

Warszawa, 11.04.2021 r.

dr hab. Barbara Kowalczyk, prof. SGH  
Zakład Statystyki Matematycznej  
Instytut Ekonometrii  
Kolegium Analiz Ekonomicznych  
Szkola Główna Handlowa w Warszawie

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
mgra Dominika Sieradzkiego  
z tytułem „Optymalizacja doboru próby badawczej w pomiarze dobrobytu”  
napisanej pod kierunkiem prof. dra hab. Wojciecha Zielińskiego  
oraz promotora pomocniczego dra Stanisława Jaworskiego**

**1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą opracowania recenzji było pismo Dyrektora Instytutu Ekonomii i Finansów Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego dra hab. Mariusza Maciejczaka, prof. SGGW z dnia 04.02.2021 r., w którym poinformowano mnie, iż uchwałą Rady Dyscypliny Ekonomia i Finanse Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 26 stycznia 2021 r. powierzono mi funkcję recenzenta rozprawy doktorskiej mgra Dominika Sieradzkiego z tytułem „Optymalizacja doboru próby badawczej w pomiarze dobrobytu”.

Recenzja została napisana w oparciu o przedłożoną rozprawę doktorską. Jej celem jest ocena spełnienia przez ww. rozprawę doktorską warunków określonych w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1669).

## 2. Szczegółowa ocena pracy

Już na początku chciałabym zaznaczyć, iż przedstawioną mi do recenzji rozprawę doktorską pt. „Optymalizacja doboru próby badawczej w pomiarze dobrobytu”, niezależnie od pewnych uwag krytycznych i wątpliwości, które nasunęły mi się podczas jej czytania, oceniam pozytywnie. Szczegółową ocenę pracy wraz z moimi uwagami przedstawiam poniżej.

Praca doktorska liczy 133 strony maszynopisu. Zasadnicza część rozprawy obejmuje wstęp, zagadnienia metodologiczne, cztery rozdziały oraz podsumowanie i wnioski. Praca zawiera ponadto następujące elementy: oświadczenie autora pracy, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, bibliografię, aneks obejmujący trzy części, wykaz tabel oraz wykaz rysunków. Struktura pracy jest zgodna z aktualnie obowiązującymi standardami dotyczącymi prac naukowo-badawczych. Jedyna moja uwaga odnośnie układu pracy dotyczy faktu, iż część C aneksu zawierająca zestaw wykresów (rysunków) wariacji estymatora warstwowego przy różnych parametrach populacji jest zbyt rozbudowana i zbyt obszerna objętościowo w stosunku do pozostałej części pracy.

Główna tematyka pracy, którą jest problem optymalnej alokacji próby jest problemem cały czas ważnym i aktualnym. W stale zmieniającej się rzeczywistości równie ważne jest odpowiednie zaprojektowanie próby w reprezentacyjnych badaniach społeczno-ekonomicznych, stanowiących źródła danych statystycznych dla wybranych wskaźników dobrobytu. Wybór tematyki badawczej uważam za w pełni uzasadniony. Aczkolwiek chciałabym już teraz zaznaczyć, iż mam pewne uwagi i wątpliwości odnośnie spójności poszczególnych składowych pracy. Uwagi te zawarte są w dalszej części recenzji.

Przejdę teraz do omówienia merytorycznej zawartości pracy.

W rozdziale 1 autor przedstawił problem pomiaru dobrobytu. Zawarł w nim rys historyczny dotyczący ekonomii dobrobytu, a także omówił domeny dobrobytu wraz z odpowiadającymi im wskaźnikami dobrobytu. Dalej autor przedstawił badania reprezentacyjne prowadzone przez GUS, które służą jako źródła danych dla wybranych wskaźników dobrobytu oraz zidentyfikował wskaźniki o charakterze frakcji. Rozdział 1 stanowi swojego rodzaju motywację i wprowadzenie do dalszych rozważań autora, które dotyczą estymacji wskaźnika struktury w badaniach reprezentacyjnych, w szczególności w losowaniu warstwowym z losowaniem prostym w warstwach. Szkoda zatem, iż w rozdziale 1 (i w całej pracy) zabrakło metodologicznego opisu doboru próby do badań reprezentacyjnych cytowanych przez autora, w szczególności do Badania Budżetów Gospodarstw Domowych, Europejskiego Badania Warunków Życia Ludności i Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności. Doktorant wykazał bezsprzecznie, iż wiele z przytoczonych wskaźników jakości życia ma charakter frakcji i w tym kontekście jasno i przekonująco umotywowował swoje dalsze badania.

