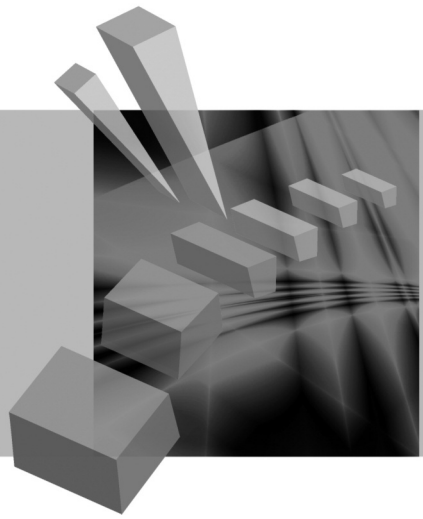
PRACE NAUKOWE
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
RESEARCH PAPERS
of Wrocław University of Economics

242

Taksonomia 19.

Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania



Redaktorzy naukowi
Krzysztof Jajuga
Marek Walesiak

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2012

Recenzenci: Eugeniusz Gatnar, Elżbieta Gołata, Tadeusz Kufel, Józef Pociecha,
Mirosław Szreder, Feliks Wysocki

Redaktor Wydawnictwa: Aleksandra Śliwka

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Małgorzata Czupryńska

Projekt okładki: Beata Dębska

Tytuł sfinansowano ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS
i Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

Publikacja jest dostępna na stronie www.ibuk.pl

Streszczenia opublikowanych artykułów są dostępne w międzynarodowej bazie danych
The Central European Journal of Social Sciences and Humanities http://cejsh.icm.edu.pl
oraz w The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,
a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon http://kangur.uek.krakow.pl/
bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się
na stronie internetowej Wydawnictwa
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

ISSN 1899-3192 (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)
ISSN 1505-9332 (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM
Nakład: 320 egz.

Spis treści

Summaries

PRACE NAUKOWE UNIWERSYTETU EKONOMICZNEGO WE WROCŁAWIU nr 242
RESEARCH PAPERS OF WROCŁAW UNIVERSITY OF ECONOMICS 2012

Taksonomia 19. Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania ISSN 1899-3192

Ewa Chodakowska
Politechnika Białostocka

WYBRANE METODY KLASYFIKACJI W KONSTRUKCJI RATINGU SZKÓŁ

Streszczenie: W artykule zaprezentowano możliwość wykorzystania analizy skupień (metoda Warda, *k*-średnich) oraz metod porządkowania liniowego (odległość euklidesową, miarę Hellwiga, miarę GDM Walesiaka) do konstrukcji ratingu szkół. Oceny podobieństw wyników klasyfikacji dokonano za pomocą miar zgodności Randa i Nowaka. Przeprowadzono walidację wyników grupowania, wykorzystując indeks silhouette. Zinterpretowano wyniki otrzymanej klasyfikacji. Celem badania było zweryfikowanie hipotezy o użyteczności wybranych metod klasyfikacji do ratingu efektywności nauczania w szkołach.

Słowa kluczowe: szkoły, rating, analiza skupień, metody porządkowania liniowego.

1. Wstęp

Rating obecnie jest nieodłącznym elementem rynków finansowych. Jednak przyjęcie szerokiej definicji ratingu jako „procesu szacowania lub oceny osób, przedmiotów lub sytuacji za pomocą skali" [Büschgen, Everling1996, s. 296] pozwala wyjść poza tradycyjny obszar stosowania ratingów, czyli zjawisk ekonomicznych. Funkcje ratingu, tj. porządkującą, informacyjną, popularyzatorską, „wyrównywania szans", z powodzeniem można odnieść do innych branż gospodarki.

Edukacja w Polsce dawno już przestała być obszarem niepoddawanym publicznej ocenie. Ewaluacja działalności edukacyjnej szkół jest elementem nadzoru pedagogicznego i ma prowadzić do określenia stopnia spełniania przez szkołę wymagań stawianych przez państwo. Poziom realizacji wymagań określa się literami od E – oznacza niski stopień wypełniania wymagań przez szkołę, przez D – podstawowy, C – średni, B – wysoki, aż do A – bardzo wysoki [Rozporządzenie MEN z dnia 7 października 2009 r.].

