

Zastosowanie wybranych metod wielowymiarowej analizy porównawczej do oceny stanu środowiska w województwie dolnośląskim

Andrzej Bąk

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Ekonomii, Zarządzania i Turystyki
Katedra Ekonometrii i Informatyki
ul. Nowowiejska 3, 58-500 Jelenia Góra
andrzej.bak@ue.wroc.pl

Konferencja nt. *Rozwój gospodarczy i przestrzenny Polski a realizacja polityki spójności*
GUS, Katowice, 25-26 maja 2017

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1

Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2

Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3

Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4

Badanie empiryczne

5

Oprogramowanie komputerowe

6

Podsumowanie

7

Literatura

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1

Wprowadzenie

- **Cel referatu**

- Ochrona środowiska

- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza

- Porządkowanie liniowe

2

Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym

- Metody bezwzorcowe i wzorcowe

- Procedura porządkowania liniowego

3

Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)

- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)

- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4

Badanie empiryczne

5

Oprogramowanie komputerowe

6

Podsumowanie

7

Literatura

Celem referatu jest ocena stanu środowiska w województwie dolnośląskim w przekroju powiatów w roku 2015 na podstawie publikowanych danych statystycznych z wykorzystaniem wybranych metod wielowymiarowej analizy porównawczej, w szczególności porządkowania liniowego.

W analizie danych empirycznych wykorzystano trzy metody porządkowania liniowego obiektów wielowymiarowych:

- miarę rozwoju gospodarczego Hellwiga,
- metodę TOPSIS,
- metodę opartą na pierwszej głównej składowej.

- Miara rozwoju gospodarczego została zaproponowana przez Zdzisława Hellwiga (1967-1968) na gruncie ekonomii (taksonomii) [Hellwig, 1968]
- Metoda TOPSIS została przedstawiona przez Ching-Lai Hwanga i Kwangsun Yoon (1980-1981) na gruncie teorii decyzji (wielokryterialnego podejmowania decyzji) [Hwang i Yoon, 1981]
- Idea zastosowania analizy głównych składowych do porządkowania liniowego obiektów została przedstawiona przez Juliana Perkała (1963-1967) na gruncie badań przyrodniczych i rolniczych [Perkał 1967]

W referacie przedstawione zostaną następujące zagadnienia:

- ochrona środowiska
- taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza i porządkowanie liniowe
- charakterystyka wybranych metod porządkowania liniowego
- procedura porządkowania liniowego
- wyniki porządkowania liniowego metodami Hellwiga, TOPSIS i PCA

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu

- **Ochrona środowiska**

- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza

- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym

- Metody bezwzorcowe i wzorcowe

- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)

- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)

- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Zanieczyszczenie środowiska jest skutkiem działalności człowieka, w szczególności przemysłowej i rolniczej.

Intensywnie zużywane są nieodnawialne zasoby naturalne, niszczone są lasy, ginie wiele gatunków zwierząt. Zanieczyszczeniu ulega gleba, woda, i powietrze.

Poza Antarktydą, pozostałe kontynenty są w znacznym stopniu zanieczyszczone.

Szacuje się, że wielkość obszarów poszczególnych kontynentów nie zmieniona wskutek działalności człowieka wynosi od kilku do kilkudziesięciu procent (Europa – ok. 3%, Azja – ok. 14%, Ameryka Południowa – ok. 21%, Afryka – ok. 27%, Australia – ok. 28%, Ameryka Północna – ok. 38%).

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Polska należy do grupy krajów o bardzo dużym zanieczyszczeniu środowiska – stąd potrzeba monitorowania stanu środowiska i działań zapobiegających postępowi tego procesu.

Ochronie środowiska poświęcone są akty prawne (m.in. Konstytucja, ustawa o ochronie środowiska, ustawa o ochronie przyrody, ustawa o ochronie zwierząt, prawo wodne, ustawa o odpadach).

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie
Cel referatu
Ochrona środowiska
Taksonomia
Porządkowanie

Metody
porządkowania
Zmienne syntetyczne
Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe
Procedura

Wybrane metody
Miara Hellwiga
Metoda TOPSIS
Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

- 1 **Wprowadzenie**
 - Cel referatu
 - Ochrona środowiska
 - **Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza**
 - Porządkowanie liniowe
- 2 **Metody porządkowania liniowego**
 - Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
 - Metody bezwzorcowe i wzorcowe
 - Procedura porządkowania liniowego
- 3 **Wybrane metody porządkowania liniowego**
 - Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
 - Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
 - Metoda PCA (pierwsza główna składowa)
- 4 **Badanie empiryczne**
- 5 **Oprogramowanie komputerowe**
- 6 **Podsumowanie**
- 7 **Literatura**

W literaturze przedmiotu jest wiele definicji i interpretacji pojęcia **taksonomia** [Pociecha, 2008].

Stosowane są także terminy bliskoznaczne, takie jak: taksologia, taksonometria, taksonomia numeryczna, taksonomia matematyczna, klasyfikacja, analiza skupień, grupowanie, dyskryminacja, delimitacja, rozpoznawanie obrazów.

