

*Małgorzata Misztal**

WYBRANE METODY ANALIZY STATYSTYCZNEJ W OCENIE EFEKTÓW KSZTAŁCENIA NA PRZYKŁADZIE WYNIKÓW EGZAMINU ZE STATYSTYKI OPISOWEJ

Streszczenie. Końcowym sposobem oceny efektów kształcenia z każdego przedmiotu jest egzamin. Analizując wyniki egzaminu zwykle ograniczamy się do podania odsetka studentów, którzy egzamin zakończyli wynikiem pozytywnym, pomijając bardziej wnikliwe analizy.

W referacie przedstawiono przykład bardziej szczegółowej analizy wyników prac egzaminacyjnych ze Statystyki opisowej z wykorzystaniem metod analizy korespondencji.

Słowa kluczowe: efekty kształcenia, statystyka opisowa, metody statystyczne, analiza korespondencji.

I. UWAGI WSTĘPNE

W nauczaniu statystyki często wykorzystuje się narzędzia informatyczne – zarówno arkusze kalkulacyjne typu Excel jak i specjalistyczne pakiety statystyczne jak np. STATISTICA, SPSS czy R. Z drugiej strony, oprogramowanie tego typu rzadko wykorzystywane jest do oceny wyników pracy dydaktycznej wykładowców.

Ostatecznym sposobem kontroli efektów kształcenia jest egzamin. Analizując wyniki egzaminu zwykle ograniczamy się do podania odsetka studentów, którzy egzamin zakończyli wynikiem pozytywnym. Interesującym zagadnieniem a zarazem „rozrywką intelektualną” może być bardziej wnikliwe przyjrzenie się wynikom egzaminów.

W referacie przedstawiono przykład bardziej szczegółowej analizy wyników prac egzaminacyjnych ze Statystyki opisowej z wykorzystaniem metod analizy korespondencji.

II. MATERIAŁ I METODY

Do analizy statystycznej wykorzystano informacje dotyczące wyników egzaminu ze Statystyki opisowej, przeprowadzonego przez autorkę w roku akademickim 2012/2013 na Wydziale Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

* Dr, Katedra Metod Statystycznych, Uniwersytet Łódzki.

Zebrane dane dotyczą 320 studentów II roku studiów stacjonarnych kierunków: Zarządzanie (Z), Informatyka w zarządzaniu (INF), Zarządzanie w administracji publicznej (ADM), Zarządzanie międzynarodowe (ZM), Marketing (M).

Zajęcia – ćwiczenia audytoryjne w wymiarze 30 godzin – były prowadzone w 12 grupach przez 6 prowadzących (3 asystentów i 3 adiunktów). Dodatkowo, odbyło się 15 godzin wykładu.

Zakres materiału obejmował zagadnienia związane z analizą struktury, metodami analizy korelacji i regresji oraz analizą dynamiki.

Zasady zaliczenia ćwiczeń były wspólne dla wszystkich grup – 2 kolokwia z zadań obejmujące prezentowany na ćwiczeniach zakres materiału. Egzamin składał się z części zadaniowej oraz części teoretycznej (test jednokrotnego wyboru). Ocena co najmniej dobra (4) z ćwiczeń zwalniała z części zadaniowej egzaminu. Do egzaminu nie zostało dopuszczonych 29 studentów, którzy nie uzyskali zaliczenia ćwiczeń.

W przeprowadzonej analizie statystycznej wyników egzaminu uwzględnione zostały następujące zmienne:

- Wynik egzaminu – pozytywny, negatywny;
- Wynik egzaminu z uwzględnieniem terminu uzyskania zaliczenia – pozytywny w 1 terminie, pozytywny w 2 terminie, negatywny;
- Płeć studenta (k, m);
- Forma egzaminu – tylko teoria (T), zadania i teoria – (TiZ);
- Kierunek studiów – Zarządzanie (Z), Informatyka w zarządzaniu (INF), Zarządzanie w administracji publicznej (ADM), Zarządzanie międzynarodowe (ZM), Marketing (M), osobną podgrupę stanowili studenci z warunkiem ze Statystyki opisowej (W);
- Stanowisko prowadzącego ćwiczenia – asystent, adiunkt.

