

Dr hab. Dorota Pekasiewicz, prof. UŁ
Katedra Metod Statystycznych
Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny
Uniwersytet Łódzki
ul. Rewolucji 1905 r. 41/43
90-214 Łódź

Łódź, 15 listopada 2019 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Polko-Zajęc
„Metody porównywania populacji w badaniach ekonomicznych”
napisanej pod kierunkiem naukowym prof. dr. hab. Grzegorza Kończaka

Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną przygotowania recenzji rozprawy mgr Dominiki Polko-Zajęc pt. „Metody porównywania populacji w badaniach ekonomicznych” jest pismo Pani Dziekan Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach prof. dr hab. Krystyny Jędralskiej z dnia 24 września 2019 r.

Ocena wyboru problematyki badawczej

Rozprawa doktorska mgr Dominiki Polko-Zajęc poświęcona jest metodom statystycznym wykorzystywanym do porównywania populacji jedno i wielowymiarowych. Wybór tematyki jest trafny zarówno z teoretycznego punktu widzenia jak i możliwości aplikacyjnych. Ograniczone możliwości wykorzystania w badaniach ekonomicznych parametrycznych testów statystycznych sprawiają, że poszukuje się nowych, nieklasycznych testów, w tym testów weryfikujących hipotezy o zgodności rozkładów dwóch lub większej liczby populacji. Wzrost możliwości obliczeniowych komputerów przyczynił się do rozwoju metod symulacyjnych, które mogą być wykorzystane w sytuacjach, gdy rozkłady zmiennych losowych, z którymi utożsamiane są badane cechy, charakteryzują się prawostronną asymetrią, istnieniem wartości odstających lub też analizowane zmienne mierzone są na słabych skalach pomiaru, czyli niespełnione są założenia niezbędne do zastosowania klasycznych procedur.

Problematyką konstrukcji testów permutacyjnych zajęła się Doktorantka, przedstawiając w rozprawie doktorskiej propozycje własnych testów oraz modyfikacje istniejących procedur

testowania umożliwiające porównywanie populacji wielowymiarowych. Wyniki przeprowadzonych analiz własności proponowanych testów i odpowiadających im testów klasycznych pozwoliły sformułować wnioski dotyczące ich użyteczności. Doktorantka badała testy weryfikujące hipotezy o rozkładach populacji wielowymiarowych, co ma istotne znaczenie ze względu na praktyczne zastosowania w badaniach ekonomicznych.

Charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa mgr Dominiki Polko-Zajac liczy 240 stron i składa się ze wstępu, czterech rozdziałów i zakończenia. Praca oparta jest na dość obszernej literaturze, głównie anglojęzycznej. Bibliografia obejmuje 211, trafnie dobranych, pozycji z czego 9 to artykuły Doktorantki, w tym 7 to prace samodzielne. Rozprawa uzupełniona jest spisem rysunków i tabel.

Układ pracy został właściwie dobrany do tematyki i realizacji sformułowanych celów teoretycznych oraz empirycznych. Treści rozdziałów dotyczą jednorodnych zagadnień, a wszystkie razem stanowią spójną całość. Trzy pierwsze rozdziały pracy prezentują różne grupy testów statystycznych, natomiast rozdział czwarty ma charakter empiryczny i przedstawia przykłady zastosowania testów permutacyjnych w badaniach ekonomicznych.

We wstępie Doktorantka wyraźnie sformułowała zasadniczy cel pracy, którym jest: *„przedstawienie własnych propozycji metod symulacyjnych oraz modyfikacji istniejących procedur testowania, a także ocena własności tych testów na tle parametrycznych i nieparametrycznych metod porównywania populacji”*. Ponadto, Autorka określiła dwie grupy celów szczegółowych: teoretyczno-poznawczych i praktycznych, służących do realizacji celu głównego. Cele teoretyczno-poznawcze związane są z przeglądem i usystematyzowaniem wiedzy dotyczącej metod porównywania populacji oraz opracowaniem nowych, symulacyjnych metod pozwalających na porównywanie populacji wielowymiarowych wraz z oceną ich efektywności. Cele praktyczne dotyczą wskazania możliwości zastosowań testów statystycznych i metod Monte Carlo, w szczególności autorskich propozycji wykorzystujących symulacje komputerowe, do porównywania wielowymiarowych populacji w badaniach ekonomicznych.