Istnieje także rozróżnienie między taksonomią jakościową i ilościową oraz taksonomią opisową i stochastyczną [Pociecha, 2008].

Rozwój taksonomii ilościowej zainicjował na początku XX w. polski antropolog **Jan Czekanowski**, proponując miarę odległości i diagraficzną metodę porządkowania macierzy odległości.

Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Taksonomia – [Grabiński, Wydymus i Zeliaś, 1989]

(...) przez taksonomię rozumie się dyscyplinę naukową zajmującą się zasadami i procedurami klasyfikacji (porządkowania, grupowania, dyskryminacji, delimitacji, podziału)

Wielowymiarowa analiza porównawcza – [Hellwig, 1981]

(...) metody i technika porównywania obiektów wielocechowych nazywają się wielowymiarową analizą porównawczą (...)

Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Taksonomia – [Grabiński, Wydymus i Zeliaś, 1989]

(...) przez taksonomię rozumie się dyscyplinę naukową zajmującą się zasadami i procedurami klasyfikacji (porządkowania, grupowania, dyskryminacji, delimitacji, podziału)

Wielowymiarowa analiza porównawcza – [Hellwig, 1981]

(...) metody i technika porównywania obiektów wielocechowych nazywają się wielowymiarową analizą porównawczą (...)

Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Celem badań taksonomicznych może być podział zbioru elementów, porządkowanie elementów zbioru, wybór elementów ze zbioru [Pociecha, Podolec, Sokołowski i Zając 1988].

Celem wielowymiarowej analizy porównawczej jest konstrukcja miary syntetycznej umożliwiającej porównywanie obiektów opisanych za pomocą wielu zmiennych. Do osiągnięcia tego celu wykorzystuje się często metody **porządkowania liniowego**.

W literaturze przedmiotu przeważa pogląd, iż taksonomia i wielowymiarowa analiza porównawcza stanowią odrębne dyscypliny badawcze [Pociecha, Podolec, Sokołowski i Zając 1988].

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1

Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- **Porządkowanie liniowe**

2

Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3

Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4

Badanie empiryczne

5

Oprogramowanie komputerowe

6

Podsumowanie

7

Literatura

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Idea porządkowania liniowego obiektów wielowymiarowych opiera się na pojęciu porządkującej relacji binarnej (zwrotnej, antysymetrycznej, przechodniej i spójnej).

Z aksjomatów tej relacji wynika, że jest możliwe stwierdzenie, który z dwóch dowolnych obiektów zbioru jest **pierwszy (lepszy)**, a który **drugi (gorszy)**, a także, czy są one **identyczne**.

Porządkowanie liniowe [Grabiński, 1992]

W metodach porządkowania liniowego zakłada się, że rezultatem uzyskanym na skutek zastosowania odpowiedniego algorytmu będzie takie uszeregowanie zbioru obiektów, w którym:

- każdy obiekt ma przynajmniej jednego sąsiada oraz nie więcej niż dwóch sąsiadów,
- jeżeli obiekt a jest sąsiadem obiektu b , to obiekt b jest sąsiadem obiektu a ,
- istnieją tylko dwa obiekty mające jednego sąsiada.

Porządkowanie liniowe

Metody porządkowania liniowego prowadzą do ustalenia kolejności obiektów ze względu na jedną **agregatową cechę**, która jest syntetycznym reprezentantem wielu cech opisujących porządkowane obiekty.

W ujęciu geometrycznym metody porządkowania liniowego prowadzą do rzutowania punktów reprezentujących obiekty umieszczone w wielowymiarowej przestrzeni cech na prostą, która reprezentuje **cechę agregatową**.

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie
Cel referatu
Ochrona środowiska
Taksonomia
Porządkowanie

Metody
porządkowania
Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe
Procedura

Wybrane metody
Miara Hellwiga
Metoda TOPSIS
Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Zmienne syntetyczne

Podstawą porządkowania liniowego jest **zmienna syntetyczna**, której wartości są szacowane na podstawie obserwacji zmiennych diagnostycznych opisujących badane obiekty. Zmienna syntetyczna ma charakter zmiennej ukrytej, ponieważ jej realizacje nie są bezpośrednio obserwowane.

Realizacje zmiennej syntetycznej są szacowane za pomocą funkcji agregujących, których postać analityczna może być różna.

Rozróżnia się dwie podstawowe grupy metod, które są wykorzystywane do szacowania wartości zmiennej syntetycznej: metody **bezwzorcowe** i metody **wzorcowe**.

Zmienne syntetyczne

W literaturze przedmiotu poświęconej metodom porządkowania liniowego, która w dużej mierze jest dorobkiem polskiej myśli statystycznej, spotkać można wiele propozycji konstrukcji zmiennych syntetycznych: [Hellwig, 1968], [Cieślak, 1974], [Bartosiewicz, 1976], [Pluta, 1976], [Strahl, 1978], [Borys, 1978], [Nowak, 1984], [Walesiak, 1993].