Celem analiz było znalezienie odpowiedzi na pytanie co wpływa na wynik egzaminu.

Analizowane zmienne były wyłącznie jakościowe a zatem metody statystyczne dobrano pod kątem analiz danych jakościowych.

Z wielu metod statystyki wielowymiarowej do analiz wybrano stosunkowo rzadko stosowaną w praktyce analizę korespondencji. Jej zaletą jest możliwość graficznej prezentacji uzyskanych wyników.

Analiza korespondencji to jedna z niewielu metod eksploracji danych jakościowych. Została opracowana przez Benzecriego w latach 60 i 70 oraz obszernie opisana przez Greenacre'a w 1984 roku. Analiza korespondencji jest stosowana do badania wzajemnych relacji między zmiennymi o charakterze nominalnym lub porządkowym. W zasadzie nie wymaga żadnych założeń co do rozkładów czy licznosci zmiennych, niemniej jednak, ponieważ opiera się na analizie tabeli kontyngencji, wskazane jest, aby licznosci w komórkach tablicy kontyngencji były odpowiednio wysokie.

Najogólniej biorąc, analiza korespondencji może być zdefiniowana jako eksploracyjna technika analizy tablic kontyngencji, która zmierza do odtworzenia odległości między punktami reprezentującymi wiersze i/lub kolumny w przestrzeni o mniejszej liczbie wymiarów przy jednoczesnym zachowaniu jak największej liczby pierwotnych informacji (Gatnar i Walesiak 2004, s. 284).

Odpowiednio unormowane i przekształcone wiersze i kolumny tablicy kontyngencji (tzw. profile) można traktować jako obiekty (wektory) pewnej przestrzeni liniowej, zwanej przestrzenią czynnikową. Liczba wymiarów tej przestrzeni zależy od wielkości tablicy kontyngencji. Rozkłady brzegowe profili stanowią profile przeciętne. Następnie, określane są odległości, w sensie metryki chi-kwadrat, między poszczególnymi profilami a odpowiadającymi im profilami przeciętnymi oraz tzw. bezwładność (inercja).

Całkowita bezwładność wskazuje, jak bardzo poszczególne profile są odległe od odpowiadających im profili przeciętnych, jest więc miarą zróżnicowania elementów w tablicy kontyngencji. W przestrzeni czynnikowej wybiera się bazę ortogonalną w taki sposób, aby kolejne wektory bazowe wyjaśniały jak największą część całkowitej inercji układu. Z uwagi na zazwyczaj dużą liczbę wymiarów przestrzeni czynnikowej dokonuje się operacji rzutowania na przestrzeń o liczbie wymiarów dostępnej naszej percepcji.

Wśród kryteriów wyboru wymiaru przestrzeni rzutowania wymienia się: (1) stopień wyjaśnienia bezwładności (powinien być bliski 1, na ogół przyjmuje się 90 %), (2) kryterium łokcia oraz (3) kryterium liczby cech (por. Stanimir 2008).

Punkty reprezentujące poszczególne profile kategorii zmiennych można przedstawić graficznie w układzie kartezyjskim. Ocenie podlega (Panek 2009):

- odległość punktu reprezentującego profil danej kategorii zmiennej od początku układu (im bliżej, tym rozkład danej zmiennej jest bardziej zbliżony do przeciętnego);

- wzajemne położenie punktów odpowiadających kategoriom tej samej zmiennej (im bliżej siebie są położone, tym mniejsze jest zróżnicowanie struktury tej zmiennej);

- wzajemne położenie punktów odpowiadających kategoriom różnych zmiennych (blisko siebie położone punkty wskazują na ich współwystępowanie).

Do analizy wzajemnego położenia punktów w przestrzeni czynnikowej można wykorzystać metody klasyfikacji (np. analizę skupień, przy czym zalecana jest metoda Warda). W takim przypadku nie ma potrzeby redukcji liczby wymiarów przestrzeni czynnikowej poprzez rzutowanie.

Analiza korespondencji może być wykonana z wykorzystaniem np. pakietu statystycznego STATISTICA PL 10.0.

