

Prof. dr hab. Zygmunt Kaczmarek
Profesor emerytowany
Instytutu Genetyki Roślin PAN
w Poznaniu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Kingi Noras pt. "Analiza danych niekompletnych serii doświadczeń odmianowo – uprawowych na podstawie liniowych modeli mieszanych"

wykonanej w Katedrze Doświadczalnictwa i Bioinformatyki Wydziału Rolnictwa i Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie pod opieką naukową promotora prof. dr hab. Wiesława Mądrego i promotora pomocniczego dr inż. Mariana Studnickiego

Badania dotyczące opracowywania i stosowania metod statystycznych umożliwiających właściwą ocenę genotypów obserwowanych w serii doświadczeń zakładanych w różnych środowiskach przez okres kilku lat prowadzone były i nadal są przez szereg instytucji naukowych i badawczych tak w kraju jak i za granicą. W literaturze można znaleźć wiele prac, w których prezentowane są metody statystyczne wykorzystywane przy opracowywaniu danych pochodzących z serii jednoczynnikowych doświadczeń wielokrotnych i wieloletnich zakładanych w dowolnych układach blokowych zarówno kompletnych jak i niekompletnych. Niewiele jest natomiast propozycji metodycznych umożliwiających wykonanie analizy statystycznej serii dwuczynnikowych doświadczeń odmianowych czyli serii tak zwanych doświadczeń odmianowo - uprawowych. Jak do tej pory można jedynie spotkać prace zawierające metodologię statystyczną oceny odmian w seriach doświadczeń dwuczynnikowych zakładanych w układzie split-block o blokach kompletnych lub niekompletnych, prowadzonych w jednym roku w wielu miejscowościach bądź w jednej miejscowości przez kilka lat.

Przedstawiona do oceny praca jest jedną z nielicznych, w których podjęta została próba przedstawienia metodyki statystycznej analizowania wyników niekompletnej serii wielokrotnej i wieloletniej dwuczynnikowych doświadczeń odmianowo-uprawowych. Praktyczna przydatność tej metodyki, opartej na modelach mieszanych obserwacji, jest sprawdzana na przykładzie rzeczywistej serii doświadczeń odmianowo-uprawowych z pszenicą ozimą prowadzonych przez Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych (COBORU) ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Podstawowym celem doświadczeń PDO jest ocena zachowania się odmian po ich zarejestrowaniu czyli odmian wpisanych już do Krajowego Rejestru i Wspólnotowego Katalogu Odmian. Badaniami prowadzonymi w szeregu miejscowościach rozmieszczonych we wszystkich rejonach klimatycznych kraju objęte są wszystkie nowo zarejestrowane odmiany oraz odmiany zarejestrowane wcześniej po eliminacji odmian starszych, najslabiej plonujących. Tego rodzaju sytuacja powoduje ciągłe zmiany w liczbie i w zestawie badanych corocznie w ramach PDO odmian. Aby właściwie ocenić stopień plonowania i reakcję zarejestrowanych odmian pszenicy ozimej na zróżnicowane warunki środowiskowe miejscowości i lat a także ze względu na różne poziomy agrotechniki na przestrzeni lat, materiał doświadczalny takich serii doświadczeń powinien odpowiadać czteroczynnikowej klasyfikacji Odmiana x Agrotechnika x Miejscowość x Rok ($G \times M \times L \times Y$).

I. Cel i zakres pracy

Podstawowym celem pracy jest przedstawienie i ocena przydatności metodyki statystycznej umożliwiającej analizowanie wyników niekompletnych danych pochodzących z serii dwuczynnikowych odmianowo-uprawowych doświadczeń wielokrotnych i wieloletnich wykonywanych w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego. Wyżej nakreślony cel wymagał w pierwszym rzędzie konstrukcji i wyboru odpowiednich modeli matematycznych umożliwiających właściwą ocenę reakcji odmian na intensywność agrotechniki oraz na naturalne i z reguły niejednakowe wpływy warunków glebowo-klimatycznych występujących w miejscowościach i latach, w których doświadczenia były prowadzone. Wymagał także dopasowania realistycznego, właściwego dla 4-czynnikowej niekompletnej klasyfikacji danych Odmiana x Agrotechnika x Miejscowość x Rok, liniowego modelu mieszanego z odpowiednio dobraną macierzą kowariancji efektów losowych badanych odmian. Wreszcie konieczne było sprawdzenie przydatności w praktyce proponowanych rozwiązań metodycznych poprzez ich zastosowanie do analizy rzeczywistych danych z serii dwuczynnikowych doświadczeń PDO.