Wprowadzenie ujednoliconych egzaminów zewnętrznych od II etapu edukacyjnego pozwala na obiektywną ocenę postępów w nauce. Próbą odejścia od oceny szkoły na podstawie surowych wyników egzaminacyjnych jest projekt „Badania dotyczące rozwoju metodologii szacowania wskaźnika edukacyjnej wartości dodanej" [*Badania*... 2011]. Zespół opracowujący wyniki podzielił szkoły na pięć róż-

nych typów: szkoły neutralne, sukcesu, wspierające, wymagające pomocy i niewykorzystanych możliwości.

W artykule na podstawie danych opisujących wyniki z II i III etapu edukacyjnego podjęto próbę zastosowania wybranych metod klasyfikacji do konstrukcji ratingu gimnazjów. W zaproponowanych procedurach ratingowych wykorzystano metody analizy skupień oraz metody porządkowania liniowego (odległość euklidesową, miarę Hellwiga, miarę GDM Walesiaka). Oceny podobieństw wyników klasyfikacji dokonano za pomocą miar zgodności Randa i Nowaka. Przeprowadzono walidację wyników klasyfikacji, wykorzystując syntetyczny miernik Rousseeuwa. Celem badania było zweryfikowanie hipotezy o użyteczności wybranych metod klasyfikacji do ratingu efektywności nauczania w szkołach.

2. Ratingi szkół utworzone za pomocą wybranych metod klasyfikacji

2.1. Wybór obiektów i zmiennych analizy, utworzenie idealnego obiektu

W dokonstrukcji ratingów szkół przyjęto dwa podstawowe kryteria ze świata biznesu: jakość i koszt. Założono, że szkoła w najlepszej klasie ratingowej powinna dobrze kształcić najniższym kosztem. Do przeprowadzania eksperymentu badawczego wybrano publiczne gimnazja powiatu grodzkiego Białystok (22 szkoły).

Wykorzystanie bezwzględnych wyników uczniów na egzaminie gimnazjalnym jako miary jakości kształcenia może przedstawiać pracę szkoły w fałszywym świetle, gdyż wyniki te w ogromnym stopniu uwarunkowane są społeczno-środowiskowymi kontekstami nauczania. Dlatego też w artykule do opisu jakości wykorzystano koncepcję edukacyjnej wartości dodanej (EWD). EWD można zdefiniować jako przyrost wiedzy uczniów w wyniku danego procesu edukacyjnego. Przyjmuje się, że wynik egzaminu na niższym szczeblu jest ogólną miarą potencjału edukacyjnego, a w następnym kroku używa się tej miary jako prognostyka wyniku na egzaminie kolejnego etapu edukacyjnego. Faktycznie uzyskany przez ucznia wynik odnosi się do wartości oczekiwanej i w ten sposób otrzymuje się oszacowanie wartości dodanej na danym etapie kształcenia [*Badania dotyczące rozwoju metodologii szacowania wskaźnika edukacyjnej wartości dodanej*].

Do klasyfikacji szkół jako zmienne przyjęto:

X_1 – edukacyjną wartość dodaną w 2005 r.,

X_2 – edukacyjną wartość dodaną w 2010 r.,

X_3 – średnioroczny koszt kształcenia jednego ucznia w placówce w latach 2002/2003 – 2008/2009.

Wartości X_1 i X_2 oszacowano samodzielnie, budując modele regresji dla wyników uczniów białostockich gimnazjów. Najlepiej dopasowane okazały się modele regresji wykładniczej:

$a = 16{,}426 \cdot 1{,}042^{b}$ dla sprawdzianu na zakończenie szkoły podstawowej w 2002 r. i egzaminu gimnazjalnego w 2005 r.

$a = 20{,}225 \cdot 1{,}035^b$ dla sprawdzianu na zakończenie szkoły podstawowej w 2007 r. i egzaminu gimnazjalnego w 2010 r.,
gdzie: a – wynik egzaminu gimnazjalnego,
b – wynik sprawdzianu na zakończenie szkoły podstawowej.

