UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Nauk Ekonomicznych
i Zarządzania

Dr hab. Joanna Górka, prof. UMK
Katedra Ekonometrii i Statystyki

Toruń, 12 września 2020 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra Bartłomieja Lacha

Prognozowanie upadłości przedsiębiorstw w Polsce z wykorzystaniem metod łączenia i selekcji klasyfikatorów

napisanej pod kierunkiem dr hab. Barbara Będowska-Sójka, prof. UEP
z udziałem promotora pomocniczego dra Sergiusza Hermana

Podstawą sporządzenia recenzji jest uchwała Rady Awansów Naukowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu powołująca mnie na recenzenta ww. rozprawy, o czym zostałam powiadomiona pismem Przewodniczącej Rady Awansów Naukowych dr hab. Barbary Jankowskiej, prof. UEP, z dnia 26 czerwca 2020r.

Ostatni globalny kryzys finansowy dowiódł, że nawet najlepsze międzynarodowe koncerny mogą mieć problemy ekonomiczno-finansowe. Towarzyszący kryzysowi wzrost zagrożenia upadłością firm spowodował wzrost świadomości menedżerów firm. Ustalenie obszarów występowania ryzyka, bieżąca kontrola sytuacji ekonomiczno-finansowej oraz skuteczne prognozowanie zagrożeń upadłością stały się kluczowe. Zatem analitycy nie stoją przed dylematem, czy prognozować ewentualne zagrożenie upadłością firm, lecz jaką metodę wykorzystać do oceny sytuacji finansowej, aby zminimalizować błąd prognozy. Stąd też występuje ciągła potrzeba monitorowania narzędzi już istniejących, ich modyfikacja czy też poszukanie nowych. Podjęte przez Doktoranta badania wpisują się właśnie w ten nurt. Jest to temat ważny i aktualny, zatem wybór tematu uważam za trafny.

Rozwiązanie postawionego zadania, właściwość przyjętych metod i założeń

Rozprawa doktorska mgra Bartłomieja Lacha liczy ogółem 183 strony, z tego właściwy tekst obejmuje 161 stron (174 z bibliografią). Praca podzielona jest na 5 rozdziałów, zawiera wstęp, zakończenie, załącznik, bibliografię, wykaz rysunków, tabel i wykresów. Wyniki analizy empirycznej znajdują się w dwóch ostatnich rozdziałach.

Wstęp zawiera motywację podejmowanego tematu, omówienie celu głównego i celów szczegółowych oraz hipotezy głównej, hipotez pomocniczych pracy, a także opis problematyki badawczej, metodyki badań oraz struktury pracy.

Rozdział pierwszy można traktować jako wprowadzenie do zjawiska upadłości przedsiębiorstw zawierające definicje, ekonomiczne i prawne aspekty oraz informacje o źródłach informacji wykorzystywanych w badaniach nad upadłością. W szczególności przedstawiony został problem upadłości przedsiębiorstw w Polsce z uwzględnieniem zmian w prawie upadłościowym (w 2016 roku). Ostatni akapit niniejszego rozdziału wskazuje na zasadność podjętych przez Doktoranta badań.

Drugi rozdział został zatytułowany *Klasyfikacja obiektów wielowymiarowych*. Autor zdecydował się przedstawić problem i wybrane metody klasyfikacji wyłącznie przez pryzmat analizy dyskryminacyjnej dotyczącej problemu upadłości przedsiębiorstw. W ramach charakterystyki wybranych metod klasyfikacji, które zostały wykorzystane w dalszej części pracy, Autor zaprezentował podstawowe zagadnienia dotyczące: liniowej analizy dyskryminacyjnej, regresji logistycznej, drzewa klasyfikacyjnego i lasu losowego oraz sztucznej sieć neuronowej. Następnie przedstawiono podstawowe informacje dotyczące oceny jakości klasyfikacyjnej modeli oraz ich zdolności do uogólniania wyników. W ostatniej części rozdziału znajduje się przegląd wybranych modeli prognozowania upadłości przedsiębiorstw.