Nie jestem jednak przekonana odnośnie umotywowania w kontekście badania dobrobytu stosowania losowania warstwowego z losowaniem prostym w warstwach. Wyżej wymienione badania reprezentacyjne przeprowadzane przez GUS oparte są co prawda na losowaniu warstwowym, ale w warstwach stosowane jest losowanie dwustopniowe. Jednostkami losowania pierwszego stopnia są rejony statystyczne lub/i obwody spisowe (w zależności od badania), a jednostkami losowania drugiego stopnia mieszkania. W tego typu badaniach należy ustalić licznosc w próbie zarówno jednostek losowania pierwszego, jak i drugiego stopnia. Warstwowanie odbywa się na pierwszym stopniu, przy czym jednostki losowania pierwszego stopnia pobierane są do próby z różnymi prawdopodobieństwami wyboru, a konkretnie z prawdopodobieństwami proporcjonalnymi do liczby mieszkań w nich zawartych. Taki typ schematów losowania z nierównymi prawdopodobieństwami wyboru oznacza się zazwyczaj w literaturze jako PPS (ang. probability proportional to size). Stosowany w najważniejszych badaniach reprezentacyjnych prowadzonych przez GUS schemat losowania (zob. GUS, 2018a str. 12-13; GUS, 2018b str. 13-14; GUS, 2021 str. 176-177) jest zatem dużo bardziej skomplikowany niż ten omawiany w pracy w następnych rozdziałach.

W rozdziale drugim autor przeszedł do omówienia zagadnień metody reprezentacyjnej, w szczególności przedstawił schemat losowania warstwowego z losowaniem prostym bez zwracania w poszczególnych warstwach, omówił wybrane metody alokacji próby w warstwach, w tym trzy podstawowe metody alokacji, tj. alokację równomierną, proporcjonalną, alokację Neymana (nazywaną przez autora alokacją Neymana-Czuprowa) oraz trzy metody alternatywne, tj. alokację PCA, PAUST oraz ROAUST. Odnośnie tego rozdziału również mam kilka uwag. Pierwsza uwaga dotyczy pewnego zawężenia pojęcia losowania warstwowego. Autor rozważa jedynie losowanie warstwowo z losowaniem prostym w warstwach. W tym kontekście rozdział 2 jest zatem oderwany od rozdziału 1, w którym autor cytował badania reprezentacyjne o dużo bardziej skomplikowanym schemacie losowania. Druga uwaga jest drobna i dotyczy niewielkiego braku spójności w przedstawieniu metod alokacji. Wszystkie alokacje, oprócz ROAUST, zostały przedstawione przy założeniu, że cechą badaną jest wskaźnik struktury, natomiast alokacja ROAST przedstawiona została w sposób ogólny, bez przekształcenia do szczególnego przypadku estymacji odsetka. Ostatnia uwaga dotyczy jednego z prezentowanych wzorów. We wzorze na alokację pierwiastkową (str. 46, trzeci wzór od góry) wkradł się błąd. Alokaację pierwiastkową dostajemy dla  $X_i = N_i$  i  $q = \frac{1}{2}$  jeżeli  $C_i = C$  (Choudhry, Rao i Hidiroglou 2012, str. 23). Autor nie podał w pracy ostatniego warunku  $C_i = C$ . W rezultacie doktorant otrzymał wzór na „pierwiastkową alokację” (str. 46), który różni się od tego w cytowanej przez autora literaturze. Obydwie cytowane przez autora pozycje, tj. Choudhry, Rao i Hidiroglou (2012, str. 23) oraz GUS (2012, str. 20) podają inny wzór na alokację pierwiastkową, mianowicie:  $n_i^{(SRA)} = n \frac{\sqrt{N_i}}{\sum_{j=1}^h \sqrt{N_j}}$ . Warto zwrócić uwagę na fakt, iż ideologicznie wzór podany przez doktoranta i ten podany w literaturze

są zupełnie różne. Wzór podany przez doktoranta zawiera nieznanne parametry populacji, natomiast ten podany w literaturze już nie. Dodatkowo, doktorant przytaczając pozycję Choudhry, Rao i Hidioglou (2012) przekreślił nazwisko Choudhry na Choundry, a nazwisko Rao na Rap. Oczywiście każdemu może się to przydarzyć. Warto jednak dodać, iż akurat Rao J.N.K uznawany jest za jednego z najważniejszych i najbardziej znanych naukowców i badaczy związanych ze współczesną metodą reprezentacyjną i jego nazwiska, jak też oczywiście nazwisk innych autorów, nie wypada już przekreślać.

