

Wybór formuły normalizacyjnej w analizie porównawczej obiektów wielocechowych

Marta Jarocka

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki
e-mail: m.jarocka@pb.edu.pl

DOI: 10.12846/j.em.2015.01.08

Streszczenie

Normalizacja cech diagnostycznych jest istotnym etapem każdej analizy porównawczej obiektów wielocechowych. W literaturze prezentowanych jest wiele procedur transformacji normalizacyjnej i w związku z tym badacz często stoi przed koniecznością wyboru jednej z nich. W artykule dokonano zestawienia metod normalizacji zmiennych oraz dokonano ich selekcji. W procesie wielowymiarowej oceny porównawczej autorka zaleca stosowanie formuły unitaryzacji zerowej. Ponadto, w pracy podjęto próbę analizy wpływu zmiany procedury transformacji normalizacyjnej na wynik porządkowania liniowego. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu badawczego okazało się, że zmiana formuły normowania charakterystyk porównywanych obiektów może powodować modyfikację rezultatów badań, która nie wynika ze zmiany struktury danych.

Słowa kluczowe

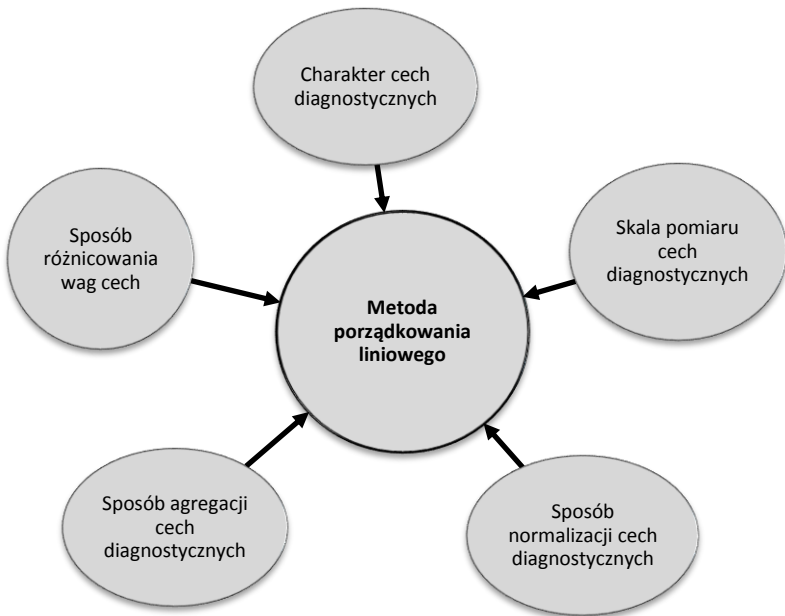
normalizacja, obiekty wielocechowe, porządkowanie liniowe

Wstęp

Analiza porównawcza obiektów charakteryzujących się wieloma cechami jest istotna z punktu widzenia podmiotów społeczno-gospodarczych, organów polityki państwowej czy administracji. Rezultat poprawnie przeprowadzonych badań porównawczych stanowi źródło użytecznej informacji do oceny trafności podejmowanych decyzji. Do generowania wyników analizy porównawczej służy między innymi wielowymiarowa analiza porównawcza (Panek, Zwierzchowski, 2013; Balicki 2013),

która znalazła zastosowanie między innymi w badaniach efektywności przedsiębiorstw, jednostek administracyjnych oraz innych instytucji. Metody wielowymiarowej analizy porównawczej stosowane są między innymi w ekonomii, zarządzaniu, psychologii, biologii i demografii.

Ideą wielowymiarowej analizy porównawczej jest konstrukcja wskaźnika syntetycznego, odzwierciedlającego kryterium wartościowania porównywalnych obiektów wielowymiarowych. Procedura jego konstrukcji, czyli metoda porządkowania liniowego, determinowana jest wieloma czynnikami. Zależy ona od charakteru zmiennych diagnostycznych i skali ich pomiaru, sposobu ustalania systemu wag oraz od procedury normalizacyjnej i formuły agregacji zmiennych (rys. 1).



Rys. 1. Determinanty metody porządkowania liniowego

Źródło: opracowanie własne.