Doktorantka sformułowała główną hipotezę badawczą: *„zastosowanie symulacyjnych wielowymiarowych metod porównywania populacji w badaniach ekonomicznych prowadzi do skutecznej identyfikacji różnic między zbiorowościami statystycznymi również*

w przypadku, gdy populacje te nie spełniają określonych założeń i nie ma możliwości wykorzystania metod parametrycznych” oraz dwie hipotezy pomocnicze: (1) „w badaniach ekonomicznych w sytuacji braku spełnienia założenia odnośnie postaci rozkładu badanej cechy (cech) w populacji można z powodzeniem stosować metody symulacyjne obejmujące metody repróbkiowania” oraz (2) „wnioskowanie statystyczne wykorzystujące testy permutacyjne pozwala na skuteczną analizę danych o charakterze ekonomicznym”.

Do weryfikacji hipotez badawczych wykorzystane zostały autorskie skrypty obliczeniowe napisane w środowisku R.

W rozdziale pierwszym Autorka dokonała przeglądu literatury dotyczącej parametrycznych testów istotności. Zaprezentowane zostały między innymi testy statystyczne weryfikujące hipotezy o równości wartości oczekiwanych, wariancji, wskaźników struktury, współczynników korelacji, uwzględniając obustronne i jednostronne hipotezy alternatywne oraz próby niezależne i zależne. Ponadto, w rozdziale tym przedstawione zostały procedury porównania wektorów wartości oczekiwanych oraz macierzy kowariancji w przypadku populacji wielowymiarowych oraz testy wykorzystywane do porównywania funkcji regresji, w szczególności testowania równoległości prostych regresji i odległości pionowej prostych regresji. Wybrane testy wykorzystane zostały w dalszej części pracy do analiz porównawczych ich własności z własnościami testów symulacyjnych.

Rozdział drugi stanowi przegląd nieparametrycznych testów istotności, których zaletą w zastosowaniu, w stosunku do metod prezentowanych w rozdziale pierwszym, jest brak konieczności spełnienia założeń o rozkładach populacji. W rozdziale tym wyróżnione i omówione zostały testy statystyczne wykorzystywane do porównywania dwóch lub kilku populacji w oparciu o próby niezależne i zależne. Ponadto, zaprezentowane zostały testy jednorodności dla tablic wielodzzielczych oraz przykłady zastosowania testów nieparametrycznych w analizach zależności.

W rozdziale trzecim przedstawione zostały metody symulacyjne pozwalające porównywać populacje. Są to również metody nieparametryczne, ale zapewne ze względu na specyficzną konstrukcję zostały wyodrębnione jako oddzielana grupa metod. W rozdziale tym wyróżnione zostały testy bootstrapowe i permutacyjne, przy czym testy bootstrapowe nie stanowiły przedmiotu rozważań Doktorantki. Autorka rozprawy krótko omówiła ideę ich konstrukcji, a skupiała się na testach permutacyjnych. Omówione testy permutacyjne są dość

uniwersalne, wykorzystane mogą być do analiz danych mierzonych na skalach przedziałowej i ilorazowej oraz danych rejestrowanych na skalach nominalnej i porządkowej. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła wiele autorskich propozycji testów symulacyjnych dla populacji wielowymiarowych wraz z oceną ich własności. Do oceny rozmiarów i mocy testów permutacyjnych oraz analiz porównawczych własności różnych testów, w tym również klasycznych, wykorzystane zostało środowisko R i własne skrypty obliczeniowe.

Rozdział czwarty ma charakter empiryczny. Autorka wskazała różnorodne możliwości wykorzystania testów permutacyjnych m.in. w statystycznej kontroli jakości (przy weryfikacji hipotez o stabilności procesu produkcyjnego), w badaniach rynku pracy (przy porównywaniu sytuacji osób bezrobotnych w Polsce w wybranych latach i struktur aktywności ekonomicznej ludności w poszczególnych grupach wiekowych w wybranych województwach), w badaniach jakości życia (przy porównywaniu sytuacji finansowej gospodarstw domowych w różnych latach, przy analizach dotyczących stopnia zadowolenia z wykonywanej pracy w wybranych województwach). Prezentowane przykłady świadczą o umiejętnościach łączenia teoretycznych rezultatów z praktycznymi zastosowaniami.

