

Recenzja pracy doktorskiej Artura Budzyńskiego

Tytuł pracy doktorskiej: „Prognozowanie cen usług transportu drogowego
z wykorzystaniem uczenia maszynowego”

Politechnika Śląska

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
Politechniki Śląskiej

prof. dr hab. inż. Piotr Folęga

Dyscyplina: Inżynieria lądowa, geodezja i transport

Promotor doktoratu: Profesor dr hab. Aleksander Ślaskowski

Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim: Profesor uczelni dr hab. inż. Marcin Michalak

Praca doktorska mgr inż. Artura Budzyńskiego z Politechniki Śląskiej to liczące 112 stron opracowanie zatytułowane „Prognozowanie cen usług transportu drogowego towarów z wykorzystaniem uczenia maszynowego” [Forecasting prices for road freight transport services using machine learning]. Opracowanie zostało wydane w dwóch wersjach językowych: polskiej i angielskiej i składa się ze wstępu liczącego 5 stron (str. 2 - 5), zakończenia liczącego 5 stron (str. 103 - 105) oraz czterech rozdziałów przedstawionych w spisie treści na str. 1. Na końcu znajduje się bibliografia licząca 7 stron (str. 106 - 112). Na końcu znajdują się krótkie i długie streszczenie w wersji angielskiej.

Doktorat ma dobry format, jest bardzo dobrze napisany i zawiera wiele tabel, rysunków. Czyta się go łatwo, tekst jest dobrze rozmieszczony. Być może lista rysunków, lista tabel, [i] lista skrótów mogłyby poprawić strukturę tego opracowania. W tekście jest niewiele błędów formalnych. Str. 91, tabela nr 39 „PKB krajów UE” pokazuje „PKB [tys. €]”.

Odniesienia w bibliografii pokazują europejski, otwarty umysł powiązany z tym badaniem opartym na gromadzeniu danych i analizie cen operacji w drogowym transporcie towarowym w Unii Europejskiej w ramach 27 krajów członkowskich: wspomniane jest francuskie badanie ECHO (ref. 29 w bibliografii), dane pochodzą z EUROSTAT. Bibliografia jest bardzo międzynarodowa (wymieniony S. Kummer). Trzy publikacje autora - jako współautora - zostały wymienione:

- Budzyński, P. Malinowski, A. Zaworska, and P. Błaszczak, „[po polsku: *Redukcja pustych przebiegów i optymalizacja wykorzystania przestrzeni ładunkowej z wykorzystaniem giełd transportowych* [Reduction of empty runs and optimization of cargo space utilization using transport exchanges case study]”, Logistyka, str. 51-52, 2019.
- Budzyński, „Cena transportu drogowego: Korelacja stawek za usługi transportu drogowego w transporcie krajowym w Polsce [Correlation of rates for road transport services in domestic transport in Poland]”, Int. Verkehrswesen, wyd. 73, nr 3, str. 65-67.
- A. Budzyński i A. Ślaskowski, „Uczenie maszynowe w zarządzaniu drogowym transportem towarowym [Machine Learning in Road Freight Transport Management]” w „Wykorzystanie sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów transportowych” [Using Artificial Intelligence to Solve Transportation Problems], wyd. 563, A. Ślaskowski, Ed., w Studies in Systems, Decision and Control, wyd. 563, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, str. 485-565. doi: 10.1007/978-3-031-69487-5_9.

Ponadto autor zaprezentował badania na międzynarodowej konferencji:

A. Ślaskowski i A. Budzyński, [po rosyjsku: „Giełdy transportowe, jako jedno z obiecujących rozwiązań problemów logistyki transportu” [Transport exchanges, as one of the promising solutions for the problems of transport logistics], zaprezentowane na konferencji Transport bridge Europe-Asia. IV Polsko-Gruzińska konferencja naukowo-techniczna, Tbilisi, Gruzja, 10.10.2018.