Kolejny rozdział (trzeci) zawiera koncepcję zespołów klasyfikacji i wybrane sposoby ich konstruowania. Opisane zostały wybrane metody wzmacniania klasyfikatorów tego samego typu, metody kombinowane agregacji klasyfikatorów różnego typu oraz przykłady zastosowań tego typu podejścia występujące zarówno w literaturze obcojęzycznej, jak i rodzimej. Poszczególne elementy przedstawione są w sposób zrozumiały, a poszczególne metody ilustrowane są przykładami.

Kolejne dwa rozdziały poświęcone są przeprowadzonemu badaniu empirycznemu.

W rozdziale czwartym przedstawiono rezultaty badania dotyczącego prognozowania upadłości przedsiębiorstw w Polsce na próbie 180 przedsiębiorstw będących spółkami akcyjnymi. Rozdział zaczyna się krótkim wprowadzeniem, a następnie przedstawiony jest cel i procedura przeprowadzonego badania, opis próby badawczej i dobór zmiennych objaśnia-

jących. W kolejnej części jest oceniona zdolność predykcyjna wybranych klasyfikatorów zarówno indywidualnych, jak i zespołowych. Każdorazowo, przedstawiono (w postaci wykresów, rysunków oraz tabel) wyniki dla poszczególnych klasyfikatorów. Ostatnie dwa podrozdziały są poświęcone odpowiednio badaniu wpływu doboru próby uczącej i testującej na stabilność wyników klasyfikacji oraz wpływowi stopnia niezgodności prognoz klasyfikatorów indywidualnych na skuteczność metod łączenia i selekcji. Przyjęcie założenia, że w przypadku każdego klasyfikatora wykorzystuje się ten sam zestaw zmiennych jest zasadne. Zaprezentowane wnioski są wartościowe i wskazują na umiejętność przeprowadzenia przez Doktoranta skomplikowanego samodzielnego badania

Ostatni rozdział (piąty) zawiera wyniki badań symulacyjnych pozwalających określić wpływ doboru zmiennych na skuteczność metod selekcji i łączenia klasyfikatorów. Na początku rozdziału Doktorant przedstawił cel i procedurę badania symulacyjnego. Kolejne dwa podrozdziały zawierają wyniki badań symulacyjnych dotyczących dwóch celów szczegółowych. Rozdział ten kończy się krótką prezentacją autorskiej aplikacji stworzonej na potrzeby pracy. Aplikacja ta jest tak pomyślana, aby osoba, która nie programuje w środowisku *R* mogła, dla swoich danych (typ zmiennych identyczny jak w pracy), zastosować te same narzędzia co Doktorant i wysnuć swoje własne wnioski.

Pracę zamyka zakończenie, w którym zostały podsumowane wyniki badań empirycznych w odniesieniu do realizowanych celów i weryfikacji postawionych hipotez badawczych. Nakreślone zostały również ewentualne kierunki dalszych badań.

Praca ma charakter typowo eksploracyjny. Czyta się ją dobrze, jednak momentami występuje swego rodzaju niejednorodność w opisie. Na przykład w rozdziale drugim są fragmenty napisane bardzo pobieżnie (podrozdział 2.1), jak i fragmenty napisane wręcz podręcznikowo (opis części modeli w podrozdziale 2.4). Moim zdaniem, w tego typu pracach wyjaśnianie pewnych zagadnień w sposób podręcznikowy przyczynia się do zwiększenia objętości pracy, niekoniecznie zaś do podwyższenia jej jakości. Korzystniejsze jest skupienie się na istotnych, z punktu widzenia celu pracy, aspektach.

Recenzowaną rozprawę oceniam pozytywnie. Doktorant wykazał, iż potrafi rozwiązać oryginalne zagadnienie naukowe, jakim jest ocena skuteczności metod łączenia i selekcji klasyfikatorów. Rozwiązanie postawionego zadania przeprowadzone zostało prawidłowo, przyjęte założenia i narzędzia nie budzą zastrzeżeń.

Cel badań – hipotezy rozprawy

Autor formułuje następujący cel pracy: *zbadanie skuteczności metod łączenia i selekcji klasyfikatorów w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw w Polsce* (rozdział 4 i 5). Cel ten został zrealizowany. Szczególnie cennym elementem pracy są badania empiryczne i ich

aplikacyjność (ze względu na przygotowaną aplikację).