Pierwsza propozycja miary syntetycznej, w obszarze badań taksonomicznych, umożliwiającej porządkowanie liniowe obiektów z wykorzystaniem wzorca została przedstawiona przez **Z. Hellwiga w 1968 r.** pod nazwą **miara rozwoju gospodarczego** [Hellwig, 1968]. Rok wcześniej propozycja ta została zaprezentowana w niepublikowanym raporcie pt. „Procedure of Evaluating high Level Manpower Data and Typology of Countries by Means of the Taxonomic Method”, UNESCO, 1967.

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- **Metody bezwzorcowe i wzorcowe**
- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Metody bezwzorcowe i wzorcowe

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Wśród metod porządkowania liniowego opartych na zmiennych syntetycznych wyróżnia się metody bezwzorcowe i wzorcowe.

Do metod bezwzorcowych zalicza się m.in.:

- funkcje agregujące wykorzystujące średnią arytmetyczną, geometryczną, harmoniczną
- funkcje agregujące wykorzystujące różne przekształcenia normalizacyjne (metod rang, metoda standaryzowanych sum, metoda unitaryzacji zerowanej)
- metodę PCA (pierwsza główna składowa [Pearson, 1901; Hotelling, 1933; Perkal, 1967; Rusnak, 1999; Balicki, 2009])

Do metod wzorcowych zalicza się m.in.:

- miarę rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga [1968]
- syntetyczny miernik rozwoju M. Walesiaka [1993]
- metodę TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) C.-L. Hwanga i K. Yoon [1981]
- metody wykorzystujące różne miary odległości

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie
Cel referatu
Ochrona środowiska
Taksonomia
Porządkowanie

Metody
porządkowania
Zmienne syntetyczne
Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe
Procedura

Wybrane metody
Miara Hellwiga
Metoda TOPSIS
Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

- 1 Wprowadzenie
 - Cel referatu
 - Ochrona środowiska
 - Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
 - Porządkowanie liniowe
- 2 Metody porządkowania liniowego
 - Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
 - Metody bezwzorcowe i wzorcowe
 - **Procedura porządkowania liniowego**
- 3 Wybrane metody porządkowania liniowego
 - Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
 - Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
 - Metoda PCA (pierwsza główna składowa)
- 4 Badanie empiryczne
- 5 Oprogramowanie komputerowe
- 6 Podsumowanie
- 7 Literatura

Podstawowe etapy w procedurze porządkowania liniowego to:

- dobór zmiennych
- określenie charakteru zmiennych (stymulanty, nominanty, destymulanty)
- wyznaczenie wag zmiennych
- normalizacja zmiennych
- wyznaczenie współrzędnych wzorca (antywzorca) w przypadku agregacji wzorcowej
- agregacja bezwzorcowa lub wzorcowa
- ocena jakości uporządkowań (zmiennej syntetycznej)

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie
Cel referatu
Ochrona środowiska
Taksonomia
Porządkowanie

Metody
porządkowania
Zmienne syntetyczne
Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe
Procedura

Wybrane metody
Miara Hellwiga
Metoda TOPSIS
Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Miara rozwoju gospodarczego Hellwiga

a) normalizacja zmiennych (standaryzacja):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

gdzie:

x_{ij} – obserwacja j -tej zmiennej dla obiektu i ;

\bar{x}_j – średnia arytmetyczna obserwacji j -tej zmiennej;

s_j – odchylenie standardowe obserwacji j -tej zmiennej.

b) współrzędne wzorca:

$$z_{0j} = \begin{cases} \max_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych stymulant,} \\ \min_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych destymulant.} \end{cases}$$

Miara rozwoju gospodarczego Hellwiga

c) odległości obiektów od wzorca:

$$d_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j})^2}$$

d) miara rozwoju gospodarczego q_i (na ogół $q_i \in [0; 1]$):

$$q_i = 1 - \frac{d_{i0}}{d_0}$$

gdzie:

$$d_0 = \bar{d}_0 + 2s_d;$$

$$\bar{d}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{i0};$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_{i0} - \bar{d}_0)^2}.$$

Spis treści

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie
Cel referatu
Ochrona środowiska
Taksonomia
Porządkowanie

Metody
porządkowania
Zmienne syntetyczne
Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe
Procedura

Wybrane metody
Miara Hellwiga
Metoda TOPSIS
Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- **Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)**
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Metoda TOPSIS Hwanga i Yoona

a) normalizacja zmiennych (przekształcenie ilorazowe):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

gdzie:

 x_{ij} – obserwacja j -tej zmiennej dla obiektu i .

b) współrzędne wzorca:

$$z_{0j}^+ = \begin{cases} \max_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych stymulant,} \\ \min_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych destymulant.} \end{cases}$$

Metoda TOPSIS Hwanga i Yoona

c) współrzędne antywzorca:

$$z_{0j}^- = \begin{cases} \min_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych stymulant,} \\ \max_i \{z_{ij}\}, & \text{dla zmiennych destymulant.} \end{cases}$$

d) odległości obiektów od wzorca:

$$d_{i0}^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j}^+)^2}$$

Metoda TOPSIS Hwanga i Yoona

d) odległości obiektów od antywzorca:

$$d_{i0}^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j}^-)^2}$$

d) wartości zmiennej agregatowej:

$$q_i = \frac{d_{i0}^-}{d_{i0}^+ + d_{i0}^-}$$

przy czym:

$q_i \in [0; 1]$;

$\max_i \{q_i\}$ – najlepszy obiekt;

$\min_i \{q_i\}$ – najgorszy obiekt.