[koniec strony 1 z 4]



Szczegółowa recenzja

Głównym celem pracy jest wykorzystanie technik uczenia maszynowego do usprawnienia analizy danych w systemie transportowym. Kluczowym osiągnięciem tego badania jest wykazanie, że model wytrenowany przy użyciu opracowanej metodologii może przewyższać specjalistów branżowych pod względem dokładności prognozowania. Model osiągnął niższy średni bezwzględny błąd procentowy (ang. *mean absolute percentage error*, MAPE) niż doświadczeni specjaliści. Dla praktyków, raport pokazuje średnią stawkę kosztów transportu w Europie wynoszącą 1,34 euro za kilometr (podaną w **Erreur I Source du renvoi introuvable**). Autor zauważa także, że „średnia cena dla odległości do 400 km jest poniżej ogólnej średniej zbioru danych, potwierdzając hipotezę, że wyższe ceny są związane z krótszymi odległościami transportu” (str. 64).

Niniejsze badanie dostarcza kompleksowej analizy czynników wpływających na ceny transportu drogowego i wyznacza nowy punkt odniesienia w zakresie dokładności prognozowania. Niniejsza praca doktorska stanowi rzeczywisty i dokładny wkład w dziedzinę prognozowania kosztów transportu. Być może, we wstępie, głębsza definicja uczenia maszynowego - podstawy historyczne, zastosowania w różnych sektorach... - mogłaby pomóc czytelnikowi lepiej i szerzej zrozumieć ramy tej pracy.

Jak wiadomo w sektorze transportu, odległość jest podstawowym czynnikiem przy opracowywaniu modelu przewidywania kosztów usług transportu drogowego towarów, a badania koncentrują się na odległości między punktami załadunku i rozładunku jako krytycznym czynnikiem determinującym koszty transportu.

W modelach przedstawionych w opracowaniu uwzględniono wiele złożonych i obszernych parametrów związanych z funkcjonowaniem drogowego transportu towarowego: strukturę ciężarówek, naczep, formę załadunku i rozładunku, typ pojazdów..., ponieważ analiza zależności cen usług drogowego transportu towarowego od typu nadwozia ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia czynników wpływających na ceny w tym sektorze.

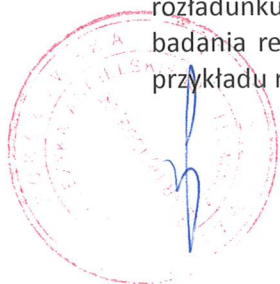
Wyniki są jasne: zgodnie z oczekiwaniami, odległość transportu (w km) ma największy wpływ, ponieważ bezpośrednio koreluje z kosztami operacyjnymi, takimi jak zużycie paliwa, godziny pracy kierowcy oraz zużycie pojazdu. Waga tej zmiennej znacznie przewyższa wagę innych czynników, podkreślając jej dominującą rolę w modelu prognostycznym. Raport przedstawia również wyniki w zakresie sezonowości (str. 71).

Grupa 172 ekspertów została wybrana do oszacowania cen dla pięciu różnych scenariuszy transportowych. Raport daje nam dobrą analizę struktury przeprowadzoną przez ten panel ekspertów (str. 82-85): średni błąd, jaki osiągnęli eksperci, wyniósł 11,86%, podczas gdy średnia modelu wynosiła 9,28%, co odzwierciedla poprawę o 2,58 punktu procentowego. Analiza pokazuje, że model predykcyjny przewyższa ludzkie oszacowanie we wszystkich badanych przypadkach. Zmniejszone marginesy błędów modelu sugerują większą niezawodność i precyzję w prognozowaniu wyników dla transportu. Wyniki te można przypisać zdolności modelu do systematycznego przetwarzania i analizowania dużych zbiorów danych, zmniejszając wpływ uprzedzeń i błędów nieodłącznie związanych z ludzką oceną.

Pytania

W pracy wykazano się bardzo dokładną znajomością parametrów determinujących działalność i koszty operacyjne transportu drogowego.

