

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Złotoś
pt. „Zastosowanie metod planowania eksperymentów
w badaniach ekonomicznych”

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr Małgorzaty Złotoś poświęcona jest metodom planowania eksperymentów i ich zastosowaniu do szeroko rozumianej statystycznej kontroli jakości. Doktorantka stosuje klasyczne metody planowania eksperymentów, jak i ich modyfikacje. Należy w tym miejscu pochwalić Doktorantkę za wybór tego tematu. Jak wspomniała we wstępie rozprawy „jednym z głównych celów przedsiębiorstwa jest uzyskanie produktu wysokiej jakości”. W dużym stopniu ułatwi to dobrze przeprowadzona kontrola jakości. Metody statystyczne, jak ich zastosowanie w metodach planowania eksperymentów są dobrym narzędziem umożliwiającym przeprowadzenie tej kontroli. Umożliwiają właściwe zaprojektowanie i przeprowadzenie procesu produkcyjnego.

Głównym celem pracy jest prezentacja modyfikacji metod planowania eksperymentów oraz zastosowanie ich w sytuacji gdy klasyczne założenia metod analizy wyników nie są spełnione. Autorka przeprowadza te modyfikacje stosując nieklasyczne metody statystyczne. Drugim celem pracy, nie mniej ważnym, jest zastosowanie powyższych metod do kontroli jakości procesu produkcji pelletu drzewnego.

Doktorantka wyróżniła cele teoretyczno-poznawcze oraz praktyczne. Pierwsze zawierają:

- „przedstawienie metod statystycznych wykorzystywanych w teorii planowania eksperymentów”,
- „zaprezentowanie wybranych planów eksperymentów wykorzystywanych w statystycznej kontroli jakości oraz w naukach przyrodniczych”,
- „sformułowanie podstaw metodologii funkcji powierzchni odpowiedzi”.

Natomiast drugie, praktyczne dotyczą:

- „zapropozowanie modyfikacji klasycznych planów eksperymentów czynnikowych skonstruowanych dla wybranych procesów produkcyjnych”,
- „przedstawienie propozycji wykorzystania nieklasycznych metod statystycznych w analizie wyników doświadczeń”,
- „zastosowanie alternatywnych metod planowania eksperymentów w przebiegu procesu produkcji pelletu drzewnego”.

Autorka przedstawiła główną hipotezę badawczą głoszącą, że „wykorzystanie w procedurze planowania eksperymentów nieklasycznych metod statystycznych pozwala na skuteczną analizę rezultatów doświadczeń”. Hipoteza ta została przez Doktorantkę pozytywnie zweryfikowana. Ponadto zostały przedstawione hipotezy szczegółowe:

- „alternatywne metody konstrukcji planów eksperymentów pozwalają na efektywne zaprojektowanie procesu produkcyjnego oraz ograniczenie kosztów realizacji doświadczeń”,
- „wykorzystanie testów permutacyjnych w analizie wyników eksperymentów pozwala na rozszerzenie możliwości aplikacyjnych planowania eksperymentów”,
- „wdrożenie modyfikacji metod planowania eksperymentów w procesie wytwarzania pelletu drzewnego pozwala na znaczne podniesienie jakości produkcji”.

Ostatnia hipoteza szczegółowa została pozytywnie zweryfikowana dla danych pochodzących z rzeczywistego procesu produkcyjnego.

Doktorantka zastosowała nieklasyczne metody planowania eksperymentów. W przypadku konstrukcji planów eksperymentów czynnikowych uwzględniła czynniki nieprecyzyjnie określone, wykorzystała wartości pola losowego oraz metody półprób zrównoważonych. W zagadnieniach dotyczących funkcji powierzchni odpowiedzi rozpatrywała nieliniową postać tej funkcji oraz wykorzystała do jej estymacji metodę bootstrab. Zastosowała też metodę testów permutacyjnych w analizie wyników eksperymentów oraz w ocenie istotności parametrów. Umiejętnie przeprowadzone te modyfikacje istotnie poprawiły analizę wyników oraz ograniczyły koszty realizacji doświadczeń. Na szczególne podkreślenie zasługuje praktyczne wykorzystanie powyższych metod planowania eksperymentów w procesie produkcji pelletu drzewnego.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. Małgorzaty Złotoś liczy 180 stron. Składa się ze wstępu, czterech rozdziałów, zakończenia, bibliografii, spisu tabel oraz rysunków. Struktura rozprawy jest przejrzysta, a podział na rozdziały jest jak najbardziej naturalny i zgodny z jej treścią. Bibliografia jest wyczerpująca i umiejętnie dobrana. Obejmuje aktualne pozycje

związane z planowaniem eksperymentów, jak i wcześniejsze klasyczne już pozycje. Spis literatury zawiera 110 pozycji. W większości są to pozycje angielskojęzyczne, ale i też ważne z punktu widzenia tematyki poruszanej w pracy pozycje napisane w języku polskim.