Ocenianą pracę można podzielić na trzy podstawowe części. Część metodyczna obejmuje rozdziały pierwszy i drugi, czyli wstęp z nakreślonym celem pracy, przeglądem literatury i podstawami metodycznymi dotyczącymi liniowych modeli mieszanych, macierzy kowariancji efektów losowych i kryteriów wyboru modeli. W tej części pracy Doktorantka opisuje także istotną rolę Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin.

Uprawnych (COBORU) w ocenie właściwości rolniczo-użytkowych odmian i utworzeniu do tych zadań Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Omawia system prowadzenia badań w ramach PDO mający na celu ocenę i rekomendację zarejestrowanych odmian do praktyki rolniczej jako materiału siewnego.

Część druga, informacyjno-metodyczna, przedstawiona w rozdziale trzecim rozprawy, zawiera szczegółowe omówienie zastosowanego materiału doświadczalnego. W części tej omówiona jest również metodyka analizy danych z niekompletnej klasyfikacji $G \times M \times L \times Y$ oparta na standardowym liniowym modelu mieszanym a także na liniowym modelu mieszanym z zagnieżdżonymi efektami odmian w obrębie miejscowości i w obrębie poziomów intensywności agrotechniki. Część trzecia, stanowiąca zawartość rozdziału czwartego w pracy, poświęcona jest aplikacji prezentowanej metodyki statystycznej. Całość rozprawy, na którą składa się 121 stron tekstu, 17 wykresów, 3 rysunki i 12 tabel, otwierają streszczenia w języku polskim i angielskim a zamykają rozdziały 5-9 obejmujące wnioski, spis 133 pozycji literatury, spisy wykresów, rysunków i tabel oraz jeden załącznik zawierający 7 tabel ze średnimi dla odmian.

II. Materiał doświadczalny

Mgr Kinga Noras wykorzystała w swojej rozprawie udostępniony przez COBORU zbiór danych pochodzący z 3-letniej serii rodzaju L 2-czynnikowych doświadczeń PDO z odmianami pszenicy ozimej zakładanych w układzie split-block i prowadzonych w latach 2008/2009, 2009/2010 i 2010/2011 na dwóch poziomach agrotechniki (umiarkowanie intensywnym i intensywnym) przez Stacje i Zakłady Doświadczalne Oceny Odmian w 23 miejscowościach Polski o zróżnicowanych warunkach glebowych. Z 61 ocenianych pod względem plonu ziarna odmian, 38 było obserwowanych w roku 2009, 41 w roku 2010 oraz 49 w roku 2011. Do analizy statystycznej wzięto dane z 18 miejscowości, w

których prowadzono badania w każdym roku. Została w ten sposób zachowana, niezbędna do dalszej analizy statystycznej, spójność układu danych. Doktorantka dokonała ogólnej charakterystyki badanych odmian pszenicy ozimej, omówiła zastosowane poziomy intensywności uprawy, dokonała prezentacji miejscowości badawczych oraz przedstawiła najważniejsze informacje pogodowe dotyczące przebiegu średnich miesięcznych temperatur powietrza i średnich miesięcznych sumy opadów w sezonach wegetacyjnych 2008/2009, 2009/2010 i 2010/2011 a także średniej wieloletniej z lat 1971 - 2000.