W zakończeniu Doktorantka podsumowała najważniejsze osiągnięcia, odnosząc się do realizacji sformułowanych we wstępie celów i weryfikacji hipotez badawczych.

Ocena pracy

Praca stanowi ważne opracowanie problemu naukowego jakim jest poszukiwanie metod porównywania populacji, w tym populacji wielowymiarowych charakteryzujących się rozkładami różnymi od wielowymiarowego rozkładu normalnego. Doktorantka zaprezentowała wiele testów znanych z literatury przedmiotu oraz przedstawiła własne propozycje testów symulacyjnych, które mogą być wykorzystane do porównywania dwóch i większej liczby populacji w sytuacjach, gdy klasyczne, parametryczne metody nie mogą być stosowane ze względu na przykład na prawostronną asymetrię, spłaszczenie rozkładów, występowanie mieszanek rozkładów, czy też wartości odstające.

Do najważniejszych osiągnięć związanych z recenzowaną pracą należy zaliczyć:

1. dokonanie przeglądu parametrycznych i nieparametrycznych testów statystycznych, w tym permutacyjnych testów służących do porównywania populacji,

2. przedstawienie własnych propozycji permutacyjnych testów istotności weryfikujących hipotezy o zgodności rozkładów populacji wielowymiarowych,
3. ocenę własności permutacyjnych testów statystycznych (rozmiaru i mocy testów),
4. analizę porównawczą własności testów permutacyjnych z parametrycznymi i nieparametrycznymi metodami wykorzystywanymi do porównań populacji,
5. sformułowanie wniosków dotyczących stosowania testów symulacyjnych, które mogą stanowić wskazówki dla przeprowadzających badania ekonomiczne i społeczne,
6. wykorzystanie środowiska R i autorskich skryptów obliczeniowych do oceny własności testów oraz analiz empirycznych.

Szczególnie istotne są propozycje autorskich testów permutacyjnych, które mogą być wykorzystane przy porównywaniu rozkładów populacji wielowymiarowych oraz rezultaty obszernych badań własności tych testów zamieszczone w trzecim rozdziale pracy. Proponowane przez Doktorantkę testy to m.in.: zmodyfikowany test łącznego porównywania poziomu przeciętnego i zróżnicowania, test równości wektorów wartości oczekiwanych, test zgodności rozkładów populacji wielowymiarowych oparty na funkcji odległości, testy jednorodności struktur dla danych w tablicach wielodzielczych (danych mierzonych na skali nominalnej i porządkowej), testy identyczności dwóch funkcji regresji oraz test umożliwiający porównanie dwóch zbiorów zmiennych oparty na zastosowaniu elementów analizy korelacji kanonicznej.

Docenić należy nie tylko różnorodność proponowanych testów, ale również różnorodność analiz dotyczących rozmiaru i mocy testów. Doktorantka rozważała różne modele populacji, w szczególności różne rozkłady populacji, oraz różne liczebności prób. Obszerne badania symulacyjne własności testów oraz badania empiryczne przeprowadzone przez Autorkę w środowisku R, pozwoliły zweryfikować sformułowane we wstępie hipotezy badawcze.

Moc testów permutacyjnych, podobna do mocy testów klasycznych, i możliwość ich zastosowania, przy niespełnionych założeniach o normalności rozkładów populacji, z czym często mamy do czynienia w badaniach ekonomicznych, potwierdzają słuszność hipotez badawczych o skutecznej identyfikacji różnic między zbiorowościami statystycznymi przy użyciu symulacyjnych metod porównywania populacji.

Główny cel pracy oraz cele teoretyczno-poznawcze i praktyczne, poprawnie sformułowane we wstępie, zostały zrealizowane. Doktorantka przedstawiła propozycje nowych testów symulacyjnych pozwalających na porównanie populacji wraz z oceną ich własności, realizując tym samym cele teoretyczno- poznawcze. W rozdziale czwartym zaprezentowała wyniki analiz empirycznych związanych z wykorzystaniem testów permutacyjnych w badaniach ekonomicznych i społecznych, które stanowiły realizację praktycznych celów pracy.