Realizacja zadania wielowymiarowej analizy porównawczej, jakim jest liniowe uporządkowanie obiektów wielocechowych, jest przedsięwzięciem, w którym badacz musi podjąć decyzje związane z wyborem poszczególnych procedur na każdym jego etapie. Od zestawu metod i narzędzi zależy bowiem rezultat analizy porównawczej. Ponadto, jeśli badania porównawcze są przeprowadzane cyklicznie, nie zaleca

się zmiany przyjętych i stosowanych procedur badawczych. Modyfikacja metodyki analizy porównawczej może bowiem prowadzić do uzyskania nierzetelnych i nieporównywalnych wyników przeprowadzanych analiz. Na przykład, zmiana sposobu normalizacji cech diagnostycznych może spowodować zmiany pozycji instytucji w rankingu, które niekoniecznie spowodowane są wzrostem lub spadkiem ich definiowanej poprzez kryteria oceny „jakości” (Dębowska, Jarocka, 2013). Problem ten zauważa między innymi Ch. Tofallis, który wskazuje, iż zmiana metody normalizacji danych w *The Times Higher/QS World University Rankings* istotnie wpłynęła na ich wyniki, powodując na przykład awans Uniwersytetu w Zurichu z 112 pozycji w 2006 roku na 9 miejsce w roku następnym (Tofallis, 2012).

Celem artykułu jest zbadanie wpływu zmiany procedury normalizacji zmiennych diagnostycznych na wynik porządkowania liniowego obiektów wielocechowych.

1. Normalizacja cech diagnostycznych

Pod pojęciem normalizacji kryje się „ujednolicanie, standaryzacja wartości cech z punktu widzenia określonego kryterium” (Borys, 1978). Głównym celem tego rodzaju transformacji jest spełnienie postulatu addytywności, czyli doprowadzenie cech o różnych mianach do ich porównywalności (Borys, 1980; Kurkiewicz i in., 1991; Pawełek, 2008). Jego realizacja możliwa jest dzięki zastosowaniu formuły, której ogólna postać wyrażona jest wzorem (Walesiak, 2011):

$$z_{ij} = bx_{ij} + a, (b > 0) \quad (1)$$

W wielowymiarowych analizach statystycznych wybór formuły normalizacyjnej determinowany jest skalą pomiaru zmiennych (Jajuga, Walesiak, 2000) oraz charakterystykami ich rozkładu takimi, jak: średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe oraz rozstęp wyznaczony dla znormalizowanych wartości zmiennych (Walesiak, 2011).

Formuły normalizacyjne będące szczególnymi przypadkami wzoru 1 oraz skale pomiaru zmiennych, w zależności od etapu przeprowadzania omawianej procedury, przedstawiono w tab. 1. Podstawowe statystyki rozkładu wartości zmiennych po normalizacji ujęto w tab. 2.

Tab. 1. Formuły normalizacyjne

Typ	Nazwa formuły	Formuła	Skale pomiaru zmiennych	
			przed normalizacją	po normalizacji
n0	Bez normalizacji	-	ilorazowa i (lub) przedziałowa	-
n1	Standaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa
n2	Standaryzacja Webera	$z_{ij} = (x_{ij} - Me_j) / 1,4826MAD_j$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa
n3	Unitaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / r_j$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa
n4	Unitaryzacja zerowa	$z_{ij} = [x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}] / r_j$	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa
n5	Unitaryzacja w przedziale [-1; 1]	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / \max_i x_{ij} - \bar{x}_j $	ilorazowa i (lub) przedziałowa	przedziałowa
n6	Przekształcenia ilorazowe	$z_{ij} = x_{ij} / s_j$	ilorazowa	ilorazowa
n7		$z_{ij} = x_{ij} / r_j$	ilorazowa	ilorazowa
n8		$z_{ij} = x_{ij} / \max_i \{x_{ij}\}$	ilorazowa	ilorazowa
n9		$z_{ij} = x_{ij} / \bar{x}_j$	ilorazowa	ilorazowa
n10		$z_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$	ilorazowa	ilorazowa
n11		$z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$	ilorazowa	ilorazowa

Źródło: (Walesiak, 2011, s. 19).