III. WYNIKI

Strukturę studentów wg analizowanych cech przedstawiono w Tab. 1. Jak łatwo zauważyć, egzamin zdało $\frac{3}{4}$ studentów. Wśród studentów przeważały kobiety (prawie 60%). Większość studentów (ok. 62%) zdawała obie części egzaminu. Prawie 55% studentów miało ćwiczenia z asystentem.

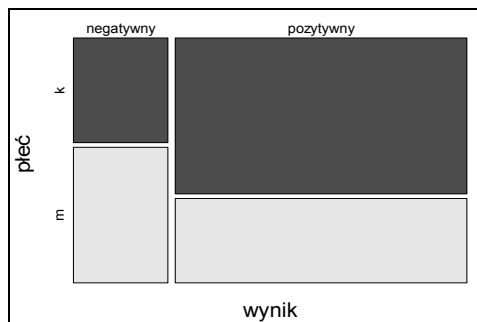
Tab. 1. Struktura studentów wg analizowanych zmiennych

Zmienna		N	%
Wynik egzaminu	negatywny	71	24,40
	pozytywny	220	75,60
Wynik egzaminu (termin)	negatywny	71	24,40
	pozytywny_1	152	52,23
	pozytywny_2	68	23,37
Płeć studenta	k	174	59,79
	m	117	40,21
Forma egzaminu	TiZ	180	61,86
	T	111	38,14
Kierunek studiów	M	46	15,81
	Z	86	29,55
	INF	32	11,00
	ADM	60	20,62
	ZM	43	14,78
	W	24	8,25
Prowadzący ćwiczenia	asystent	160	54,98
	adiunkt	131	45,02

Źródło: obliczenia własne.

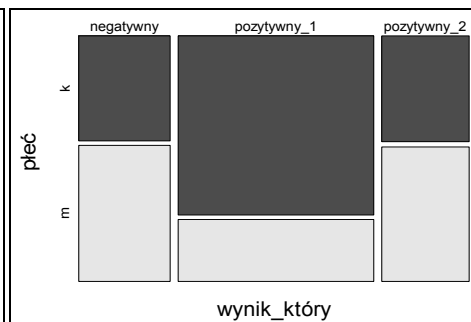
Prosta analizę zależności między wynikiem egzaminu a poszczególnymi zmiennymi przeprowadzono z wykorzystaniem tablic kontyngencji. Pominęto prezentację liczbowych wyników, natomiast na Rys. 1–8 zaprezentowano badane zależności z wykorzystaniem wykresów mozaikowych.

Na podstawie przedstawionych rysunków można przypuszczać, że istnieje zależność między wynikiem egzaminu a płcią studenta (lepsze wyniki uzyskały studentki) oraz formą egzaminu (zdecydowanie lepsze wyniki uzyskały osoby zwolnione z części zadaniowej). Można również stwierdzić, że brak jest zależności między stanowiskiem prowadzącego ćwiczenia a wynikiem egzaminu (Rys. 5 i 6).



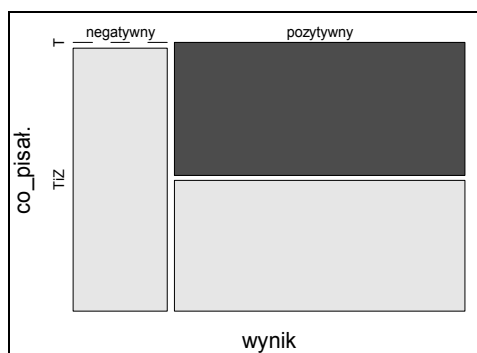
Rys. 1. Ocena zależności między wynikiem egzaminu i płcią studenta

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



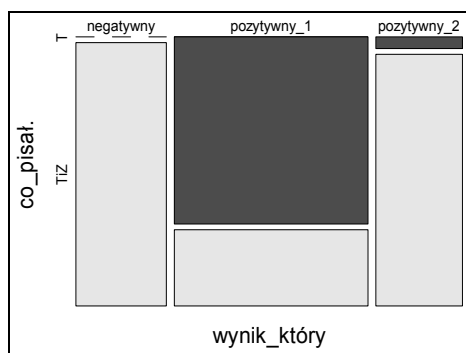
Rys. 2. Ocena zależności między wynikiem egzaminu z uwzględnieniem terminu i płcią studenta