III. Podstawowe wyniki rozprawy

Recenzowana praca stanowi pierwszą próbę zbudowania odpowiedniej i w znacznym stopniu jednolitej metodyki analizowania niekompletnej serii doświadczeń odmianowo-uprawowych zakładanych w układzie split-block i prowadzonych w wielu miejscowościach przez okres kilku lat. Doktorantka nie ucieka się do jakichkolwiek ograniczeń i ułatwień w analizie polegających na tworzeniu kompletnego układu danych poprzez rezygnację z części obserwacji zakłócających kompletność serii. Postanawia zmierzyć się z tym bardzo ważnym a jednocześnie niezwykle trudnym i złożonym, tak w kwestii metodycznej, obliczeniowej jak i interpretacyjnej, problemem. W moim odczuciu ten pojedynek wygrała. Zaproponowała w pierwszym rzędzie wykonanie analizy statystycznej w dwóch podstawowych etapach. Etap pierwszy to obliczenia typowe dla doświadczeń zakładanych w układach o blokach niekompletnych. Przeprowadzane są w nim dwuczynnikowe analizy wariancji danych pochodzących z doświadczeń zakładanych w układzie split-block w każdej miejscowości i w każdym roku, w wyniku których otrzymujemy tzw. „średnie poprawione” dla odmian ze względu na ich rozmieszczenie wewnątrz poszczególnych poziomów czynnika dodatkowego (w tym wypadku poziomów intensywności uprawy). Otrzymane dla pojedynczych doświadczeń z poszczególnych miejscowości i lat średnie "poprawione" dla odmian i poziomów intensywności uprawy tworzą 4-czynnikową niekompletną klasyfikację krzyżową postaci $G \times M \times L \times Y$.

W etapie drugim mgr Noras przeprowadza dwie łączne analizy na „średnich poprawionych”. W pierwszej, opartej na liniowym modelu mieszanym dla klasyfikacji 4-czynnikowej, Doktorantka dokonuje testowania istotności stałych efektów głównych oraz efektów losowych (komponentów wariancyjnych) zgodnie z klasycznym liniowym modelem mieszanym zastosowanym w analizie wariancji niekompletnych danych 4-czynnikowej klasyfikacji Odmiana \times Agrotechnika \times Miejscowość \times Rok. W drugiej, omawia i dyskutuje problem wyboru najlepiej dopasowanego modelu mieszanego z efektami odmian zagnieżdżonymi wewnątrz miejscowości i w obrębie każdego ze sposobów uprawy. Wykorzystuje do tej operacji wartości dwóch kryteriów informacyjnych oraz parametru LogL uzyskane dla trzech typów macierzy kowariancji różniących się stopniem złożoności czyli macierzy typu "compound symmetry" (CS), "factor analytic" (FA) i "unstructured" (UN). Podejmuje także próbę oceny dopasowania wymienionego modelu wykonując dla każdego z rozpatrywanych typów macierzy wykresy przedstawiające krzywe reakcji plonu odmian na warunki środowiskowe występujące w miejscowościach i dokonuje porównania przydatności obu podejść. Znakomitym pomysłem jest sugestia uzyskania dodatkowych informacji dotyczących badanych odmian poprzez zastosowanie analizy skupień pozwalającej dla każdego sposobu uprawy dokonać pogrupowania odmian o podobnej reakcji na warunki środowiskowe. Na szczególną uwagę w tej części rozprawy zasługują także rozważania dotyczące teoretyczno-metodycznych aspektów analizowania niekompletnych serii doświadczeń wieloletnich i wielokrotnych oraz przydatności w analizie tych serii