Wartości X_1 i X_2 są średnimi reszt modeli dla danej szkoły. Ujęcie w klasyfikacji dwóch zmiennych – EWD w 2005 r. i 2010 r., w pewnym stopniu eliminuje ryzyko incydentalności uwarunkowań zaistniałych w danym roku szkolnym, które mogły spowodować niekoniecznie właściwe opisanie danej szkoły i niezasłużone nadanie szkole etykiety wysoce efektywnej lub wprost przeciwnie – nisko efektywnej. Dobra szkoła powinna stale utrzymywać wysoką jakość kształcenia.

Zmienna X_3 to średnioroczny koszt kształcenia jednego ucznia w danej placówce w latach 2002/2003-2008/2009, tj. w okresie, kiedy do szkół uczęszczali uczniowie, których wyniki egzaminacyjne wykorzystano do szacowania EWD. Koszty kształcenia w szkołach w poszczególnych latach od 2002 r. do 2008 r. są ze sobą znacznie skorelowane. Jest to pochodna systemu finansowania oświaty. Na finansowanie wydatków związanych z realizacją zadań oświatowych, czyli m.in. prowadzenie gimnazjów, przeznaczona jest część oświatowa subwencji ogólnej, którą otrzymują samorządy z budżetu państwa. Wysokość części oświatowej subwencji ogólnej dla wszystkich jednostek samorządu terytorialnego ustala corocznie ustawa budżetowa. Ponadto samorządy mogą dofinansować oświatę z innych źródeł dochodów, co w różnym zakresie czynią, gdyż zapewniana z budżetu państwa subwencja oświatowa jest niewystarczająca i nie pokrywa w pełni potrzeb systemu szkolnictwa.

Zaproponowane w artykule metody klasyfikacji wymagają sprowadzenia zmiennych do porównywalności przez transformacje normalizacyjne. W artykule obliczenia wykonano dla danych standaryzowanych.

Do stworzenie ratingu obiektów niezbędne jest wyznaczenie punktu odniesienia. W przypadku powyższego wyboru cech diagnostycznych (X_1, X_2 i X_3) nie ma ryzyka, że wybór maksymalnych cech jest „zbyt dobry", skonstruowano więc obiekt idealny (wzorzec) oparty na zestandaryzowanych wartościach z_{ik} ($k = 1, \ldots, 3$; $i = 1, \ldots, 22$) cech diagnostycznych o współrzędnych $\{z_{01}, z_{02}, z_{03}\}$, gdzie:

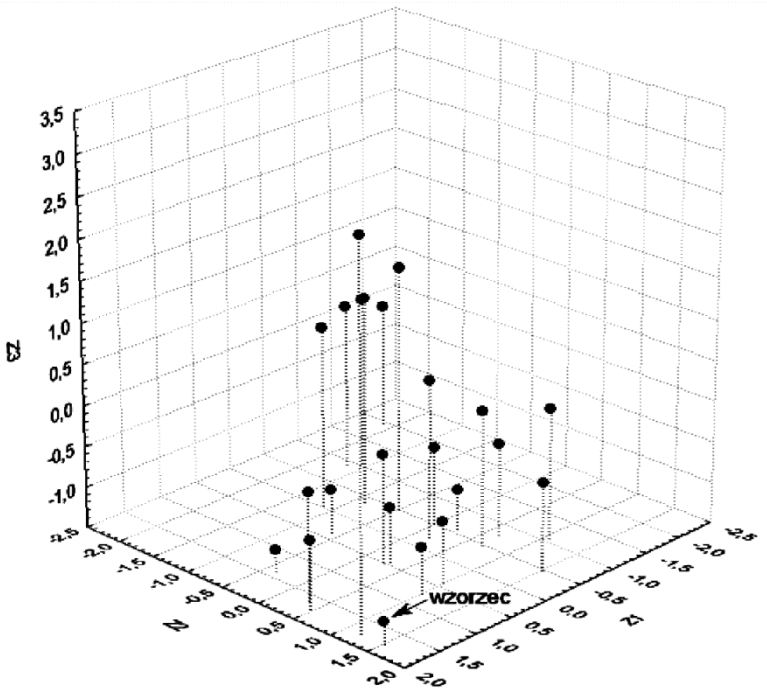
$z_{0k} = \max_i z_{ik}$, gdy X_k jest stymulantą (X_1 i X_2);

$z_{0k} = \min_i z_{ik}$, gdy X_k jest destymulantą (X_3).