W rozdziale pierwszym Doktorantka przedstawiła rys historyczny metod planowania eksperymentów, a następnie przeszła do opisu procedury planowania eksperymentów mając na uwadze proces produkcyjny. Przedstawiła dwie metody statystyczne: analizę wariancji oraz analizę regresji, najczęściej wykorzystywane w procedurach planowania eksperymentów. Ponadto omówiła możliwości zastosowania wyżej wspomnianych metod w innych dziedzinach, niż przemysł produkcyjny.

Klasyczne plany eksperymentów, wykorzystywane zwykle w naukach przyrodniczych omawiane zostały w rozdziale drugim. Ponadto przedstawiono zasady konstrukcji całkowitych i ułamkowych planów eksperymentów czynnikowych oraz planów dla czynników występujących na różnej liczbie poziomów. Metody te są często praktycznie wykorzystane przedsiębiorstwach produkcyjnych. Plany optymalne, metody umożliwiające ich wyznaczenie oraz przykłady dotyczące tego typu planów stanowią ostatni fragment rozdziału drugiego.

Bardzo ważnym rozdziałem jest rozdział trzeci. Znajdują się tam autorskie propozycje konstrukcji planów eksperymentów czynnikowych oraz propozycje metod analizy wyników przeprowadzonych doświadczeń. Przedstawiono alternatywne metody konstrukcji planów eksperymentów czynnikowych uwzględniających możliwość realizacji przy ograniczonych kosztach, czy czynnikach nieprecyzyjnie ustalonych. Do tych konstrukcji wykorzystano też wartości pola losowego jak i metodę półprób zrównoważonych. Zaprezentowane zostały też zagadnienia związane z metodologią funkcji powierzchni odpowiedzi. Jest też autorska propozycja konstrukcja planu eksperymentu dla estymacji nieliniowej funkcji powierzchni odpowiedzi. Ważnym zagadnieniem, z punktu widzenia zastosowań, jest estymacja parametrów funkcji powierzchni odpowiedzi gdy założenia klasycznych metod estymacji nie są spełnione. Doktorantka zaproponowała użycie w tym przypadku metod symulacyjnych, w szczególności metody bootstrap. Omówiła też zagadnienie zastosowania testów permutacyjnych w procedurze planowania eksperymentów. Przedstawiła autorskie propozycje zastosowania tych testów w analizie wyników eksperymentu oraz w ocenie istotności parametrów funkcji powierzchni odpowiedzi.

Czwarty rozdział ma odmienny charakter niż wcześniejsze, które są w zasadzie teoretyczne. Ma on charakter aplikacyjny. Autorka przedstawiła w nim zastosowanie planowania eksperymentów w procesie produkcji pelletu drzewnego w konkretnym

przedsiębiorstwie. Omówione zostały kolejne etapy produkcji pelletu oraz scharakteryzowana produkcja pelletu drzewnego w Polsce i w Europie. Autorka zaproponowała autorskie modyfikacje planów eksperymentów czynnikowych, jak i autorską metodę analizy wyników otrzymanych podczas przeprowadzania doświadczeń. Propozycje te umożliwiają poprawę jakości produkowanego pelletu drzewnego.

Podsumowując, mogę śmiało stwierdzić, że postawiony przez Doktorantkę cel główny, jak i cele cząstkowe zostały w pełni osiągnięte. Ponadto sformułowana przez mgr Małgorzatę Złotoś hipoteza główna oraz hipotezy szczegółowe zostały pozytywnie zweryfikowane. Wykazała się przy tym dużą erudycją, znajomością tematu, zagadnień związanych z metodami planowania eksperymentów. Znajomością zarówno teorii, strony statystycznej, praktycznych zastosowań wspomnianych metod, jak i historii przedstawionych zagadnień.