istniejących pakietów statystycznych. Doktorantka dokonuje tu wnikliwego i krytycznego omówienia proponowanych w literaturze metod statystycznych dotyczących zarówno analizy danych kompletnych jak i niekompletnych. Przeprowadza szczegółową ocenę przydatności w badaniach interakcji genotypowo-środowiskowej modeli liniowych obserwacji, zwracając szczególną uwagę na metody największej wiarygodności z restrykcją REML. Autorka jednoznacznie stwierdza, że dla przeprowadzenia za pomocą metody iteracyjnej REML analizy statystycznej opartej na liniowych modelach mieszanych uwzględniającej macierze kowariancji efektów losowych konieczne jest wykorzystanie odpowiednich algorytmów i pakietów statystycznych. Dla zwiększenia poprawności i efektywności wnioskowania w analizie danych z serii doświadczeń wieloletnich i wielokrotnych, przeprowadzonej na podstawie liniowych modeli mieszanych, proponuje wykorzystać specyficzne macierze kowariancji. Omawiając możliwości stosowania pięciu wyróżnionych typów macierzy kowariancji występujących przy liniowych modelach mieszanych zwraca uwagę na ich zalety umożliwiające modelowanie efektów w największym stopniu zbliżonych do prawdy ale także na różnego rodzaju ograniczenia zastosowanego modelu. Podając kryteria informacyjne oceny jakości dopasowania i wyboru najlepszych modeli z określonymi macierzami kowariancji podkreśla ich niekiedy niską precyzję i wiarygodność, zwłaszcza w przypadku większych zbiorów danych i najbardziej złożonych struktur macierzy kowariancji. Z tych względów proponuje zastosowanie dodatkowej drogi wyboru modelu, a mianowicie wyboru poprzez wizualizację oceny reakcji odmian na warunki środowiskowe.

Przeprowadzone w tej części rozprawy rozważania metodyczne zostały wykorzystane w jej części aplikacyjnej. Dla liniowego modelu mieszanego danych z 4-czynnikowej klasyfikacji $G \times A \times M \times R$ (po obliczeniu „średnich poprawionych” dla odmian w doświadczeniach z poszczególnych lat i miejscowości) zostały wyznaczone i testowane oceny efektów stałych dla agrotechniki, miejscowości i interakcji miejscowość \times agrotechnika oraz efektów losowych dla dwóch pozostałych czynników i pozostałych interakcji pierwszego, drugiego i trzeciego rzędu.

Podstawowym problemem, z którym w tym momencie Doktorantka musiała się uporać stał się wybór modelu mieszanego a dokładniej mówiąc wybór odpowiedniej macierzy kowariancji. Jak już zaznaczono wcześniej podstawowe obliczenia zostały wykonane dla liniowego modelu mieszanego z zagnieżdżonymi efektami odmian i trzema typami macierzy kowariancji. Za pomocą omawianych wcześniej kryteriów informacyjnych podjęła więc Doktorantka próbę oceny precyzji oszacowanych parametrów rozpatrywanych wersji tego modelu a także oceny jego dopasowania do analizowanego zbioru danych. Ponieważ zastosowanie powyższych kryteriów nie pozwoliło na jednoznaczną ocenę rozważanych macierzy kowariancji i zastosowane kryteria informacyjne okazały się nie w pełni przydatne do oceny modeli z różnymi macierzami kowariancji, mgr Noras zaproponowała i zastosowała użycie do tego celu wizualizacji wyników średnich poprawionych w kombinacji Odmiana \times Miejscowość. Po ich uśrednieniu poprzez 2 poziomy agrotechniki i 3 lata zostały one przedstawione na wykresach krzywych reakcji plonu 61 odmian pszenicy ozimej na warunki środowiskowe występujące w 18 miejscowościach dla modelu (II) z różnymi typami macierzy kowariancji. Przeprowadzone próby oceny dopasowania i wyboru optymalnego modelu za pomocą kryteriów informacyjnych i niezależnie za pomocą wykresów krzywych reakcji nie dały pozytywnych rezultatów, w związku z czym Doktorantka zaproponowała łączne stosowanie obu podejść. Uważam, że decyzja łącznego sposobu wyboru modelu mieszanego dla zagnieżdżonych odmian w obrębie dwóch czynników zasługuje na akceptację, chociaż ocena krzywych reakcji winna być moim zdaniem dokonywana w sposób bardziej precyzyjny.