Ogólnie rzecz biorąc, w pracy można było dokonać bardziej operacyjnej i aktualnej prezentacji sektora przewozów drogowych w niektórych krajach, w szczególności w Polsce. Na przykład, na stronie 30, różne kraje Unii Europejskiej są przedstawione zgodnie z nomenklaturą Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO), ale w pracy mogło być więcej wskaźników dotyczących transportu towarowego w krajach, które są przedmiotem analizy. Ponadto w opracowaniu stwierdzono, że „w drogowym transporcie towarowym zrozumienie relacji geograficznych pomiędzy miejscami załadunku i rozładunku jest kluczowe z kilku powodów”, ale praca nie zawiera żadnych map, na przykład podczas badania relacji między dwoma punktami załadunku i rozładunku. Użycie dokładnego i istniejącego przykładu relacji między punktem wyjścia a miejscem docelowym, z mapą, typem ciężarówki (zdjęcie)



mogłoby poprawić czytelność tej pracy. Ta uwaga dotyczy również cen oleju napędowego: autor mógł porównać te ceny między różnymi krajami europejskimi.

[koniec strony 2 z 4]

CNR - Krajowe Obserwatorium Drogowego Transportu Towarowego (organ publiczny) - prowadzi interesujące studium „Europa” i badania, które mogłyby być uwzględnione w tej pracy doktorskiej:

https://www.cnr.fr/publications?filter_dynamique_publication=&categories%5B28%5D=28&created=2025&created from=2025&created to=2025

Bardziej międzynarodowe podejście mogłoby ułatwić globalne zrozumienie sektora. Ogólna prezentacja rynku drogowego transportu towarowego w Europie byłaby dobrym pomysłem:

Podsumowanie:

CAŁY TRANSPORT DROGOWY TOWARÓW Z PODZIAŁEM NA KRAJE - 2022 R:

Polska: 385 089 t.km (mln t.km), 19,7% ogółu UE-27; wzrost: 1,4% (2022/2021) i 588 t.km/GPD

Francja: 173 353 t.km (mln t.km), 8,9% UE-27 ogółem, 45,0% dla Polski; wzrost: - 0,9% (2022/2021) i 66 t.km/GPD

Źródło: EUROSTAT

Ponadto analizę kosztów transportu można było poprawić w rozdziale „Metody transformacji danych” (str. 46): w odniesieniu do kosztów (str. 47) teza określa inne koszty transportu jako ważny wskaźnik: „Wskaźnik OTHER_COSTS [inne koszty] jest istotną zmienną w prognozowaniu cen usług transportu drogowego towarów. Koszty te nie są związane z odległością pomiędzy punktem załadunku i rozładunku, ale nadal wpływają na ostateczną cenę usługi. Koszty te mogą obejmować opłaty za tunele, mosty lub przeprawy promowe” (str. 47). To prawda: są to bardzo ważne składowe kosztów.

Czy autor ogranicza się do tych kosztów: można wprowadzić „winiety”. Czy w przypadku Niemiec uwzględniono MAUT? Niektóre inne opłaty drogowe mogą mieć znaczący wpływ na koszty. Koszt opłat drogowych odgrywa obecnie ważną rolę w kosztach transportu towarowego i oczekuje się, że wzrośnie w związku z polityką środowiskową Unii Europejskiej w kierunku dekarbonizacji: „W przypadku transportu z Polski do Niemiec (DE), Czech (CZ) i Słowacji (SK), stawki euro za kilometr są stosunkowo wysokie, co odzwierciedla duże odległości lub inne czynniki wpływające na koszty transportu”. Czy opłaty drogowe nie są wyjaśnieniem tego wzrostu?

Następnie autor odejmuje „inne koszty” od kosztu za km, aby uzyskać koszt netto za km. Czy istnieją inne koszty, które należy usunąć, na przykład zrównanie czasu pracy w Europie? Na przykład Francja rozróżnia czas pracy i czas jazdy oraz wlicza czas załadunku i rozładunku do czasu pracy, co oznacza, że jej modele kosztów i konkurencyjność pozostają daleko w tyle za innymi krajami, zwłaszcza Polską.