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



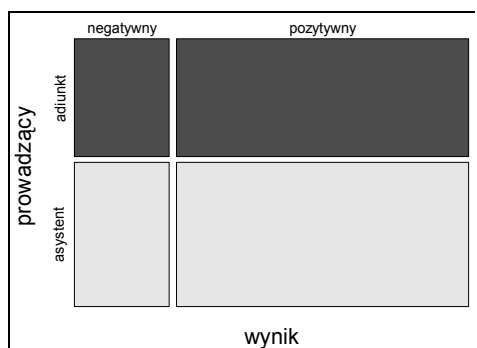
Rys. 3. Ocena zależności między wynikiem egzaminu i formą egzaminu

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



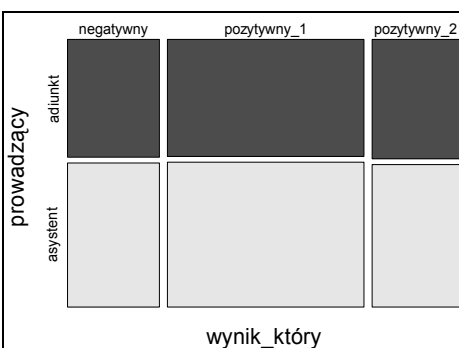
Rys. 4. Ocena zależności między wynikiem egzaminu z uwzględnieniem terminu i formą egzaminu

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



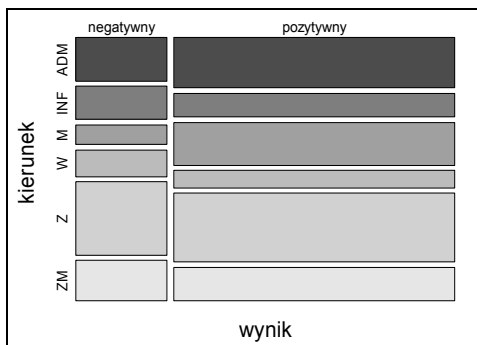
Rys. 5. Ocena zależności między wynikiem egzaminu i stanowiskiem prowadzącego ćwiczenia

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).

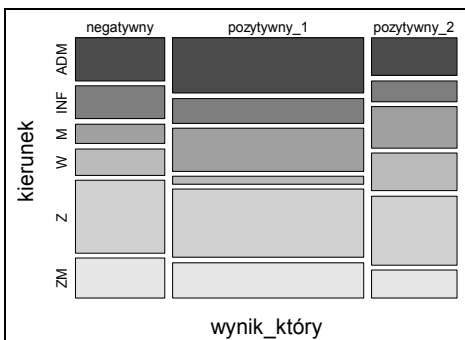


Rys. 6. Ocena zależności między wynikiem egzaminu z uwzględnieniem terminu i stanowiskiem prowadzącego ćwiczenia

Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



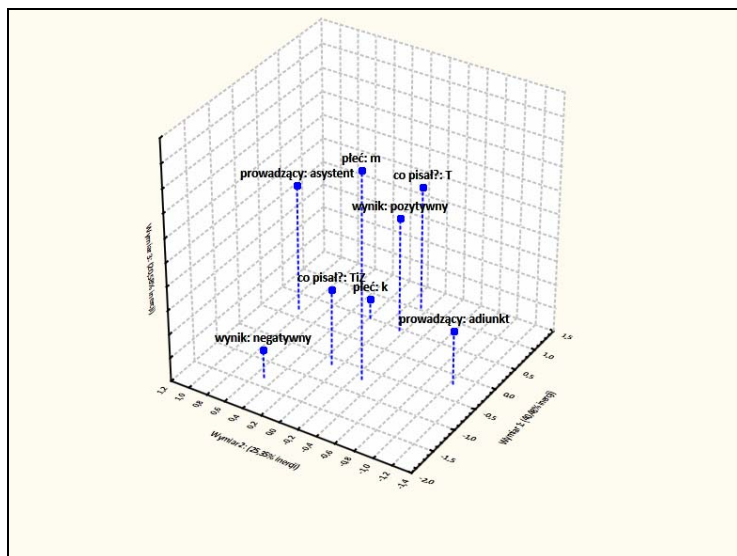
Rys. 7. Ocena zależności między wynikiem egzaminu i kierunkiem studiów
Źródło: opracowanie własne (pakiet R).