Inaczej mówiąc – zawierający najkorzystniejsze wartości poszczególnych zmiennych.

Spotykaną w literaturze praktyką jest uwzględnianie w analizach kosztów działania jako nominanty. Jednakże za przyjęciem kosztów kształcenia jako klasycznej desymulanty przemawia fakt, że trudno określić optymalny poziom kosztów. Z punktu widzenia departamentów finansów w samorządach najbardziej pożądane koszty to koszty minimalne.

Na wykresie na rys. 1 przedstawiono wartości poszczególnych zmiennych dla obiektów klasyfikowanych oraz wzorca (obiekt 23).



Rys. 1. Wizualizacja zestandaryzowanych wartości zmiennych analizy

Źródło: opracowanie własne.

2.2. Wyodrębnienie jednorodnych grup obiektów wybranymi metodami grupowania obiektów wielocechowych

Wśród różnych metod taksonomii numerycznej i ich wariantów do celu konstrukcji ratingów szkół wybrano dwie metody analizy skupień należące do najbardziej znanych i stosowanych: metodę hierarchiczną Warda oraz metodę niehierarchiczną *k*-średnich. Optymalną liczbę klas ustalono, merytorycznie analizując przebieg procesu aglomeracji i dendrogram. Wyraźny przyrost odległości aglomeracyjnej dla kolejnych etapów wiązania wyznaczył cztery skupienia. Następnie uporządkowano klastry względem odległości euklidesowej środka ciężkości danej klasy do środka ciężkości klasy, w której znalazł się obiekt idealny. Wyniki klasyfikacji 23 szkół przedstawiono w tab. 1.

Obie metody analizy skupień identycznie posegregowały szkoły. Otrzymano klasy o liczności odpowiednio 9-, 7- i 6-elementowej oraz czwartą 1-elementową, co sugeruje znaczną nietypowość jednej placówki. Wieloelementowa klasa 1 pozwala sformułować wniosek, że ponad 1/3 białostockich szkół nie różni się znacznie od wzorca – kształci „dobrze i tanio".

Tabela 1. Wyniki klasyfikacji metodą Warda i *k*-średnich

Klasa ratingowa	Metoda Warda	d_o	Metoda *k*-średnich	d_o
1	1, 7, 9, 11, 13, 20, 21, 22, 23	0,000	1 ,7, 9, 11, 13, 20, 21, 22, 23	0
2	3, 5, 6, 12, 14, 16, 18	1,685	3, 5, 6, 12, 14, 16, 18	1,685
3	2, 4, 8, 10, 15, 19	2,925	2, 4, 8, 10, 15, 19	2,925
4	17	4,039	17	4,039

d_o – odległość euklidesowa do środka ciężkości klasy 1.

Źródło: obliczenia własne.

2.3. Klasyfikacja obiektów za pomocą metod porządkowania liniowego

Podstawą klasyfikacji może być też uporządkowanie obiektów według niemalejących wartości jednej agregatowej wielkości (syntetycznego/taksonomicznego miernika rozwoju) obrazującej badane zjawisko.

Spośród metod konstruowania taksonomicznych mierników rozwoju jako miarę agregatową wybrano: odległość euklidesową do obiektu idealnego, miarę wzorca Hellwiga, której opis znaleźć można m.in. w [Nowak 1990, s. 88-89], oraz miarę GDM Walesiaka przedstawioną m.in. w [Walesiak, Gatnar 2009, s. 71; Gatnar, Walesiak 2004, s. 48]. Następnie zastosowano metodę klasyfikacji wykorzystującą średnią arytmetyczną $\bar{z}$ oraz odchylenie standardowe s_z, która dzieli zbiór badanych obiektów na cztery grupy obejmujące obiekty o wartościach miernika z następujących przedziałów [Nowak 1990, s. 93]:

- klasa ratingowa 1: $z_i < \bar{z} - s_z$;
- klasa ratingowa 2: $\bar{z} > z_i \geq \bar{z} - s_z$;
- klasa ratingowa 3: $\bar{z} + s_z > z_i \geq \bar{z}$;
- klasa ratingowa 4: $z_i \geq \bar{z} + s_z$.