Tab. 2. Charakterystyki rozkładu wartości zmiennych po normalizacji

Formuła	Średnia arytmetyczna*	Odchylenie standardowe*	Rozstęp
$(x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$	0	1	r_j / s_j
$(x_{ij} - Me_j) / 1,4826MAD_j$	0	1	$r_j / 1,4826MAD_j$
$(x_{ij} - \bar{x}_j) / r_j$	0	s_j / r_j	1
$[x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}] / r_j$	$[x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}] / r_j$	s_j / r_j	1
$(x_{ij} - \bar{x}_j) / \max_i x_{ij} - \bar{x}_j $	0	$s_j / \max_i x_{ij} - \bar{x}_j $	$r_j / \max_i x_{ij} - \bar{x}_j $
x_{ij} / s_j	\bar{x}_{ij} / s_j	1	r_j / s_j
x_{ij} / r_j	\bar{x}_{ij} / r_j	s_j / r_j	1
$x_{ij} / \max_i \{x_{ij}\}$	$\bar{x}_j / \max_i \{x_{ij}\}$	$s_j / \max_i \{x_{ij}\}$	$r_j / \max_i \{x_{ij}\}$
x_{ij} / \bar{x}_j	1	s_j / \bar{x}_j	r_j / \bar{x}_j
$x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$1/n$	$s_j / \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$r_j / \sum_{i=1}^n x_{ij}$
$x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$	$\bar{x}_j / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$	$s_j / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$	$r_j / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$

*Dla standaryzacji Webera: mediana i medianowe odchylenie bezwzględne.

\bar{x}_j, s_j, r_j - średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe, rozstęp dla j -tej zmiennej.

Źródło: (Walesiak, 2011, s. 20).

Poza formułami przedstawionymi w tab. 1 w literaturze przedmiotu wyróżnia się grupę metod normalizacji, która obejmuje rangowanie zmiennych (Kurkiewicz i in., 1991). Polega ono na zastąpieniu realizacji cech ich rangami, wynikającymi z uszeregowania obserwacji.

2. Wybór formuły normalizacyjnej do analizy porównawczej obiektów wielocechowych

W badaniach empirycznych wybór procedury normalizacyjnej w głównej mierze determinowany jest skalą pomiaru zmiennych. W związku z tym, że w analizie porównawczej obiektów wielocechowych najczęściej przyjętą skalą pomiaru cech kryterialnych jest skala ilorazowa, selekcji wariantów przekształceń normalizacyjnych dokonano spośród formuł przedstawionych w tab. 3. Dodatkowo, przy ich wyborze uwzględniono następujące postulaty (Kukuła, 2000):

- pozbawienie mian, w których wyrażone są cechy;
- sprowadzenie rzędu wielkości zmiennych do stanu porównywalności;
- równość długości przedziałów zmienności wartości wszystkich cech unormowanych (stałość rozstępu) oraz równość dolnej i górnej granicy ich przedziału zmienności;
- możliwość normowania cech przyjmujących wartości dodatnie i ujemne lub tylko ujemne;
- możliwość normowania cech przyjmujących wartość równą zero;
- nieujemność wartości cech unormowanych;
- istnienie prostych formuł – w ramach danej formuły normalizacyjnej – ujednocinających charakter zmiennych.

Zestawienie porównawcze formuł normalizacyjnych w zależności od spełnianych przez nie postulatów zaprezentowano w tab. 3.

Wszystkie przedstawione w tab. 3 formuły spełniają pierwsze dwie wymagane własności normowania. Z punktu widzenia celu statystycznej analizy porównawczej wygodne jest żądać dodatkowo, aby wartości znormalizowanych cech były nieujemne (Borys, 1978). Ponadto, w analizach porównawczych zaleca się wybór takich procedur, które dają stabilne przedziały zmienności zmiennych unormowanych (Kukuła, 2000). Zatem, w procesie oceny porównawczej obiektów wielocechowych jako formułę normalizacji cech kryterialnych autorka proponuje stosowanie formuły unitaryzacji zerowej. Istotne jest następnie jej konsekwentne stosowanie, gdyż zmiana procedury transformacji zmiennych w wielu wypadkach powoduje modyfikację wyników badań, które nie są związane ze zmianą struktury danych.