Rys. 8. Ocena zależności między wynikiem egzaminu z uwzględnieniem terminu i kierunkiem studiów
Źródło: opracowanie własne (pakiet R).

Wyniki wielowymiarowej analizy korespondencji przedstawiono na Rys. 9–17.

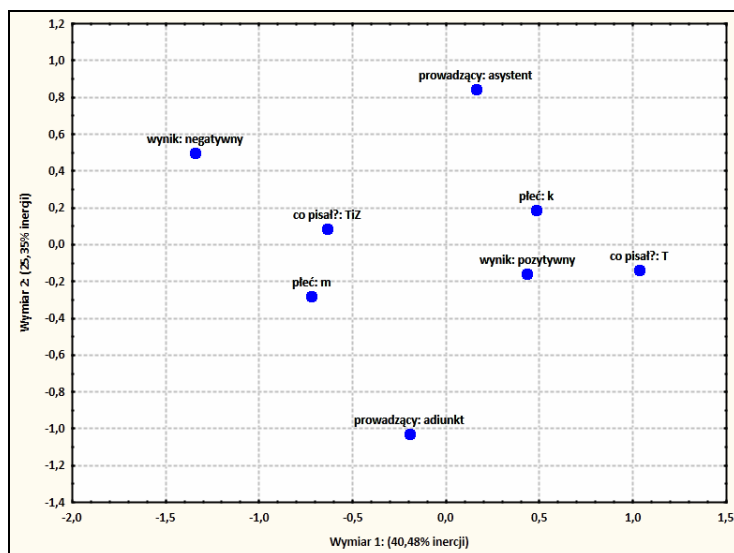
Na Rys. 9 i 10 przedstawiono wyniki analizy dotyczące wyniku egzaminu, bez uwzględnienia terminu uzyskania zaliczenia.



Rys. 9. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w trójwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).

Jak widać na Rys. 9, trzy wymiary odwzorowują w sumie 86,41% całkowitej inercji (bezwładności). Na prezentowanym rysunku daje się zauważyć 2 grupy punktów. Pierwsza grupa to punkty skupione w pobliżu punktu oznaczającego wynik pozytywny egzaminu a druga grupa to punkty związane z wynikiem niezadowolającym. Wyniki te łatwiej przeanalizować sporządzając wykres dwuwymiarowy dla dwóch największych wartości własnych – por. Rys. 10 – oraz stosując metody analizy skupień.



Rys. 10. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w dwuwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).

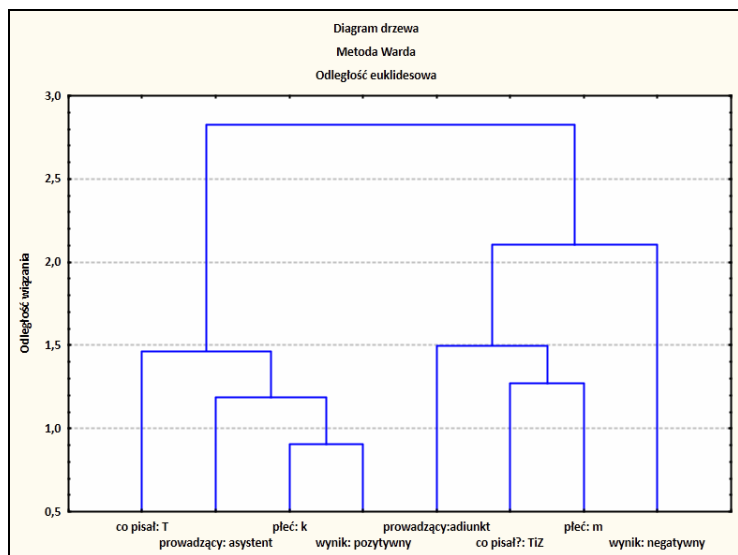
Na Rys. 11 przedstawiono wyniki klasyfikacji analizowanych kategorii zmiennych za pomocą hierarchicznych metod aglomeracyjnych (metoda Warda).