Sformułowane zostały również cztery cele szczegółowe:

1. *Budowa i porównanie trafności klasyfikacji wybranych klasyfikatorów indywidualnych i zespołowych w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw* (rozdział 4).
2. *Analiza wpływu doboru próby uczącej i testującej na trafność klasyfikacji* (rozdział 4).
3. *Zbadanie zależności pomiędzy liczbą zmiennych objaśniających uwzględnianą przy budowie klasyfikatorów a skutecznością metod łączenia i selekcji w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw* (rozdział 5).
4. *Ocena zdolności dyskryminacyjnych wskaźników finansowych na podstawie przeprowadzonego badania symulacyjnego* (rozdział 5).

Pierwsze trzy cele szczegółowe są w pełni zrealizowane. Natomiast czwarty cel szczegółowy jest zrealizowany w zakresie wszystkich możliwych 2-elementowych kombinacji zmiennych diagnostycznych.

Ponadto, Doktorant formułuje hipotezę główną:

H1 *Wykorzystanie metod łączenia i selekcji klasyfikatorów poprawia trafność klasyfikacji obiektów w prognozowaniu upadłości przedsiębiorstw*

oraz dwie hipotezy pomocnicze:

H2 *Klasyfikatory zespołowe oparte na metodach łączenia charakteryzują się wyższą zdolnością poprawnego przewidywania upadłości przedsiębiorstw niż klasyfikatory zespołowe oparte na metodach selekcji.*

H3 *Skuteczność metod łączenia i selekcji klasyfikatorów jest zależna od liczby zmiennych objaśniających uwzględnionych przy budowie klasyfikatorów.*

Wyniki badań w rozdziale czwartym i piątym pozwoliły zweryfikować te hipotezy.

Osiągnięcia rozprawy

Do podstawowych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- zidentyfikowanie luki badawczej dotyczącej wykorzystania klasyfikatorów zespołowych heterogenicznych do prognozowania upadłości przedsiębiorstw w Polsce,
- zaprojektowanie i przeprowadzenie obszernego badania empirycznego dotyczącego oceny zdolności predykcyjnych wybranych klasyfikatorów indywidualnych oraz zespołowych do prognozowania upadłości przedsiębiorstw w Polsce (podrozdział 4.4),
- dokonanie oceny wpływu doboru próby uczącej i testującej na stabilności wyników klasyfikacji (podrozdział 4.5),

– zaprojektowanie i przeprowadzenie obszernego badania symulacyjnego (549 250 klasyfikatorów indywidualnych oraz zespołowych) pozwalającego porównać jakość prognoz badanych klasyfikatorów w zależności od ilości wykorzystanych zmiennych diagnostycznych (podrozdział 5.2),
– przeprowadzenie badania symulacyjnego pozwalającego na ocenę zdolności dyskryminacyjnych 2-elementowych kombinacji wskaźników finansowych (podrozdział 5.3).

Do pozostałych osiągnięć Autora można zaliczyć stworzenie aplikacji (narzędzia komputerowego) umożliwiającej budowę klasyfikatorów zespołowych dla problemu binarnego dyskryminacji obiektów (podrozdział 5.4).

Uwagi o charakterze merytorycznym i dyskusyjnym

1. Czy w przypadku informacji zamieszczonych na wykresie 4 (str. 30) można mówić o rankingu (*Wysoko w rankingu znalazły się również takie państwa...*)? Jak sam Doktorant zauważa mamy do czynienia z bardzo dużymi, jak i ze znacznie mniejszymi gospodarkami.
2. Klasyfikacja jest określeniem używanym zamiennie do takich terminów jak: podział, analiza skupień, dyskryminacja, grupowanie, taksonomia, taksonometria, identyfikacja, delimitacja. Doktorant pisze o klasyfikacji obiektów wielowymiarowych w aspekcie analizy dyskryminacyjnej dotyczącej problemu upadłości przedsiębiorstw.
3. Skala na osi odciętych krzywej ROC powinna być od 0 do 1, a nie jak jest w pracy i aplikacji 1-0. Zapewne Doktorantowi chodzi o interpretowalność w przypadku Sprawności I, ale wówczas należało nie tyle zmienić skale na osi odciętych, co „obrócić wykres" (względem osi "x=0,5").
4. Przedstawienie, na końcu rozdziału drugiego, zestawienia założeń, wad i zalet poszczególnych analizowanych metod dyskryminacji istotnie wzbogaciłoby pracę.
5. Momentami występuje niejednorodność w opisie stosowanych metod/algorytmów, np. opisany jest algorytm metody losowych podprzestrzeni (str. 86), natomiast w stosunku do algorytmu BFGS, który jest wykorzystywany w pracy, jest tylko odniesienie do literatury (str. 120).
6. Dość zaskakujące jest, że Doktorant pominął monografię Gatnara (2008) (rozdział 3), którą cytuje w kontekście lasu losowego (str. 48), a w której są przedstawione metody łączenia modeli dyskryminacyjnych oraz zalety tego podejścia.
7. Na końcu rozdziału trzeciego, brakuje mi syntetycznego podsumowania, w którym wymienione są wady i zalety danego podejścia.
8. Rozdział czwarty sprawia wrażenie nieco niespójnego, gdyż zawiera w sobie zarówno