Zwykle w badaniach serii doświadczeń odmianowych czy odmianowo-uprawowych najbardziej istotne informacje dotyczą wysokości plonowania odmian i ich interakcji ze środowiskiem. Trzeba jednak zgodzić się z faktem, że w analizowanej w pracy serii liczba odmian jest bardzo duża. Stąd, zdaniem Autorki, wielce utrudniona jest porównawcza zdolność adaptacyjna (zwłaszcza na wykresie) plonu wszystkich odmian w 18 miejscowościach. Wykonane wykresy reakcji średniego plonu ziarna 61 odmian pszenicy ozimej na warunki środowiskowe w każdej z 18 miejscowości dla każdego ze sposobów agrotechniki pozwalają zaobserwować jedynie pewien trend krzywych reakcji tych odmian, praktycznie uniemożliwiający wskazanie odmian o zbliżonej reakcji na warunki środowiska w poszczególnych miejscowościach. Bardzo dobrym rozwiązaniem w tej sytuacji, przedstawionym w rozprawie, jest przeprowadzenie niezależnie dla każdego ze sposobów agrotechniki analizy skupień pozwalającej wydzielić grupy o podobnej reakcji plonu na środowisko. Uzyskane wyniki tych analiz zostały przedstawione w postaci dendrogramów. Ponadto zaprezentowane dla obu poziomów agrotechniki wykresy reakcji średnich plonów wyróżnionych grup odmian pszenicy ozimej na warunki środowiskowe w 18 miejscowościach oraz tabele z nazwami odmian w danej grupie i średnią plonu tych odmian znakomicie rekompensują brak szczegółowych informacji dotyczących poszczególnych odmian.

Do najważniejszych wyników rozprawy należy zaliczyć:

w części metodycznej

- przedstawienie metodyki analizy statystycznej opartej na liniowym modelu mieszanym dla klasyfikacji 4-czynnikowej postaci Odmiana x Agrotechnika x Miejscowość x Rok oraz analizy statystycznej opartej na liniowym modelu mieszanym z zagnieżdżonymi efektami odmian,
- wykorzystanie specyficznych macierzy kowariancji efektów losowych dla zwiększenia efektywności wnioskowania w analizie odmianowo-uprawowej serii doświadczeń wieloletnich i wielokrotnych przeprowadzonej na podstawie liniowych modeli mieszanych,
- zwrócenie uwagi na konieczność rozważnego wykorzystywania kryteriów informacyjnych dla oceny jakości dopasowania i wyboru najlepszych modeli z określonymi macierzami kowariancji,
- zaproponowanie stosowania łącznego, dwutorowego sposobu oceny i wyboru modelu mieszanego dla odmian zagnieżdżonych w obrębie dwóch czynników, to znaczy sposobu wykorzystującego zarówno kryteria informacyjne jak i wykresy krzywych reakcji odmian,
- zaproponowanie analizy skupień w celu wydzielenia dla każdego z poziomów intensywności agrotechniki grup odmian o podobnej reakcji na warunki środowiska.

w części aplikacyjnej

- interesujące i nowatorskie zastosowanie przedstawionej metodyki, przy właściwym wykorzystaniu odpowiednich pakietów statystycznych, do analizy danych pochodzących z niekompletnej wieloletniej i wielokrotnej serii doświadczeń odmianowo-uprawowych PDO z pszenicą ozimą,
- przedstawienie praktycznych korzyści z proponowanych metod statystycznych w zakresie interpretacji i wnioskowania o rolniczej przydatności uzyskanych wyników obliczeń,

- dokonanie dla analizowanej serii doświadczeń z pszenicą ozimą wyboru najlepiej dopasowanego liniowego modelu mieszanego z niestrukturalną macierzą kowariancji dla zagnieżdżonych losowych efektów odmian pozwalającego wykryć zróżnicowane reakcje odmian pszenicy ozimej na poziomy agrotechniki i warunki środowiska,
- wyróżnienie dla każdego z poziomów intensywności agrotechniki grup odmian pszenicy ozimej o podobnej reakcji na warunki środowiska w wyniku zastosowania analizy skupień,
- pokazanie możliwości graficznego ujmowania wyników analizy rozważanej serii doświadczeń PDO, ukazującego wielokierunkowe struktury wpływu różnorodnych warunków środowiskowych na zachowanie się odmian.