Dwa wymiary odwzorowują w sumie prawie 66% inercji. Pierwsza oś, wyjaśniająca największy procent bezwładności, rozdziela grupę studentów, którzy uzyskali wynik pozytywny z egzaminu od grupy studentów, którzy tego egzaminu nie zaliczyli. Z położenia pozostałych punktów można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Osoby, które uzyskały wynik pozytywny z egzaminu to kobiety, piszące tylko część teoretyczną egzaminu;
2. Negatywne wyniki z egzaminu osiągnęli mężczyźni, piszący egzamin z zadań i z teorii.

Zwrócić należy uwagę, że 2 oś oddziela studentów, uczestniczących w zajęciach prowadzonych przez asystentów od studentów, którzy mieli zajęcia z adiunktami.

Z analizy dendrogramu (Rys. 11) można także wysnuć wniosek, że osoba prowadzącego wpływa pośrednio na wynik egzaminu. Związek ten wynika z faktu, że asystenci nieco częściej zwalniali studentów z części zadaniowej egzaminu.



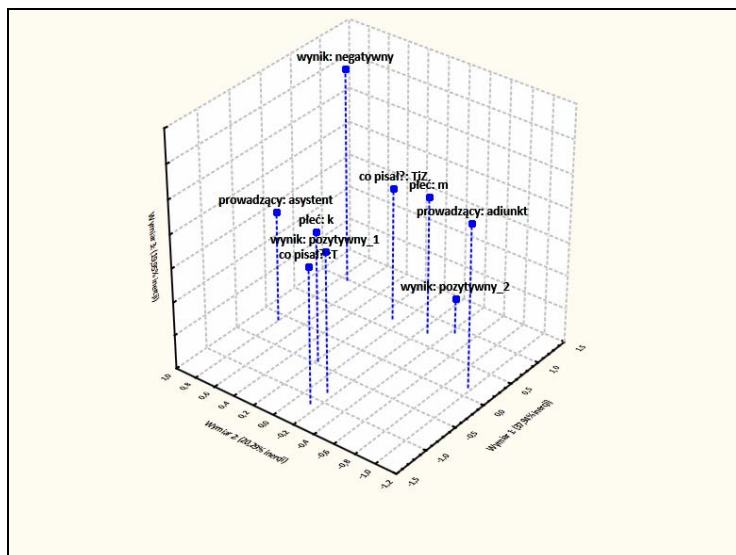
Rys. 11. Wyniki klasyfikacji metodą Warda kategorii analizowanych zmiennych
Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).

Na Rys. 12–14 przedstawiono wyniki analizy korespondencji dla wyniku egzaminu z uwzględnieniem terminu uzyskania zaliczenia.

Trzy wymiary odwzorowują łącznie 78,2% a dwa wymiary 58,2% całkowitej inercji. Podobnie – daje się zauważyć 2 grupy punktów, skupionych tym razem wokół wyniku pozytywnego egzaminu uzyskanego w 1 oraz w 2 terminie.

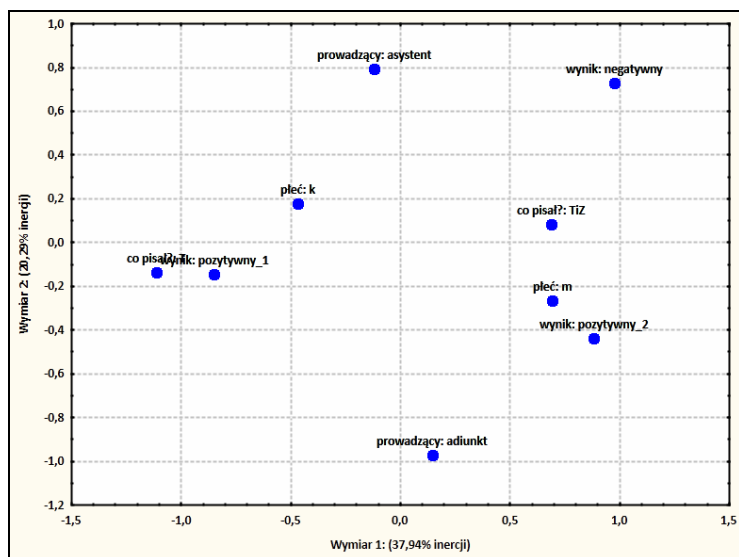
Analizując wyniki analizy skupień (Rys. 14) można sformułować wniosek, iż egzamin w 1 terminie zdały kobiety, piszące tylko część teoretyczną i uczestniczące w ćwiczeniach prowadzonych przez asystentów.