opis koncepcji badania, jak i aspekty metodologiczne, które nie znalazły się we wcześniejszych rozdziałach, a także wyniki badań.

9. Jak sam Doktorant zauważa *dobór zmiennych diagnostycznych stanowi jeden z najważniejszych etapów budowy klasyfikatorów*. W przedstawionej do oceny pracy, nie ma podrozdziału poświęconego metodom selekcji zmiennych diagnostycznych. Znajduje się tylko podrozdział 4.3 (str. 105), w którym jest przedstawiony opis procedury wyboru zmiennych wykorzystany w pracy.
10. Ograniczenie się do 100 krotnego losowania zmiennych, w przypadku losowania 5-14 zmiennych, oznacza że badanych jest mniej niż 1% wszystkich możliwych kombinacji. Zatem, w przypadku 3-16 zmiennych trudno uzasadnić wybór danego zestawu zmiennych (tabela 10, str. 146).
11. Uważam, że pozytywnie na jakość badania, a przede wszystkim wiarygodność wyciąganych wniosków, wpłynęłoby zastosowanie testów statystycznych, weryfikujących różnice między wynikami klasyfikacji spółek. Pozwoliłoby to na bardziej obiektywną i jednoznaczną interpretację wyników.
12. Pewien niedosyt pozostaje po lekturze podrozdziału prezentującego autorski program komputerowy. Tym bardziej, że Doktorant pisze, że *nieformalnym celem pracy [...]było opracowanie narzędzia komputerowego umożliwiającego budowę klasyfikatorów zespołowych dla dowolnego problemu binarnej klasyfikacji obiektów*. Na podstawie informacji zamieszczonych w pracy, czy w samej aplikacji trudno jest ocenić czy wkładem Doktoranta jest opracowanie graficznego interfejsu pozwalającego w łatwy sposób wykorzystać istniejące i nowe funkcje czy napisanie od podstaw wszystkich niezbędnych funkcji i opracowanie interfejsu graficznego. Analiza aplikacji skłania do wniosku, że Doktorant wykorzystał istniejące już funkcje w odpowiednich pakietach jednocześnie dodając brakujące oraz opracował interfejs graficzny. Niezależenie od tego czy aplikacja była napisana od podstaw czy częściowo z wykorzystaniem już istniejących pakietów wkład Doktoranta jest znaczący.
13. Doktorant, za literaturą, używa nazwy *funkcja sigmoidalna* (np. str. 52) w odniesieniu do jednej z funkcji aktywacji sztucznej sieci neuronowej, która jest funkcją logistyczną zapisaną w innej postaci. W pracy nie ma informacji, że chodzi o tę samą funkcję, co może sprawiać wrażenie, że chodzi o inną funkcję. Moim zdaniem, w pracy należałoby używać jednej nazwy funkcji.
14. Uważam, że rozszerzenie informacji zamieszczonych w tabeli 9 (str. 75), dotyczących weryfikacji wybranych modeli prognozowania upadłości przedsiębiorstw w Polsce,

o liczbę zmiennych oraz występowanie stałej w modelu wzbogaciłoby te informacje, tym bardziej, iż część modeli z tabeli jest tylko wspomniana w tekście.