Tab. 3. Zestawienie porównawcze formuł normalizacyjnych w zależności od spełnianych przez nie postulatów

Nazwa formuły	Formuła	Postulaty						
		1	2	3	4	5	6	7
Standaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$	+	+	-	+	+	-	-
Unitaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / r_j$	+	+	-	+	+	-	-
Unitaryzacja zerowa	$z_{ij} = [x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}] / r_j$	+	+	+	+	+	+	+
Przekształcenia ilorazowe	$z_{ij} = x_{ij} / s_j$	+	+	-	+	+	-	-
	$z_{ij} = x_{ij} / r_j$	+	+	-	+	+	-	+
	$z_{ij} = x_{ij} / \max_i \{x_{ij}\}$	+	+	-	-	-	+	+
	$z_{ij} = x_{ij} / \min_i \{x_{ij}\}$	+	+	-	-	-	+	+
	$z_{ij} = x_{ij} / \bar{x}_j$	+	+	-	-	+	+	-
	$z_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$	+	+	-	-	+	+	+
	$z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$	+	+	-	-	+	+	+

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Walesiak, 2011, s. 19; Kukuła, 2000, s. 79-81).

3. Zmiana procedury normalizacyjnej i jej konsekwencje

W celu analizy wpływu zmiany procedury normalizacyjnej na wynik analizy porównawczej przeprowadzono eksperyment badawczy, w którym zbadano wrażliwość rankingu 88 polskich uczelni akademickich „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej” na zmiany formuły normowania. Badanie polegało na utworzeniu i porównaniu ośmiu rankingów szkół wyższych, w budowie których realizacje 33 cech kryterialnych poddano innej procedurze normalizacji. Ponadto, w celu zestawienia otrzymanych rezultatów, pozostałe etapy budowy rankingów przebiegały zgodnie z metodyką konstrukcji opublikowanego w 2012 roku rankingu polskich uczelni. Formuły normalizacyjne, które zastosowano w metodyce konstrukcji poszczególnych list rankingowych przedstawiono w tab. 4.

Tab. 4. Oznaczenia rankingów uczelni wraz z wykorzystanymi w ich budowie formułami normalizacyjnymi

Ranking	Nazwa formuły normalizacyjnej	Formuła normalizacyjna	Oznaczenie formuły
R0	Przekształcenie ilorazowe wykorzystane w konstrukcji rankingu „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej”	$z_{ij} = x_{ij} / \max_i \{x_{ij}\}$	F0
Rs	Standaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$	F1
Ru	Unitaryzacja	$z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / r_j$	F2
Ruz	Unitaryzacja zerowa	$z_{ij} = [x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}] / r_j$	F3
Rp1	Przekształcenia ilorazowe	$z_{ij} = x_{ij} / s_j$	F4
Rp2		$z_{ij} = x_{ij} / r_j$	F5
Rp3		$z_{ij} = x_{ij} / \bar{x}_j$	F6
Rp4		$z_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$	F7

Źródło: opracowanie własne.

Z wykorzystaniem przedstawionych w tab. 4 formuł normalizacji zmiennych wyliczono siedem rankingów uczelni. Ich wyniki zestawiono z listą rankingową „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej” (R0). Rezultaty zaprezentowano w tab. 5.

Tab. 5. Pozycje uczelni w rankingach konstruowanych z wykorzystaniem innej formuły normalizacyjnej

Uczelnia	Pozycja uczelni w danym rankingu							
	R0	Rs	Ru	Ruz	Rp1	Rp2	Rp3	Rp4
U1	1	1	1	1	1	1	2	2
U2	2	2	2	2	2	2	1	1
U3	3	3	3	3	3	3	4	4
U4	4	4	4	4	4	4	3	3
U5	5	5	5	5	5	5	5	5
U6	6	6	6	6	6	6	6	6
U7	7	7	7	7	7	7	7	7
U8	8	9	9	9	9	9	11	11

cd. Tab. 5.