Spis treści

Zastosowanie
wybranych metod
...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

1 Wprowadzenie

- Cel referatu
- Ochrona środowiska
- Taksonomia, wielowymiarowa analiza porównawcza
- Porządkowanie liniowe

2 Metody porządkowania liniowego

- Zmienne syntetyczne w porządkowaniu liniowym
- Metody bezwzorcowe i wzorcowe
- Procedura porządkowania liniowego

3 Wybrane metody porządkowania liniowego

- Miara rozwoju gospodarczego Z. Hellwiga (1967-1968)
- Metoda TOPSIS C.-L. Hwanga i K. Yoona (1980-1981)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa)

4 Badanie empiryczne

5 Oprogramowanie komputerowe

6 Podsumowanie

7 Literatura

Metoda PCA

a) normalizacja zmiennych (standaryzacja):

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

gdzie:

x_{ij} – obserwacja j -tej zmiennej dla obiektu i ;

\bar{x}_j – średnia arytmetyczna obserwacji j -tej zmiennej;

s_j – odchylenie standardowe obserwacji j -tej zmiennej.

lub wykorzystanie danych pierwotnych (bez normalizacji)

b) obliczenie macierzy kowariancji S lub korelacji R

c) obliczenie wartości własnych i wektorów własnych macierzy S lub R

Metoda PCA

d) zmiana znaków współczynników składowych głównych (elementów pierwszego wektora własnego), jeżeli więcej jest współczynników ujemnych niż dodatnich

e) obliczenie wartości składowych głównych na podstawie danych empirycznych i wektorów własnych

$$Y = XW$$

gdzie:

Y – macierz głównych składowych;

X – macierz danych empirycznych;

W – macierz współczynników głównych składowych (wektory własne).

f) uporządkowanie obiektów na podstawie wartości pierwszej składowej głównej (malejąco)

Badanie empiryczne przeprowadzono na podstawie danych statystycznych dotyczących stanu i ochrony środowiska w 30 powiatach województwa dolnośląskiego w 2015 r.

Opis badania:

- uwzględniono początkowo 10 zmiennych; w wyniku oceny merytorycznej i formalnej wykorzystano ostatecznie 6 zmiennych opisujących 30 powiatów; do oceny formalnej zastosowano metodę odwróconej macierzy korelacji [Malina i Zeliaś, 1994]
- przeprowadzono identyfikację charakteru zmiennych
- przeprowadzono normalizację danych metodą standaryzacji
- przyjęto jednostkowe wagi dla wszystkich zmiennych
- współczynniki głównych składowych obliczono na podstawie macierzy korelacji [Rusnak 1999; Balicki, 2009]
- przeprowadzono ocenę jakości uporządkowań na podstawie 12 kryteriów [Grabiński, Wydymus, i Zeliaś, 1989; Bąk, 1999]

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

 bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

	A	B	C
1	X1	POBÓR WODY NA POTRZEBY GOSPODARKI NARODOWEJ I LUDNOŚCI W 2015 R.	destymulanta
2	X2	ZUŻYCIE WODY NA POTRZEBY GOSPODARKI NARODOWEJ I LUDNOŚCI W 2015 R.	destymulanta
3	X3	ŚCIEKI PRZEMYSŁOWE I KOMUNALNE ORAZ LUDNOŚĆ KORZYSTAJĄCA Z OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W 2015 R.	destymulanta
4	X4	OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW W 2015 R.	stymulanta
5	X5	EMISJA I REDUKCJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZAa W 2015 R.	destymulanta
6	X6	OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU W 2015 R.	stymulanta
7	X7	OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU W 2015 R.	stymulanta
8	X8	ODPADY WYTWORZONE I DOTYCHCZAS SKŁADOWANE (NAGROMADZONE) ORAZ TERENY ICH SKŁADOWANIA W 2015 R.	destymulanta
9	X9	NAKLĄDY NA ŚRODKI TRWAŁE SŁUŻĄCE OCHRONIE ŚRODOWISKA I GOSPODARCE WODNEJ WEDŁUG WYBRANYCH KIERUNKÓW INWESTOWANIA W 2015 R.	stymulanta
10	X10	NAKLĄDY NA ŚRODKI TRWAŁE SŁUŻĄCE OCHRONIE ŚRODOWISKA I GOSPODARCE WODNEJ WEDŁUG WYBRANYCH KIERUNKÓW INWESTOWANIA W 2015 R.	stymulanta
11			
12	Źródło:	http://wroclaw.stat.gov.pl/	
13			