15. Skoro na podstawie testu U Manna-Whitneya stwierdzono, że zmienna *X17* (wskaźnik rotacji zapasów) nie jest zmienną różnicującą (str. 104), to dlaczego wzięto ją pod uwagę przy doborze zmiennych objaśniających? Czy końcowy zestaw zmiennych diagnostycznych byłby taki sam, gdyby przy ich doborze pominięto zmienną *X17*?
16. *Oszacowane wartości parametrów regresji logistycznej nie podlegają bezpośredniej interpretacji* (str. 114), ale można pokusić się o policzenie ilorazu szans (*odds ratio*), który ma już interpretacje.

Uwagi redakcyjne

Rozprawa doktorska jest dobrze napisana pod względem językowym. Ogólnie, strona edytorska rozprawy zasługuje na pozytywną ocenę. Praca jest wykonana w sposób rzetelny, tekst jest przejrzysty, zawarte wykresy, rysunki i tabele są opracowane w staranny-sposób i mają adekwatne odwołanie w tekście. Doktorant na początku każdego rozdziału uzasadnia przyjęty sposób analizy zagadnień.

Parę uwag co do redakcji tekstu:

1. Numeracja wzorów, tabel, wykresów powinna być jednorodna. W pracy wzory numerowane są z uwzględnianiem numeru rozdziału i numeru wzoru w tym rozdziale (np. 2.23), zaś tabele, rysunki i wykresy dla całej pracy (np. 15).
2. Oznaczenie *Selekcji 1* czy *Selekcji 2*, używane w tabelach, bez bezpośredniego wyjaśnienia lub odniesienia do opisu w innej części pracy jest mało czytelne (np. tabele: 22-25, 29-30) jest nieczytelne.
3. W tekście pracy, występują:
   - braki wyjaśnień oznaczeń na wykresach (np. wykresy: 13-16),
   - braki wyjaśnień oznaczeń w tabelach (np. tabele: 22-25, 29-30),
   - braki objaśnień skrótów w sytuacji ich pierwszego pojawienia (np.: CART – str. 71, BFGS – str. 120).
4. Str. 67 – jest [*Martin, 1997*], a powinno być [Martin, 1977].
5. Str. 74 – w tekście jest *przez firmę consultingową PwC [2017]*, a w spisie literatury jest tylko *Zespół ds. finansowania i restrukturyzacji PwC, 2017, Upadłość i restrukturyzacja w Polsce.[...]*. Brak odniesienia czy niezręczne zacytowanie?
6. Oznaczenia występujące w konkretnych wzorach numerowanych powinny być wyjaśnione bezpośrednio pod nimi (lub powinna być informacja, gdzie wyjaśnienie się

znajduje).

7. Str. 121 – wykorzystanie tych samych oznaczeń do klasyfikatorów (tabela 14, str. 109) oraz do węzłów warstwy ukrytej sztucznej sieci neuronowej nie jest dobrym rozwiązaniem.
8. W przypadku wykresów/tabel pochodzących z innych źródeł (nawet Autora) należy podać pierwotne źródło. Dotyczy to części wykresów/tabel w rozdziale 5. Doktorant we wstępie rozdziału informuje, że *część przedstawionych w rozdziale rezultatów badań empirycznych została opublikowana przez autora*, ale podanie źródła jako *Opracowanie własne* pod każdym wykresem/tabelą sugeruje, że ich wcześniej Doktorant nie opublikował (nie wiadomo, które były opublikowane, a które nie).
9. Str. 139, wykres 14 – ta sama skala na osi OY pozwoliłaby na porównanie zachowania modeli. Ponadto na wykresie zbiorczym brakuje informacji, który wykres dotyczy próby uczącej, a który próby testującej.
10. Str. 151 – zapewne Autorowi chodziło o pięć *przykładowych widoków programu komputerowego[...]*.
11. Po co numerować załącznik skoro jest tylko jeden?

Podsumowanie

Zważywszy, że zgłoszone uwagi o charakterze merytorycznym, dyskusyjnym i redakcyjnym nie przesłaniają wartości naukowej rozprawy doktorskiej stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk ekonomicznych w dyscyplinie ekonomia i finanse. W związku z tym wnioskuję do Rady Awansów Naukowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Joanna Górka