Wyniki klasyfikacji metodami porządkowania liniowego przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2. Wyniki klasyfikacji metodami porządkowania liniowego

Klasa ratingowa	Odległość euklidesowa	Miara Hellwiga	GDM
1	1, 9, 23	1, 9, 23	1, 7, 9, 21, 23
2	6, 7, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22	6, 7, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22	6, 11,12, 13, 14, 16, 20, 22
3	2, 3, 5, 8, 14, 18	2, 3, 5, 8, 14, 18	3, 5, 17,18
4	4, 10, 15, 17, 19	4, 10, 15, 17, 19	2, 4, 8, 10, 15, 19

GDM obliczone za pomocą programu GDM for Windows v. 2.0.2 M. Walesiak, A. Bąk.

Źródło: obliczenia własne.

Odległość euklidesowa i miara wzorca Hellwiga, choć bezwzględnie dają inne wartości odległości, przy wykorzystaniu kryterium średniej i odchylenia standardowego identycznie sklasyfikowały obiekty. Zastosowanie GDM zmieniło przyporząd-

kowanie sześciu placówkom. W stosunku do klasyfikacji według odległości euklidesowej/Hellwiga przesunięcia dokonały się maksymalnie o jedną klasę ratingową: z klasy 2 do 1 (szkoły nr 7 i 21), z klasy 3 do 2 (szkoła nr 14), z klasy 4 do 3 (szkoła nr 17). Zaś w kierunku odwrotnym obniżyła się klasyfikacja dwóch szkół: z klasy 3 do 4 przeszły szkoły nr 2 i 8.

2.4. Ocena zgodności wyników klasyfikacji za pomocą miar zgodności

W celu formalnej oceny zgodności wyników klasyfikacji wykorzystano dwie miary oparte na dwudzielczej tablicy kontyngencji: miarę Nowaka [Nowak 1990, s. 136--139] i Randa [Gatnar, Walesiak 2004, s. 335; Rand 1971]. Miara Nowaka jest unormowana w przedziale $(\frac{1}{n}; 1>$. Wartość 1 otrzymywana jest, gdy oba podziały dadzą identyczne wyniki. Podobnie indeks Randa, który przyjmuje wartości z przedziału <0;1>. Jego większe wartości wskazują na większe podobieństwo wyników klasyfikacji. W tabeli 3 przedstawiono ocenę zgodności, wykorzystując miarę Nowaka (N), indeks Randa (R) oraz skorygowany indeks Randa (AR).

Tabela 3. Ocena zgodności wyników klasyfikacji

	Metoda *k*-średnich	Odległość euklidesowa	Miara Hellwiga	GDM
Metoda Warda	N = 1,000	N = 0,543	N = 0,543	N = 0,599
	R = 1,000	R = 0,731	R = 0,731	R = 0,798
	AR = 1,000	AR = 0,317	AR = 0,317	AR = 0,476
Metoda *k*-średnich		N = 0,543	N = 0,543	N = 0,599
		R = 0,731	R = 0,731	R = 0,798
		AR = 0,317	AR = 0,317	AR = 0,476
Odległość euklidesowa			N = 1,000	N = 0,636
			R = 1,000	R = 0,791
			AR = 1,000	AR = 0,431
Miara Hellwiga				N = 0,636
				R = 0,791
				AR = 0,431

Źródło: obliczenia własne.

Ponieważ obie metody analizy skupień identycznie ratingują szkoły, wskaźniki zgodności wyników klasyfikacji wynoszą dla nich 1. Również podczas klasyfikacji metodami porządkowania liniowego nie ma znaczenia, czy stosuje się odległość euklidesową czy miarę wzorca Hellwiga. Różnice są widoczne pomiędzy GDM a analizą skupień, GDM a odległością euklidesową/miarą Hellwiga oraz pomiędzy analizą skupień a odległością euklidesową/miarą Hellwiga. Miary Randa wskazują na większą zgodność klasyfikacji według GDM i analizy skupień niż według GDM i odległości euklidesowej/miary Hellwiga. Miara Nowaka odwrotnie. Jednak różnice te są niewielkie.