Dane – obserwacje zmiennych

 Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i

wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Lp	powiat	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
2	1	bolesławiecki	5597	4910,8	6568	8	297	11988,9	185	58,8	17504,9	6705
3	2	jaworski	2204	1956,5	1402	7	382	15275,8	121	11,6	8934,3	261,9
4	3	jeleniogórski	12545	10716,4	2410	15	240	15718,9	60	18	16490,4	9824,2
5	4	kamiennogórski	11851	1322,7	1899	12	133	6344,7	34	36,5	127	4245
6	5	lubański	2517	1973,7	1538	7	143	973,7	155	2,5	7993,6	8080,6
7	6	lwówecki	5416	4753,1	1765	7	2	9368,5	48	18,6	12725,2	3684,7
8	7	zgorzelecki	27923	25350,9	19386	18	19486	125,8	48	1828	319603,5	4066,3
9	8	złotoryjski	2335	1373,6	1083	10	761	4062	75	157,4	1014,5	1405,3
10	9	Jelenia Góra	6796	3418	6359	1	238	1804,6	17	7,1	30384,8	11603
11	10	górowski	15809	5049,7	7741	18	7762	1242,1	37	1204,8	33155,4	4561,7
12	11	górowski	1758	1609	782	4	66	52051,8	84	10,1	3547,6	8,4
13	12	legnicki	10346	10211,5	1447	8	49	8941,7	152	50,6	6242	1287,9
14	13	lubiński	9054	27344,9	22187	21	1416	1519,3	80	7194,1	21923,6	1240
15	14	polkowicki	13984	12454	1780	13	1127	20813,6	31	22703,9	25310,6	4329
16	15	Legnica	9968	4536,7	5761	3	1806	23,7	58	384,5	35395,8	861,7
17	16	dzierżoniowski	3685	3543,9	2870	10	260	8558	109	15,6	24232	6004,7
18	17	kłodzki	8412	5991	4570	15	610	61634,5	183	36,3	16637,4	6802,5
19	18	świdnicki	9512	6711,5	6298	11	1119	5507,5	176	205	29991,4	8521,4
20	19	wałbrzyski	5178	1790,6	1137	7	30	15302,6	143	26,5	13557	15619,2
21	20	ząbkowicki	2947	2810,2	1219	15	0	12704,7	89	312,5	5040	1182,6
22	21	Wałbrzych	432	4818,9	4005	0	1136	1434,1	55	66,9	12135,9	1926,9
23	22	milicki	76356	75493,8	714	6	0	48438,3	36	0	17987,9	2376,3
24	23	oleśnicki	21842	20523,8	2814	12	355	10980,7	54	11,2	31996	3802
25	24	oławski	4528	3974,7	2699	6	326	77,7	22	67,9	45070,5	7386,7
26	25	strzebiński	3445	2945	1529	6	622	9105,1	23	143,7	18819,4	887,8
27	26	średzki	3237	2280,4	1307	9	462	525,4	28	24,6	29617,8	42340,8
28	27	trzebnicki	49254	47891,1	1481	12	0	24607,2	204	0	33177,5	42354
29	28	wołowski	12287	10974,1	5910	7	858	7959,8	26	170,7	19766,1	21830,4
30	29	wrocławski	13022	14758,8	5518	15	1947	12197,8	99	245,5	62497	14435,1
31	30	Wrocław	83854	73171,6	35174	13	6031	1836,5	109	449,8	269793,6	379150,7
32												
33		Źródło:	http://wroclaw.stat.gov.pl/									