U9	9	11	8	8	11	8	8	8
U10	10	10	10	10	10	10	12	12
U11	11	8	11	11	8	11	10	10
U12	12	12	12	12	12	12	9	9
U13	13	13	13	13	13	13	14	14
U14	14	14	14	14	14	14	16	16
U15	15	15	15	15	15	15	24	24
U16	16	17	17	17	17	17	21	21
U17	17	18	16	16	18	16	20	20
U18	18	19	18	18	19	18	13	13
U19	19	16	22	22	16	22	15	15
U20	20	22	19	19	22	19	19	19
U21	21	20	20	20	20	20	25	25
U22	22	21	21	21	21	21	26	26
U23	23	24	23	23	24	23	18	18
U24	24	27	24	24	27	24	22	22
U25	25	25	26	26	25	26	30	30
U26	26	23	25	25	23	25	17	17
U27	27	29	27	27	29	27	37	37
U28	28	26	28	28	26	28	27	27
U29	29	28	29	29	28	29	23	23
U30	30	30	30	30	30	30	28	28
U31	31	32	31	31	32	31	29	29
U32	32	31	32	32	31	32	32	32
U33	33	33	33	33	33	33	31	31
U34	34	34	34	34	34	34	34	34
U35	35	37	35	35	37	35	40	40
U36	36	38	36	36	38	36	35	35
U37	37	35	38	38	35	38	39	39
U38	38	36	37	37	36	37	33	33
U39	39	39	39	39	39	39	36	36
U40	40	41	40	40	41	40	53	53
U41	41	40	41	41	40	41	51	51
U42	42	44	43	43	44	43	52	52
U43	43	43	44	44	43	44	41	41
U44	44	47	42	42	47	42	45	45
U45	45	46	45	45	46	45	47	47
U46	46	45	46	46	45	46	50	50
U47	47	42	47	47	42	47	38	38
U48	48	49	48	48	49	48	42	42
U49	49	48	49	49	48	49	73	73
U50	50	50	50	50	50	50	54	54

cd. Tab. 5.

U51	51	53	51	51	53	51	48	48
U52	52	52	52	52	52	52	49	49
U53	53	51	55	55	51	55	46	46
U54	54	54	54	54	54	54	60	60
U55	55	55	53	53	55	53	44	44
U56	56	56	56	56	56	56	57	57
U57	57	60	57	57	60	57	43	43
U58	58	58	58	58	58	58	59	59
U59	59	57	60	60	57	60	63	63
U60	60	59	59	59	59	59	55	55
U61	61	65	61	61	65	61	58	58
U62	62	61	62	62	61	62	56	56
U63	63	63	63	63	63	63	61	61
U64	64	62	64	64	62	64	62	62
U65	65	64	65	65	64	65	64	64
U66	66	66	66	66	66	66	69	69
U67	67	67	67	67	67	67	70	70
U68	68	68	68	68	68	68	65	65
U69	69	70	71	71	70	71	68	68
U70	70	71	69	69	71	69	66	66
U71	71	69	72	72	69	72	72	72
U72	72	72	70	70	72	70	71	71
U73	73	74	74	74	74	74	74	74
U74	74	73	73	73	73	73	67	67
U75	75	77	75	75	77	75	79	79
U76	76	75	77	77	75	77	75	75
U77	77	76	76	76	76	76	76	76
U78	78	78	78	78	78	78	80	80
U79	79	79	79	79	79	79	83	83
U80	80	80	80	80	80	80	78	78
U81	81	82	82	82	82	82	82	82
U82	82	81	81	81	81	81	77	77
U83	83	83	84	84	83	84	81	81
U84	84	85	83	83	85	83	85	85
U85	85	84	85	85	84	85	84	84
U86	86	88	87	87	88	87	87	87
U87	87	87	88	88	87	88	86	86
U88	88	86	86	86	86	86	88	88

W tabeli wyróżniono lokaty uczelni, których pozycja uległa zmianie w stosunku do rankingu „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej”.

Źródło: opracowanie własne.

Już na podstawie pobieżnej analizy wyników poszczególnych rankingów można wnioskować, iż wybór procedury normalizacyjnej w procesie ich konstrukcji wpływa na rezultat uzyskanych ocen. W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy zmian w przypisanych rangach uczelni, w zależności od przyjętej formuły transformacji cech kryterialnych, obliczono współczynniki korelacji rang Spearmana między lokatami instytucji w wyznaczonych listach rankingowych, których wartości podano w tab. 6.

