjne	0,3
3	Planistyczno - techniczne	0,1
4	Ekologiczno - społeczne	0,1
	<b>Razem</b>	<b>1</b>

Ustalenie wag podkryteriów (kryteriów częściowych) uzyskanych na podstawie  
badań ankietowych

Lp.	Kryterium	Waga podkryterium w obrębie kryterium	Waga podkryterium w pełnym zbiorze kryteriów
<b>1</b>	<b>Kryteria częściowe w obrębie kryterium funkcjonalnego</b>		
1.1	Bezpieczeństwo	0,29	0,145
1.2	Wygoda	0,25	0,125
1.3	Bezpośredniość	0,25	0,125
1.4	Atrakcyjność	0,21	0,105
	<b>Razem</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>
<b>2</b>	<b>Kryteria częściowe w obrębie kryterium ekonomiczno-realizacyjnego</b>		
2.1	Koszty budowy	0,5	0,15
2.2	Koszty wykupu gruntów	0,3	0,09
2.3	Koszty utrzymania infrastruktury	0,2	0,06
	<b>Razem</b>	<b>1</b>	<b>0,3</b>
<b>3</b>	<b>Kryteria częściowe w obrębie kryterium planistyczno-technicznego</b>		
3.1	Zgodność z dotychczasowymi planami	1	0,1
	<b>Razem</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>
<b>4</b>	<b>Kryteria częściowe w obrębie kryterium ekologiczno-społecznego</b>		
4.1	Skala konfliktów społecznych	1	0,1
	<b>Razem</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>

# Zastosowanie metody kompensacyjno - koniunkcyjnej

## Ocena stopnia spełnienia kryteriów cząstkowych w danej grupie kryteriów

Lp.	Kryterium	Warianty				
		W I	W II	W III	W IV	W V
<b>1</b>	<b>Kryteria cząstkowe w obrębie kryterium funkcjonalnego</b>					
<b>1.1</b>	Bezpieczeństwo	9,04	10,0	2,85	2,67	6,82
<b>1.2</b>	Wygoda	9,04	10,0	6,66	8,70	9,10
<b>1.3</b>	Bezpośredniość	10,00	10,0	7,63	8,80	9,12
<b>1.4</b>	Atrakcyjność	8,06	10,0	9,75	9,72	7,81
	<b>Ocena stopnia spełnienia <math>s_{ij}</math></b>	<b>9,04</b>	<b>10,00</b>	<b>6,72</b>	<b>7,47</b>	<b>8,21</b>
	<b>Kryteria cząstkowe w obrębie kryterium ekonomiczno-realizacyjnego</b>					
<b>2.1</b>	Koszty budowy	9,97	9,05	5,90	6,96	8,00
<b>2.2</b>	Koszty wykupów gruntów	7,31	7,12	10,00	7,00	7,86
<b>2.3</b>	Koszty utrzymania infrastruktury	10,00	9,00	5,70	7,04	8,14
	<b>Ocena stopnia spełnienia <math>s_{ij}</math></b>	<b>9,10</b>	<b>8,40</b>	<b>7,2</b>	<b>7,00</b>	<b>8,00</b>
<b>3</b>	<b>Kryteria cząstkowe w obrębie kryterium planistyczno - technicznego</b>					
<b>3.1</b>	Zgodność z dotychczasowymi planami	8,03	9,01	6,04	9,00	8,01
	<b>Ocena stopnia spełnienia <math>s_{ij}</math></b>	<b>8,03</b>	<b>9,01</b>	<b>6,04</b>	<b>9,00</b>	<b>8,01</b>
<b>4</b>	<b>Kryteria cząstkowe w obrębie kryterium ekologiczno-społecznego</b>					
	ekologiczno - społecznych					
<b>4.1</b>	Skala konfliktów społecznych	4,00	10,02	7,01	9,01	4,04
	<b>Ocena stopnia spełnienia <math>s_{ij}</math></b>	<b>4,00</b>	<b>10,02</b>	<b>7,01</b>	<b>9,01</b>	<b>4,04</b>

## Uzyskane wyniki – metodą kompensacyjno - koniunkcyjną

Wariant	W I	W II	W III	W IV	W V
<b>Ocena sumaryczna</b>	<b>8,45</b>	<b>9,42</b>	<b>6,82</b>	<b>7,64</b>	<b>7,71</b>





Dziękuję za uwagę