IV. Uwagi i komentarze

1. Nakreślone cele rozprawy, jasno i przejrzysto sformułowane, zostały w pełni osiągnięte a uzyskane rezultaty zostały poprzedzone zwięzłym przeglądem odpowiednio dobranej literatury.
2. Na podkreślenie zasługuje dobrze przemyślana koncepcja pracy, zawierająca najpierw opis roli i zadań doświadczeń PDO, wnikliwie podaną charakterystykę tych doświadczeń, rozważania teoretyczno-metodyczne dotyczące ich analizy statystycznej i wreszcie wyniki zastosowań prezentowanych metod w analizie rzeczywistych danych.
3. Recenzowana praca stanowi pierwszą próbę zbudowania odpowiedniej i w znacznym stopniu jednolitej metodyki analizowania niekompletnej serii dwuczynnikowych doświadczeń wielokrotnych i wieloletnich.
4. Uzyskane wyniki badań należy uznać za cenne zarówno z punktu widzenia metodyki analiz niekompletnych serii doświadczeń odmianowo-uprawowych jak i z możliwości ich wykorzystywania przy opracowywaniu doświadczeń wykonywanych w ramach Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego.
5. Praca napisana jest bardzo dobrym językiem, przy zachowaniu właściwej terminologii i pomimo wielu wątków i omawianych zagadnień rozprawa jest przejrzysta i starannie zredagowana. Na uwagę zasługuje umiejętne wykorzystanie różnych możliwości graficznego ujmowania wyników analiz.
6. Mimo prezentowanych wyżej zalet rozprawy i staranności redakcyjnej mgr Noras nie ustrzegła się pewnych niejasności sformułowań, drobnych potknięć i przeoczeń. Niektóre propozycje zmian zaznaczyłem bezpośrednio w tekście pracy, inne, wśród nich pytania do Autorki, wymieniam poniżej:
 - zauważyłem drobny błąd we wskaźnikach modelu (II),
 - zamiast sformułowania „4-czynnikowy liniowy model mieszany” proponuję „liniowy model mieszany dla 4-czynnikowej klasyfikacji”,
 - zamiast „efekty interakcji podwójnej, potrójnej...” proponuję „efekty interakcji pierwszego rzędu, drugiego rzędu...”

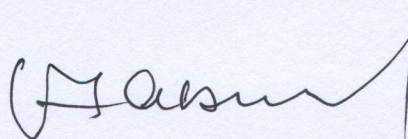
i pytania:

- jak należy rozumieć „dużą moc dyskryminacyjną odmian”?,
- czym odmiana Kampana zasłużyła na rekomendację do uprawy w Polsce ?
- w jaki sposób była oceniana stabilność odmian ?
- czym się kierowano wykonując wielokrotnie różnego rodzaju operacje obliczeniowe na średnich z obu poziomów agrotechniki ?

V. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Mgr Kingi Noras stanowi istotny, oryginalny oraz wartościowy naukowo wkład do rozwoju metodyki doświadczalnictwa rolniczego. Przedstawiona metodologia analizy statystycznej niekompletnych serii doświadczeń oraz pokazane w pracy ich zastosowanie do rzeczywistych danych doświadczalnych znacząco wzbogacają metodykę analizy doświadczeń wieloletnich i wielokrotnych. Bardzo wysoko oceniam wartość naukową rozprawy. Uważam, że spełnia ona wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim zawarte w Art.13 Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule Naukowym w Zakresie Sztuki (Dz.U. z 2003 roku, Nr 65,poz.595, z póź. zmianami). Wnoszę zatem do Rady Wydziału Rolnictwa i Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie mgr Kingi Noras do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Równocześnie, mając na uwadze przedstawioną w pracy metodologię statystyczną i odpowiednie procedury informatyczne wykorzystywane do analizy niekompletnych serii doświadczeń wielokrotnych i wieloletnich jak również pokazanie ich przydatności przy kompleksowym opracowywaniu rzeczywistych niekompletnych serii doświadczeń odmianowo-uprawowych, wnioskuję o jej stosowne wyróżnienie.

Poznań 4.09.2015



/ Zygmunt Kaczmarek /