Tab. 6. Wartości współczynników korelacji rang Spearmana między wynikami rankingów skonstruowanych z wykorzystaniem innej formuły normalizacyjnej

Ranking	R0	Rs	Ru	Ruz	Rp1	Rp2	Rp3	Rp4
R0	1	0,9983	0,9995	0,9995	0,9983	0,9995	0,9792	0,9792
Rs		1	0,9976	0,9976	1	0,9976	0,9790	0,9790
Ru			1	1	0,9976	1	0,9795	0,9795
Ruz				1	0,9976	1	0,9795	0,9795
Rp1					1	0,9976	0,9790	0,9790
Rp2						1	0,9795	0,9795
Rp3							1	1

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu STATISTICA, wszystkie współczynniki korelacji są istotne z prawdopodobieństwem $<0,05$.

Wysokie wartości współczynników korelacji rang Spearmana, których wartości oscylują w przedziale $0,979 - 1$ świadczą o silnym skorelowaniu wyników list rankingowych. Ponadto, w wypadku rankingów Ru, Ruz oraz Rp2 otrzymano identyczne rezultaty porządkowania liniowego. To samo można powiedzieć o wynikach uporządkowań Rp3 i Rp4 oraz Rs i Rp1. Zatem 100% zgodność wyników ocen uczelni uzyskano w przypadku rankingów, w których budowie wykorzystano następujące formuły normalizacyjne:

- unitaryzację (F3), unitaryzację zerową (F4) i przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą rozstępowi (F5);
- standaryzację (F1) i przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą odchyleniu standardowemu (F4);
- przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą średniej (F6) i przekształcenie ilorazowe z podstawą normalizacji równą sumie (F7).

Pomimo wysokiego stopnia skorelowania pozostałych wyników uporządkowań, pozycje uczelni w poszczególnych rankingach ulegają zmianie (tab. 6). W celu analizy odchyleń lokat szkół wyższych dokonano zestawienia liczb instytucji, których

pozycja uległa zmianie w stosunku do ich miejsca w rankingu „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej”.

Tab. 7. Liczba i procent uczelni w rankingach skonstruowanych z wykorzystaniem innej formuły normalizacyjnej, których pozycja uległa zmianie w stosunku do R0

Liczba „przesunięć” pozycji uczelni w rankingu	Rs, Rp1		Ru, Ruz, Rp2		Rp3, Rp4	
	Liczba uczelni	Procent uczelni [%]	Liczba uczelni	Procent uczelni [%]	Liczba uczelni	Procent uczelni [%]
0	34	39	54	61	6	6,9
1	29	33	27	31	25	28,4
2	17	19	6	7	14	15,9
3	6	7	1	1	10	11,4
4	1	1	0	0	9	10,2
5	1	1	0	0	8	9,1
6	0	0	0	0	4	4,6
7	0	0	0	0	2	2,3
8	0	0	0	0	0	0,0
9	0	0	0	0	3	3,4
10	0	0	0	0	3	3,4
11	0	0	0	0	1	1,1
12	0	0	0	0	0	0,0
13	0	0	0	0	1	1,1
14	0	0	0	0	1	1,1
...	0	0	0	0	0	0,0
24	0	0	0	0	1	1,1

Źródło: opracowanie własne.

Śledząc zmiany pozycji rankingowych, można zauważyć, że najmniejszą ich liczbę zanotowano w przypadku rankingów R2, R3, R5. Oznacza to, że zamiana formuły normalizacyjnej z przekształcenia ilorazowego z podstawą normalizacji równą maksymalnej wartości cechy (F0) na unitaryzację (F2), unitaryzację zerową (F3) lub przekształcenie ilorazowe wykorzystujące wartość rozstępu (F5) przyczynia się do nieznacznych rozszad w wyniku rankingu, w porównaniu do pozostałych analizowanych typów przekształceń. W wypadku 61 uczelni zmiana ta nie wpłynęła na modyfikację rezultatów klasyfikacji, a tylko 8 instytucji przesunęła się maksymalnie o 2 lub 3 lokaty. Największe zmiany w pozycjach szkół wyższych nastąpiły w wyniku zastąpienia formuły normalizacyjnej stosowanej w konstrukcji rankingu „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej” (F0) wzorami przekształcenia ilorazowego oznaczonymi F6 i F7. Niecałe 7 uczelni utrzymało swoją pozycję w rankingu, około 66

szkół przesunęło się w klasyfikacji o 1-4 miejsca, zaś pozostałe 27 ocenianych instytucji uplasowało się o 5-24 lokat niżej bądź wyżej na liście rankingowej.