Mężczyźni pisali egzamin z obu części, mieli zajęcia głównie z adiunktami a z egzaminu uzyskali wynik negatywny lub pozytywny w terminie poprawkowym.



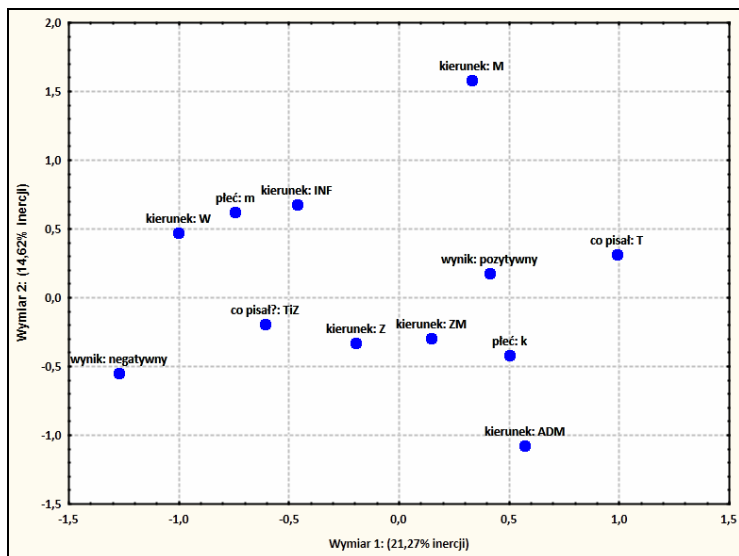
Rys. 12. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w trójwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).



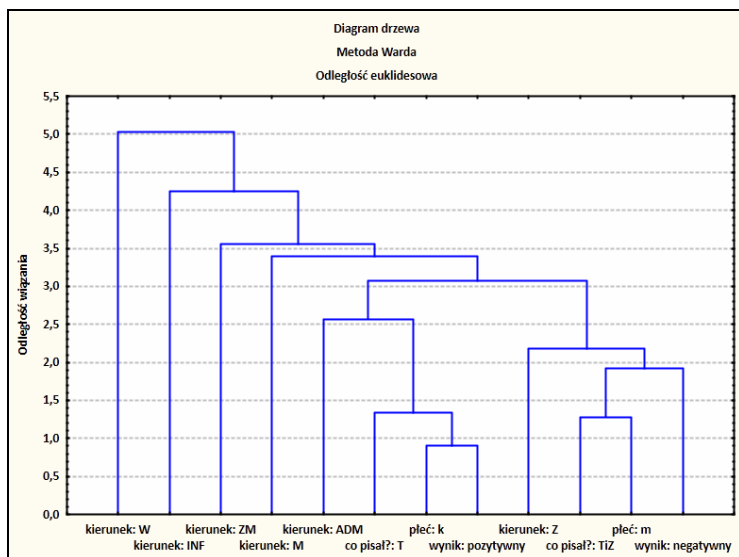
Rys. 13. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w dwuwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).



Rys. 16. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących badane zmienne w dwuwymiarowej przestrzeni czynnikowej

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).



Rys. 17. Wyniki klasyfikacji metodą Warda kategorii analizowanych zmiennych

Źródło: opracowanie własne (pakiet STATISTICA).

Trzy wymiary odwzorowują tylko 48,6% całkowitej bezwładności a dwa wymiary – zaledwie około 36%. Trudno również wskazać wyraźnie wyodrębnione skupienia punktów na wykresach.