W rozdziale 3 autor wyznaczył optymalną alokację próby w losowaniu warstwowym z losowaniem prostym w warstwach. Alokacja optymalna została otrzymana dla estymacji wskaźnika struktury w całej populacji oraz przy pewnym upraszczającym założeniu o dwóch warstwach. Wartością minimalizowaną była maksymalna możliwa wariancja estymatora wskaźnika struktury, tj. wielkość  $\max_{\theta} D_{\hat{\theta}_w}^2$ , a minimalizacja odbywała się przy ograniczonym koszcie badania. Wynik otrzymany w tym rozdziale był istotnym rozszerzeniem wyniku otrzymanego we wcześniejszej pracy autora i promotora (Sieradzki i Zieliński, 2017), gdzie nie otrzymano wzorów końcowych na optymalną alokację. Z punktu widzenia praktyki wzory takie są kluczowe. Optymalna alokacja próby została przedstawiona w rozprawie doktorskiej częściowo za pomocą wzoru analitycznego, a częściowo za pomocą rozwiązania numerycznego. Zaprezentowany w tym rozdziale wynik teoretyczny jest ważnym i ciekawym autorskim wynikiem doktoranta. Część obliczeń statystyki matematycznej wykonanych przez autora, a wykorzystywanych w tym rozdziale, została przeniesiona do aneksu. Do aneksu został również przeniesiony autorski kod napisany w języku programowania Mathematica służący do wyznaczania optymalnego podziału próby w przypadkach, gdy nie podano rozwiązania analitycznego. W dalszej części tego rozdziału autor porównał dokładność estymacji, mierzoną wariancją, przy zastosowaniu prezentowanej alokacji optymalnej, rozumianej jako minimalizacja  $\max_{\theta} D_{\hat{\theta}_w}^2$ , z analogiczną dokładnością estymacji przy alokacji Neymana-Czuprowa. Doktorant wykazał, iż w wybranych przypadkach jego rozwiązanie jest lepsze, tj. daje mniejszą wariancję, a co za tym idzie mniejszy błąd szacunku. Szkoda trochę, iż na wykresach (zarówno w rozdziale 3 jak też i w aneksie) autor nie zawarł skali na osi rzędnych. Dla mnie ciekawy byłby również rząd wielkości otrzymanych wariancji. Uwaga ta jest oczywiście drobna, a cały rozdział 3 oceniam bardzo wysoko. Chciałabym jeszcze odnieść się szerzej do podrozdziału 3.4 i Aneksu C, tj. do porównania różnych alokacji. Autor porównał dokładność estymacji, mierzoną wariancją odpowiednich estymatorów, przy wykorzystaniu alokacji optymalnej, tj. alokacji minimalizującej  $\max_{\theta} D_{\hat{\theta}_w}^2$  oraz alokacji Neymana-Czuprowa. Na tej podstawie wskazał sytuacje, w których jego rozwiązanie jest lepsze. Wydaje mi się jednak, iż tych sytuacji będzie w praktyce więcej. W alokacji Neymana-Czuprowa wykorzystywane były parametry populacji, których tak naprawdę przed badaniem nie znamy i możemy je jedynie oszacować na podstawie badania wstępnego, cechy silnie skorelowanej z cechą badaną lub

tej samej cechy z poprzednich okresów, o ile takie informacje są dostępne. Zatem finalna alokacja Neymana-Czuprowa w większości przypadków w praktyce różnić się będzie od tej teoretycznej. Rozwiązanie autora nie zawiera w sobie żadnych nieznanymi parametrów populacji i to jest jego największą zaletą. Porównanie alokacji jedynie na podstawie wariancji teoretycznej może zatem nie ukazywać wszystkich zalet rozwiązania zaproponowanego przez autora.

W dość krótkim rozdziale 4 autor przedstawił hipotetyczny przykład ustalania alokacji próby przy szacowaniu odsetka osób z wyższym wykształceniem. Za cechę warstwową doktorant przyjął miejsce zamieszkania. Posłużył się przy tym danymi Państwowej Komisji Wyborczej o Wyborach Parlamentarnych w 2019 roku w Polsce. Autor przedstawił również poprawę dokładności szacunku wynikającą z zastosowania wyznaczonej przez siebie alokacji optymalnej. Doktorant niepotrzebnie, w moim mniemaniu, nawiązał w tym rozdziale do Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności, gdyż schemat losowania w tym badaniu (zob. GUS, 2018b, str. 13-14) jest dużo bardziej skomplikowany niż ten rozważany przez autora, o czym pisałam już wcześniej.