2.5. Walidacja wyników klasyfikacji

Do oceny jakości klasyfikacji wykorzystano syntetyczny miernik Rousseeuwa (Silhouette index, S(i)) pozwalający mierzyć prawidłowość zaklasyfikowania poszczególnych obiektów do klas oraz ogólną jakość klasyfikacji [Gatnar, Walesiak 2004, s. 342; Rousseeuw 1987, s. 56]. Indeks przyjmuje wartości z przedziału <–1;1>. Im jego wartość bliższa jest 1, tym obiekt silniej należy do wyodrębnionej klasy.

Tabela 4. Ocena jakości klasyfikacji za pomocą miernika Rousseeuwa

Klasa		GDM	Analiza skupień	Odległość euklidesowa/Hellwiga
1	SI	0,302	0,245	0,264
2		0,214	0,456	–0,041
3		–0,267	0,461	0,098
4		0,548	0,000	–0,090
GSI		0,199	0,290	0,060

SI – średnia arytmetyczna $S(i)$ obiektów wchodzących w skład danej klasy; GSI – średnia arytmetyczna indeksów SI.

Źródło: obliczenia własne.

Interpretując wartość GSI, w wyniku żadnej metody klasyfikacji nie otrzymano silnej struktury klas. Relatywnie najlepszą strukturę otrzymano w wyniku analizy skupień. Szczególnie, gdyby nie brać pod uwagę ostatniej jednoelementowej klasy obniżającej GSI.

2.6. Opis klas

Dla ułatwienia interpretacji otrzymanych wyników klasyfikacji, wskazania cech charakterystycznych poszczególnych klas oraz różnic między nimi wyznaczono środki ciężkości oraz odchylenie standardowe zmiennych w poszczególnych klasach (tab. 5). Ograniczono się do metod, dla których GSI > 0,1, tj. analizy skupień oraz GDM.

Tabela 5. Średnia i odchylenie standardowe zmiennych w poszczególnych klasach

Klasa		Analiza skupień			GDM		
		z_1	z_2	z_3	z_1	z_2	z_3
1	średnia	0,996	0,431	–0,777	1,256	0,866	–0,757
	od. stand.	0,620	0,673	0,381	0,637	0,476	0,379
2	średnia	–0,590	0,620	–0,240	0,047	0,330	–0,609
	od. stand.	0,264	0,538	0,492	0,745	0,657	0,472
3	średnia	–0,806	–1,317	0,723	–0,009	0,612	0,773
	od. stand.	0,669	0,590	0,497	1,241	0,611	1,611
4	średnia	1,779	1,197	3,111	–0,806	–1,317	0,723
	od. stand.				0,669	0,590	0,497

Źródło: obliczenia własne.

Na tej podstawie, korzystając z kryterium mediany oraz kwartyli I i III, przedstawiono ocenę wartości zmiennych w wyznaczonych klasach (tab. 6).

Tabela 6. Ocena wartości zmiennych

Legenda			Warda	GDM	Warda	GDM	Warda	GDM
Kryterium	Ocena i symbol	Klasa	z_1		z_2		z_3	
średnia > kwartyl III	↑↑ b. wysoka	1	↑↑	↑↑	↑	↑↑	↔	↔
mediana < średnia ≤ kwartyl III	↑ wysoka	2	↓	↑	↑	↑	↔	↔
kwartyl I < średnia ≤ mediana	↔ średnia	3	↓	↑	↓	↑	↑↑	↑↑
średnia ≤ kwartyl I	↓ niska	4	↑↑	↓	↑↑	↓	↑↑	↑↑

Szare tło komórki wskazuje różnicę oceny.

Źródło: opracowanie własne.