Dopiero 5 wymiarów wyjaśnia w sumie około 73% inercji. Ponieważ analiza wyników w przestrzeni pięciowymiarowej nie jest łatwa, do zidentyfikowania skupień punktów należy wykorzystać metody klasyfikacji.

Na Rys. 17 przedstawiono wyniki klasyfikacji analizowanych kategorii zmiennych za pomocą hierarchicznych metod aglomeracyjnych (metoda Warda).

Na podstawie wyników analizy skupień można wskazać dwa wyraźne skupienia.

Wynik negatywny z egzaminu uzyskali mężczyźni, piszący teorię i zadania i studiujący na kierunku Zarządzanie.

Wynik pozytywny z egzaminu uzyskały kobiety, zdające wyłącznie część teoretyczną i studiujące na kierunku Zarządzanie w administracji publicznej.

Pozostałe kierunki studiów nie są wyraźnie skorelowane z wynikiem egzaminu.

Podobną analizę przeprowadzono również dla wyniku egzaminu z uwzględnieniem terminu uzyskania zaliczenia ale otrzymane wnioski nie różnią się znacząco od wyników zaprezentowanych na Rys. 15–17 – stąd też zrezygnowano z ich prezentacji.

IV. UWAGI KOŃCOWE

Zaprezentowane analizy uwiaryściły pewne zależności między wynikami egzaminu a charakterystykami studentów, których to zależności można nie zaaważyć podając tylko proste odsetki zdających egzamin.

Interesujące jest spostrzeżenie, że na egzaminie znacznie lepiej wypadły studentki. Większość z nich uzyskała zwolnienie z części zadaniowej egzaminu ze względu na ocenę końcową z ćwiczeń. Oznacza to, że studentki systematycznie pracowały w czasie trwania semestru, przygotowując się na bieżąco do każdego kolokwium i mając na względzie, że dobry wynik z ćwiczeń ograniczy egzamin wyłącznie do części teoretycznej.

Kolejnym ciekawym spostrzeżeniem jest fakt, iż osoba prowadzącego ćwiczenia wpływa pośrednio na wynik egzaminu. Osoby, które zdały egzamin, pisały tylko część teoretyczną i miały zajęcia z asystentami. Może to sugerować, że asystenci łagodniej podchodzili do kwestii zaliczenia ćwiczeń na ocenę dobrą, zwalniającą z egzaminu z zadań.

Przedstawione wyniki wskazują, że metody statystyki wielowymiarowej można w prosty sposób zastosować nie tylko do zaawansowanych badań ekonomicznych czy marketingowych ale i do analizy rezultatów pracy dydaktycznej na uczelni.

Takie analizy mogą być również interesujące dla studentów np. specjalności statystycznych, dotyczą bowiem problemów, które w bezpośredni sposób ich dotyczą.

LITERATURA

- Gatnar E., Walesiak M (red.) (2004), *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław.
- Greenacre M. (1984), *Theory and Applications of Correspondence Analysis*, Academic Press, London.
- Misztal M. (2011), *O zastosowaniu wybranych metod statystycznej analizy wielowymiarowej do oceny wyników procesu dydaktycznego na przykładzie zaliczenia ze statystyki*, [w:] *Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne*, pod redakcją Z. E. Zielińskiego, Tom 2, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Handlowej, Kielce, s. 195–209.
- Panek T. (2009), *Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej*, Wydawnictwo SGH, Warszawa.
- Stanimir A. (2008), *Wykorzystanie analizy korespondencji w badaniach marketingowych*, [w:] *Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych III*, praca zbiorowa, StatSoft Polska, Kraków, s. 337–346.

Małgorzata Misztal

SELECTED STATISTICAL ANALYSIS METHODS IN ASSESSMENT OF THE LEARNING OUTCOMES IN THE EXAMPLE OF THE DESCRIPTIVE STATISTICS EXAM RESULTS

Summary

An exam is the final way to assess the learning outcomes of each subject during the studies. The results of an exam are usually described by the percentage of students who successfully passed the exam; more detailed analysis is omitted.

In the paper the results of the Descriptive Statistics exam are analyzed in detail using correspondence analysis methods.

Key words: learning outcomes, descriptive statistics, statistical methods, correspondence analysis