Przejdę teraz do podsumowującego zestawienia słabości oraz mocnych stron recenzowanej pracy. Podsumowanie zacznę od pewnych uwag krytycznych i polemicznych.

Wybrane wątki zostały przedstawione w pracy w sposób nadmiernie zwięzły. Mam tu na myśli przede wszystkim brak jakiegokolwiek wglądu w metodologię doboru próby do najważniejszych reprezentacyjnych badań społeczno-ekonomicznych prowadzonych przez GUS, w tym w metodologię doboru próby do Badania Budżetów Gospodarstw Domowych, Europejskiego Badania Warunków Życia czy Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności. Zabrakło mi też choć minimalnego odniesienia się w pracy do dwustopniowego schematu losowania próby, który jest podstawą absolutnej większości reprezentacyjnych badań prowadzonych przez GUS. Nie było też w pracy żadnego odniesienia do schematów losowania próby ze zróżnicowanymi prawdopodobieństwami wyboru, które stosowane są na pierwszym stopniu losowania w przytoczanych wyżej badaniach. Przegląd alokacji próby w losowaniu warstwowym z losowaniem prostym w warstwach również mógłby być przedstawiony dokładniej. Zabrakło mi chociażby odniesienia do alokacji opartej na programowaniu nieliniowym (ang. nonlinear programming NLP allocation). W przeglądzie autor podał gotowe wyniki (alokacje) nie przedstawiając problemu optymalizacyjnego, który im towarzyszył ani też nie komentując celowości takiej alokacji. Przykładowo, alokację PCA (ang. power compromise allocation) dostajemy minimalizując  $\sum_{j=1}^h (X_j^q CV_j)^2$  przy ustalonej liczebności próby  $\sum_{j=1}^h n_j = n$  (Choudhry, Rao i Hidiroglou, 2012, str. 23). Nie dowiemy się jednak tego z pracy, gdyż doktorant podał jedynie gotowe rozwiązanie. Wolalabym dokładniejsze przedstawienie motywacji stojących za danymi alokacjami.

Zabrakło mi w pracy również szerszego osadzenia badań autora dotyczących optymalnej alokacji próby we współczesnej literaturze światowej. Nie mam żadnych wątpliwości, iż tematyka poruszana w rozprawie jest cały czas niezwykle aktualna, ale nie wydaje się to jednak wynikać z pracy. Szkoda zatem, iż autor nie przedstawił szerzej aktualnych badań związanych z wyznaczeniem optymalnej alokacji próby w różnych problemach badawczych i nie osadził swoich rozważań w kontekście najnowszych artykułów, takich jak chociażby Wright (2017), Khan i Wesołowski (2019), Wesołowski (2019).

Ostatnia uwaga polemiczna dotyczy braku spójności pomiędzy głównym wynikiem formalnym osiągniętym w pracy, a przytaczanymi w pierwszym rozdziale badaniami społeczno-ekonomicznymi. Główny wynik formalny został osiągnięty dla losowania warstwowego z losowaniem prostym w warstwach, przy założeniu jedynie dwóch warstw, podczas gdy przytaczane reprezentacyjne badania społeczno-ekonomiczne prowadzone przez GUS cechują się dużo bardziej skomplikowanym schematem losowania próby. W tym kontekście zastanowić się można również nad samym tytułem pracy. Tytuł stawia pewne wymagania odnośnie udziału i powiązania poszczególnych elementów. Poszczególne elementy powinny być zatem połączone w jedną całość, czego w pracy trochę zabrakło. Pragnę jednocześnie zaznaczyć, iż autor bardzo ładnie osadził problem estymacji wskaźnika struktury w kontekście pomiaru dobrobytu. Zabrakło jednak w pracy omówienia, komentarza i odniesienia do schematów losowania próby stosowanych w najważniejszych badaniach społeczno-ekonomicznych prowadzonych przez GUS i cytowanych przez autora w pierwszym rozdziale.

Chciałabym nadmienić przy okazji, iż sytuacja, w której pewien wynik teoretyczny otrzymuje się dla warstwowego schematu losowania próby z losowaniem prostym w warstwach, a dopiero później, na dalszych etapach pracy naukowej, rozwiązanie to wdraża się i przysposabia do bardziej skomplikowanych schematów losowania jest w nauce absolutnie standardowa. Moja uwaga krytyczna dotyczy jedynie faktu, iż autor do tych bardziej skomplikowanych schematów losowania próby w ogóle się w pracy nie odniósł.