Jeszcze raz chciałbym zaznaczyć, że wybrany przez Doktorantkę temat jest niezmiernie ważny z punktu widzenia praktyki, głównie kontroli jakości produkcji. Należy podkreślić, że przedstawione przez Autorkę modyfikacje metod planowania eksperymentów można zastosować w sytuacji gdy założenia klasycznych metod statystycznych nie są spełnione. Ponadto, nie mniej ważnym zagadnieniem poruszonym przez mgr Małgorzatę Złotoś, jest zastosowanie powyższych metod do kontroli jakości procesu produkcji pelletu drzewnego.

Recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska jest przejrzysta i niezwykle porządnie napisana. Prawie nie występują w niej błędy edytorskie, „literówki”. Jednak mam do niej następujące uwagi. Na str. 26 Doktorantka pisze, że w przypadku testowania hipotezy $H_0: \mu_1 = \mu_2$ rozkłady statystyk testowych można przybliżyć rozkładem normalnym, gdy $n_1, n_2 > 100$. Jednak wielu autorów zaznacza, że wystarczy, $n_1, n_2 > 30$, np. drugie wydanie podręcznika prof. Wywiśla (2012). Ponadto na str. 27-28 lewe strony równań (1.24) i (1.27) nie zależą od i, j , ale prawie tak. Jak to rozumieć? Co to jest N ? (również na str. 128).

Według mnie brakuje szerszego omówienia pojęcia poziomu, jak nieprecyzyjnej jego wersji. Podobnie jest w przypadku pól losowych. Umyka tutaj istota przeprowadzonej konstrukcji planu eksperymentu. Ponadto co to są funkcje $u(t_i)$, czym się różni $R(t_1, t_2)$ od $R(\overline{t_1 t_2})$, oraz jak wyznaczyć $w(p)$? Szerszego wyjaśnienia wymagają też rys. 3.8-3.10 i 3.18. Nie rozumiem też treści zalecenia pozwalającego uzyskać dobrą jakość na str. 164. Dlaczego takie, a nie inne?

Niektóre tabele również wymagają wyjaśnień. Dziwna, niezrozumiała dla mnie jest postać drugiej kolumny tabeli 2.1. Jak wyglądają sumy kwadratów dla większej liczby

czynników w tab. 2.12? Dlaczego schemat planu eksperymentu w tab. 3.1. ma taką postać? Dlaczego w tab. 3.2 jest 12 doświadczeń, a nie 8?

Ponadto zaobserwowałem następujące drobne błędy. Na str. 33 zamiast „hipotezy zerowej (1.47)” powinno być (1.40). Tabela 2.9, pierwszy wiersz, ostatnia kolumna – niepotrzebne $(p - 1)$. Na str. 68 zamiast „w tabeli 2.12” powinno być 2.13. Dlaczego w ostatnim wierszu tab. 2.20 są -1 i 1 , a nie $-i$ i $+$? Na str. 94 powinno być y_{hi} czy y_{h_i} ? Co to jest w_{ij} na str. 104? Na str. 115 n czy m ? Na str. 116 zamiast „krańców przedziału 3.11” powinno być 3.33. Natomiast na str. 117 zamiast „modelu 3.33” powinno być 3.40. W drugiej kolumnie tab. 4.5 powinno być $\beta_i^{(2)}$. W tytule tab. 3.11 ma być k czy n ? Na str. 132 zamiast „hipotezę zerową 3.61” powinno być 3.60.

Oprócz tego nastąpiło przestawienie stron 72 i 73 oraz 108 i 109. Natomiast pozycja (Kończak 2020) na str. 124 nie występuje w spisie literatury. Natomiast w przypadku Wywiół J. (2012) na str. 176 należy podać nr wydania.

Wymienione powyżej błędy i usterki w żadnym stopniu nie wpływają na jak najbardziej pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy. Rozprawa ta stanowi bowiem dzieło w znacznym stopniu oryginalne, interesujące zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym.

Po uważnym przeczytaniu i przestudiowaniu przedstawionej mi do recenzji rozprawy mgr Małgorzaty Złotoś pt. „Zastosowanie metod planowania eksperymentów w badaniach ekonomicznych” stwierdzam, że praca ta spełnia wszystkie wymagania stawiane dysertacjom doktorskim. Stawiam więc wniosek o dopuszczenie Autorki recenzowanej rozprawy doktorskiej do publicznej obrony swojej pracy i umożliwienie jej ubiegania się o przyznanie jej stopnia doktora w dziedzinie nauk ekonomicznych, w dyscyplinie ekonomia.

.....

.....
(Prof. dr hab. Stanisław Heilpern)