Wyniki – metody Hellwiga, TOPSIS, PCA

 Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i

wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

Nr	Kod	Powiat	Hellwig score	TOPSIS score	PCA score	Hellwig rank	TOPSIS rank	PCA rank
1	201	bolesławiecki	0,155021221	0,341934862	-0,262644165	29	29	29
2	202	dzierżoniowski	0,148046852	0,348547322	-0,343448734	20	8	25
3	203	głogowski	0,116747728	0,320449287	0,648263156	8	20	11
4	204	górowski	0,145412112	0,40144929	-1,651451345	23	25	3
5	205	jaworski	0,134065271	0,356264778	-0,878905121	25	4	23
6	206	jeleniogórski	0,162797308	0,360090579	-0,223686807	19	13	19
7	207	kamiennogórski	0,093125214	0,339638887	-0,472102172	6	21	18
8	208	klodzki	0,262640203	0,436517875	-0,704529603	21	16	22
9	209	legnicki	0,131627517	0,356785303	-0,742004947	1	24	6
10	210	lubański	0,11063256	0,351817076	-0,620649998	24	6	20
11	211	lubiński	0,087703227	0,24358879	1,825978014	16	23	14
12	212	lwówecki	0,091734927	0,339136639	-0,719802784	2	9	1
13	213	milicki	0,145255924	0,397233446	-1,36748884	4	5	15
14	214	oleśnicki	0,141132137	0,347831242	-0,225550559	13	18	2
15	215	oławski	0,068167761	0,331403119	-0,306342803	14	10	28
16	216	polkowicki	0,15013422	0,363098749	-0,431590567	5	2	27
17	217	strzeliński	0,07033968	0,337223053	-0,766975377	9	14	24
18	218	średzki	0,114441515	0,354758812	-0,114333933	3	19	16
19	219	świdnicki	0,165095395	0,343867799	0,086062865	18	26	7
20	220	trzebnicki	0,265040141	0,417094886	-0,224290312	10	1	10
21	221	wałbrzyski	0,159805895	0,368831841	-0,753726488	26	7	26
22	222	wołowski	0,093615425	0,315522788	-0,198170714	22	12	8
23	223	wrocławski	0,210878067	0,35928712	0,449185603	7	17	12
24	224	ząbkowicki	0,152660889	0,361874589	-0,421361801	12	15	9
25	225	zgorzelecki	0,190681638	0,410444042	3,735129084	3	4	21
26	226	zotoryjski	0,098585992	0,34344951	-0,630334504	17	22	17
27	261	Jelenia Góra	0,022246874	0,298435791	-0,417143661	15	30	30
28	262	Legnica	0,052515377	0,30566171	-0,360241328	28	28	5
29	264	Wrocław	0,324426889	0,564300473	6,949426918	27	27	13
30	265	Wałbrzych	0,016075435	0,310767569	-0,857269077	30	11	4

Wyniki – powiaty woj. dolnośląskiego (metoda TOPSIS)

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i

wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

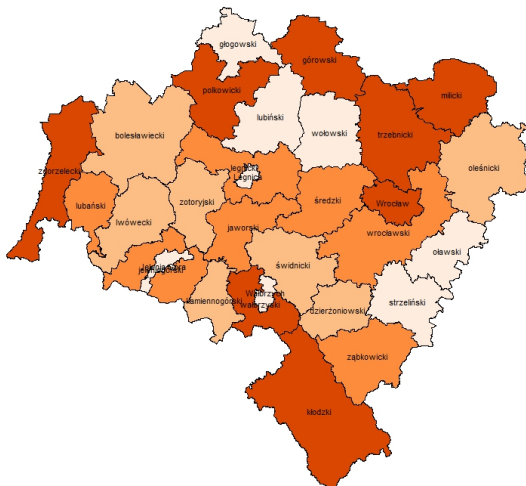
Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

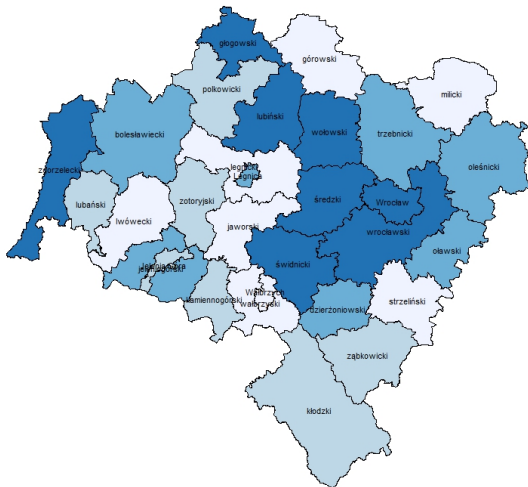
Literatura

Ochrona środowiska w województwie dolnośląskim - metoda TOPSIS



Wyniki – powiaty woj. dolnośląskiego (metoda PCA)

Ochrona środowiska w województwie dolnośląskim - metoda PCA (pierwsza główna składowa)



Wyniki – metody Hellwiga, TOPSIS, PCA (podział na klasy)

 Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i

wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

kod	Hellwig score	powiat	kod	TOPSIS score	powiat	kod	PCA score	powiat
264	0,3244	Wrocław	264	0,5643	Wrocław	264	6,9494	Wrocław
220	0,2650	trzebnicki	208	0,4365	kłodzki	225	3,7351	zgorzelecki
208	0,2626	kłodzki	220	0,4171	trzebnicki	211	1,8260	lubiński
223	0,2109	wrocławski	225	0,4104	zgorzelecki	203	0,6483	gólgowski
225	0,1907	zgorzelecki	204	0,4014	górgowski	223	0,4492	wrocławski
219	0,1651	świdnicki	213	0,3972	milicki	219	0,0861	świdnicki
206	0,1628	jeleniogórski	221	0,3688	wałbrzyski	218	-0,1143	średzki
221	0,1598	wałbrzyski	216	0,3631	połkowicki	222	-0,1982	wołowski
201	0,1550	bolesławiecki	224	0,3619	ząbkowicki	206	-0,2237	jeleniogórski
224	0,1527	ząbkowicki	206	0,3601	jeleniogórski	220	-0,2243	trzebnicki
216	0,1501	połkowicki	223	0,3593	wrocławski	214	-0,2256	oleśnicki
202	0,1480	dzierżonowski	209	0,3568	legnicki	201	-0,2626	bolesławiecki
204	0,1454	górgowski	205	0,3563	jaworski	215	-0,3063	oławski
213	0,1453	milicki	218	0,3548	średzki	202	-0,3434	dzierżonowski
214	0,1411	oleśnicki	210	0,3518	lubański	262	-0,3602	Legnica
205	0,1341	jaworski	202	0,3485	dzierżonowski	261	-0,4171	Jelenia Góra
209	0,1316	legnicki	214	0,3478	oleśnicki	224	-0,4214	ząbkowicki
203	0,1167	gólgowski	219	0,3439	świdnicki	216	-0,4316	połkowicki
218	0,1144	średzki	226	0,3434	zotoryjski	207	-0,4721	kamiennogórski
210	0,1106	lubański	201	0,3419	bolesławiecki	210	-0,6206	lubański
226	0,0986	zotoryjski	207	0,3396	kamiennogórski	226	-0,6303	zotoryjski
222	0,0936	wołowski	212	0,3391	lwówecki	208	-0,7045	kłodzki
207	0,0931	kamiennogórski	217	0,3372	strzeliński	212	-0,7198	lwówecki
212	0,0917	lwówecki	215	0,3314	oławski	209	-0,7420	legnicki
211	0,0877	lubiński	203	0,3204	gólgowski	221	-0,7537	wałbrzyski
217	0,0703	strzeliński	222	0,3155	wołowski	217	-0,7670	strzeliński
215	0,0682	oławski	265	0,3108	Wałbrzych	265	-0,8573	Wałbrzych
262	0,0525	Legnica	262	0,3057	Legnica	205	-0,8789	jaworski
261	0,0222	Jelenia Góra	261	0,2984	Jelenia Góra	213	-1,3675	milicki
265	0,0161	Wałbrzych	211	0,2436	lubiński	204	-1,6515	górgowski

Wyniki – metody Hellwiga, TOPSIS, PCA (podobieństwo uporządkowań)

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie
empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

```
>
> Dc<-D[,4:6]
> print(cor(Dc,method="pearson"))
```

	Hellwig score	TOPSIS score	PCA score
Hellwig score	1.000	0.839	0.502
TOPSIS score	0.839	1.000	0.525
PCA score	0.502	0.525	1.000

```
>
>
>
>
>
>
>
```

Wyniki – metody Hellwiga, TOPSIS, PCA (ocena jakości)

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i

wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura

```
>
>
> print(loq)
  weigth normalize aggregate aggrgauge
1      1 x-mean/sd   Hellwig  27.49507
2      1 x-mean/sd   TOPSIS  28.13652
3      1 x-mean/sd     PCA  14.68084
> o<-order(loq[,4],decreasing=FALSE)
> loqo<-data.frame(loq[o,])
> print(loqo)
  weigth normalize aggregate aggrgauge
3      1 x-mean/sd     PCA  14.68084
1      1 x-mean/sd   Hellwig  27.49507
2      1 x-mean/sd   TOPSIS  28.13652
>
>
> |
```

Wyniki – metody Hellwiga, TOPSIS, PCA (ocena jakości)

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie
komputerowe

Podsumowanie

Literatura

```
>
>
> print(loq)
  weigth normalize aggregate aggrgauge
1      1 x-mean/sd   Hellwig  27.49507
2      1 x-mean/sd   TOPSIS  28.13652
3      1 x-mean/sd     PCA  14.68084
> o<-order(loq[,4],decreasing=FALSE)
> loqo<-data.frame(loq[o,])
> print(loqo)
  weigth normalize aggregate aggrgauge
3      1 x-mean/sd     PCA  14.68084
1      1 x-mean/sd   Hellwig  27.49507
2      1 x-mean/sd   TOPSIS  28.13652
>
>
> |
```

W analizach danych empirycznych wykorzystano pakiety i funkcje programu CRAN R:

- `pllord` [Andrzej Bąk, 2016],
- `topsis` [Mahmoud Mosalman Yazdi, 2015],
- **wybrane funkcje z pakietów** `stats`, `maptools`, `RColorBrewer`, `classInt`, `spdep`.

Program CRAN R jest niekomercyjnym projektem w zakresie analizy danych powszechnie wykorzystywanym m.in. w statystycznych i ekonometrycznych badaniach ekonomicznych.