Przejdę teraz do omówienia walorów i mocnych stron pracy.

Największym walorem i atutem pracy jest wysoka wartość merytoryczna głównego wyniku formalnego przedstawionego w rozdziale 3, tj. uzyskanie wzorów na alokację optymalną próby, które nie zależą od nieznanymi parametrów populacji. Otrzymany wynik stanowi istotny wkład w teorię metody reprezentacyjnej i może znaleźć szerokie zastosowania w praktyce badawczej, w szczególności w projektowaniu badań społeczno-ekonomicznych. Autor wielokrotnie podkreślał w swojej rozprawie, iż optymalna alokacja przedstawiona w pracy pozwala na uniknięcie pośredniego kroku badania, polegającego na konieczności oszacowania nieznanymi wskaźników struktury w warstwach, który to krok niezbędny jest w przypadku alokacji Neymana-Czuprowa, a także pozwala w niektórych



przypadkach na zwiększenie precyzji szacunku. Zgadzam się z tymi stwierdzeniami. Jednocześnie uważam, iż zalety przedstawionego rozwiązania są w praktyce de facto szersze niż tylko te, o których wspominał autor. Istotnym problemem w alokacji Neumana-Czuprowa jest nie tylko fakt, iż nie znamy wartości prawdziwych wskaźników struktury w warstwach, ale również to, iż alokacja optymalna w sensie Neymana-Czuprowa dla jednej cechy nie będzie już optymalna dla innej cechy. Biorąc pod uwagę fakt, iż niemal wszystkie współczesne reprezentacyjne badania społeczno-ekonomiczne są badaniami wielocelowymi, uzyskanie wyniku minimalizującego wariancję w sposób jednostajny, tj. uzyskanie wyniku minimalizującego  $\max_{\theta} D_{\theta}^2 \hat{\theta}_w$ , a co za tym idzie otrzymanie finalnych wzorów na alokację optymalną, które nie zależą od badanej cechy daje bardzo duże i szerokie możliwości przyszłego zastosowania otrzymanego wyniku w praktyce badań społeczno-ekonomicznych. Rezultaty badawcze osiągnięte w pracy oceniam zatem wysoko.

#### Cytowana literatura:

- Choudhry G.H., Rao J.N.K. i Hidiroglou M.A. (2012), On sample allocation for efficient domain estimation, *Survey Methodology*, Vol. 38, No.1 str. 23 -29;
- GUS (2012), Raport z wyników. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, Warszawa, str. 20;
- GUS (2018a), Zeszyt metodologiczny. Badanie budżetów gospodarstw domowych, Warszawa, str. 12-13;
- GUS (2018b), Zeszyt metodologiczny. Badanie Aktywności Ekonomicznej Ludności, Warszawa, str. 13-14;
- GUS (2021), Dochody i warunki życia ludności Polski – raport z badania EU – SILC 2019, Warszawa, str. 176-177;
- Khan, M.G.M. & Wesolowski, J. (2019). Neyman-type sample allocation for domains-efficient estimation in multistage sampling. *AStA Advances in Statistical Analysis*, 103, str. 563–592;
- Sieradzki, D. i Zielinski W. (2017). Sample allocation in estimation of proportion in finite population divided among two strata. *Statistics in Transition new series* 18.3, str. 541–548;
- Wesolowski J. (2019) Multi-domain Neyman-Tchuprov optimal allocation, *Statistics in Transition new series*, vol. 20, 4, str. 1-12;
- Wright, T., (2017). Exact optimal sample allocation: More efficient than Neyman. *Statistics & Probability Letters*, 129, str. 50–57.

### 3. Konkluzja

W podsumowaniu stwierdzam, iż recenzowana praca jest wartościowym merytorycznie opracowaniem, a wskazane przeze mnie we wcześniejszych częściach recenzji pewne uwagi krytyczne i polemiczne nie podważają mojej pozytywnej oceny pracy.

Stwierdzam jednocześnie, iż przedłożona rozprawa doktorska pt. „Optymalizacja doboru próby badawczej w pomiarze dobrobytu” autorstwa mgra Dominika Sieradzkiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, w której autor wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie dyscypliny ekonomia i finanse.

Na tej podstawie uznaję, iż praca spełnia ustawowe wymogi stawiane pracom doktorskim określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). Wniosuję o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