Pierwsza klasa ratingowa to szkoły bliskie wzorcowi, które osiągnęły bardzo wysoką lub wysoką wartość EWD w latach 2005 i 2010 oraz mające średni koszt kształcenia. Jednak analiza skupień ustawia kryterium mniej ostro. Dzięki temu w najwyższej klasie ratingowej umieszcza aż 9 obiektów, podczas gdy GDM tylko 5. GDM pozostałe obiekty według metody Warda klasy 1 umieszcza w klasie 2. Klasa 2 według metody Warda i według GDM różni się charakterem zmiennej z_1. Według metody Warda klasa 2 to szkoły o niskiej wartości EWD w 2005 r., wysokiej EWD w 2010 r., przeciętnych kosztach kształcenia. Zaś według GDM klasa 2 to obiekty o wysokiej wartości EWD w 2005 r., wysokiej EWD w 2010 r. i przeciętnych kosztach kształcenia. Obiekty w klasach 3 i 4 mają bardzo wysokie koszty kształcenia, różnią się efektami kształcenia, tj. wartościami z_1 i z_2.

3. Podsumowanie

Syntetyczna analiza porównawcza jednostek stanowi podstawę diagnozy stanu zarówno jednostek, jak i relacji między ocenianymi podmiotami [Nowak 1990, s. 7]. Wyodrębnienie jednorodnych grup z punktu widzenia cech przyjętych do opisu jednostek może stanowić przesłankę do lepszego poznania czynników decydujących o poziomie analizowanych zjawisk, trafnej oceny stanu obecnego i wykrycia ewentualnych różnic między porównywanymi obiektami. Wyniki badania mogą pomóc w racjonalizacji działań i prowadzeniu właściwej polityki wobec analizowanych jednostek czy w nich.

Zastosowanie różnych metod klasyfikacji i ocena ich zgodności pozwala wybrać tę właściwą do danego typu danych empirycznych. Do ratingu białostockich gimnazjów według wybranych kryteriów z testowanych metod największą użyteczność wydaje się mieć analiza skupień, gdyż ma najwyższą wartość GSI. Jednak nie powinno się formułować oceny ratingowej bez interpretacji wartości cech diagnostycz-

nych obiektów w poszczególnych klasach. Na przykład, ze względu na wyniki nauczania, rating metodą GDM lepiej sortuje jednostki: obiekty klasy 1 mają bardzo wysokie wskaźniki EWD, wysokie w klasach 2 i 3 i niskie w klasie 4. Natomiast czwartą klasę w analizie skupień tworzy obiekt zdecydowanie nietypowy — osiągający bardzo wysoką EWD przy bardzo wysokich nakładach finansowych.

Literatura

Badania dotyczące rozwoju metodologii szacowania wskaźnika edukacyjnej wartości dodanej, projekt realizowany w latach 2007-2013 w ramach działania 3.2. *Rozwój systemu egzaminów zewnętrznych* priorytetu *Wysoka jakość edukacji* programu operacyjnego *Kapitał ludzki*, strona http://www.ewd.edu.pl, stan na dzień 5.02.2011.

Büschgen H.E., Everling O., *Handbuch Rating*, Gabler, Wiesbaden 1996.

Gatnar E., Walesiak M. (red.), *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych,* Wydawnictwo AE, Wrocław 2004.

Nowak E., *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-ekonomicznych*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1990.

Rand W.M., *Objective criteria for the evaluation of clustering methods*, „Journal of the American Statistical Association" 1971, vol. 66, nr 336.

Rousseeuw P.J., *Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis*, „Journal of Computational and Applied Mathematics" 1987, vol. 20, Issue 1.

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 7 października 2009 r. w sprawie nadzoru pedagogicznego, DzU 2009, nr 168, poz. 1324.

Walesiak M., Gatnar E. (red.), *Statystyczna analiza danych z wykorzystaniem program R,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.

SELECTED METHODS OF CLASSIFICATION IN SCHOOLS' RATING

Summary: The article presents the use of cluster analysis (Ward method, k-means) and linear ordering method (Euclidean distance, Hellwig measure, Walesiak GDM) in constructing schools' ratings. The evaluation of similarities between classification results is done by Rand Index and Nowak measure. Silhouette index is applied to verify the clustering. The aim of this study is to confirm the hypothesis of the utility of the selected methods for rating the schools' efficiency.

Keywords: schools, rating, cluster analysis, linear ordering method.