Podsumowanie

Z przeprowadzonego w artykule eksperymentu badawczego wynika, iż zmiana procedury transformacji zmiennych może powodować modyfikację wyników analizy porównawczej obiektów wielocechowych, która nie wynika ze zmiany struktury danych. Modyfikacja metodyki rankingu uczelni w ramach etapu doprowadzania cech diagnostycznych do ich wzajemnej porównywalności przyczyniła się do zmiany pozycji uczelni na liście rankingowej, co nie było związane ze zmianą „jakości” ich działalności. Jeśli zatem organizacje publikujące wyniki analiz porównawczych decydują się na zmianę formuły normalizacyjnej, powinny zastąpić ją taką postacią, która nie zmienia ostatecznego wyniku prowadzonej przez nich ewaluacji. Ponadto, w procesie oceny porównawczej obiektów charakteryzujących się wieloma cechami autorka rekomenduje stosowanie formuły unitaryzacji zerowej, gdyż spełnia ona wszystkie zaprezentowane w tab. 3 postulaty.

Literatura

1. Balicki A. (2013), *Statystyczna analiza wielowymiarowa i jej zastosowania społeczno-ekonomiczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk
2. Borys T. (1978), *Metody normowania cech w statystycznych badaniach porównawczych*, Przegląd Statystyczny 3, s. 371-382
3. Borys T. (1980), *Elementy teorii jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
4. Dębowska K., Jarocka M. (2013), *The impact of the methods of the data normalization on the result of linear ordering*, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomika 286, s. 181-188
5. Jajuga K., Walesiak M. (2000), *Standardisation of data set under different measurement scales*, in: Decker R., Gaul W. (eds.), *Classification and information processing at the turn of the millennium*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, s. 105-112
6. Kukula K. (2000), *Metoda unitaryzacji zerowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
7. Kurkiewicz J., Pocięcha J., Zając K. (1991), *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej w badaniach rozwoju demograficznego*, Szkoła Główna Handlowa, Instytut Statystyki i Demografii, Monografie i Opracowania 336, Warszawa

8. Panek T., Zwierzchowski J. (2013), *Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej: teoria i zastosowania*, Szkoła Główna Handlowa - Oficyna Wydawnicza, Warszawa
9. Pawełek B. (2008), *Metody normalizacji zmiennych w badaniach porównawczych złożonych zjawisk ekonomicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków
10. Strona internetowa portalu edukacyjnego „Perspektywy” z wynikami rankingu uczelni akademickich 2012, http://www.perspektywy.pl/ranking/2012/RWU/pdf/tabele_akademickie.pdf [10.03.2013]
11. Tofallis Ch. (2012), *A different approach to university rankings*, Higher Education 63 (1), s. 1-18
12. Walesiak M. (2011), *Uogólniona miara odległości GDM w statystycznej analizie wielowymiarowej z wykorzystaniem programu R*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław

The choice of a formula of the data normalization in the comparative analysis of multivariate objects

Abstract

The data normalization is one of the stages of the comparative analysis of multivariate objects. In the literature, there are many procedures of the normalization of the variables. Therefore the researchers have to choose one of them. The article presents the list of the most popular methods of the data normalization. According to the author, In the process of multidimensional comparative analysis the formula of the unitization with zero minimum should be used. Moreover, the article presents the analysis the impact of changes of the formula of the data normalization on the result of the linear ordering. By the realization of a research experiment it was noted that the choice of normalization formula influences the result of linear ordering.

Keywords

normalization, multivariate objects, linear ordering

Author information

Marta Jaročka

Białystok University of Technology
Wiejska 45a, 15-351 Białystok, Poland
e-mail: m.jarocka@pb.edu.pl