- Metody porządkowania liniowego, zajmujące ważne miejsce w dorobku polskiej taksonomii, znajdują praktyczne zastosowania w wielu dziedzinach badań, w tym w ekonomii
- Miara rozwoju gospodarczego Hellwiga, opracowana w latach 1967-1968, jest historycznie pierwszą metodą porządkowania liniowego zaproponowaną na gruncie taksonomii (jest to metoda wzorcowa wykorzystująca współrzędne obiektu idealnego)
- Metoda TOPSIS Hwanga i Yoona, opracowana w latach 1980-1981, powstała w obszarze wielokryterialnej analizy decyzyjnej (jest to metoda wzorcowa wykorzystująca współrzędne obiektu idealnego i antyidealnego)
- Metoda PCA (pierwsza główna składowa) jest metodą bezwzorcową, która może być stosowana w przypadku skorelowanych zmiennych

- Wyniki porządkowania badanych powiatów za pomocą trzech metod różnią się, ale podobieństwo uporządkowań mierzone współczynnikiem korelacji przekracza 0,5 (dla metody Hellwiga i TOPSIS wynosi ponad 0,8)
- pierwszą pozycję w przeprowadzonym badaniu zajął Wrocław – miasto na prawach powiatu (najlepszy stan ochrony środowiska)
- Kierunki dalszych badań
 - Porównanie wyników uporządkowań na podstawie większej liczbie zbiorów danych empirycznych i większej liczby zmiennych opisujących stan ochrony środowiska
 - Przeprowadzenia analizy w ujęciu dynamicznym w określonym przedziale czasu w celu poznania tendencji zmian
 - Porównanie wyników uporządkowań na podstawie innych mierników jakości metod porządkowania liniowego

Zastosowanie wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu
 Ochrona środowiska
 Taksonomia
 Porządkowanie

Metody

porządkowania
 Zmienne syntetyczne
 Metody
 bezwzorcowe i
 wzorcowe
 Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga
 Metoda TOPSIS
 Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie
 komputerowe

Podsumowanie

Literatura



Balicki A. [2009], *Statystyczna analiza wielowymiarowa i jej zastosowania społeczno-ekonomiczne*. Gdańsk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.



Bartosiewicz S. [1976], *Propozycja metody tworzenia zmiennych syntetycznych*. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 84.



Bąk A. [1999], *Modelowanie symulacyjne wybranych algorytmów wielowymiarowej analizy porównawczej w języku C++*. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.



Borys T. [1978], *Propozycja agregatywnej miary rozwoju obiektów*. „Przegląd Statystyczny” z. 3, s. 371-381.



Grabiński T. [1992], *Metody taksonometrii*. Kraków, Akademia Ekonomiczna w Krakowie.



Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A. [1989], *Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych*. Warszawa, PWN.



Hellwig Z. [1968], *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr*. „Przegląd Statystyczny”, z. 4, s. 307-327.



Hellwig Z. [1981], *Wielowymiarowa analiza porównawcza i jej zastosowanie w badaniach wielocechowych obiektów gospodarczych*. [W:] Welfe W. (red.), *Metody i modele ekonomiczno-matematyczne w doskonaleniu zarządzania gospodarką socjalistyczną*. Warszawa, PWE.



Hotelling H. [1933], *Analysis of a complex of statistical variables into principal components*. „Journal of Educational Psychology”, Vol. 24 No. 7, s. 417-441, 498-520.



Hwang C.-L.; Yoon K. [1981]. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody
bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura



Nowak E. [1984], *Problemy doboru zmiennych do modelu ekonometrycznego*. Warszawa, PWN.



Pearson K. [1901], *On lines and planes of closest fit to systems of points in space*. „Philosophical Magazine”, Vol. 6 No. 2, s. 559-572.



Perkal J. [1967], *Matematyka dla przyrodników i rolników. Część II. Wyd. II*. Warszawa, PWN.



Pluta W. [1976], *Taksonomiczna procedura prowadzenia syntetycznych badań porównawczych za pomocą zmodyfikowanej miary rozwoju gospodarczego*. „Przegląd Statystyczny”, z. 4, s. 511-517.



Pociecha J. [2008], *Rozwój metod taksonomicznych i ich zastosowań w badaniach społeczno-ekonomicznych*. URL: <http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcz/gus/>.



Pociecha J., Podolec B., Sokołowski A., Zajac K. [1988], *Metody taksonomiczne w badaniach społeczno-ekonomicznych*. Warszawa, PWN.



Rusnak J. [1999], *Metoda głównych składowych*. W: Ostasiewicz W. (red.), *Statystyczne metody analizy danych*. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu.



R Development Core Team [2017], *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. URL: <http://cran.r-project.org/>.



Strahl D. [1978], *Propozycja konstrukcji miary syntetycznej*. „Przegląd Statystyczny”, z. 2, s. 205-215.



Walesiak M. [1993], *Statystyczna analiza wielowymiarowa w badaniach marketingowych*. Wrocław, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 654. Seria: Monografie i Opracowania nr 101.



Yoon K.P, Hwang C.-L. [1995]. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. California: SAGE publications.

Zastosowanie
wybranych metod

...

Andrzej Bąk

Wprowadzenie

Cel referatu

Ochrona środowiska

Taksonomia

Porządkowanie

Metody

porządkowania

Zmienne syntetyczne

Metody

bezwzorcowe i
wzorcowe

Procedura

Wybrane metody

Miara Hellwiga

Metoda TOPSIS

Metoda PCA

Badanie

empiryczne

Oprogramowanie

komputerowe

Podsumowanie

Literatura