Rozprawa jest napisana bardzo starannie pod względem stylistycznym i edycyjnym. Mimo to pojawiło się kilka drobnych niedociągnięć m.in.:

1. drobne błędy we wzorach: na str. 34 we wzorze na statystykę testu weryfikującego hipotezę o równości kilku wariancji (wzór 1.55); na str. 64 w wyjaśnieniu oznaczenia p_{ij} występującego we wzorze (2.21),
2. brak objaśnień niektórych oznaczeń występujących we wzorach np. na str. 28, we wzorze (1.37) występują współczynniki zmienności V_1, V_2 wyznaczone z prób, które warto byłoby opisać wzorami ze względu na różne formy, które mogą przyjmować (co zresztą jest uwidocznione na następnej stronie); na str.50 wzór (1.103) wymaga uzupełnienia o opisy $\hat{y}_{i1}, \hat{y}_{i2}$; na str. 97 statystyka (3.32) również nie ma objaśnień symboli,
3. tytuły tabel i rysunków mogłyby być doprecyzowane np. tab. 3.24 i rys. 3.15 mają taką samą nazwę „Trójwymiarowa tablica kontyngencji”, a jednak przedstawiają trochę inne zmienne,
4. hipotezy (3.30) i (3.31) na str. 97 powinny być zapisane z kwantyfikatorami, podobnie hipotezy w części empirycznej pracy (str. 191).

Należy podkreślić, że zauważone usterki nie umniejszają merytorycznej wartości pracy.

Przy studiowaniu rozprawy nasunęły się pewne sugestie i pytania:

1. Rozważania dotyczące metod symulacyjnych (rozd. 3) koncentrują się właściwie na metodach permutacyjnych. Ze względu na dość ogólny tytuł rozdziału wskazane byłoby umieszczenie przykładowych testów bootstrapowych wykorzystywanych do porównywania rozkładów dwóch populacji (np. Domański, Pruska; 2000).

2. Doktorantka dokonuje oceny mocy wybranych testów statystycznych weryfikujących hipotezę o jednorodności struktur trzech populacji w oparciu o równoliczne i nierównoliczne próby (tab. 3.33 i 3.34). Czy wybrane struktury liczebności prób miały mieć charakter ilustracyjny, czy też miały prowadzić do sformułowania wniosku dotyczącego zależności mocy testów, w tym proponowanego testu permutacyjnego, od struktury liczebności prób z poszczególnych populacji? Uzasadnione byłoby rozważenie większej liczby wariantów prób o zbliżonych liczebnościach, czyli typu $(n_1 = 10, n_2 = 10, n_3 = 10)$ i $(n_1 = 8, n_2 = 10, n_3 = 12)$, może tego rodzaju analizy pozwoliłyby zaobserwować pewne prawidłowości. Oczywiście uzyskane rezultaty badań Doktorantki potwierdzają fakt, że liczebności prób wpływają na moc testu permutacyjnego, co obrazuje również rys. 3.33.
3. W przypadku problemu porównywania rozkładów populacji poprzez zastosowanie dwóch testów permutacyjnych: testu dla parametrów położenia oraz testu dla parametrów skali szacuje się dwie wartości *ASL* (*achieved significance level*), a następnie wyznacza się wartość łączną *ASL* przy użyciu różnych funkcji łączących (Fishera, Liptaka, Tippeta). Doktorantka czasem stosowała tylko funkcję Fishera. Co zdecydowało o wyborze tej funkcji - czy tylko wyniki przeprowadzonych analiz dla populacji o rozkładach normalnych, dla których testy najskuteczniej wykrywały różnice, czy też inne przesłanki?

Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgr Dominiki Polko-Zajac „Metody porównywania populacji w badaniach ekonomicznych” świadczy o bardzo dobrej znajomości literatury dotyczącej statystycznych testów istotności oraz umiejętnościach konstrukcji nowych procedur testowych służących do porównywania populacji, a tym samym o dojrzałości Doktorantki do podejmowania samodzielnych badań oraz realizacji formułowanych celów. Uważam, że zaprezentowane propozycje metod porównywania populacji wraz z obszernymi wynikami samodzielnie przeprowadzonych badań mają ważne znaczenie natury teoretycznej i aplikacyjnej. Należy również podkreślić, że praca napisana jest bardzo starannie pod względem językowym i edycyjnym.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji **praca doktorska mgr Dominiki Polko-Zajęc pt. „Metody porównywania populacji w badaniach ekonomicznych”** spełnia **wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk ekonomicznych w dyscyplinie ekonomia**, zgodnie z treścią art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595 z późniejszym zmianami). Wnioskuje o przyjęcie pracy doktorskiej mgr Dominiki Polko-Zajęc i dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.