Praca doktorska rozważa (str. 58) ważną rolę cen oleju napędowego w kosztach transportu drogowego. Również w tym przypadku prezentacja porównawczych kosztów oleju napędowego w Europie mogłaby być interesująca dla ogólnego zrozumienia sektora przewozów drogowych. Można ją znaleźć tutaj:

<https://www.cnr.fr/en/prix-gazoleeurope>

[koniec strony 3 z 4]

Innowacje w sektorze transportu drogowego towarów

Jeśli chodzi o innowacje - czy praca uwzględnia w swojej analizie rozwój pojazdów ciężarowych napędzanych wodorem lub akumulatorami? Co więcej, w Szwecji i Niemczech opracowano elektryfikację autostrad za pomocą sieci trakcyjnych. Pojazd ciężarowy jest podłączony do sieci autostrad elektrycznych za pomocą pantografu. Czy te innowacje mogą zmienić wyniki modelu?

Niewiele jest wzmianek na temat zmian technologicznych związanych z wpływem drogowego transportu towarowego na środowisko, wspomnianych jedynie na stronie 58: „Skupienie się na cenach

ekologicznego oleju napędowego jest szczególnie istotne ze względu na jego rosnące znaczenie w sektorze transportu. Eko-diesel, mieszanka biodiesla, stanowi czystsza alternatywę dla tradycyjnego oleju napędowego, emitując niższe poziomy zanieczyszczeń, takich jak tlenki siarki i cząstki stałe". Na stronie 104 napisano „wymagania dotyczące paliw alternatywnych, takich jak energia elektryczna lub wodór", ale nie przedstawiono tych zmian.

Godne ubolewania jest również to, że nie wspomina się o transporcie multimodalnym, łączącym transport drogowy i kolejowy, na przykład w ramach rozwoju przez Unię Europejską głównych europejskich korytarzy kolejowego transportu towarowego. Drogowy transport towarowy i dalekobieżny, kolejowy transport towarowy w korytarzach mogą obniżyć całkowite koszty relacji pomiędzy punktami załadunku i rozładunku.

Wreszcie, czy naczepa typu Mega, wspomniana na str. 36 lub str. 74, reprezentuje megaciężarówkę, które zostały dopuszczone do ruchu w Europie Północnej (Szwecja, Niemcy)? Oferuje ona całkowitą długość do 25,25 metra - w porównaniu z 16,5 do 18,75 metra dla standardowych ciężarówek w Europie - oraz całkowitą dopuszczalną masę do 60 ton lub więcej, w zależności od kraju.

Ocena ogólna

Uznaję rozprawę w obecnym kształcie za nadającą się do publicznej dyskusji i w oczekiwaniu na jej wynik rekomenduję nadanie Kandydatowi stopnia doktora. Mogę zaakceptować bez żadnych zmian wszystkie trzy tezy Kandydata jako niezależne wyniki naukowe.

Biorąc pod uwagę ocenę rozprawy doktorskiej uważam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w zakresie prowadzenia pracy naukowej. Potwierdza również umiejętność prowadzenia pracy naukowej. Spełnia tym samym wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.). Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Lyon, 24/03/2025 r.

[podpis odręczny nieczytelny]

Profesor Laurent Guihéry, CY Cergy Paris University, Francja, laboratorium MATRIS

Ja, Małgorzata Sokołowska, tłumacz przysięgły języka angielskiego w Gliwicach, nr wpisu na listę tłumaczy przysięgłych TP/1509/05. Poświadczam zgodność niniejszego tłumaczenia z okazanym mi plikiem pdf sporządzonym w języku angielskim.

Gliwice, dnia 28 kwietnia 2025 r. Repertorium nr 178/2025.

TŁUMACZ PRZYSIĘGŁY
JĘZYKA ANGIELSKIEGO

mgr Małgorzata Sokołowska

